

Manejo de espécies madeireiras da Floresta Amazônica: critérios e procedimentos



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 361

Manejo de espécies madeireiras da Floresta Amazônica: critérios e procedimentos

*Evaldo Muñoz Braz
Patricia Povoá de Mattos
Aline Canetti*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Neide Makiko Furukawa

Membros
Annete Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Elenice Fritzsons
Krisle da Silva
Marcelo Francia Arco Verde
Marilice Cordeiro Garrastazu
Susete do Rocio Chiarello Penteado
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial e revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Neide Makiko Furukawa

Fotos capa
Evaldo Munoz Braz

1ª edição
Versão digital (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Manejo de espécies madeireiras da Florestas Amazônica : critérios e
procedimentos. [recurso eletrônico] / Evaldo Muñoz Braz ... [et al.].
- Colombo : Embrapa Florestas, 2021.
PDF (31 p.) - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ;
361)

Modo de acesso: World Wide Web:
<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

1. Manejo florestal. 2. Sustentabilidade. 3. Floresta primária.
4. Plano de manejo. 5. Amazônia. I. Braz, Evaldo Muñoz. II. Mattos,
Patrícia Povo de. III. Canetti, Aline. IV. Série.

CDD (21. ed.) 634.928

Autores

Evaldo Muñoz Braz

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Patricia Povoá de Mattos

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Aline Canetti

Engenheira Florestal, doutora em Engenharia Florestal, autônoma, Curitiba, PR

Apresentação

O manejo de florestas naturais é uma das formas reconhecidas internacionalmente para garantia da manutenção dos ecossistemas florestais. Nos últimos anos, houve uma evolução nos critérios de planejamento da extração, como o manejo de baixo impacto. Entretanto, os critérios efetivos de manejo, visando maior produção ao final dos novos ciclos, não evoluíram com o mesmo ritmo. Na falta de resultados de pesquisa aplicada, a legislação relativa ao manejo foi se tornando cada vez mais simples, rígida e generalizada para todas as espécies.

A Embrapa Florestas apresenta nesse documento um procedimento para gestão da estrutura da floresta, sob normas de manejo, baseado principalmente em informações de crescimento e avaliação da capacidade de suporte da estrutura de cada espécie comercial madeireira. O trabalho aborda, principalmente, resultados obtidos em microrregiões do estado de Mato Grosso.

Com isto, espera-se contribuir com a legislação sobre o manejo de espécie a espécie e garantir um maior incremento volumétrico de madeira das espécies de interesse em ciclos futuros. Evidentemente, isto significa um esforço conjunto, com diferentes atribuições e responsabilidades de instituições de pesquisa, academia, órgãos de fiscalização, e produtores.

Esperamos que este trabalho seja útil para técnicos da extensão rural, técnicos de órgãos fiscalizadores, pequenos, médios e grandes produtores rurais, empresas do setor florestal, estudantes universitários e ensino técnico profissionalizante e demais profissionais atuantes no manejo de florestas naturais.

Marcílio José Thomazini

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Florestas

Sumário

Introdução	9
Procedimento atual	10
Fatores importantes que devem ser considerados no manejo de florestas naturais	12
Incremento em diâmetro das espécies arbóreas	12
Estrutura diamétrica	13
Classes diamétricas produtivas.....	14
Classes diamétricas de manejo passíveis de tratamentos silviculturais	15
Desenvolvimento e estagnação da floresta natural	15
Manejo de baixo impacto	20
Crescimento em diâmetro de espécies madeireiras no MT	20
Amescla (<i>Trattinnickia burserifolia</i>)	20
Cambará (<i>Qualea</i> spp.)	20
Cedro (<i>Cedrela odorata</i>).....	22
Cedrinho (<i>Erismia uncinatum</i>)	22
Cupiúba (<i>Goupia glabra</i>).....	22
Cumaru (<i>Dipteryx odorata</i>).....	22
Garapeira (<i>Apuleia leiocarpa</i>).....	23
Angelim-pedra (<i>Hymenolobium excelsum</i>).....	23
Ipê-amarelo (<i>Handroanthus serratifolius</i>).....	23
Ipê-roxo (<i>Handroanthus impetiginosus</i>).....	23
Maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i>)	24
Tauari (<i>Couratari</i> spp.).....	24
Como planejar o manejo por espécie?.....	24
Sequência básica a ser seguida	25
Inventário pré-exploratório	25
Rede de estradas	25
Planejamento da extração	25
Condições específicas para o manejo	26
Estrutura diamétrica das classes de menores diâmetros	26
Incremento por classe diamétrica	26
Modelagem do crescimento	26
Identificação dos diâmetros de máxima produção de volume por simulações	26
Ciclos de corte por grupos de espécies	27
Adequação à legislação.....	27
Considerações finais.....	28
Referências	29

Introdução

Sabe-se que mais de 80% das árvores e da estrutura florestal permanecem inalterados quando o manejo de florestas naturais é implementado (Braz; Mattos, 2015). Entretanto, a atividade tem sido questionada quanto à sustentabilidade de sua produção. Tais questionamentos sobre a sustentabilidade se referem, principalmente, à dúvida sobre se a produção poderia ser constante ou se causaria a deterioração da floresta, como sugerem os artigos de Zimmerman e Kormos (2012) e Sist et al. (2021).

A maior parte dos trabalhos que avaliam a sustentabilidade do manejo de florestas naturais estabelece um comparativo equivocado entre a primeira extração e as produções em ciclos subsequentes (Schulze et al., 2005; Sebbenn et al., 2008; Sist et al., 2021).

Tem sido mencionada a dificuldade de se desenvolver normas de manejo efetivas para cada situação, devido ao grande número de espécies arbóreas nas florestas tropicais. Entretanto, utilizando como exemplo o manejo de florestas naturais no Mato Grosso, são exploradas apenas cerca de 15 espécies em cada plano de manejo florestal sustentável (PMFS) e em cada unidade de trabalho (UT). A Embrapa Florestas modelou e avaliou, até o momento, o crescimento e as estruturas de 14 espécies comerciais nas microrregiões de Sinop e de Aripuanã, no Mato Grosso (Braz et al., 2017a; Gaspar, 2020; Oliveira, 2020; Canetti et al., 2021; Santos et al., 2021), uma espécie em Rondônia (Gaspar, 2020) e uma no Acre (Braz et al., 2014). Isto mostra a factibilidade de se obter dados de crescimento, viabilizando o entendimento da estrutura e do crescimento das principais espécies arbóreas, notadamente quando há o apoio de instituições de pesquisa.

Este trabalho pretende demonstrar que é possível determinar uma estrutura remanescente produtiva e sustentável, considerando a dinâmica de cada espécie. Além disso, são apresentadas as variáveis dendrométricas que devem ser utilizadas para estimar qual a maior produção esperada em ciclos de corte subsequentes.

Procedimento atual

No Brasil, o manejo de florestas naturais é permitido e monitorado por órgãos ambientais que utilizam basicamente a Instrução Normativa nº 5 de 11/12/2006, que dispõe sobre procedimentos técnicos para a elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de PMFS nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal (Brasil, 2006). Entre as normas estabelecidas por essa Instrução Normativa Federal para os PMFS que utilizam máquinas de arraste, destacam-se principalmente:

- 1) Ciclo de corte: pode variar de 25 a 35 anos, dependendo do volume a ser extraído.
- 2) Intensidade de corte: $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, com ciclo de corte inicial de 35 anos. O volume deve ser estimado por meio de equações volumétricas previstas no PMFS, obtidas com base nos dados do inventário florestal a 100%.
- 3) Permite corte de cipós como atividade pré-exploratória.
- 4) Diâmetro de corte mínimo (DMC): 50 cm, enquanto não houver estudos técnicos determinando DMC por espécie.
- 5) Árvores matrizes: deve-se manter, pelo menos, 10% do número de árvores de porte comercial por espécie, na área de efetiva exploração da unidade de produção anual (UPA).
- 6) Árvores remanescentes: manutenção de todas as árvores das espécies cuja abundância de indivíduos com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) superior ao DMC seja igual ou inferior a três árvores em 100 ha de área de efetiva exploração da UPA, em cada unidade de trabalho (UT).
- 7) Macrozoneamento da propriedade: é exigido o macrozoneamento, com delimitação das áreas de preservação permanente (APP), reserva legal (RL) e localização das UPAs.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) publicou, em nota técnica, a regulamentação de parâmetros técnicos em PMFS, na qual recomenda para definição do ciclo de corte e intensidade de corte, a consideração de uma produtividade de referência única ($0,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) para toda a Amazônia e para todas as espécies madeireiras (Brasil, 2009).

A Amazônia brasileira, ao longo dos $5.500.000 \text{ km}^2$ (IBGE, 2020), é composta por cinco regiões fitoecológicas distintas: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Sempre-Verde, Campinarana e Áreas de Tensão Ecológica (IBGE, 2019). Com área tão grande e distintas regiões fitoecológicas, é difícil considerar que a referência de produção recomendada pelo Conama possa estar correta para todos os sítios, pois existe um grande número de espécies com estruturas variadas e distribuídas em diferentes densidades nos distintos ambientes, em combinações ou condições de competição diferenciadas; tais fatores que interferem na dispersão e estrutura da floresta, o que necessariamente implicará em diferentes incrementos.

Considerar o mesmo incremento anual para grupos de espécies com crescimento diferente pode resultar em erros de estimativas da produção. Um grupo de espécies abundantes, por exemplo, porém com menor incremento, resultará em menor produção ao final do novo ciclo.

O uso de um único DMC também desconsidera a variação da estrutura diamétrica remanescente ideal para cada floresta, determinando que, ao longo de todo o bioma, haja produção uniforme de madeira ou biomassa. Entretanto, sabe-se que a estrutura diamétrica remanescente pode variar muito entre locais e que é dependente do DMC (Canetti et al., 2021). Um DMC fixo para todas as

espécies (como aplicado atualmente) proporciona uma produção diferente em cada local de estudo e para cada espécie (Schöngart, 2008). O DMC deve ser definido de acordo com o ciclo de vida de cada espécie, observando-se os diâmetros que produzem maiores volumes de madeira e os diâmetros em que há estagnação de crescimento (Schöngart, 2008; Groenendijk et al., 2017; Dionisio et al., 2018). Quando o corte é realizado antes de a árvore atingir seu diâmetro mais produtivo, há prejuízo na produção de madeira. Da mesma forma, se a árvore permanecer na floresta e ultrapassar os diâmetros de maior produção, seu crescimento irá reduzir e tender à estagnação natural, que é típica da fase de senescência do ciclo de vida (Kramer; Kozłowski, 1960), acarretando perda de produção.

