



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E
SUSTENTABILIDADE**

**AVALIAÇÃO SILVICULTURAL DE PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DA
CAETÉ FLORESTAL EM NEPOMUCENO-MG**

Por
VINÍCIUS MASCHERPE NEVES

NAZARÉ PAULISTA, 2022



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E
SUSTENTABILIDADE**

**AVALIAÇÃO SILVICULTURAL DE PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DA
CAETÉ FLORESTAL EM NEPOMUCENO-MG**

Por

VINÍCIUS MASCHERPE NEVES

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

PROF. DR. LAURY CULLEN JUNIOR

DR. SAMIR ROLIM

DR. TIAGO PAVAN BELTRAME

**TRABALHO FINAL APRESENTADO AO PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE**

IPÊ – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS

NAZARÉ PAULISTA, 2022

Ficha Catalográfica

Neves, Vinícius

Avaliação silvicultural de plantios de espécies nativas da Caeté Florestal em Nepomuceno-MG, 2022. 52 pp. Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas

1. Silvicultura de nativas
 2. Avaliação silvicultural
 3. Manejo florestal
- I. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, IPÊ

PROF. DR. LAURY CULLEN JUNIOR

DR. SAMIR ROLIM

DR. TIAGO PAVAN BELTRAME

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, principalmente meus pais, por entenderem a minha distância e ausência em momentos importantes, e por me apoiarem incondicionalmente e fazerem de tudo para que meus dias fossem amparados e confortáveis.

A minha maravilhosa companheira Júlia, por estar ao meu lado mesmo quando a distância apertou, sempre me confortando, me inspirando e dando ideias, ouvindo quando eu precisava reclamar que estava sobrecarregado e me ajudando a levantar todas as vezes que ficava difícil.

Aos excelentes professores e funcionários do IPE e a todos os colegas do mestrado e especialmente aos meus orientadores, Laury Cullen, Samir Rolim e Thiago Beltrame. Ao pessoal de campo, e a Rô.

Agradeço à Caeté Florestal pelo investimento nesta temática tão fundamental e na qual o Brasil tem muito a ganhar, por possibilitar a continuidade da minha formação e o desenvolvimento desta pesquisa em uma área tão importante.

Agradeço ainda a todos os familiares, amigos, colegas e professores que me apoiaram nesta jornada. Foi difícil, mas seria impossível sem a ajuda de vocês.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	3
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
Setor florestal e madeireiro no Brasil	5
Ecofisiologia e manejo de florestas plantadas.....	6
Carbono.....	9
Lacunas de conhecimento sobre silvicultura de nativas.....	10
OBJETIVOS.....	11
METODOLOGIA.....	11
Área de estudo	11
Parâmetros avaliados e coleta dos dados.....	12
Parâmetros quantitativos.....	13
Parâmetros qualitativos	14
Avaliação silvicultural.....	15
Carbono.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
Aroeira-verdadeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>)	21
Caracterização do plantio e dados de crescimento	21
Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i>).....	25
Caracterização do plantio e dados de crescimento	25
Grápia (<i>Apuleia leiocarpa</i>).....	28
Caracterização do plantio e dados de crescimento	28
Ipê-felpudo (<i>Zeyheria tuberculosa</i>).....	30
Caracterização do plantio e dados de crescimento	30
Angico-cascudo (<i>Anadenanthera peregrina var. falcata</i>)	33
Caracterização do plantio e dados de crescimento	33
Jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i>).....	36
Caracterização do plantio e dados de crescimento	36
Recomendações de manejo	40
Desrama	40
Desbaste.....	41
Enriquecimento	42
CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Números da produção florestal no Brasil (IBGE, 2019).....	5
Figura 2: Sistema de dois níveis representando a estrutura de retroalimentação entre árvores individuais e o talhão. Adaptado de Pretszch, 2009.	7
Figura 3: Representação de um talhão com árvores classificadas para auxiliar no planejamento do desbaste. Adaptado de Kerr e Haufe, 2011.	8
Figura 4: Localização do município de Nepomuceno no estado de Minas Gerais.....	12
Figura 5: Exemplos de medição de DAP em situações incomuns. Adaptado de Pearson, Walker e Brown (2005).....	14
Figura 6: Exemplos de árvores com fuste único e retilíneo (esquerda - nível 1); fuste levemente tortuoso (centro - nível 2); e muito tortuoso e/ou bifurcado (direita - nível 3).	15
Figura 7: Porcentagem de árvores de cada espécie em Classes de Qualidade do Fuste.....	18
Figura 8: Plantio de aroeira-verdadeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Exemplos de indivíduos com brotações laterais; Dir.: Detalhe de brotações laterais afetando a retidão do fuste e a qualidade da madeira.)	22
Figura 9: Comparação entre os dados do plantio de aroeira-verdadeira em Nepomuceno – MG e a curva de crescimento em diâmetro no modelo desenvolvido para a espécie em Linhares – ES por Rolim e Piotto (2018).	22
Figura 10: Distribuição dos indivíduos de aroeira-verdadeira do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.....	24
Figura 11: Plantio de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i>). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Exemplo de indivíduo bifurcado na base; Dir.: Indivíduo com boa retidão, mas bifurcação na parte superior do fuste).	25
Figura 12: Comparação entre os dados do plantio de jatobá em Nepomuceno – MG e a curva de crescimento em diâmetro no modelo desenvolvido para a espécie em Linhares – ES por Rolim e Piotto (2018).	26
Figura 13: Distribuição dos indivíduos de jatobá do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.....	27
Figura 14: Plantio de grápia (<i>Apuleia leiocarpa</i>). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Exemplo de indivíduo bifurcado na base; Dir.: Indivíduo com fuste levemente inclinado.	29
Figura 15: Distribuição dos indivíduos de grápia do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.....	29
Figura 16: Plantio de ipê-felpudo (<i>Zeyheria tuberculosa</i>). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Indivíduo com fuste longo e retilíneo; Dir.: Detalhe de galhos secos na copa e desrama natural.).....	31
Figura 17: Comparação entre os dados do plantio de ipê-felpudo em Nepomuceno – MG e a curva de crescimento em diâmetro no modelo desenvolvido para a espécie em Linhares – ES por Rolim e Piotto (2018).	31
Figura 18: Distribuição dos indivíduos de ipê-felpudo do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.....	32
Figura 19: Plantio de angico-cascudo (<i>Anadenanthera falcata</i> var. <i>peregrina</i>). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Indivíduo com fuste bifurcado e inclinado; Dir.: Indivíduo com fuste levemente inclinado.).....	34
Figura 20: Distribuição dos indivíduos de angico-cascudo do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.....	34
Figura 21: Plantio de jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i>). (Esq.: Vista geral de parte do talhão; Centro: Indivíduo com fuste bifurcado; Dir.: Indivíduo com boa qualidade do fuste.)	37

Figura 22: Comparação entre os dados do plantio de jequitibá-rosa em Nepomuceno – MG e a curva de crescimento em diâmetro no modelo desenvolvido para a espécie em Linhares – ES por Rolim e Piotto (2018).....	38
Figura 23: Distribuição dos indivíduos de jequitibá-rosa do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.....	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Características dos plantios de espécies nativas da Caeté Florestal em Nepomuceno - MG.....	11
Tabela 2: Descrição da amostragem para cada espécie.	13
Tabela 3: Equações utilizadas para a estimativa da biomassa acima do solo nos plantios.	17
Tabela 4: Resumo das estimativas de carbono na biomassa acima do solo nos plantios.	19
Tabela 5: Parâmetros silviculturais nos plantios de espécies nativas da Caeté Florestal em Nepomuceno-MG.....	20
Tabela 6: Dados do plantio de Aroeira-verdadeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>).....	21
Tabela 7: Dados do plantio de Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i>).	25
Tabela 8: Dados do plantio de grápia (<i>Apuleia leiocarpa</i>).	28
Tabela 9: Dados do plantio de ipê-felpudo (<i>Zeyheria tuberculosa</i>).....	30
Tabela 10: Dados do plantio de angico-cascudo (<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i>).....	33
Tabela 11: Dados do plantio de jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i>).....	36
Tabela 12: Resumo das recomendações de manejo.....	43

RESUMO

Resumo do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

AVALIAÇÃO SILVICULTURAL DE PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DA CAETÉ FLORESTAL EM NEPOMUCENO-MG

Por

VINÍCIUS MASCHERPE NEVES

NAZARÉ PAULISTA, 2022

Orientador: Laury Cullen Junior

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores globais de madeira, e a enorme riqueza em biodiversidade presente em suas florestas faz com que o país tenha uma posição de destaque na exploração deste mercado. O crescimento da demanda e o aumento da consciência sobre os efeitos da exploração desordenada das florestas primárias pressionam para o desenvolvimento de novas técnicas que possibilitem a produção de madeira de espécies de árvores nativas de forma sustentável. Neste sentido, diversas iniciativas procuram desenvolver o conhecimento sobre o comportamento silvicultural de espécies nativas de grande valor madeireiro, entre elas os plantios experimentais da Caeté Florestal, em Nepomuceno – MG. Neste trabalho são avaliados os plantios de seis espécies nativas de interesse comercial em relação aos dados de crescimento e à qualidade do fuste. Também são realizados apontamentos sobre o manejo e o potencial de plantios destas espécies.

Palavras-chave: Silvicultura de nativas; Avaliação silvicultural; Manejo florestal

ABSTRACT

Abstract of the Final Paper presented to the Professional Master's Degree Program in Biodiversity Conservation and Sustainable Development as partial requirement for obtaining the Master's degree

SILVICULTURAL EVALUATION OF CAETÉ FLORESTAL'S BRAZILIAN NATIVE SPECIES PLANTATIONS AT NEPOMUCENO-MG

By

VINÍCIUS MASCHERPE NEVES

NAZARÉ PAULISTA, 2022

Advisor: Laury Cullen Junior

Brazil is one of the largest global producers and exporters of wood, and the enormous wealth of the biodiversity present in its forests puts the country in a prominent position in this market. The growth in demand and the increase in awareness surrounding the effects of disorderly exploitation of primary forests are pressing for the development of new techniques that allow the production of wood from Brazilian native tree species in a sustainable way. In this sense, several initiatives seek to develop knowledge about the silvicultural behavior of native species of great timber value, including the experimental plantations of Caeté Florestal, in Nepomuceno - MG. In this work, the plantations of six Brazilian native species of commercial interest are evaluated in relation to growth and bole quality. Notes are also made on the management and silvicultural potential of these species.

Key-words: Silvicultural of native species; Silvicultural Evaluation; Forest Management

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de destaque em relação à produção madeireira. A extensão e a biodiversidade extraordinária de suas florestas fizeram com que o país se tornasse uma potência global no setor, embora isto tenha se refletido na devastação de vastas áreas em seus dois principais biomas com ocorrência de formações florestais, a Amazônia e a Mata Atlântica, com severos impactos negativos para a conservação da biodiversidade e as mudanças climáticas.

Ao longo do último século, contudo, o país foi capaz de desenvolver uma indústria altamente eficiente em torno das florestas plantadas. As características climáticas e a fertilidade dos solos, somadas a grandes investimentos em programas de pesquisa, possibilitaram que o país atingisse taxas elevadas de produtividade em florestas plantadas com espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*, exóticas que se adaptaram muito bem ao clima do centro-sul do país. O investimento consistente em melhoramento genético e desenvolvimento de técnicas de manejo adequadas às características destas espécies no território brasileiro, principalmente a partir da década de 1970, levaram os plantios destas espécies a níveis de produtividade que hoje superam aqueles observados nos países onde estas espécies ocorrem naturalmente.

Contudo, muito embora o mercado silvicultural tenha se desenvolvido exponencialmente no país ao longo das últimas décadas, a atenção dedicada ao conhecimento e desenvolvimento de estratégias de melhoramento das espécies nativas para a produção de madeira nunca esteve próxima daquela oferecida às espécies mais produtivas de *Pinus* e *Eucalyptus*. Sendo assim, ainda que o valor madeireiro de diversas espécies nativas seja reconhecido e a sua demanda no mercado global siga apresentando tendências de alta, o pouco conhecimento sobre o seu desempenho em plantios faz com que o investimento em projetos de silvicultura com espécies nativas ainda seja incipiente.

Assim, para o desenvolvimento de um mercado nacional de silvicultura que aproveite e desenvolva o potencial das espécies nativas, o investimento em pesquisa é fundamental, e este trabalho busca colaborar neste sentido, oferecendo uma descrição da situação atual dos plantios experimentais com espécies nativas da Caeté Florestal em Nepomuceno – MG, apresentando os dados de crescimento observados e realizando comparações com os dados de

outros plantios descritos na literatura. É apresentada também uma breve instrução de manejo para estes plantios, com informações que podem futuramente ser relevantes para o manejo de outras áreas que apresentem condições similares.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A madeira é um recurso natural com enorme diversidade de aplicações em diferentes setores econômicos, e sua obtenção sempre foi considerada matéria de importância estratégica para diversos povos e nações ao longo do desenvolvimento das civilizações humanas. A exploração deste recurso, contudo, esteve historicamente relacionada a degradação de florestas nativas em todo o mundo, como atesta a própria história da colonização do território brasileiro pelos portugueses, relacionada em sua fase inicial à exploração dos recursos madeireiros, mais notadamente o pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) (SANTANA *et al.*, 2020). Mais recentemente, em todo o mundo cerca de 178 milhões de hectares de florestas foram desmatados desde 1990, uma área maior que todo o centro-oeste brasileiro (FAO, 2020).

Nas últimas décadas, diversas formas de reduzir o impacto da produção de madeira e outras matérias-primas florestais sobre os ecossistemas naturais têm sido exploradas, incluindo-se o desenvolvimento da silvicultura como ciência capaz de avaliar as melhores técnicas para o cultivo florestal com fins econômicos, diminuindo a pressão sobre as florestas primárias. As florestas plantadas representam hoje cerca de 3% de toda a área florestal global, sendo manejadas principalmente para a produção de bens e produtos com valor econômico como a madeira serrada (FAO, *ibid.*). O mercado madeireiro global tem crescido em média 0,2% ao ano entre os anos de 1990 e 2015 (ZHANG *et al.*, 2020), e em um cenário de expansão do desmatamento em muitos países em desenvolvimento, é importante pensar no papel das florestas plantadas para que o crescimento deste mercado não impacte negativamente na conservação da natureza.

Setor florestal e madeireiro no Brasil

O Brasil é um dos países mais biodiversos do mundo, e contando com cerca de 500 milhões de hectares de florestas nativas e 10 milhões de hectares de florestas plantadas, é hoje um dos maiores fornecedores globais de produtos florestais (IBGE, 2019; ROLIM, *et al.*, 2020). Contudo, grande parte desta produção ainda depende da extração realizada em matas nativas, com cerca de 14 milhões de m³ de toras de madeira extraídas anualmente das florestas primárias (VERISSIMO; PEREIRA, 2014).

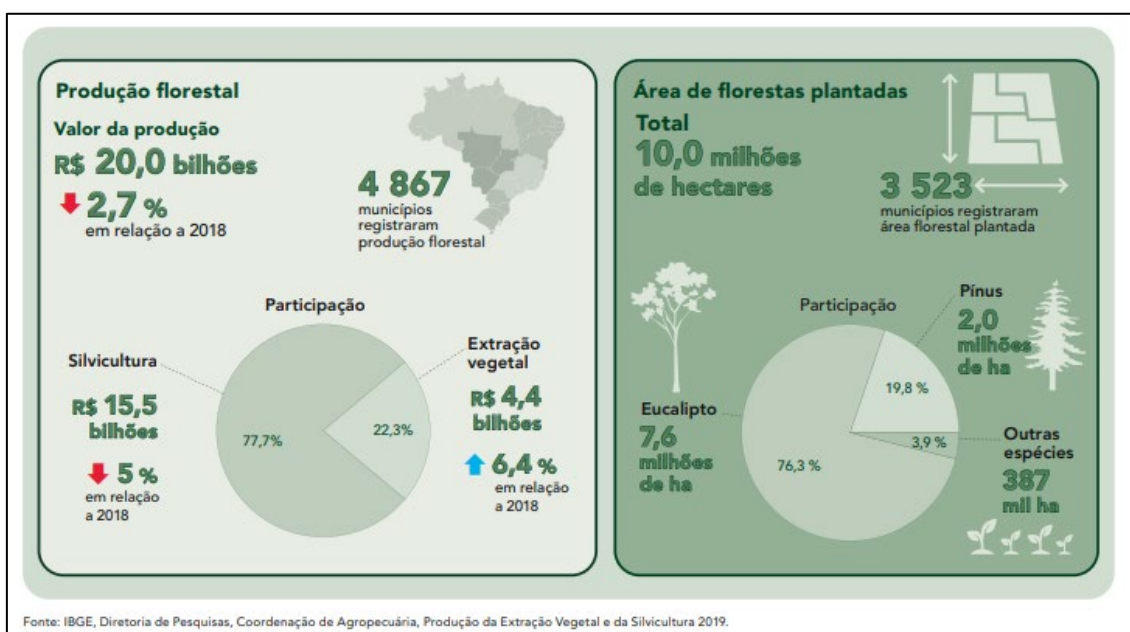


Figura 1: Números da produção florestal no Brasil (IBGE, 2019).

Com a pressão internacional cada vez maior sobre os países produtores, direcionada principalmente pelo aumento da consciência ambiental dos consumidores nos países desenvolvidos, diversos tratados internacionais passaram a exigir uma maior fiscalização da origem de produtos madeireiros para a efetivação de acordos comerciais, aumentando a demanda por madeira de qualidade e que seja certificada por instituições que reconheçam a sua origem em boas práticas silviculturais, mesmo que a eficácia destas regulamentações ainda seja incipiente (BRANDES *et al.*, 2020). Neste contexto, a silvicultura de espécies nativas dos biomas brasileiros desponta como uma ótima oportunidade de negócios que geram lucro aos investidores ao mesmo tempo em que fornecem benefícios econômicos e socioambientais às comunidades onde estes negócios operam.

Ecofisiologia e manejo de florestas plantadas

Para que o plantio de espécies nativas com fins comerciais avance no país, se faz necessária uma maior compreensão sobre o comportamento silvicultural das espécies com potencial para a produção de produtos florestais.

Ecossistemas florestais estão sujeitos à influência de diversos fatores ecológicos que impactam nos processos sucessionais e na composição florística da comunidade, bem como no desenvolvimento de cada indivíduo. A disponibilidade de luz, água e nutrientes, além da competição intra e interespecífica e a ocorrência de predadores e patógenos são os principais fatores que afetam o estabelecimento e o desenvolvimento das espécies (TOWNSEND, BEGON, HARPER, 2006; ODUM, BARRET, 2007).

Em florestas naturais, estes fatores permanecem em um estado de equilíbrio dinâmico, com perturbações pontuais como a queda de grandes árvores durante uma tempestade, por exemplo, abrindo clareiras e alterando a disponibilidade dos recursos e conseqüentemente a composição das espécies em uma determinada área (LEWONTIN, 1969; BEISNER *et al.*, 2003). Os processos sucessionais estão intrinsecamente ligados às características fisiológicas das espécies vegetais. Taxas de germinação, estabelecimento e crescimento, por exemplo, são dependentes da capacidade dos indivíduos de determinada espécie de utilizar os recursos disponíveis em um determinado arranjo na comunidade.