Os responsáveis pelos planos de manejo, nas áreas destinadas legalmente a este fim, têm limitações para seu planejamento. Em geral, a legislação apenas permite fazer o planejamento da extração das árvores, não sendo possível decidir os principais parâmetros de manejo que influenciam diretamente na produção da floresta, como DMC de cada espécie, estrutura remanescente e duração do ciclo de corte. Ainda, há restrições para se obter autorização para nova exploração em um talhão já explorado antes de completar o ciclo de corte fixo determinado em lei (35 anos), mesmo se esse já tiver atingido o seu ponto mais produtivo.

Sem avanços técnicos e informações quanto à maximização da produção de madeira, a legislação permaneceu praticamente inalterada. É importante lembrar que, em sua criação, foi prevista a apresentação de estudos técnicos visando à adaptação dos parâmetros definidos inicialmente, tal como o DMC, que deveria ser determinado por espécie (Brasil, 2006).

Nas últimas décadas, se o manejo evoluiu sob o ponto de vista de técnicas de georreferenciamento e planejamento da exploração de impacto reduzido, pouco avançou em buscar melhor produção. Tem sido evidente a necessidade do desenvolvimento de métodos aplicados ao melhor aproveitamento dos recursos florestais que justifiquem a adaptação dos critérios estabelecidos pela legislação. O levantamento de dados específicos e a descrição do rendimento potencial de cada local da extensa bacia Amazônica poderia, inclusive, justificar maiores volumes de extração, quando tecnicamente viável e recomendável (Van Gardingen et al., 2006). Portanto, mais pesquisas direcionadas a maximizar a produção das florestas são necessárias para a continuidade e o sucesso do manejo florestal.

Fatores importantes que devem ser considerados no manejo de florestas naturais

Incremento em diâmetro das espécies arbóreas

Para Daniel et al. (1979), o crescimento em diâmetro é uma das mais importantes variáveis sobre as quais se pode exercer considerável controle. Entretanto, informações sobre incremento em diâmetro das espécies arbóreas nas florestas naturais são escassas, sendo que o desconhecimento dessa variável ou sua análise inadequada pode mascarar o potencial produtivo da floresta. Tem sido verificado que existe variação de incremento entre classes de diâmetro (Gaspar, 2020; Canetti et al., 2021; Santos et al., 2021). Incrementos diamétricos menores que a média da população podem indicar limitação para o crescimento, devido à competição, danos diversos ou senescência. Por outro lado, incrementos acima da média da população são bons indicativos do potencial de crescimento da espécie. Tratamentos silviculturais em florestas naturais deveriam ser utilizados para explorar todo esse potencial.

O crescimento é afetado pela estrutura da floresta, sendo sensível às mudanças ocasionadas por desbastes e extrações ou mesmo queda natural de árvores. Isso ocorre porque as árvores estão sujeitas às mais diferentes condições de luminosidade, especialmente nas florestas naturais.

A resposta de aberturas no dossel da floresta pode ser bastante representativa para o manejo (Oliveira; Braz, 2006), sendo que árvores sob competição responderão melhor ao desbaste (Schneider; Schneider, 2008; Fortini et al., 2015; Ávila et al., 2017; Oliveira et al., 2017). Oliveira e Braz (2006) verificaram em estudos com parcelas permanentes em floresta natural no Acre, que a variação foi $0,57 \text{ cm ano}^{-1}$ para árvores com copas completamente expostas à luz do sol, a $0,28 \text{ cm ano}^{-1}$ para plantas completamente sombreadas. Árvores que não estavam no dossel superior, mas que ainda assim receberam alguma luz solar sobre a copa, apresentaram incremento médio anual em diâmetro de $0,49 \text{ cm ano}^{-1}$. Conseguir esses ganhos de incremento para as diferentes espécies florestais, como apresentado por esses autores, deveria ser a meta do gestor florestal para garantir a exploração do potencial produtivo da floresta.

Em geral, o incremento mais baixo nas classes de diâmetro inferiores se deve à baixa quantidade de luz que a árvore recebe, em função do estrato arbóreo em que se encontra. Nas primeiras fases do ciclo de vida, em estratos inferiores, e recebendo pouca luminosidade, o incremento é menor. Entretanto, a partir de determinado diâmetro, atingindo maiores alturas, o incremento aumenta. Mais tarde, depois de atingir o apogeu, o incremento tende a diminuir independentemente da altura em que se encontra, entrando em declínio (Kramer; Kozlowski, 1960; Alder, 1995; Nyland, 2002).

Em condições ideais, onde a competição não se faz sentir, a redução do incremento em diâmetro das árvores sinaliza a tendência à estagnação do crescimento (Batista et al., 2014), marcado pelo início da fase de senescência (Kramer; Kozlowski, 1960; Nyland, 2002) e associado ao aumento da taxa de mortalidade (Weiskittel et al., 2015). Essa redução do incremento pode ser o melhor sinalizador da transição de fases de desenvolvimento das árvores. Muitas vezes, na estrutura diamétrica há indícios do início da senescência, com a redução brusca do número de árvores a partir de uma determinada classe de diâmetro, como no caso do cambará na microrregião de Sinop (Oliveira et al., 2015).

Estrutura diamétrica

A distribuição diamétrica utilizada por gestores florestais ou ecologistas é representada pelo número de árvores em intervalos de classes diamétricas pré-estabelecidas. Esse artifício é utilizado para caracterizar o desenvolvimento da floresta ou da população de uma determinada espécie. Em geral, são observadas muitas árvores nas classes diamétricas menores e poucas nas classes maiores. As classes diamétricas menores indicam árvores jovens em alta competição e as poucas árvores nas classes maiores indicam a senescência, mostrando o efeito da mortalidade. Mais do que isto, esta distribuição evidencia a forma de desenvolvimento original da floresta, ou seja, das estruturas anteriores até o atingimento das classes mais velhas. O'Hara (2014) sugere que as distribuições de florestas multiâneas tendem a concentrar maior sobrevivência de árvores entre as classes intermediárias. Wang et al. (2009) assumem que, embora as estruturas arbóreas variem amplamente entre florestas naturais, elas mostram similaridades básicas que podem sugerir princípios gerais subjacentes.

Pascal (2003) separa as distribuições de acordo com o grupo ecológico. Segundo esse autor, as espécies esciófilas (tolerantes à sombra) teriam uma distribuição exponencial negativa e as heliófilas, que necessitam de boas condições iniciais de luz para seu desenvolvimento, teriam distribuição em forma de sino ou com diminuição do número de árvores nas classes superiores.

Distribuições diferenciadas implicam em pontos de produção diferenciados, principalmente ao se considerar diferentes incrementos em diâmetro. Classes diamétricas com grande acumulação de árvores e com maior incremento em diâmetro proporcionarão maior produção em volume. Portanto, a determinação de diâmetros mínimos de corte e de estruturas remanescentes não pode ser aleatória.

Mudanças na estrutura da floresta durante a sucessão ecológica são determinísticas e não aleatórias (Gotelli, 2008). Aparentemente, existe um direcionamento do desenvolvimento da estrutura diamétrica, mesmo nas florestas em recuperação após alterações, sejam naturais ou antrópicas.

Um distúrbio ocasionado naturalmente por uma tempestade poderia mudar a estrutura de uma floresta natural, assim como aqueles causados por intervenções antrópicas. Entretanto, após o impacto causado, a área degradada tende a se recuperar e a seguir seu padrão sucessional outra vez, provavelmente com trajetória não muito diferente da inicial (Gotelli, 2008), desde que existam condições biofísicas, ecológicas e socioeconômicas que permitam a sua regeneração natural (Latawiec et al., 2016). Whitmore (1990) menciona o caso da floresta Okumu, na Nigéria: uma área de floresta natural foi substituída por agricultura e, após um interregno de vários anos, recuperou a sua forma original. A recuperação dessa área, segundo esse autor, ocorreu naturalmente por espécies demandantes de luz, que foram posteriormente substituídas pelas espécies lenhosas tolerantes à sombra.

Dentre os possíveis distúrbios aos quais as florestas estão sujeitas, encontra-se o manejo sustentável. Entretanto, Chazdon (2014) menciona que a exploração madeireira mantém muito da biodiversidade e da biomassa original. Adicionalmente, a autora comenta que as florestas manejadas ainda são mais diversas e semelhantes às florestas naturais maduras em estrutura e composição, contrastando com a conversão de áreas de florestas para a agricultura.

As distribuições diamétricas podem variar de local para local, mesmo quando se considera uma única espécie. Tais distribuições influenciam as produções iniciais, que são dependentes do estoque inicial e de cortes futuros, ou seja, dependentes do estoque abaixo do diâmetro limite de corte. Como exemplo, estão apresentadas na Figura 1 as distribuições diamétricas de *Cedrela odorata* L. em três áreas de florestas naturais no estado do Acre (Braz et al., 2012). Nesse estudo, a área

1 tem muito mais árvores nas classes de diâmetro comercial ($DAP \geq 50$ cm), situação inversa ao observado na área 3. Os autores reforçam a importância do planejamento do manejo considerando as condições de cada local, pois não é correto esperar produção igual em áreas com estruturas diferentes.