No caso das florestas plantadas, estes fatores podem ser controlados por ações de manejo. A decisão sobre a composição dos talhões, por exemplo, deve ser definida durante o planejamento, havendo a possibilidade de realizar plantios monoespecíficos ou em consórcios com diversas espécies. O crescimento das árvores em um talhão ocorre verticalmente a depender das características naturais de cada espécie, da sua qualidade genética, além das características do solo e do clima, enquanto o crescimento em espessura depende fundamentalmente do espaço a que cada árvore dispõe (RAMOS *et al.*, 2006).

É possível avaliar o desenvolvimento de um plantio nos níveis de cada árvore individualmente e de cada talhão. As florestas plantadas podem ser vistas como um sistema de dois níveis que se retroalimentam (árvore e talhão), contando ainda com variáveis externas específicas de cada local, como o clima

e as características do solo, além das ações de manejo. O desenvolvimento dos plantios ao longo do tempo pode ser descrito pela sequência: estrutura do talhão -> crescimento -> tamanho e formato das árvores -> estrutura do talhão, como ilustrado na figura 2. Assim, é importante avaliar com cuidado como as ações de manejo podem afetar a estrutura dos talhões, resultando em alterações no crescimento das árvores, e por fim, na produtividade do plantio e na qualidade da madeira.

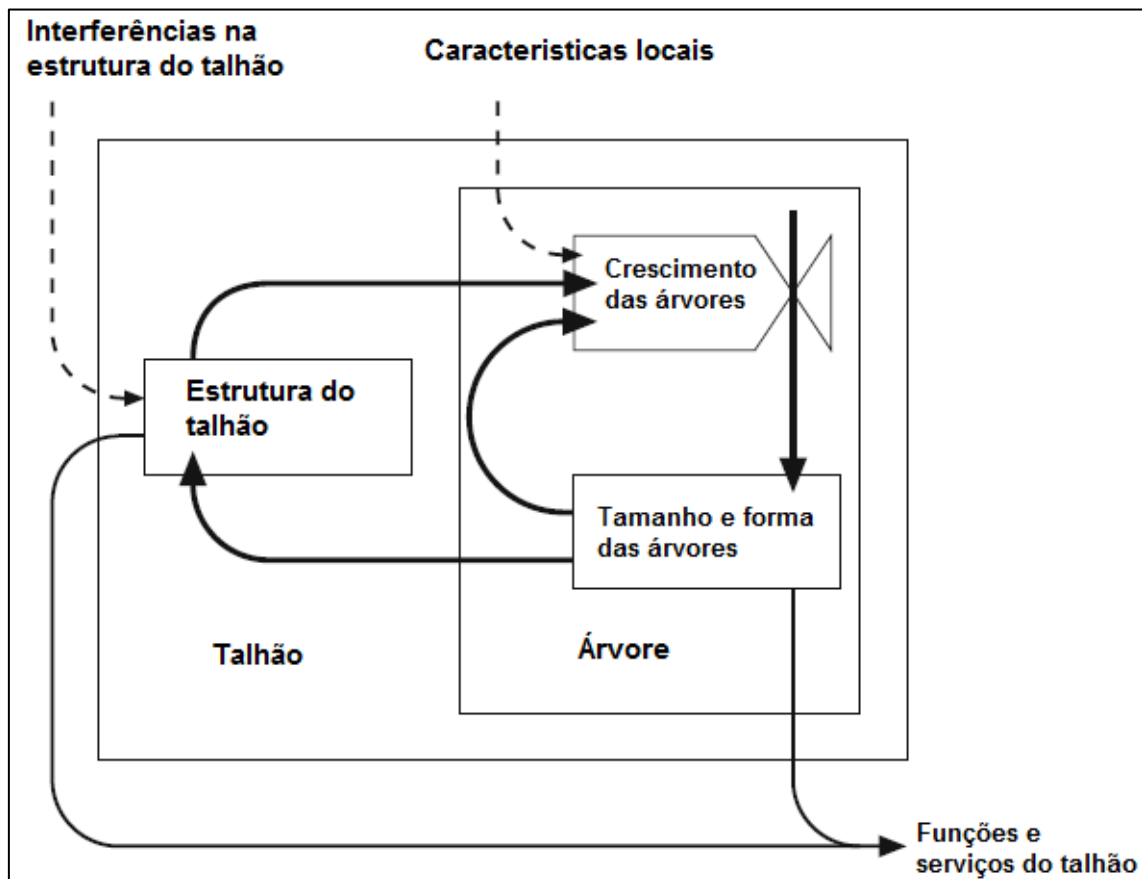


Figura 2: Sistema de dois níveis representando a estrutura de retroalimentação entre árvores individuais e o talhão. Adaptado de Pretszch, 2009.

Em situações onde a disponibilidade de recursos é menor do que o necessário para que as árvores se desenvolvam plenamente, há competição, incluindo-se entre estes recursos, o espaço e o acesso à luz. Em florestas plantadas, as árvores crescem de maneira similar até começarem a competir entre si, quando passam a adoecer, perder volume e prejudicar a qualidade da madeira, o que dá origem à árvores de diferentes classes de diâmetro e desenvolvimento, como ilustra a figura 3. A disponibilidade destes recursos pode ser manejada através de operações de *desbaste*, ou seja, a retirada do excesso

de indivíduos para permitir que as árvores escolhidas para permanecer cresçam em condições de menor competição (KERR, HAUFE, 2011).

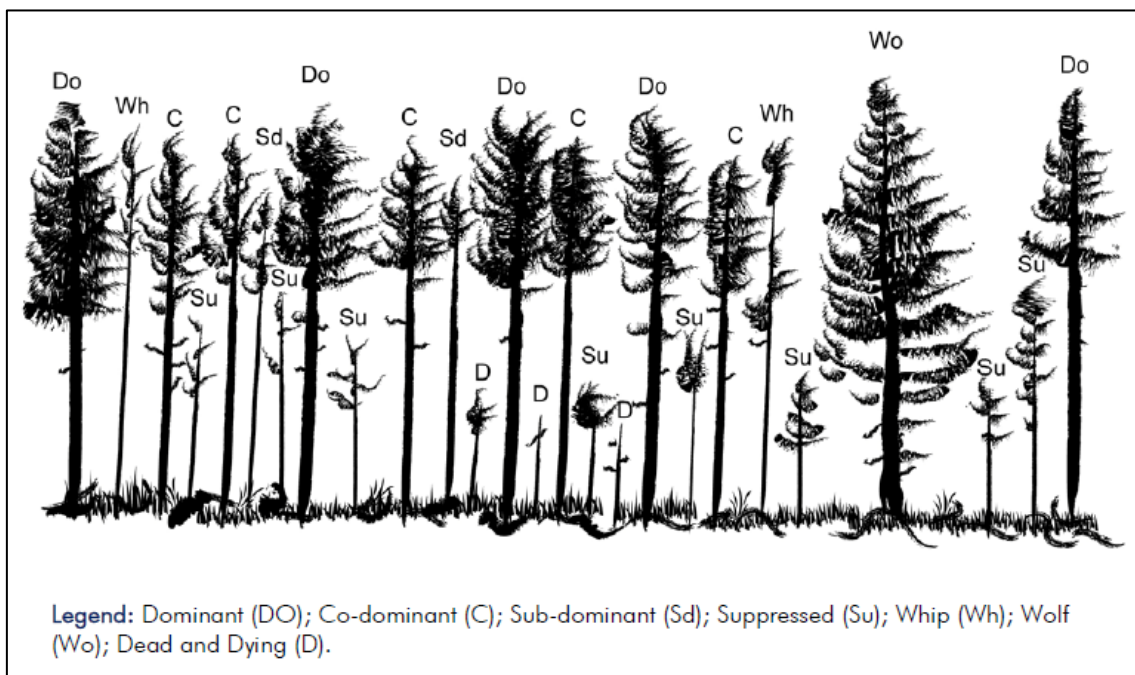


Figura 3: Representação de um talhão com árvores classificadas para auxiliar no planejamento do desbaste. Adaptado de Kerr e Haufe, 2011.

É importante que o desbaste ocorra com objetivos bem delimitados, e a seleção de quais árvores serão retiradas seja feita utilizando-se critérios bem definidos. Em um primeiro momento após o manejo, os índices de incremento de volume ao nível do talhão apresentam redução devido a diminuição da quantidade de árvores, porém estes valores são superados no longo prazo graças ao aumento do ritmo de crescimento das árvores que são mantidas (PRETZSCH, 2009).

Em relação à *desrama*, muito se sabe sobre esta ação de manejo nas florestas plantadas com *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil, contudo, para as espécies nativas não há nenhum trabalho sistemático que avalie tecnicamente quando e como realizar estas ações, bem como suas estimativas de custos e benefícios. É notável que, por suas próprias características ecofisiológicas, muitas das espécies nativas com potencial econômico apresentem seu desenvolvimento completamente diferente do natural nas florestas plantadas, tanto em relação à sua capacidade de crescimento volumétrico quanto em relação à sua forma.

Espécies madeireiras tradicionalmente exploradas em florestas primárias no Brasil, como a aroeira-verdadeira (*Myracrodruon urundeuva*), apresentam comportamento silvicultural altamente custoso, com o desenvolvimento de muitas bifurcações e fustes tortuosos, gerando a necessidade de diversas intervenções durante os primeiros anos para o estabelecimento de um fuste principal aproveitável (CARVALHO, 2003). Ainda, mesmo quando não apresentam bifurcações ou tortuosidade excessiva, muitas espécies com potencial econômico não apresentam desrama natural satisfatória quando plantadas em talhões homogêneos, o que diminui a qualidade final da madeira e exige que sejam realizadas intervenções para a retirada dos galhos que já cumpriram sua função no desenvolvimento das árvores (HAWLEY; SMITH, 1972).