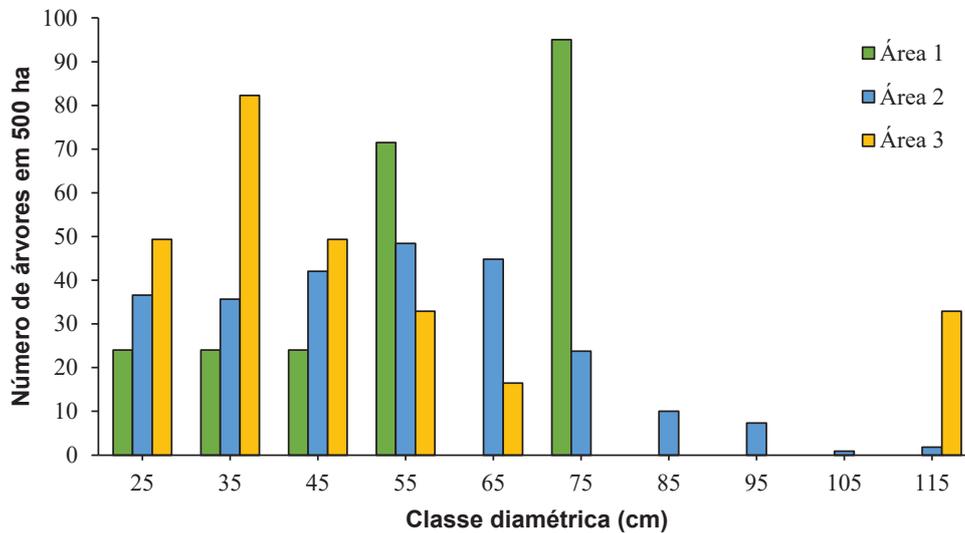


Figura 1. Distribuição de *Cedrela odorata* em três localidades no estado do Acre. Fonte: Braz et al. (2012).

Portanto, as variações nas estruturas diamétricas das florestas naturais representam mais um ponto a ser considerado no questionamento sobre o uso de taxas fixas de corte, uma vez que estas supõem fluxos constantes de produção, independentemente da estrutura.

Classes diamétricas produtivas

Frequentemente, a análise do incremento em diâmetro de uma espécie é feita com os incrementos médios, considerando todas as classes de diâmetro. Isso pode produzir falsos resultados em simulações, modelagens ou previsões de incremento, pois o crescimento difere entre classes diamétricas (Figura 2). Em geral, em condições de floresta natural, os incrementos são menores nas classes diamétricas iniciais, aumentando até atingirem seu máximo e voltando a decair em fases mais avançadas do ciclo de vida (Alder, 1995).

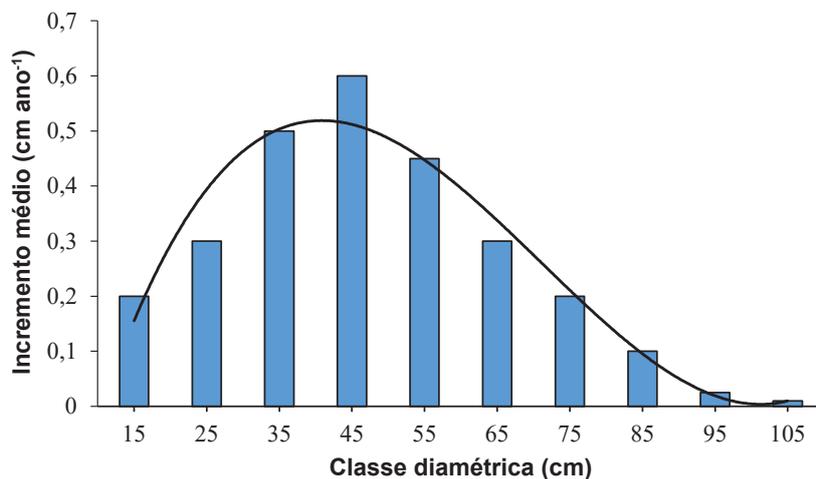


Figura 2. Modelo teórico do incremento em diâmetro por classe diamétrica, em condições de floresta natural.

Este padrão é determinado principalmente pelo estágio de vida em que a árvore se encontra. Quando se analisa o decréscimo de incremento na fase de senescência e a taxa de mortalidade natural, pode-se inferir que a produção em área basal ou volume oriundo de cada classe também decresce. Braz et al. (2015b) ilustraram esse padrão em simulações para *C. odorata*, no estado do Acre, para um período de 30 anos (Figura 3). O incremento oriundo de cada classe diamétrica, individualmente, tende a originar produção diferente. Para a espécie analisada, os autores observaram que a classe de 85 cm de DAP é a última classe produtiva. Isto significa que, após o manejo, classes de diâmetros superiores a essa não contribuirão com incremento líquido. Outra consideração importante é que, nesse caso, a classe de 45 cm foi a mais produtiva. Se ela for removida, grande parte do incremento para o próximo ciclo de corte também será perdido. Sendo assim, para esta espécie, a recuperação de estruturas originais deve considerar as classes inferiores a 85 cm e a manutenção das classes mais produtivas.

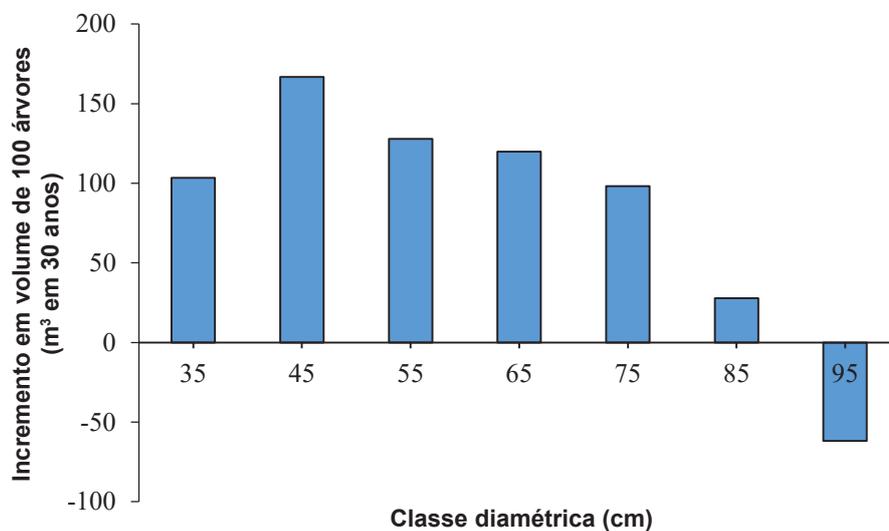


Figura 3. Classes diamétricas produtivas de *Cedrela odorata*, considerando o incremento líquido por classe diamétrica.

Fonte: Braz et al. (2015b).

Classes diamétricas de manejo passíveis de tratamentos silviculturais

Quando se conhece o padrão do incremento em diâmetro de cada espécie, torna-se mais fácil identificar quais classes diamétricas devem sofrer tratamentos silviculturais. As árvores das classes diamétricas que antecedem a classe que apresenta o maior incremento conhecido são as que devem ser favorecidas com tratamentos silviculturais, pois seu desempenho ainda pode ser melhorado. Um exemplo de tratamento que poderia melhorar o crescimento seria o desbaste visando abrir espaço no dossel, para fornecer maior luminosidade às copas das árvores subjacentes. As árvores que deveriam ser favorecidas com as intervenções poderiam ser determinadas a partir do conhecimento da classe em que a espécie sofre declínio do incremento em diâmetro.

Desenvolvimento e estagnação da floresta natural

Assim como o ciclo de vida de uma árvore passa por três fases principais, que são juventude, maturidade e senescência, a floresta natural em seu conjunto de espécies também apresenta fases de desenvolvimento (Odum, 1988), conforme ilustrado na Figura 4.

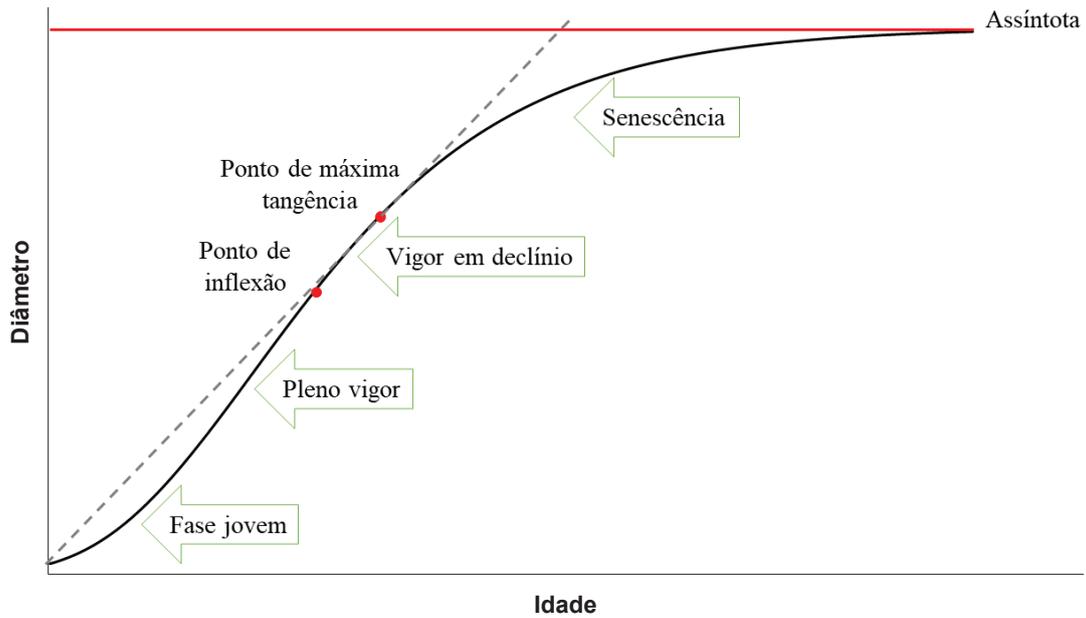


Figura 4. Fases de desenvolvimento do ciclo de vida das árvores.

Na Figura 5 estão representados esquematicamente alguns fatores condicionantes de uma floresta sob manejo, onde são considerados a taxa de extração, ciclo de recuperação e estoque remanescente. As linhas em vermelho mostram que a floresta também segue, assim como uma árvore, um padrão influenciado pelas fases de juventude, pleno vigor, maturidade e senescência.

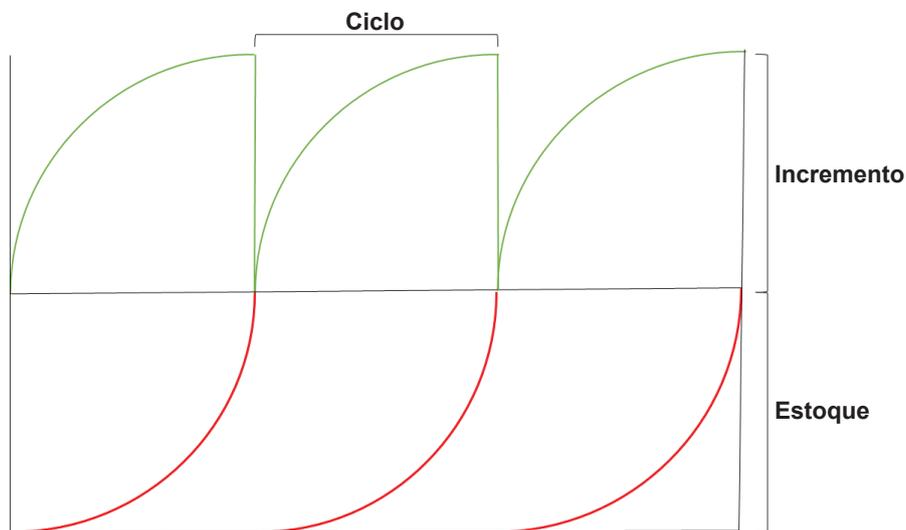


Figura 5. Representação do ciclo de uma floresta sob manejo.

A maior parte das espécies arbóreas da Floresta Amazônica não produz incremento líquido (apenas bruto) nos diâmetros a partir de 70-80 cm (Braz et al., 2012, 2015b, 2018). Isto ocorre devido ao reduzido incremento das árvores no início de senescência e aumento da taxa de mortalidade, resultando em volume líquido menor que aquele observado no início do ciclo, quando as mesmas árvores estavam em fases mais jovens, com maior crescimento.

Aumentar o ciclo de corte para essas espécies apenas tornaria menos econômica a expectativa de volume futuro, uma vez que, durante períodos de tempo muito longos, grande número de árvores já haveria ultrapassado os diâmetros limites de produção.

Como pode ser observado em qualquer estrutura de floresta natural, a sobrevivência é muito baixa nas classes diamétricas maiores. Assmann (1970) menciona que as maximizações em volume ocorrem antes na população e, posteriormente, ao se considerar árvores individuais. Isso se deve ao efeito gradual da mortalidade. Grande parte das sugestões de aumento indiscriminado de ciclo de corte poderia favorecer o atingimento de diâmetros máximos possíveis para uma determinada espécie, mas são classes de diâmetro com altas taxas de mortalidade e baixo crescimento, resultando em redução drástica do incremento ou produção de incremento “negativo”, conforme descrito por Osmaston (2010) e Nyland (2002). Braz et al. (2015a) mostraram que o aumento do ciclo de corte de *Manilkara* spp. (maçaranduba) para 60 anos resultaria na permanência de muitas árvores nas classes com CC (Centro de Classe) de 85 cm e com CC de 95 cm. No entanto, muitas também morreriam, pois nestas classes a mortalidade é muito mais elevada, ultrapassando muito o ponto ótimo de corte. O balanço final seria negativo com relação ao incremento líquido.

A curva acumulada de crescimento em área basal de uma espécie, em seu formato sigmoidal, mostra o ponto em que a população desta espécie atingiu seu apogeu (Dawkins, 1959), de acordo com a capacidade de suporte do sítio em que se encontra (Odum, 1988; Souza; Soares, 2013). Considerando, por exemplo, a distribuição diamétrica atual de *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez (itauba) como similar àquela do passado, que originou as árvores das maiores classes diamétricas, e conhecendo-se seu crescimento, pode-se estimar a classe diamétrica em que a acumulação em área basal começou a declinar até praticamente zero, e também pode-se estimar o intervalo de tempo até a sua estagnação (Figura 6). O ponto de máxima tangência ocorre antes do CC de 75 cm, porém o povoamento foi se desenvolvendo até a classe com CC de 145 cm sem aumento substancial da área basal. Entre estes dois pontos existe um intervalo de mais de 200 anos. Pode-se inferir que o estoque acima da capacidade de suporte máxima é desnecessário (considerando a floresta de produção), ou seja, é um excesso. Portanto, se este povoamento estivesse sendo manejado, não deveriam ocorrer árvores com DAP superior a 75 cm na área em questão, pois o manejo não deveria ser direcionado à busca de diâmetros que pouco contribuiriam para o incremento líquido da floresta.

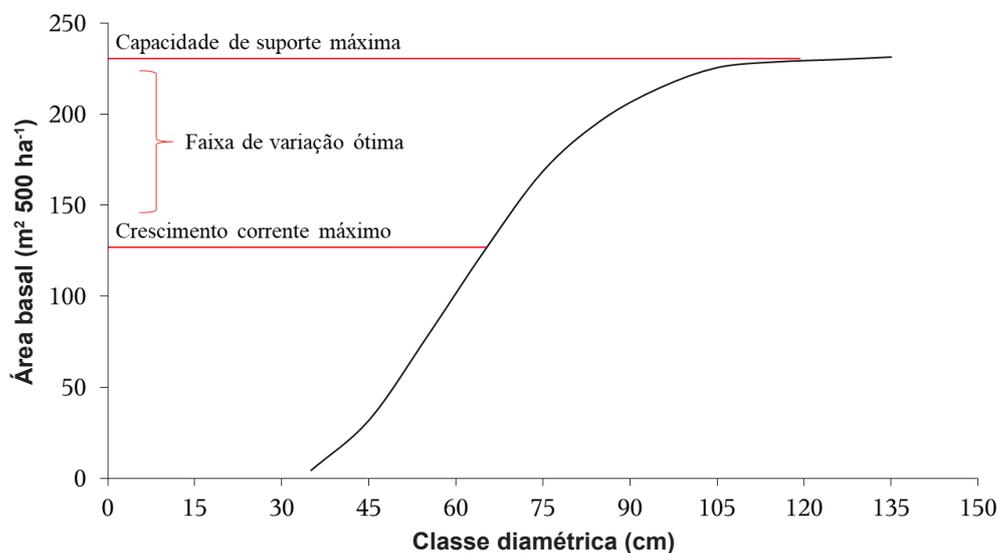


Figura 6. Acumulação em área basal de *Mezilaurus itauba*.

Fonte: Braz et al. (2018).

Em simulações visando identificar as classes diamétricas produtivas de *Mezilaurus itauba*, Braz et al. (2018) também constataram que, em classes superiores a 65 cm, não havia mais incremento líquido, apenas bruto (Figura 7). Assim, também se pode inferir que, caso fossem mantidas árvores acima da classe com CC de 75 cm durante o ciclo de corte prescrito pela legislação florestal brasileira (35 anos), não haveria produção líquida (apenas bruta) para estas árvores.

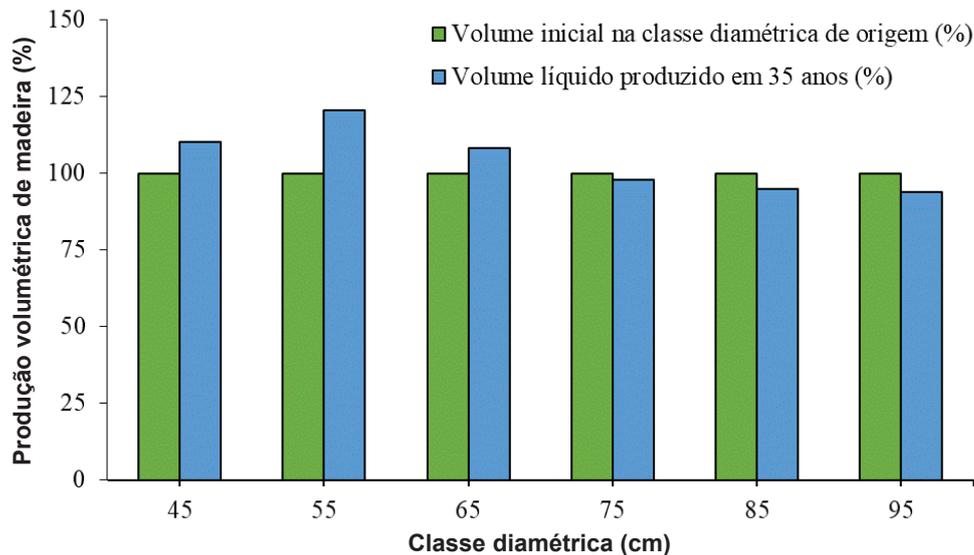


Figura 7. Classes produtivas de *Mezilaurus itauba*.

Fonte: Braz et al. (2018).

A Figura 8 mostra o resultado da simulação da curva de acumulação em volume de madeira de 26 espécies comerciais, a partir do ano zero em uma floresta natural sem manejo crescendo no estado do Acre (Braz, 2010). Nesse estudo, considerando a floresta sem manejo, 125 anos passados do início de acumulação de volume de madeira, as espécies atingiriam o máximo incremento corrente anual (ICA), tendendo a reduzir para estagnação técnica a partir de 175 anos, até a condição de estagnação total, a partir dos 260 anos, sem incremento diamétrico líquido. Assim, a “janela” de manejo para este grupo de espécies está limitada a menos de 50 anos, entre seu incremento máximo e sua estagnação.

Em um período pré-determinado, existem três possibilidades para a trajetória de uma árvore na floresta natural: migrar para classes diamétricas subsequentes, permanecer na mesma classe diamétrica ou morrer, conforme esquematizado na Figura 9. Neste exemplo, o maior incremento está na classe diamétrica com CC de 25 cm. As classes de menores diâmetros CC de 5 cm e 15 cm são, portanto, as que seriam beneficiadas por tratamentos silviculturais.

Com relação à transição entre classes, essa terá influência direta do tempo de passagem entre classes, que é dependente do incremento da espécie. Tempo de passagem é o tempo necessário para o indivíduo de uma determinada espécie atravessar o intervalo da classe considerada (10 cm, no caso de espécies da Floresta Amazônica, geralmente).

Informações sobre o crescimento permitem identificar o potencial de cada uma das classes diamétricas comerciais, bem como determinar as classes diamétricas de uma determinada espécie que melhor responderiam aos tratamentos silviculturais, que seriam aquelas classes de diâmetros menores que as classes com melhor incremento volumétrico.