Carbono

Outro benefício da silvicultura de espécies madeireiras nativas está no potencial de sequestro de carbono nestas áreas, contribuindo para a mitigação dos efeitos da mudança climática e para a geração de renda através da negociação de créditos. O Brasil se comprometeu, através de diversos tratados internacionais como o Desafio de Bonn e a NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada) do Acordo de Paris, a restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares até 2030, abrindo um caminho para que este modelo de negócio possa ganhar escala.

Árvores armazenam carbono naturalmente em suas estruturas internas, e com as florestas cobrindo atualmente cerca de 30% da superfície terrestre, são responsáveis por estocar na forma de biomassa uma quantidade de carbono maior do que aquela existente na atmosfera (SILVEIRA *et al.*, 2008). Nos últimos anos, com o interesse crescente e necessário no desenvolvimento e na mensuração da efetividade de técnicas que sejam capazes de mitigar os efeitos das mudanças climáticas, muito se tem feito para avaliar a capacidade dos ecossistemas nativos e das florestas plantadas em funcionar como sumidouros de carbono (PUGH *et al.*, 2019; WARING *et al.*, 2020).

Neste sentido, esforços para o desenvolvimento de metodologias que sejam capazes de acessar o carbono estocado em todos os compartimentos

florestais (biomassa viva: acima e abaixo do solo; biomassa morta: serapilheira, galhos e árvores caídas; carbono do solo) se tornam ainda mais relevantes. Técnicas de mensuração direta (método destrutivo) são mais precisas mas demandam a derrubada de árvores e apresentam elevados custos operacionais, enquanto técnicas indiretas se baseiam no desenvolvimento de equações que sejam capazes de estimar valores de biomassa a partir de parâmetros dendrométricos como o diâmetro e a altura das árvores (SALATI, 1994; SILVEIRA *et al.*, 2008), e mais recentemente, em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto através de índices de vegetação como o NDVI (COLTRI *et al.*, 2009; BHARDWAJ *et al.*, 2016) e o uso de LiDAR (ALMEIDA *et al.*, 2019; CHAN *et al.*, 2021).

Lacunas de conhecimento sobre silvicultura de nativas

Existem, contudo, diversas lacunas de conhecimento que precisam ser preenchidas para que um modelo de negócios baseado na silvicultura de espécies nativas possa de fato se estabelecer no país. Muito se sabe sobre o comportamento silvicultural de espécies consagradas no setor madeireiro, como os *Eucaliptus* e *Pinus*, algo que ainda não temos sistematizado para as diversas espécies nativas com potencial para a produção de madeira, apesar das iniciativas que buscam responder estas questões (ROLIM *et al.*, 2020).

Na literatura científica brasileira não são comuns estudos descritivos sobre os parâmetros silviculturais de espécies nativas, com as publicações voltadas principalmente para a descrição de características florísticas e fitossociológicas das espécies em florestas primárias, e, quando relacionados aos dados de crescimento, os trabalhos geralmente tratam sobre o desempenho destas espécies em plantios de restauração florestal (MENDONÇA *et al.*, 2017). As informações mais relevantes sobre parâmetros silviculturais podem ser encontrados no trabalho da EMBRAPA Florestas (CARVALHO, 2003; 2006; 2008; 2010; 2014) e mais recentemente em esforços sobre as espécies da Mata Atlântica (ROLIM; PIOTTO, 2018).

Técnicas de manejo adequadas para a diversidade de espécies nativas dos biomas brasileiros e a realidade dos produtores também não estão

sistematizadas, bem como as informações sobre o efeito da aplicação destas técnicas sobre a produtividade dos plantios e a qualidade final da madeira.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma descrição dos plantios experimentais com espécies nativas da Caeté Florestal em Nepomuceno-MG. Para isto, são apresentados os resultados de uma avaliação silvicultural detalhada, informando quais espécies tiveram o melhor desempenho silvicultural até o momento, bem como instruções de manejo para melhorar o aproveitamento nos plantios de cada espécie avaliada.

METODOLOGIA

Área de estudo

O trabalho foi realizado no município de Nepomuceno-MG, em uma fazenda de propriedade da Caeté Florestal, onde foram plantadas 6 espécies nativas em dois talhões experimentais. Os plantios variavam de 8 a 10 anos de idade na época da coleta dos dados e estão sob o domínio fitofisionômico da Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica, tendo sido estabelecidos conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1: Características dos plantios de espécies nativas da Caeté Florestal em Nepomuceno - MG.

Talhão	Idade	Área (ha)	Características
Lavrinha (MG)	8 anos	0,4	Talhão experimental onde foi realizado o plantio de 4 espécies nativas: aroeira-verdadeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>), jatobá (<i>Hymanea courbaril</i>), grápia (<i>Apuleia leiocarpa</i>) e ipê-felpudo (<i>Zeyheria tuberculosa</i>) em espaçamento 3 x 2 m, com distribuição mono específica de plantio.
Invernada Grande (MG)	10 anos	1,5	Talhão experimental onde foi realizado o plantio de angico (<i>Anadenanthera falcata</i>), jatobá (<i>Hymanea courbaril</i>) e jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i>) em espaçamento 3 x 2 m, com distribuição mono específica de plantio.

O município de Nepomuceno é parte da região de planejamento Sul de Minas e está localizado entre as coordenadas de latitude 21°2'23" S e 21°22'48"

S de latitude, e 45°24'14" O e 45°8'23" O de longitude, com altitude média de 843 metros e área territorial de 583,78 Km².

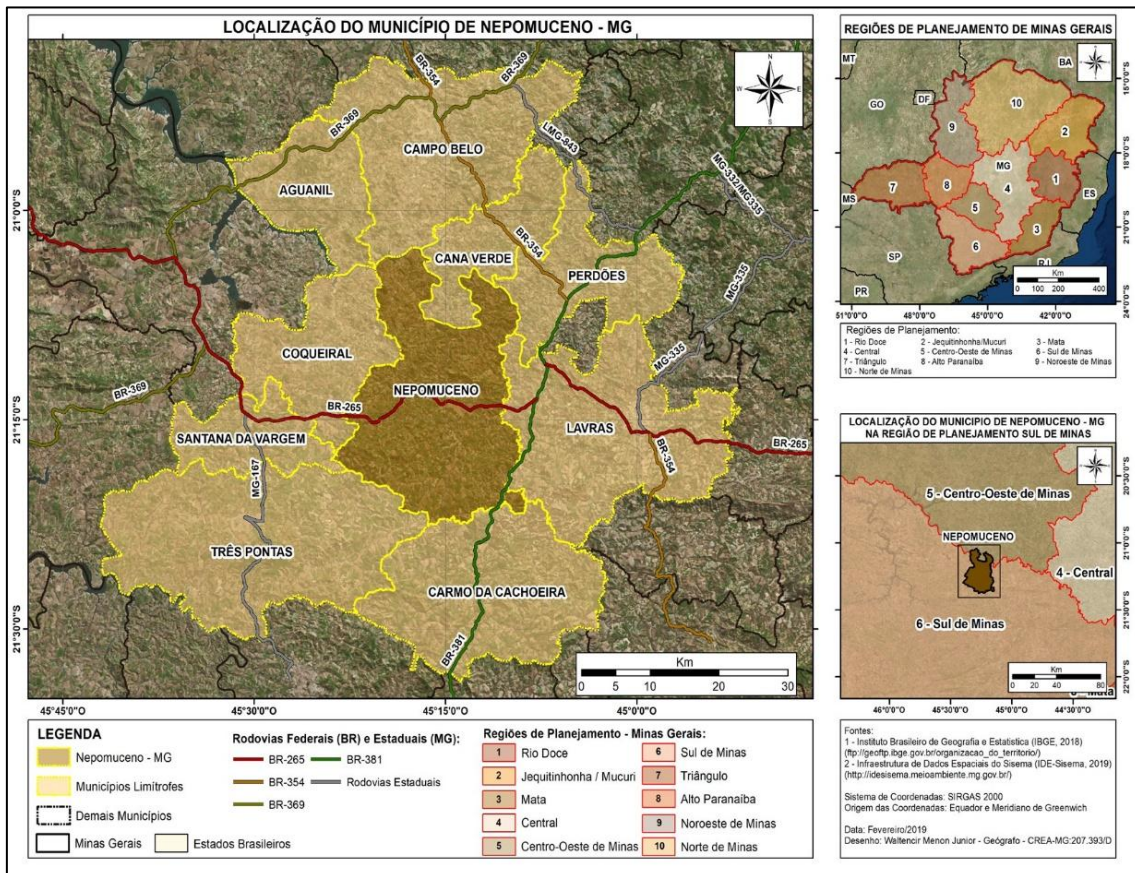


Figura 4: Localização do município de Nepomuceno no estado de Minas Gerais.

O clima da região é do tipo Cwb na classificação de Köppen (subtropical de altitude), úmido, com verões amenos e invernos muitas vezes rigorosos, sujeito a estiagens prolongadas. A temperatura média é de 18,9° C, com pluviosidade média de 1630 mm e umidade relativa média de 76% (CARVALHO *et al.*, 2020).

Parâmetros avaliados e coleta dos dados

A avaliação da situação silvicultural atual dos plantios foi realizada a partir da amostragem de parcelas de diferentes tamanhos para cada espécie, dependendo da área total e do espaçamento adotado em cada plantio. A amostragem está descrita na tabela 2. Em cada uma das parcelas foram tomadas medidas de todas as árvores vivas em relação a parâmetros quantitativos: CAP, altura total, altura do fuste e altura comercial; e qualitativos: presença de bifurcações e tortuosidade do fuste.