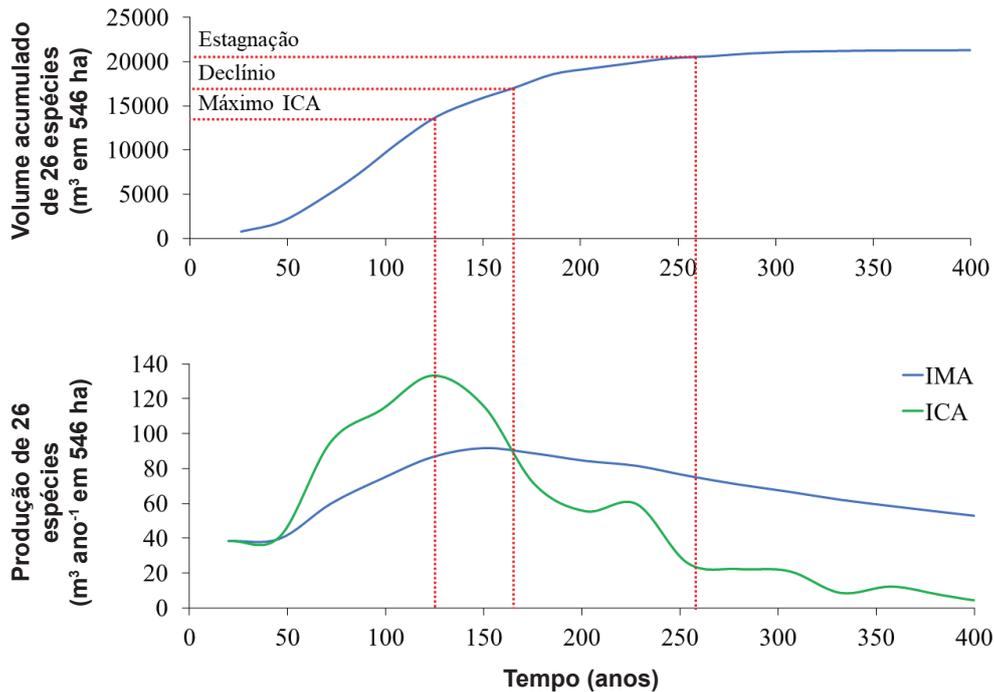


Figura 8. Fases de maximização de acumulação de volume de madeira em talhão de floresta natural não manejada no Acre. IMA = incremento médio anual; ICA = incremento corrente anual.

Fonte: Braz (2010).

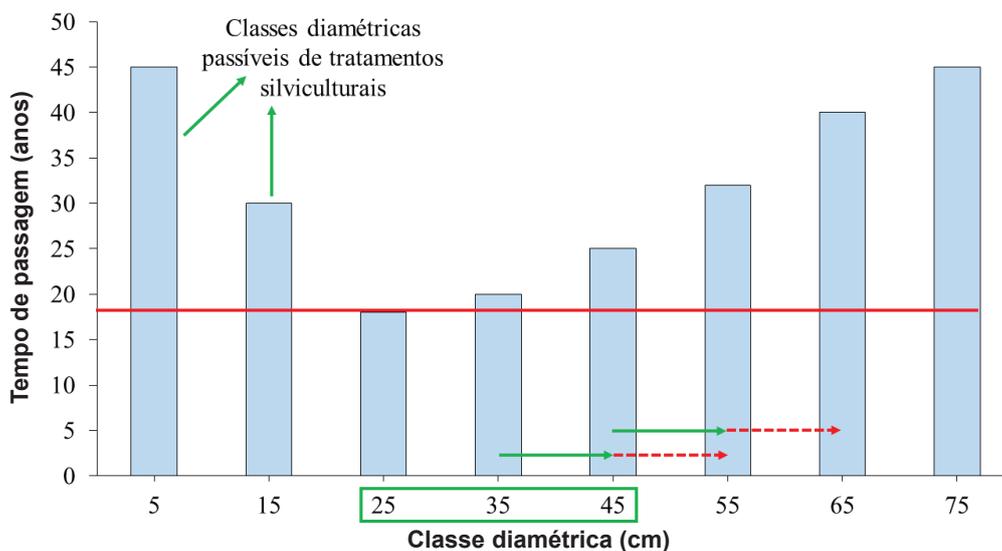


Figura 9. Representação da movimentação nas classes diamétricas, visando atingir o diâmetro comercial. As flechas verdes indicam, a partir da classe considerada, que a classe pode ser alcançada em sua totalidade (descontada a mortalidade). As flechas tracejadas em vermelho indicam quais classes podem ser atingidas parcialmente.

A partir de informações sobre o crescimento da espécie por classe diamétrica, pode-se estimar, para o conjunto de árvores, o cenário final da estrutura diamétrica após tal período pré-determinado. A classe com CC de 25 cm foi a que apresentou o menor tempo de passagem, portanto foi aquela com o melhor incremento volumétrico de madeira. As classes de diâmetro menores que 25 cm devem passar por tratamentos silviculturais, pois apresentam crescimento inferior ao potencial da espécie. Com relação às classes superiores, como já iniciaram decréscimo de crescimento, não haverá expectativa de melhorar o seu desempenho.

Manejo de baixo impacto

Sem dúvida, o manejo requer melhorias do planejamento da extração das árvores, principalmente no que concerne à segurança no trabalho. Também se faz necessário o estabelecimento de normas e planejamentos que resultem em menores danos decorrentes da colheita florestal às árvores remanescentes, como derrubada e arraste. Esses pontos deveriam nortear as instituições fiscalizadoras do manejo mediante padrões de avaliação.

Crescimento em diâmetro de espécies madeireiras no MT

A dendrocronologia tem possibilitado avanços importantes na compreensão do padrão de crescimento de espécies madeireiras exploradas comercialmente, a partir de planos de manejo na Amazônia. A partir das séries de crescimento, são inferidas informações em nível de espécie sobre o incremento e tempo de passagem por classe diamétrica, são ajustados modelos de crescimento em diâmetro e, ainda, em conjunto com dados de inventários florestais, é possível realizar simulações da dinâmica de cada espécie dentro de um período pré-determinado. Na sequência são apresentados resumos dos resultados obtidos pela Embrapa Florestas, para cada espécie estudada até o presente momento (Tabela 1) e, posteriormente, as sugestões de manejo para algumas espécies, individualmente.

Amescla (*Trattinnickia burserifolia*)

A regeneração natural, a estrutura diamétrica e o crescimento da espécie evidenciam seu alto potencial de manejo, sendo que seu padrão de crescimento se mostrou ascendente até o DAP de 85 cm (Canetti et al., 2021). As classes diamétricas abaixo do centro de classe de 55 cm são as que devem receber tratamentos silviculturais, visando potencializar a produção da espécie, uma vez que, apesar de o crescimento ser ascendente até classes diamétricas maiores, a estrutura diamétrica e as simulações para a espécie evidenciaram que há alta mortalidade a partir da classe diamétrica com CC de 55 cm. Em áreas manejadas, onde o dossel é aberto pela retirada das árvores com diâmetro comercial, provavelmente haverá favorecimento do crescimento das árvores com diâmetros inferiores ao comercial, resultando em incrementos maiores devido à maior disponibilidade de luz.

Cambará (*Qualea* spp.)

Devido ao seu excelente incremento em diâmetro na microrregião de Sinop (alcança até 0,9 cm ano⁻¹), o cambará consegue transitar 45% de suas árvores desde a classe com CC de 25 até a classe comercial (55 cm) dentro do ciclo de corte de 35 anos. Nas classes diamétricas com CC de 35 cm e 45 cm, descontando-se a mortalidade, o trânsito seria de 100% para as classes comerciais. A mortalidade da espécie é maior nas classes diamétricas acima de 50 cm e o crescimento decresce mais acentuadamente a partir deste diâmetro. Portanto, o maior potencial da espécie encontra-se no centro de classe de 45 cm. Foi sugerido que o diâmetro de corte para esta espécie, na região geográfica mencionada, seja a partir de 40 cm em área sob manejo florestal de produção, para se evitar o desperdício de madeira (Oliveira et al., 2015). No entanto, uma proposta de redução do DAP mínimo de corte implica em compromisso do produtor em estimular a floresta com exploração de impacto reduzido, tratamentos silviculturais, cortes de liberação e desbastes de árvores prejudiciais ao crescimento das espécies de interesse.

Tabela 1. Resumo dos principais resultados das pesquisas publicadas pela Embrapa Florestas sobre a estrutura diamétrica e crescimento de espécies madeiras nativas da Floresta Amazônica.