Tabela 2: Descrição da amostragem para cada espécie.

Espécie	Idade	Esp.	NP	TP	N
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	8	3x2	3	8x6(48 m ²)	21
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	8	3x2	3	8x6 (48 m ²)	22
<i>Apuleia leiocarpa</i>	8	3x2	3	8x6 (48 m ²)	22
<i>Hymenaea courbaril</i>	8	3x2	3	8x6 (48 m ²)	23
<i>Anadenanthera peregrina var. falcata</i>	10	3x2	5	10x9 (90 m ²)	63
<i>Cariniana legalis</i>	10	3x2	8	Blocos de 4 árvores	32

Legenda - Esp.: Espaçamento do plantio; NP: Número de parcelas amostradas; TP: Tamanho das parcelas; N: Número total de árvores amostradas.

Parâmetros quantitativos

Com o uso de trena, foram tomadas as medidas de *circunferência à altura do peito* (CAP) para todas as árvores amostradas, com os valores posteriormente transformados em DAP através da divisão por 3,14. Nos casos em que havia bifurcação e formação de mais de um fuste abaixo dos 1,30 m foram tomadas as medidas de CAP de todos os fustes e calculados os diâmetros quadráticos para a avaliação de cada árvore. Quando a bifurcação estava próxima à altura de medição, ela foi realizada logo abaixo da divisão. No caso de árvores muito inclinadas, o CAP foi medido com a distância de 1,30 ao longo do fuste. As médias de DAP apresentadas para as espécies foram calculadas considerando cada árvore como uma unidade amostral, independentemente da quantidade de fustes.

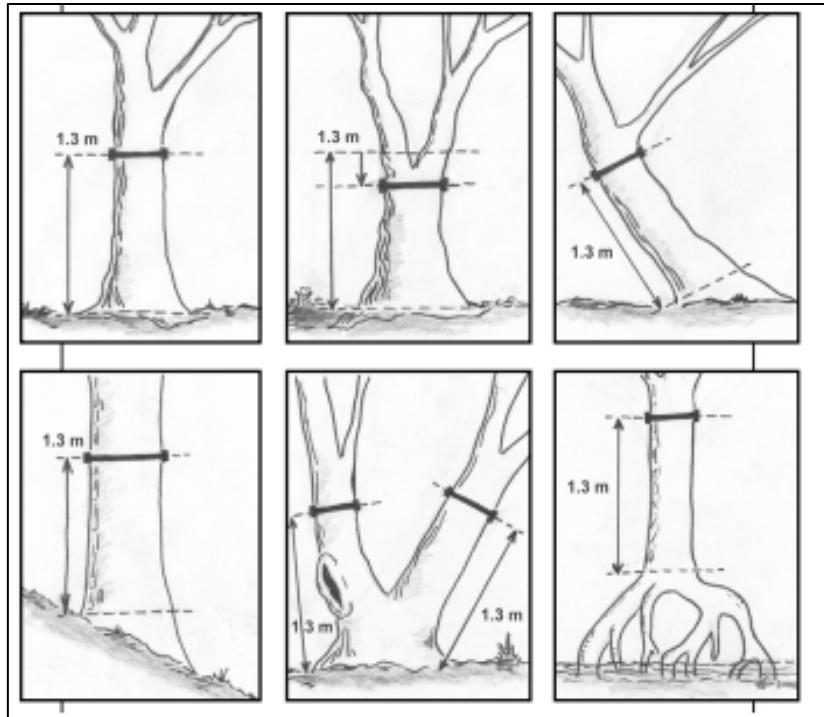


Figura 5: Exemplos de medição de DAP em situações incomuns. Adaptado de Pearson, Walker e Brown (2005)

Com o uso de uma régua de bambu de 6 m calibrada a cada 50 cm, foram medidas a *altura comercial* (HC), correspondendo a altura do fuste principal da base até a primeira bifurcação ou tortuosidade que prejudique a produção de toras; a *altura do fuste* (HF) para cada fuste individual, considerando a altura da base até o início da copa; e *altura total* (HT) de cada árvore.

Parâmetros qualitativos

Para avaliar a qualidade de cada árvore individualmente, foi utilizada uma classificação em 3 níveis. O nível 1 corresponde às árvores sem bifurcações e com fuste retilíneo; o nível 2 corresponde às árvores levemente tortuosas; e o nível 3 corresponde às árvores bifurcadas e/ou muito tortuosas, como ilustra a figura 6.



Figura 6: Exemplos de árvores com fuste único e retilíneo (esquerda - nível 1); fuste levemente tortuoso (centro - nível 2); e muito tortuoso e/ou bifurcado (direita - nível 3).

Avaliação silvicultural

Os valores médios de DAP e altura total foram comparados entre todos os plantios de mesma idade, a fim de compreender quais as espécies, em Nepomuceno, com maior potencial em relação à produtividade. Estes valores também foram comparados com dados de outros trabalhos para avaliar a situação geral dos plantios de nativas da empresa. Estes dados são apresentados em conjunto com a avaliação da qualidade dos fustes, de forma a apresentar um panorama completo sobre a situação de cada espécie.

Também foi calculada a média de DAP e altura total para os 50% melhores indivíduos dentro de cada amostra, com o objetivo de avaliar o potencial das espécies considerando apenas os indivíduos que devem ser mantidos no talhão até o final do ciclo.

É importante ressaltar que, tratando-se de espécies nativas, não há ainda metodologias especificamente desenvolvidas para a avaliação do seu desempenho silvicultural em relação à qualidade do fuste. As espécies nativas com potencial econômico apresentam grande diversidade de formas e características ecofisiológicas, fazendo com que as medições dendrométricas clássicas tomadas em trabalhos silviculturais por vezes não sejam capazes de captar as diferentes nuances entre as potencialidades e dificuldades de cada espécie.

Para espécies como a aroeira-verdadeira (*Myracrodruon urundeuva*), por exemplo, que apresentam muitas bifurcações e fustes tortuosos quando são plantadas a pleno sol, as médias de altura total e DAP, quando apresentadas desacompanhadas dos dados sobre a qualidade do fuste, podem não ser muito esclarecedoras sobre a sua capacidade de produção de madeira, dado que as dificuldades das espécies nos plantios fazem com que possamos encontrar árvores com parâmetros de crescimento razoáveis mas muito tortuosas ou bifurcadas. Sendo assim, optou-se neste trabalho por apresentar tanto os dados quantitativos quanto qualitativos para cada uma das espécies avaliadas.

Os plantios da Caeté Florestal são experimentais e, para as necessidades de algumas das espécies, não foram manejados com a frequência ideal, de forma que apresentam ainda muitos indivíduos com características não desejáveis em plantios comerciais, que não devem permanecer no talhão até o final do ciclo. Estes plantios podem ser utilizados como exemplos do desempenho destas espécies em condições de manejo abaixo do ideal, e assim, os dados aqui apresentados levam este fato em consideração.

Carbono

Equações alométricas para estimativas de biomassa, em geral, se baseiam em uma regressão de um ou mais parâmetros dendrométricos como o DAP ou área seccional e altura, além de coeficientes calculados para cada tipo de vegetação através de métodos de mensuração direta, e a qualidade destes modelos constitui atualmente uma das maiores limitações para a avaliação de estoques de carbono florestal (Chave et al., 2014). Diversas equações existem para estimar a biomassa nos biomas brasileiros e há um grande debate sobre a eficácia de cada uma delas, bem como do próprio método de estimação indireto através de dados de inventários florestais. Neste trabalho, para estimar a biomassa acima do solo e a respectiva quantia de carbono estocada neste componente dos plantios, foram utilizadas 4 equações alométricas distintas, apresentadas na tabela 3.

Tabela 3: Equações utilizadas para a estimativa da biomassa acima do solo nos plantios.

Equação	Referência
$AGB = 0,1009 * D^{2,2472} * H^{0,4333} * \rho^{0,7865}$	Rolim; Piotto, 2018
$AGB = 0,0673 * (\rho * D * H)^{0,976}$	Chave et al., 2014
$\ln(AGB) + 6,039 + (0,945 * \ln(AS)) + 0,961 * \ln(H) + 1,022 * \ln(\rho)$	Ferez et al., 2015
$AGB = 38,4908 - 11,7883 (D) + 1,1926 * (D)^2$	Brown et al., 1989

AGB = biomassa acima do solo (Kg); ρ = densidade da madeira (g/cm^3); D = diâmetro à altura do peito (cm); H = altura (m); AS = área seccional (cm^2).

Cada um destes modelos foi desenvolvido com objetivos distintos e apresenta limitações específicas. Os modelos de Brown (1989) e Chave (2014) foram ajustados utilizando os dados de experimentos que incluem florestas tropicais de todo o planeta, sendo assim, equações gerais para a estimativa da biomassa acima do solo em diferentes tipos de situações, e que, portanto, são boas preditoras na média, mas que devem sempre ser comparadas com modelos ajustados para dados locais. Ambos possuem ainda a limitação de terem sido desenvolvidos para a estimativa de biomassa acima do solo em florestas naturais. Os modelos de Ferez (2015) e Rolim e Piotto (2018), por outro lado, foram desenvolvidos a partir de cálculos realizados em experimentos com espécies nativas e são específicos para florestas plantadas.

Os valores de densidade da madeira utilizados estão descritos nos trabalhos de Carvalho (2003; 2006; 2008; 2010; 2014), e o valor de conversão da fração de carbono presente na biomassa foi 0,48 (BOTKIN, 1993; HIGUCHI et al., 1998; SCHUMACHER et al., 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação silvicultural dos plantios de espécies nativas da Caeté Florestal em Nepomuceno-MG, realizada neste trabalho, mostram que a espécie que apresenta o melhor desempenho é o ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*). O plantio de grápia (*Apuleia leiocarpa*) também apresenta bons dados de crescimento, apesar de problemas relacionados com a forma dos fustes.

Para a aroeira-verdadeira (*Myracrodruon urundeuva*), o jatobá (*Hymenaea courbaril*) e o angico-cascudo (*Anadenanthera peregrina var. falcata*), os dados de crescimento observados são inferiores aos encontrados na literatura, e estas espécies apresentam, nos plantios de Nepomuceno, muitos problemas relacionados à forma das árvores, assim como a grápia, com baixas porcentagens de indivíduos aproveitáveis para a produção de madeira serrada.

O plantio de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*) apresenta dados de crescimento expressivos, apesar de alta mortalidade. As árvores restantes, contudo, apresentam boa forma, com os dados de qualidade dos fustes inferiores apenas aos observados para o ipê-felpudo.

O gráfico da figura 7 mostra uma comparação entre as espécies em relação à qualidade de fuste observada.

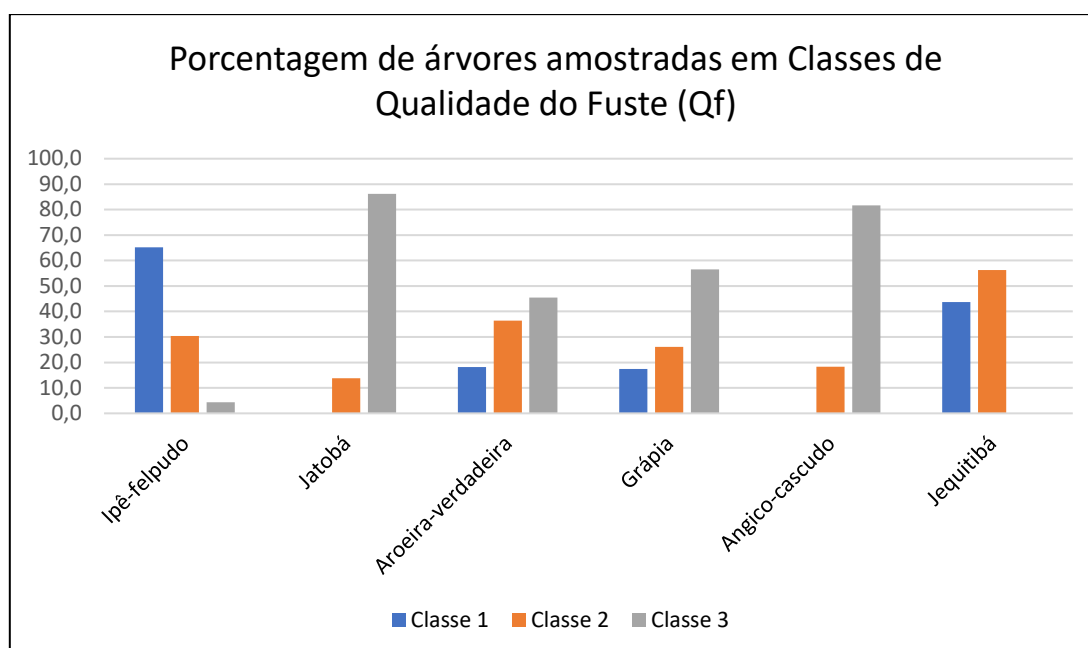


Figura 7: Porcentagem de árvores de cada espécie em Classes de Qualidade do Fuste

Em relação às estimativas de carbono, os resultados dos cálculos de biomassa com as equações alométricas de Ferez (2015), e Brown (1989) apresentaram valores muito elevados, indicando que o seu uso, neste caso, poderia superestimar a quantidade de carbono estocado na biomassa acima do solo nos plantios. Para o modelo de Brown (1989), esta superestimativa pode estar relacionada ao fato do modelo ser desenvolvido para florestas naturais. O modelo de Ferez (2015), o único que utiliza a área seccional no componente onde os outros utilizam o DAP, apesar de ser desenvolvido para florestas plantadas com espécies nativas, apresentou resultados em média 3 vezes mais elevados que os outros.

O modelo de Chave (2014) apresentou os menores valores estimados entre as equações utilizadas neste trabalho, e, ainda que seja o modelo mais generalista entre os quatro testados, apresenta os resultados mais próximos ao de Rolim e Piotto (2018), que, tendo sido desenvolvido para florestas plantadas com espécies nativas, parece ser o mais apropriado para este caso. Esta proximidade entre os resultados dos dois modelos indica a robustez do modelo de Chave, que segue sendo testado em diferentes tipos de ambientes nos trópicos e tem se mostrado confiável para a realização destas estimativas.

Assim, de forma a priorizar os modelos que apresentaram os resultados mais conservadores, evitando aqueles que poderiam estar superestimados, e, considerando o fato do modelo de Rolim e Piotto ter sido desenvolvido em condições mais similares, optou-se por apresentar, no resumo de cada espécie, os dados referentes ao resultado dos cálculos com este modelo. A tabela 4 apresenta um resumo dos resultados das estimativas para os quatro modelos testados.

Tabela 4: Resumo das estimativas de carbono na biomassa acima do solo nos plantios.

Espécie	Carbono Estimado (Mg/ha)			
	Modelo			
	Rolim; Piotto, 2018	Chave, 2014	Ferez, 2015	Brown, 1989
Ipê-felpudo	38,1	34,8	118,4	63,1
Aroeira-verdadeira	21,9	19,6	67,6	33,7
Grápia	42,0	39,3	134,0	64,7
Angico-cascudo	33,9	30,5	104,5	51,5
Jatobá	31,5	28,9	100,2	44,0
Jequitibá-rosa	40,4	33,7	113,1	80,2

Os resultados da avaliação dos parâmetros silviculturais quantitativos são apresentados na tabela 5, e na sequência apresentamos um detalhamento da situação de cada espécie, bem como nossas recomendações de manejo.

Tabela 5: Parâmetros silviculturais nos plantios de espécies nativas da Caeté Florestal em Nepomuceno-MG

Espécie	Idade	Mort.	DAP	IMA-D	Hc	Hf	Ht	IMA-H	DAP 50%	IMA 50%	Qf
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	8	12,5	11,6 ± 2,7	1,4	3,0 ± 1,5	3,5 ± 1,5	7,7 ± 1,1	0,44	13,8	1,7	3
<i>Hymenaea courbaril</i>	8	8,3	12,8 ± 2,7	1,6	2,3 ± 1,8	5,4 ± 1,7	8,1 ± 1,0	0,67	15,0	1,9	3
<i>Apuleia leiocarpa</i>	8	8,3	14,6 ± 3,6	1,8	3,6 ± 1,9	5,5 ± 1,9	9,5 ± 0,9	0,69	17,4	2,2	3
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	8	4,8	14,9 ± 1,8	1,9	6,3 ± 1,7	7,1 ± 1,4	9,3 ± 0,7	0,89	16,2	2,0	1
<i>Anadenanthera peregrina var. falcata</i>	10	16,0	13,2 ± 3,9	1,3	3,1 ± 2,0	5,7 ± 1,7	8,0 ± 1,5	0,57	16,3	1,6	3
<i>Cariniana legalis</i>	10	65,0	15,6 ± 4,3	1,6	4,8 ± 1,4	5,5 ± 1,2	8,6 ± 1,2	0,55	18,7	1,9	2

Legenda: Idade: Idade do plantio (anos); Mort.: Mortalidade observada, independente das causas (%); DAP: Média e desvio padrão do Diâmetro à Altura do Peito (cm); IMA-D: Incremento Médio Anual em Diâmetro (cm/ano) Hc: Média e desvio padrão da altura comercial (metros); Hf: Média e desvio padrão da altura do fuste (metros) Ht: Média e desvio padrão da altura total (metros); IMA-H: Incremento Médio Anual em Altura (m/ano); DAP 50%: Diâmetro à Altura do Peito para os 50% melhores indivíduos (cm); IMA 50%: Incremento médio em diâmetro para os 50% melhores indivíduos (cm/ano); Qf: Classe de Qualidade do Fuste mais frequente no plantio.

Aroeira-verdadeira (*Myracrodruon urundeuva*)

Espécie de ocorrência natural em quase todos os biomas brasileiros, à exceção da Amazônia (SILVA-LUZ, 2020), a aroeira-verdadeira foi exaustivamente explorada devido às características da sua madeira, muito densa (1,00 a 1,21 g.cm⁻³), de alta durabilidade e fácil trabalhabilidade, sendo muito utilizada no interior do Brasil para a produção de mourões para cercas e em diversos tipos de construções, principalmente em áreas externas, como dormentes e vigamentos para pontes. A espécie chegou a figurar nas listas oficiais de espécies em risco de extinção no Brasil, mas atualmente encontra-se na categoria “Menos Preocupante” (LC) na Lista Vermelha do Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFLORA, 2022), apesar de estudos apontarem a falta de dados sobre a situação real das populações naturais e as ameaças à sua conservação (LEITE, 2002; DOMINGOS; SILVA, 2020).

Caracterização do plantio e dados de crescimento

Em Nepomuceno, a espécie ocupa uma área de 0,1 hectare no talhão Lavrinha, com o plantio estabelecido a pleno sol em linhas monoespecíficas com espaçamento 3x2 m. Os dados de crescimento foram obtidos através da amostragem de 3 parcelas de 6x8 m, aos 8 anos, totalizando 21 árvores vivas e mortalidade de 12,5%.

Foram observados problemas silviculturais já conhecidos em plantios da espécie a pleno sol, como bifurcações, brotações laterais e ramificações excessivas. Apesar disso, as desramas realizadas nos anos iniciais possibilitaram o desenvolvimento de fustes principais apenas levemente tortuosos, aproveitáveis em alguns casos em duas seções do fuste. A maioria dos indivíduos, contudo, está bifurcada entre 2 e 3 metros de altura.