Espécie	Microrregião de estudo/Estado	CDAP com maior número de árvores (cm)	CDAP limite da capacidade de suporte (cm)	IMA geral (cm ano ⁻¹)	CDAP com maior incremento em DAP (cm)	IMA da CDAP de maior incremento (cm ano ⁻¹)	TP na CDAP de maior incremento em diâmetro (anos)	CDAP que colaboram para as classes comerciais (ciclo 35 anos)	Fonte
<i>Amburana cearensis</i> var. <i>acrea</i> * (Ducke) J.F. Macbr.	Brasileia, Cruzeiro do Sul, Sena Madureira, Tarauacá e Rio Branco (AC)	15	105	0,62	45	0,66	15	35; 45	Braz et al. (2014)
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Sinop (MT)	55	105	0,30	25	0,39	26	35; 45	Canetti et al. (2021)
<i>Cedrela odorata</i>	Aripuanã (MT)	45	85-95	0,68	15	1,09	9	15; 25; 35; 45	Santos et al. (2021)
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & R. Knuth	Aripuanã (MT)	85	125	0,40	45	0,45	22	35; 45	Gaspar (2020)
<i>Couratari stellata</i> A.C. Sm.	Porto Velho (RO)	75	145	0,46	75	0,53	19	35; 45	Gaspar (2020)
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	Sinop (MT)	55	85	0,45	55	0,51	20	35; 45	Oliveira (2020)
<i>Dipteryx odorata</i>	Aripuanã (MT)	55	105	0,43	55	0,50	20	35; 45	Oliveira (2020)
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Sinop (MT)	75	115	0,44	105	0,77	13	35; 45	Canetti et al. (2021)
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Aripuanã (MT)	55	125	0,48	35	0,61	16	35; 45	Oliveira (2020)
<i>Goupia glabra</i>	Sinop (MT)	55	115	0,49	25	0,51	20	35; 45	Oliveira (2020)
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Aripuanã (MT)	75**	115**	0,51	45	0,62	16	35; 45	Oliveira (2020)
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O. Grose	Aripuanã (MT)	75**	115**	0,46	105	0,89	11	35; 45	Oliveira (2020)
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	Sinop (MT)	25	105	0,37	65	0,49	21	35; 25	Canetti et al. (2021)
<i>Jacaranda copaia</i> * (Aubl.) D. Don	Sinop (MT)	25	65	0,58				25; 35; 45	Braz et al. (2017a)
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Standl.	Aripuanã (MT)	55-75	125	0,49	75	1,12	9	35; 45	Oliveira (2020)
<i>Mezilaurus itauba</i>	Sinop (MT)	55	95	0,20	45	0,30	33	45	Braz et al. (2018)
<i>Qualea</i> spp.	Sinop (MT)	55	85	0,68	65	0,80	12	25; 35; 45	Oliveira (2020)
<i>Qualea</i> spp.	Aripuanã (MT)	45	95	0,71	75	1,07	9	25; 35; 45	Oliveira (2020)
<i>Sextonia rubra</i> * (Mez) van der Werff	Sinop (MT)	35	65	0,41				35; 45	Braz et al. (2017a)
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Sinop (MT)	45	85	0,51	85	0,96	10	25; 35; 45	Canetti et al. (2021)

*Dados de crescimento provenientes de parcelas permanentes (os demais foram obtidos por dendrocronologia). **Dados para *Handroanthus* spp. CDAP = classe diamétrica; IMA = incremento médio anual; TP = tempo de passagem.

Cedro (*Cedrela odorata*)

Na pesquisa de Santos et al. (2021), os maiores incrementos diamétricos médios do cedro na microrregião de Aripuanã, considerando-se todas as árvores amostradas, encontravam-se entre as classes com CC de 15 cm a 35 cm de diâmetro. Quando selecionadas apenas as árvores com melhor desempenho de crescimento, os maiores incrementos diamétricos encontravam-se entre as classes diamétricas com CC de 25 cm e 35 cm. A espécie, considerando todas as amostras, levou 75 anos para atingir, a partir de arvoreta, a classe comercial com CC de 50 cm, e 49 anos quando selecionadas apenas as de melhor desempenho.

Desconsiderando-se a mortalidade, 100% das árvores a partir do centro de classe de 25 cm têm potencial de atingir e ultrapassar as classes diamétricas comerciais (acima de 50 cm) dentro de um ciclo de corte de 35 anos. Isto confere à espécie um grande potencial de produção volumétrica de madeira.

Cedrinho (*Erismia uncinatum*)

O incremento diamétrico médio encontrado para o cedrinho na microrregião de Sinop foi 0,44 cm ano⁻¹ (Canetti et al., 2021), representando a condição da espécie em floresta natural, ainda sem a influência do manejo. Entretanto, esse crescimento pode ser beneficiado em anos posteriores à primeira extração. Reis et al. (2010) encontraram incremento diamétrico médio de 0,9 cm ano⁻¹ para o cedrinho sob manejo no Pará, após 28 anos de exploração florestal. Incremento médio semelhante foi observado por Braz et al. (2017a), na microrregião de Sinop (MT), em área após sete anos de exploração, relatando incremento variando de 0,6 cm ano⁻¹ a 0,9 cm ano⁻¹ entre as classes com CC de 65 cm a 95 cm. As diferenças em incremento observadas em floresta primária e manejada sugerem que o crescimento deve ter sido favorecido por clareiras abertas no dossel da floresta, indicando o potencial dos tratamentos silviculturais para promover ganhos de crescimento nas classes de menores diâmetros. Canetti et al. (2021) ressaltam que a seleção adequada de DMC, do ciclo e da estrutura remanescente da floresta pode quintuplicar o incremento médio anual em volume de madeira dessa espécie, comparados aos valores previstos na legislação vigente.

Cupiúba (*Goupia glabra*)

O ponto de máxima tangência do incremento em diâmetro ocorreu aos 37 cm. A classe com maior incremento em diâmetro foi aquela com centro de classe de 25 cm, segundo Oliveira et al. (2015). Nesta classe foi obtido o incremento de 0,52 cm por ano. Nas classes diamétricas com CC acima de 65 cm, o incremento começa a cair drasticamente, atingindo 0,1 cm ano⁻¹. A redução da sobrevivência da espécie começa também a partir da classe de 65 cm, mostrando a relação entre redução em incremento diamétrico e mortalidade mencionado por Weiskittel et al. (2015).

Segundo os dados analisados, pode-se avaliar que, durante um ciclo de 35 anos, 85% das árvores da classe com CC de 35 cm conseguiriam atingir as classes comerciais (50 cm e acima), desconsiderando-se a mortalidade.

Cumarú (*Dipteryx odorata*)

Oliveira (2020) registrou para o cumarú incremento médio em diâmetro de aproximadamente 0,45 cm ano⁻¹ nas microrregiões de Aripuanã e Sinop (MT), não havendo diferença significativa entre locais. Em ambos os locais o padrão de crescimento seguiu o curso esperado para florestas naturais: lento no início, atingindo um ápice e decrescendo após um limite.

Segundo os dados analisados, pode-se avaliar que, durante um ciclo de 35 anos, 100% das árvores da classe diamétrica com CC de 35 cm conseguiriam atingir as classes comerciais (50 cm e acima), desconsiderando-se a mortalidade.

Garapeira (*Apuleia leiocarpa*)

O ponto de máxima tangência da curva de crescimento em diâmetro da garapeira foi atingido próximo ao valor de 35 cm, confirmando o início da fase de menor crescimento após este ponto (Canetti et al., 2021). Os maiores incrementos médios foram observados entre as classes diamétricas com CC de 25 cm e 35 cm, indicando a ocorrência de ponto de sua maturidade, ou seja, a classe diamétrica com CC de 35 cm representa o início de redução da vitalidade incremental da espécie.

A espécie apresentou incremento médio em diâmetro de 0,30 cm ano⁻¹, com classes diamétricas que alcançaram a média de 0,40 cm ano⁻¹ (classe diamétrica com CC de 25 cm). Segundo Canetti et al. (2021), a espécie tem potencial para duplicar este incremento, uma vez que essas análises foram feitas com base em amostras de árvores oriundas de floresta primária com alta densidade de árvores e sem intervenções, portanto, sujeitas à competição por luz e nutrientes.

Avaliando-se o tempo de passagem entre classes, pode-se observar que 45% das árvores situadas na classe diamétrica com centro de classe de 35 cm e 100% das árvores da classe diamétrica com CC de 45 cm conseguem transitar para a classe comercial com CC de 55 cm dentro de um ciclo de 35 anos. Nesse caso, a classe diamétrica com CC de 35 cm seria a mais beneficiada com tratamentos silviculturais.

Angelim-pedra (*Hymenolobium excelsum*)

Apesar de o incremento médio da espécie ser 0,36 cm ano⁻¹, em determinadas classes diamétricas pode atingir 0,6 cm ano⁻¹ (Canetti et al., 2021). Nas classes diamétricas com CC entre 25 cm e 45 cm, a espécie pode atingir valor médio acima de 0,4 cm ano⁻¹. Houve registros de incrementos de até 1 cm ano⁻¹, indicando o potencial do manejo aumentar a produção de madeira da espécie. O incremento é constante entre as classes diamétricas com CC de 25 cm a 55 cm, padrão característico de espécies secundárias tardias, que podem estar abaixo do dossel por longos anos em espera (Lamprecht, 1990).

Ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*)

O incremento médio obtido para o ipê-amarelo foi 0,46 cm ano⁻¹, porém sua variação foi acentuada e de forma ascendente entre as classes diamétricas (Oliveira, 2020). O ipê-amarelo não seguiu o padrão de incremento de espécies sob condições de floresta natural, havendo aumento contínuo de crescimento até o centro de classe amostrado (85 cm), com incrementos diamétricos anuais superiores a 0,8 cm. Interpretando-se os dados dessa autora, sem considerar a mortalidade, pode-se inferir que, durante um ciclo de 35 anos, 40% das árvores da classe diamétrica com CC de 35 cm e 100% da classe com CC de 45 cm conseguiriam atingir as classes comerciais (50 cm e acima).

Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*)

O incremento médio obtido para o ipê-roxo foi 0,51 cm ano⁻¹ (Oliveira, 2020). A espécie teve variação de incremento por classe diamétrica de acordo com o esperado para populações sob condições de floresta natural: lento inicialmente, acelerado até atingir um máximo e depois em decréscimo. O maior incremento encontrado foi 0,6 cm ano⁻¹ para a classe diamétrica com CC de 45 cm. Entretanto, a espécie mostra um potencial de alcançar incrementos que podem atingir 1 cm ano⁻¹ nesta mesma classe.

Desconsiderando-se a taxa de mortalidade, pode-se considerar que, durante um ciclo de 35 anos, 50% das árvores da classe diamétrica com CC de 35 cm e 100% da classe com CC de 45 cm conseguiriam atingir as classes comerciais (50 cm e acima).

Maçaranduba (*Manilkara huberi*)

Houve alta variação de incremento por classe diamétrica para *M. huberi* em Colniza-MT, porém ocorrendo de forma irregular (Oliveira, 2020). A classe diamétrica com CC de 5 cm foi a que apresentou menor incremento médio (0,29 cm ano⁻¹) e a classe com CC de 75 cm foi a que apresentou maior incremento médio (1,12 cm ano⁻¹).

A espécie apresentou grande acúmulo de árvores na classe diamétrica com CC de 75 cm, o que sugere alta sobrevivência até esta classe. Acima desta classe diamétrica, inicia-se o declínio do incremento em diâmetro e do número de árvores, ou seja, aumento da mortalidade. Braz et al. (2015b) registraram maior produtividade nas classes diamétricas com CC entre 55 cm e 65 cm para esta espécie no Acre. Oliveira (2020) sugeriu um DMC para a espécie de 60 cm, visando maior produção em volume de madeira.