Tabela 6: Dados do plantio de Aroeira-verdadeira (*Myracrodruon urundeuva*).

Idade	Espaçamento	Área	Mortalidade	DAP	DAP 50%	Ht	Qf
8	3x2	0,1	12,5	11,6	13,8	7,7	3

Legenda: Idade (anos); Espaçamento (metros); Área: Área total do plantio (hectares); Mortalidade (%); DAP: Média de Diâmetro à Altura do Peito (cm); DAP 50%: Média de Diâmetro à Altura do Peito para os 50% melhores indivíduos (cm); Ht: Média de Altura total (metros); Qf: Classe de Qualidade do Fuste mais frequente no plantio.



Figura 8: Plantio de aroeira-verdadeira (*Myracrodruon urundeuva*). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Exemplos de indivíduos com brotações laterais; Dir.: Detalhe de brotações laterais afetando a retidão do fuste e a qualidade da madeira.)

Rolim e Piotto (2018) desenvolveram um modelo de crescimento em diâmetro para a espécie utilizando dados dos plantios da Reserva Natural Vale, em Linhares – ES, onde aos 8 anos o DAP médio foi de 14,86 cm, em espaçamento 2x2. A média de DAP dos 50% melhores indivíduos no plantio de Nepomuceno é de 13,8 cm, indicando que mesmo crescendo em espaçamento mais amplo, a espécie não deve alcançar em Nepomuceno o desempenho observado em Linhares.

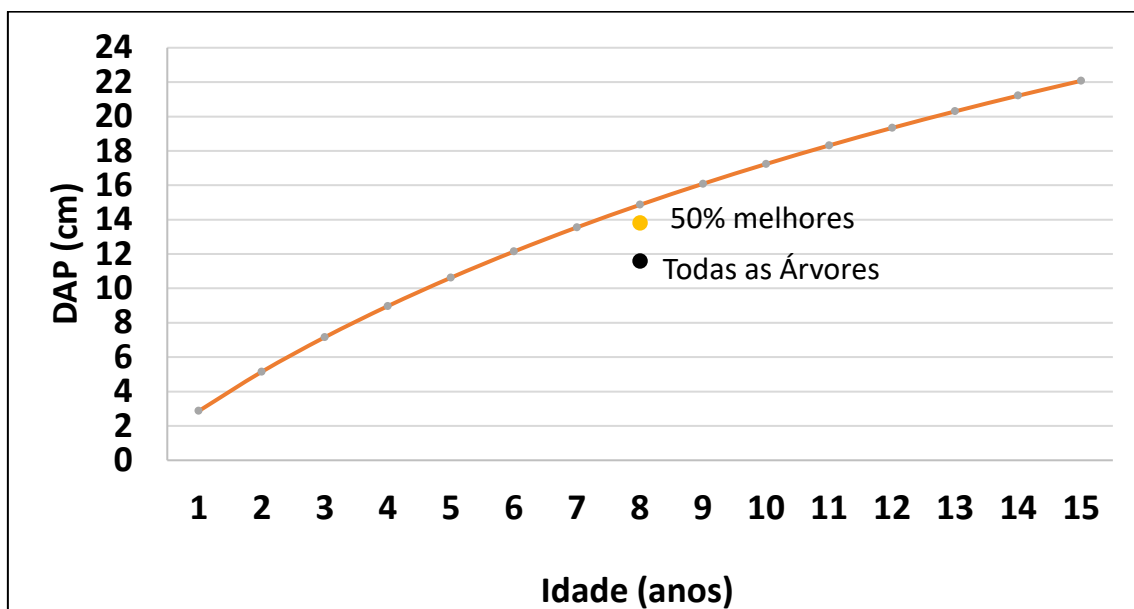


Figura 9: Comparação entre os dados do plantio de aroeira-verdadeira em Nepomuceno – MG e a curva de crescimento em diâmetro no modelo desenvolvido para a espécie em Linhares – ES por Rolim e Piotto (2018).

Apesar dos resultados de crescimento inferiores aos de Linhares, a espécie apresenta em Nepomuceno desempenho melhor do que o observado em outros plantios mais adensados, como em Assis – SP (GARRIDO, 1981), onde com a mesma idade o DAP médio observado foi de 6,6 cm e altura total média de 6,4 metros, e Dois Vizinhos – PR (SILVA; TORRES, 1992), onde aos 14 anos o DAP médio era de 10,7 cm e altura total média de 9,91 metros, ambos em espaçamento 2x2.

No mesmo espaçamento do plantio de Nepomuceno, o plantio da EMBRAPA Floresta em Foz do Iguaçu – PR (TOLEDO FILHO, 1988) aos 7 anos apresentou DAP médio de 8,7 cm e altura total média de 7,38 metros. Também em Foz do Iguaçu, mas com espaçamento de 4x2,5, aos 9 anos foram observados DAP médio de 13,5 cm e altura total média de 10,56 metros.

A menor competição por recursos em plantios menos adensados resulta naturalmente em maior crescimento em diâmetro (KERR; HAUFE, 2011). Entretanto, é necessário avaliar se o crescimento acelerado nos primeiros anos será benéfico para os objetivos de longo prazo em cada plantio. No caso da produção de madeira serrada, busca-se o desenvolvimento de indivíduos com fustes retilíneos, o que para algumas espécies pode ser bastante dificultado em plantios pouco adensados ou a pleno sol, como no caso da aroeira-verdadeira.

Carvalho (2003) observa que o tratamento silvicultural da espécie é reconhecidamente difícil, com formação de fustes curtos, muitas ramificações mesmo em plantios adensados, além de cicatrização ruim após as intervenções. Neste caso, plantios em espaçamento menor, com menores taxas de crescimento apresentam indivíduos com melhor qualidade de fuste, mas ainda são necessários estudos mais aprofundados para avaliar qual o espaçamento ideal que minimize os problemas relacionados à forma da espécie sem atrasar demais o crescimento.

No plantio de Nepomuceno, apenas 18,2% dos indivíduos amostrados apresentam fuste retilíneo (classe 1), 36,4% apresentam fuste levemente tortuoso (classe 2) e 45,5% apresentam fuste muito tortuoso ou bifurcado (classe 3), evidenciando a existência dos problemas já observados em outros plantios a pleno sol.

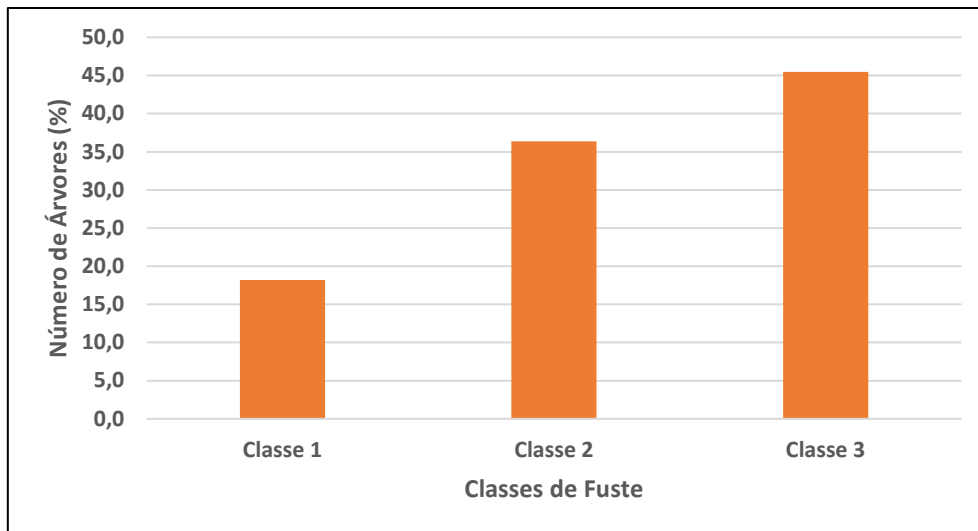


Figura 10: Distribuição dos indivíduos de aroeira-verdadeira do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.

A espécie é considerada heliófila, ocorrendo naturalmente na sucessão ecológica como secundária tardia ou clímax dependente de luz (FERRETTI *et al.*, 1995; PINTO, 1997), mas o seu plantio a pleno sol propicia o desenvolvimento de fustes tortuosos e ramificação intensa, sendo estes possivelmente seus maiores problemas silviculturais (ROLIM; PIOTTO, 2018), elevando os custos de produção e fazendo com que por vezes seja considerada como espécie de baixo potencial para silvicultura (DUCATTI, 2019).

Nossos dados somam-se à outras observações encontradas na literatura, indicando que, para uso da madeira em serraria, a espécie não deve ser plantada a pleno sol, com o desenvolvimento de fustes retilíneos bastante prejudicado nestas condições, exigindo operações de desrama muito frequentes. O plantio em consórcio com espécies pioneiras é recomendado para manter as condições de sombreamento parcial durante o desenvolvimento inicial, propiciando a formação de fustes com maior retidão e melhor qualidade da madeira com menos intervenções.

Jatobá (*Hymenaea courbaril*)

Espécie de ocorrência natural em todo o território nacional, com exceção de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (PINTO; TOZZI; MANSANO, 2022), explorada exaustivamente na Mata Atlântica e na Amazônia pela beleza e boa trabalhabilidade da madeira, utilizada tanto na construção civil como na produção de mobiliário fino (JANKOWSKY *et al.*, 1990).

Caracterização do plantio e dados de crescimento

Em Nepomuceno, o plantio avaliado ocupa 0,1 hectare no talhão Lavrinha, e foi estabelecido a pleno sol em linhas monoespecíficas com espaçamento 3x2. Foram coletados os dados de 3 parcelas de 6x8, aos 8 anos, totalizando 22 árvores e mortalidade de 8,3%. O plantio apresenta DAP médio de 12,8 cm e altura total média de 8,1 m. O IMA em diâmetro é de 1,6 cm/ano e o carbono estocado é estimado em 17,5 Mg/ha.

Tabela 7: Dados do plantio de Jatobá (*Hymenaea courbaril*).

Idade	Espaçamento	Área	Mortalidade	DAP	DAP 50%	Ht	Qf
8	3x2	0,1	8,3	12,8	15,0	8,1	3

Legenda: Idade (anos); Espaçamento (metros); Área: Área total do plantio (hectares); Mortalidade (%); DAP: Média de Diâmetro à Altura do Peito (cm); DAP 50%: Média de Diâmetro à Altura do Peito para os 50% melhores indivíduos (cm); Ht: Média de Altura total (metros); Qf: Classe de Qualidade do Fuste mais frequente no plantio.



Figura 11: Plantio de jatobá (*Hymenaea courbaril*). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Exemplo de indivíduo bifurcado na base; Dir.: Indivíduo com boa retidão, mas bifurcação na parte superior do fuste).

No modelo desenvolvido por Rolim e Piotto (2018), com dados do plantio da Reserva Natural Vale em Linhares – ES, em espaçamento 2x2, o DAP observado aos 8 anos é de 14,2 cm, enquanto o DAP médio calculado para os 50% melhores indivíduos do plantio de Nepomuceno é de 15,0 cm, indicando que em relação ao crescimento em diâmetro, os indivíduos que devem ser mantidos até final do ciclo podem apresentar desempenho similar ou até melhor que aquele observado em Linhares.

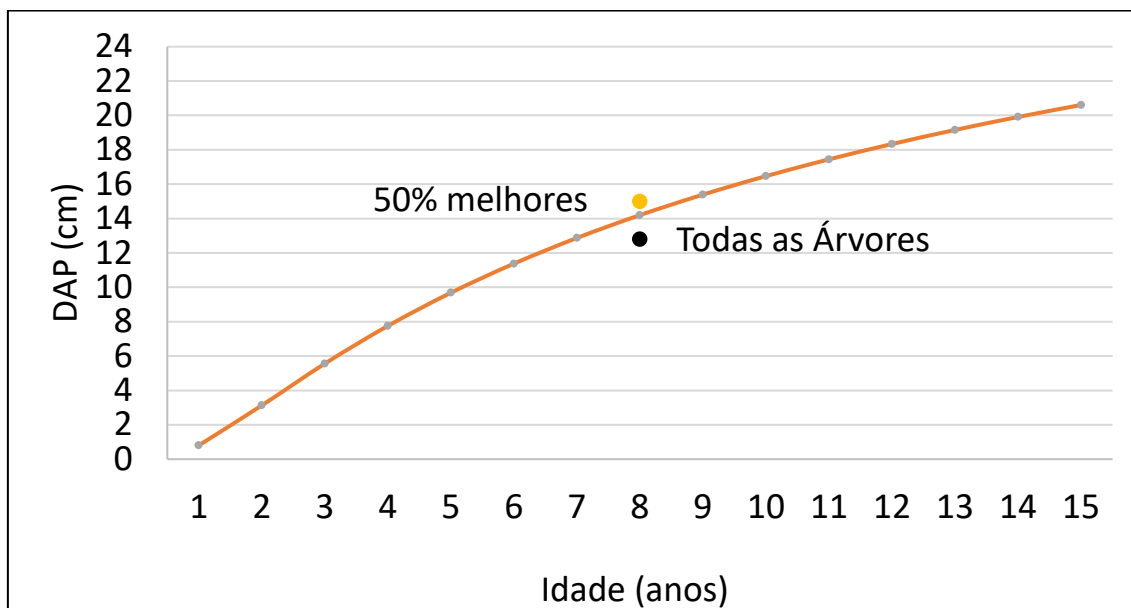


Figura 12: Comparação entre os dados do plantio de jatobá em Nepomuceno – MG e a curva de crescimento em diâmetro no modelo desenvolvido para a espécie em Linhares – ES por Rolim e Piotto (2018).

Os dados de crescimento de Nepomuceno são similares ou melhores do que os observados em diversos plantios avaliados no interior de São Paulo e do Paraná – Santa Rita do Passa Quatro – SP: 10 anos, DAP 5,6 cm e Ht 4,78 m (GURGEL FILHO *et al.*, 1982); Paraíbuna – SP: 7 anos, DAP 10,0 cm e Ht 8,5 m (KAGEYAMA, 1992); Campo Mourão – PR: 7 anos, DAP 12,1 cm e Ht 7,06 m (SILVA E TORRES, 1992).

O plantio apresenta, contudo, muitos indivíduos com bifurcações na base, gerando 2 ou mais fustes, em geral bastante tortuosos, com as árvores bifurcadas representando 21,9% da amostra. O crescimento simpodial é característica conhecida da espécie, que exige desramas intensas nos primeiros anos para que ocorra o desenvolvimento de fuste principal (CARVALHO, 2003; ROLIM; PIOTTO, 2018).

Além do elevado número de bifurcações, 86,2% dos indivíduos amostrados estão na classe 3 de qualidade do fuste, e nenhuma árvore na classe 1, indicando que mesmo as árvores não bifurcadas apresentam tortuosidade e apontando para um baixo aproveitamento em serraria da madeira produzida ao final do ciclo, se mantidas as condições atuais, mesmo com taxas de crescimento similares ou melhores do que às observadas em outras localidades.

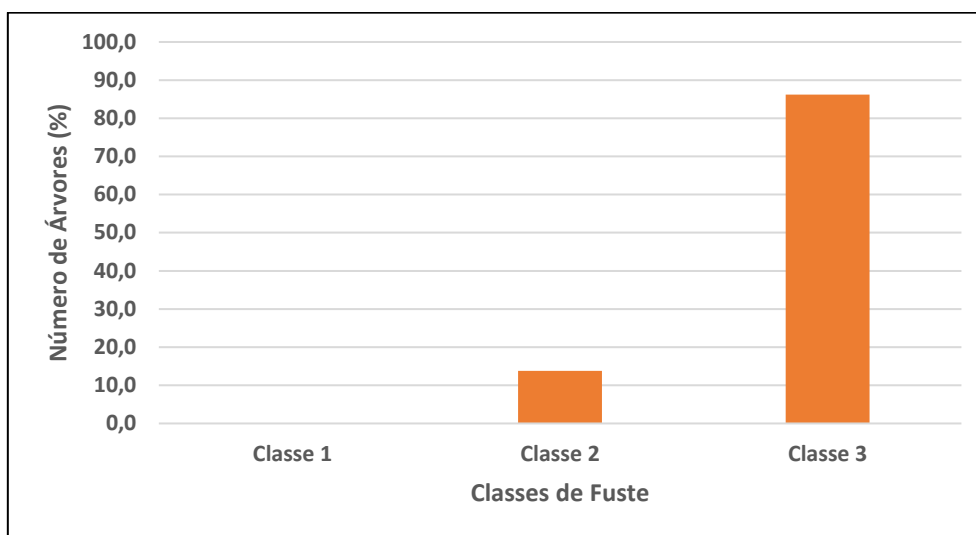


Figura 13: Distribuição dos indivíduos de jatobá do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.

A espécie é considerada semi-heliófila, com estudos sugerindo que seu desempenho silvicultural é melhor em plantios mistos, em consórcio com espécies pioneiras (SILVA E TORRES, 1993), apesar de ter o crescimento prejudicado em plantios com sombreamento elevado (SOUZA *et al.*, 2010). A ocorrência de bifurcações e brotações laterais excessivas em plantios a pleno sol é conhecida, portanto é possível sugerir que os problemas relacionados a qualidade do fuste poderiam ter sido reduzidos com o plantio em condições de sombreamento parcial.

Grápia (*Apuleia leiocarpa*)

Espécie de ocorrência natural em todos os biomas brasileiros, é muito explorada no Sul do Brasil. Apresenta madeira de boa resistência às intempéries, utilizada na construção civil em estruturas externas, em construções navais, carrocerias de caminhões e carroças, além da fabricação de tonéis de vinho e cerveja (CARVALHO, 2003). Encontra-se atualmente classificada como “Vulnerável” na lista de espécies da flora ameaçadas no Brasil (MMA, 2022).

Caracterização do plantio e dados de crescimento

Em Nepomuceno, a espécie está plantada em uma área de 0,1 ha no talhão Lavrinha, em linhas monoespecíficas com espaçamento 3x2. Foram amostradas 3 parcelas de 6x8, totalizando 22 árvores vivas e 8,3% de mortalidade, aos 8 anos de idade.

A espécie apresenta bons dados de crescimento, com altura total média de 9,5 m e DAP médio de 14,6 cm. O IMA em diâmetro é de 1,8 cm/ano e o carbono estocado é estimado em 23,3 Mg/ha, o maior valor para as espécies plantadas em Nepomuceno. Quando avaliados os parâmetros de crescimento apenas para os melhores 50% indivíduos, o DAP médio também é o melhor entre os plantios de 8 anos em Nepomuceno, com 17,4 cm (IMA de 2,2 cm/ano). Estes resultados são melhores do que todos os dados de crescimento encontrados na literatura, com os plantios com resultados mais próximos sendo os da EMBRAPA Florestas em Campo Mourão e Cianorte, no Paraná, onde a espécie alcançou apenas aos 12 anos DAP médio de 15,5 cm e 12,3 cm.

Tabela 8: Dados do plantio de grápia (*Apuleia leiocarpa*).

Idade	Espaçamento	Área	Mortalidade	DAP	DAP 50%	Ht	