Segundo as normas atuais de manejo (ciclo de 35 anos), 100% das árvores das classes com CC de 35 cm e com CC de 45 cm conseguem transitar para as classes comerciais (50 cm e acima).

Tauari (*Couratari* spp.)

Os incrementos de *C. stellata*, por classe diamétrica, variaram de menos de 0,25 cm ano⁻¹ a mais de 0,50 cm ano⁻¹. A espécie apresentou menores taxas de incremento nas duas primeiras classes. Nas classes de maiores diâmetros, as taxas de crescimento se tornaram constantes, gerando uma tendência decrescente nos tempos de passagem entre classes diamétricas. O maior incremento médio por classe diamétrica foi 0,53 cm ano⁻¹, na classe com CC de 75 cm, sendo o incremento médio geral de 0,46 cm ano⁻¹.

Para *C. oblongifolia* os incrementos foram menores nas duas primeiras classes de diâmetro e o maior incremento médio foi observado na classe diamétrica com CC de 45 cm (0,45 cm ano⁻¹). O incremento diamétrico médio da espécie foi 0,40 cm ano⁻¹.

As duas espécies, mesmo com incrementos médios não significativamente diferentes entre si, apresentaram os maiores incrementos em classes diamétricas diferentes. Sendo assim, devem ser manejadas de forma diferente, sendo observada a distribuição diamétrica para se identificar seus diâmetros ideais de corte, que proporcionarão maior incremento.

Como planejar o manejo por espécie?

Cada espécie possui padrão de crescimento e potencial de manejo próprios. Portanto, para o manejo das florestas naturais da região Amazônica, podem ser enfatizados três pontos principais:

- Exploração madeireira planejada, utilizando-se técnicas de manejo de baixo impacto na estrutura remanescente.
- Extrações baseadas no potencial de cada espécie, a partir da avaliação do manejador sobre como maximizar a produção volumétrica de madeira. Para isso, cada espécie a ser explorada deve ser analisada em termos de sua estrutura e a variação do crescimento ao longo do seu ciclo de vida. O corte só deverá ocorrer posteriormente ao alcance da maturidade da população.

- Não utilizar a taxa geral de extração (30 m³), mas calcular o que pode ser extraído, seguindo os conceitos anteriores.

Sequência básica a ser seguida

Inventário pré-exploratório

O inventário a 100% ou censo deve ser planejado criteriosamente, dedicando-se especial atenção às classes diamétricas menores que a comercial (classes remanescentes), pois são essas que irão garantir o estoque de madeira para os ciclos futuros. Muitas vezes, nem todas as árvores abaixo da classe comercial são medidas (a partir de determinado diâmetro estipulado como mínimo no inventário), o que pode fornecer falsas informações sobre o potencial das espécies exploradas, prejudicando o planejamento da produção e previsões baseadas na estrutura diamétrica remanescente. Depreende-se que o engenheiro responsável e o proprietário da área muitas vezes desejam pleitear junto às instituições ambientais novas intervenções em seus talhões, quando acreditam que sua floresta já atingiu nova produção rentável com relação ao custo e retorno líquido. Com as informações de um censo incompleto, essas análises e afirmações sobre o estado real da floresta se tornam mais difíceis. Portanto, deve-se considerar que todas as árvores das espécies a serem manejadas sejam inventariadas, estabelecendo-se um diâmetro mínimo de, pelo menos, três classes de diâmetro menores que aquelas que serão manejadas.

As espécies principais a serem manejadas devem ter identificação botânica amostral no talhão sob exploração. A identificação deve ser registrada em herbário oficial da região.

Rede de estradas

O inventário 100% é mais do que uma ferramenta de controle dos órgãos ambientais. Ele pode ser usado para auxiliar o melhor planejamento do manejo como um todo. É a base para o planejamento da rede de estradas e dos pátios de estocagem (esplanadas), bem como das trilhas de arraste.

A abertura excessiva de estradas e o planejamento inadequado da rede significam um maior impacto na floresta, diminuindo as perspectivas de sustentabilidade do manejo (Hendrison, 1990). Onde existe uma rede pouco densa, pode ocorrer dano em excesso causado pelo arraste desnecessário. Então, aberturas em excesso ou em carência resultarão no aumento dos custos totais da extração da madeira, seja pelo gasto com a construção das estradas que dão acesso aos compartimentos de exploração, seja pelos elevados custos de arraste da madeira. A otimização dessa rede, em função das distâncias ideais de arraste, deve ser considerada nos planos de manejo de florestas tropicais. O planejamento das estradas da rede, sejam secundárias ou picadas de arraste, deve buscar uma combinação entre distância ótima, densidade, forma fundamental da rede, classes de estradas, disposição dos estaleiros, de forma tal que os custos de arraste, transporte sobre estradas e construção das estradas propriamente ditas sejam minimizados (Braz, 1997).

Braz et al. (2017b) indicaram para a microrregião de Sinop, MT, uma densidade de estradas máxima de 26 m ha⁻¹. Estas densidades podem variar de acordo com situações específicas de relevo ou solos.

Planejamento da extração

A derrubada é um fator crucial e deve ser efetuada por motosserristas treinados. Como é uma atividade de risco, não é recomendável buscar rapidez, mas sim o rendimento possível, considerando todas as normas de segurança. Quando esta atividade não é bem realizada, pode colocar em risco

a segurança da equipe, além de poder comprometer árvores de menor porte do povoamento remanescente. Recomenda-se o monitoramento dessa atividade por órgãos ambientais.

Condições específicas para o manejo

Estrutura diamétrica das classes de menores diâmetros

Além da estrutura diamétrica obtida no inventário a 100%, como foi mencionado, deve-se obter, também, informações do número de árvores disponíveis nas classes menores que a classe diamétrica comercial (no mínimo para a classe diamétrica com CC de 20 cm). Estas informações podem ser obtidas amostralmente, segundo uma intensidade a ser determinada para cada caso. As estruturas diamétricas por espécie, ajustadas em funções de densidade de probabilidade (fdp), serão utilizadas nas simulações.

Incremento por classe diamétrica

O conhecimento do incremento em diâmetro de cada classe diamétrica é fundamental para saber quais classes diamétricas, dentro de um ciclo pré-determinado, têm potencial para atingir as classes comerciais.

Modelagem do crescimento

As informações de crescimento e modelagens devem ser chanceladas por instituições de pesquisa ou de ensino, com apoio das empresas. A Embrapa Florestas, por exemplo, já desenvolveu modelos de crescimento para 12 espécies da Amazônia mato-grossense, as quais estão disponíveis para uso em publicações técnicas e científicas (Braz et al., 2017a; Gaspar, 2020; Oliveira, 2020; Canetti et al., 2021; Santos et al., 2021).

Identificação dos diâmetros de máxima produção de volume por simulações

Primeiramente, deve-se verificar em que dimensão a espécie começa a ter seu incremento em diâmetro reduzido. Isto é um sinalizador do início da perda de vigor da espécie e da transição da maturidade para senescência. Com as informações do modelo de crescimento em diâmetro da espécie, pode-se estimar o crescimento em volume e desenvolver curvas de produção de madeira. Isto facilitará o entendimento do diâmetro em que a espécie apresenta maior potencial de produção em volume.

Alguns métodos foram desenvolvidos para predição da produção futura de populações. Com as informações do incremento por classe diamétrica e com o uso de simulações matriciais, Alder (1995) mostrou como obter uma estimativa futura da produção. Buscando critérios que resultassem em maior produção da floresta, Canetti et al. (2021) desenvolveram protocolo envolvendo simulações populacionais, considerando funções de densidade de probabilidade da estrutura diamétrica e modelos de crescimento de cada espécie. Entende-se que esse protocolo deveria ser utilizado, visando aproveitar o máximo potencial da floresta, sem o comprometimento da sua sustentabilidade, ou seja, pode-se combinar diâmetros e ciclos na busca de parâmetros ideais para cada espécie. O diâmetro mínimo de corte definido para cada espécie é fundamental. A combinação e escolha de ciclos ou diâmetros podem ser aperfeiçoadas mediante análise econômica, seguindo a metodologia de Braz et. al. (2017b).

A Embrapa Florestas pretende desenvolver um software para a análise combinada de estrutura diamétrica e incremento para a otimização de ciclos e diâmetro ideais de corte.

Ciclos de corte por grupos de espécies

Visando reduzir o número de entradas na floresta, as espécies com padrão de crescimento semelhantes podem ser estratificadas em subgrupos com ciclos de corte médios, gerando menor impacto na floresta remanescente. Esses ciclos seriam calculados de acordo com o ritmo de incremento das espécies e seus pontos de estagnação. Pode-se também ponderar o número de árvores de cada espécie no cálculo do ciclo de corte médio. Assim, espécies com abundância menor terão menor influência no cálculo do ciclo.

Adequação à legislação

Qualquer modificação ou alteração no ciclo de corte ou diâmetro de corte deve ser aprovada por órgão ambiental competente. As propostas devem ser apresentadas e discutidas com estes órgãos.

Quando aceitas as sugestões de manejo pelas instituições ambientais, as empresas devem monitorar seus planos de manejo com parcelas permanentes, com intensidade amostral e padrão homogêneo (Oliveira et al., 2005).

Considerações finais

Há limites técnicos para aumento ou decréscimo do diâmetro mínimo de corte ou do ciclo de corte, e estes não podem ser modificados arbitrariamente. Os ciclos produtivos, quando são consideradas “florestas de produção”, têm um limite temporal. Assim, a proposta de manejo deve considerar, principalmente, a produção líquida de cada espécie.

As propostas sugeridas consideram estas premissas e propõem que se trabalhe com diâmetros em que as populações das espécies consideradas maximizem suas produções. Sem dúvida, acrescidos os conceitos de tratamentos silviculturais específicos e normas de exploração criteriosas, o manejo será mais eficiente e produtivo.

Ao adotarem as propostas sugeridas, após aprovação pelos organismos ambientais, as empresas devem contar com pessoal técnico treinado para os levantamentos de campo e o planejamento da exploração.

O diâmetro mínimo de corte deve ser definido individualmente para as espécies comerciais e para cada propriedade em que é realizado o manejo na Floresta Amazônica, o que pode ser feito com apoio de instituições de pesquisa e ensino.

O manejo de florestas naturais passa diretamente pelo entendimento da estrutura e crescimento das espécies a serem manejadas. Diâmetros de corte inadequados ou estruturas remanescentes equivocadas colocarão em risco a sustentabilidade de produção.

Referências

- ALDER, D. **Growth modelling for mixed tropical forests**. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1995. 231 p. (Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Papers, 30).
- ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.
- ÁVILA, A. L. de; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A. R.; LOPES, J. do C.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; DORMANN, C. F.; MAZZEI, L.; SOARES, M. H. M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 385, p. 225-235, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.039>.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. do; SILVA FILHO, D. F. da. **Quantificação de recursos florestais**: árvores, arvoredos e florestas. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 384 p.
- BRASIL. Instrução Normativa MMA 5 de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável - PMFSs [...] e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 dez. 2006. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=76720>. Acesso em: 17 set. 2021.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 406 de 02/02/2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS [...]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2009. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=111081>. Acesso em: 17 set. 2021.
- BRAZ, E. M.; BASSO, R. O.; SILVA, J. P.; MATTOS, P. P. de. **Índices de exploração para florestas naturais da microrregião de Sinop, MT**. Colombo: Embrapa Florestas, 2017a. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 395). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1068854>.
- BRAZ, E. M.; CANETTI, A.; MATTOS, P. P.; BASSO, R. O.; FIGUEIREDO FILHO, A. Alternative criteria to achieve sustainable management of *Mezilaurus itauba* in the Brazilian Amazon. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1–8, 2018.
- BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; ARCO-VERDE, M. F.; BASSO, R. O.; CANETTI, A. **Otimização do ciclo de corte na Floresta Amazônica sob o ponto de vista econômico**. Colombo: Embrapa Florestas, 2017b. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 402). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1073850>.
- BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; CANETTI, A.; THAINES, F.; RUY, C. C.; MARTINS, L. P. Planejamento do segundo ciclo de *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. no estado do Acre. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 6., 2015, Santa Maria, RS. **Planejamento e desenvolvimento**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2015a. p. 453-462.
- BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; THAINES, F.; FIGUEIREDO, E. O.; RIBAS, L. A. **A importância da distribuição diamétrica remanescente para o manejo de florestas naturais**: o caso da *Cedrela odorata*. Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 294). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/931164>.
- BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; THAINES, F.; MADRON, L. D. de; GARRASTAZU, M. C.; CANETTI, A.; OLIVEIRA, M. V. N. D'. Criteria to be considered to achieve a sustainable second cycle in Amazon Forest. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 209-225, 2015b.
- BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. Manejo de produção em florestas naturais da Amazônia: mitos e verdades. **Nativa**, v. 3, n. 4, p. 292–295, 2015.
- BRAZ, E. M. **Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável de floresta tropical**. Rio Branco, AC: Embrapa-CPAF/AC, 1997. 38 p. (Embrapa-CPAF/AC. Circular técnica, 15).
- BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento de manejo de florestas tropicais da Amazônia**. 2010. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- BRAZ, E. M.; THAINES, F.; MATTOS, P. P. de; OLIVEIRA, L. C. de; RIBAS, L. A.; OLIVEIRA, M. V. N. D.; THAINES, A. A. R. Management of *Amburana cearensis* var. *acreana* in Acre state, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 455-463, 2014.
- CANETTI, A.; BRAZ, E. M.; DE MATTOS, P. P.; BASSO, R. O.; FILHO, A. F. A new approach to maximize the wood production in the sustainable management of Amazon forest. **Annals of Forest Science**, v. 78, n. 3, 2021.

- CHAZDON, R. L. **Second Growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation**. Chicago: University of Chicago Press, 2014. 472 p.
- DANIEL, T. W.; HELMS, J. A.; BAKER, F. S. **Principles of silviculture**. Utah, USA: McGraw-Hill Book Company, 1979. 500 p.
- DAWKINS, H. C. The volume increment of tropical high-forest and the limitations on its improvement. **Empire Forestry Review**, v. 38, n. 2, p. 175–180, 1959.
- DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; LOPES, J. do C.; OLIVEIRA, F. de A. Growth, mortality, and recruitment of tree species in an Amazonian rainforest over 13 years of reduced impact logging. **Forest Ecology and Management**, v. 430, p. 150–156, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.024>.
- FORTINI, L. B.; CROPPER, W. P.; ZARIN, D. J. Modeling the complex impacts of timber harvests to find optimal management regimes for Amazon tidal floodplain forests. **PLoS ONE**, v. 10, n. 8, p. 1–18, 2015.
- GASPAR, C. **Estrutura, crescimento e manejo de Couratari spp. em dois locais da Floresta Amazônica**. 2020. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati).
- GOTELLI, N. J. **A Primer of ecology**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2008. 290 p.
- GROENENDIJK, P.; BONGERS, F.; ZUIDEMA, P. A. Using tree-ring data to improve timber-yield projections for African wet tropical forest tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 400, p. 396–407, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.054>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recuperação e compatibilização do projeto RADAMBRASIL, tema Vegetação (escala 1:1 000 000)**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://data.amerigeoss.org/es/dataset/cren_vegetacao_radambrasil. Acesso em: 31 maio 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Amazônia Legal 2020**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 10 mar. 2017.
- HENDRISON, J. **Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname**. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Agricultural University, 1990. 204 p.
- KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of trees**. New York: McGraw-Hill Companies, 1960. 624 p.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.
- LATAWIEC, A. E.; CROUZEILLES, R.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; SANSEVERO, J. B.; SANTOS, J. S. dos; MILLS, M.; NAVE, A. G.; STRASSBURG, B. B. Natural regeneration and biodiversity: a global meta-analysis and implications for spatial planning. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 844–855, 2016. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/btp.12386>.
- NYLAND, R. D. **Silviculture: concepts and applications**. 2. ed. Boston, MA: McGraw-Hill, 2002. 682 p.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. 3. ed. Rio de Janeiro, Brazil: Guanabara, 1988. 434 p.
- O'HARA, K. **Multitaged silviculture: managing for complex forest stand structures**. Oxford University Press, 2014. 213 p.
- OLIVEIRA, M. F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; CANETTI, A.; BASSO, R. O.; ROSOT, N. C. **Padrão de crescimento e diâmetro ótimo de corte de cambará no município de Santa Carmem, microrregião de Sinop, MT**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 364). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1038813>.
- OLIVEIRA, M. F. de. **Modelagem do crescimento e da estrutura diamétrica para determinação do ciclo e do diâmetro mínimo de corte de espécies madeiras da Floresta Amazônica**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- OLIVEIRA, M. V. N. d'; BRAZ, E. M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 177–182, 2006.
- OLIVEIRA, M. V. N. d'; OLIVEIRA, L. C.; ACUÑA, M. H. A.; BRAZ, E. M. Twenty years monitoring growth dynamics of a logged tropical forest in Western Amazon. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 493–502, 2017.
- OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; LUZ, N. B. da; MATTOS, P. P. de; GUIMARÃES, D. P.; OLIVEIRA, E. B. de; GOMIDE, G. L. A.; SÁ, I. B. de; FREITAS, J. V. de; SILVA, J. N. M.; GARRASTAZU, M. C.; HIGUCHI, N.; COSTA, T. C. e C. da. **Sistema Nacional de Parcelas Permanentes: proposta de modelo metodológico**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 67 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 106).

OSMASTON, F. C. **The management of forests**. Dehra Dun: Natraj Publishers, 2010. 384 p.

PASCAL, J. Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. **Revue Forestière Française**, v. 55, p. 118-130, 2003.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; COELHO, A. A.; LUZ, A. S.; MARTINS-DASILVA, R. C. V. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós após 28 anos da exploração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 265-281, 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.64.265.

SANTOS, A. T. dos; CANETTI, A.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; BASSO, R. O. **Estrutura diamétrica e padrão de crescimento de *Cedrela odorata* em floresta primária em Colniza, MT**. Colombo: Embrapa Florestas, 2021. 10 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 469).

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

SCHÖNGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 1–2, p. 46–58, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.037>.

SCHULZE, M.; VIDAL, E.; GROGAN, J.; ZWEEDE, J.; ZARIN, D. Madeiras nobres em perigo: práticas e leis atuais de manejo florestal não garantem a exploração sustentável. **Ciência Hoje**, v. 36, n. 214, p. 66–69, 2005.

SEBBENN, A. M.; DEGEN, B.; AZEVEDO, V. C. R.; SILVA, M. B.; LACERDA, A. E. B. de; CIAMPI, A. Y.; KANASHIRO, M.; CARNEIRO, F. da S.; THOMPSON, I.; LOVELESS, M. D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 254, n. 2, p. 335-349, 2008.

SIST, P.; PIPONIOT, C.; KANASHIRO, M.; PENA-CLAROS, M.; PUTZ, F. E.; SCHULZE, M.; VERISSIMO, A.; VIDAL, E. Sustainability of Brazilian forest concessions. **Forest Ecology and Management**, v. 496, p. 119440, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119440>.

VAN GARDINGEN, P. R.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajós National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 231, n. 1–3, p. 184–195, 2006.

WANG, X.; HAO, Z.; ZHANG, J.; LIAN, J.; LI, B.; YE, J.; YAO, X. Tree size distributions in an old-growth temperate forest. **Oikos**, v. 118, n. 2009, p. 25–36, 2009.

WEISKITTEL, A. R.; HANN, D. W.; KERSHAW JUNIOR, J. A.; VANCLAY, J. K. **Forest growth and yield modeling**. Noida: Wiley-Brackwell, 2015. 415 p.

WHITMORE, T. C. **An Introduction to tropical rain forests**. Oxford: Clarendon, 1990. 240 p.

ZIMMERMAN, B. L.; KORMOS, C. F. Prospects for sustainable logging in tropical forests. **BioScience**, v. 62, n. 5, p. 479–487, 2012. DOI: <https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2012.62.5.9>.

Embrapa

Florestas

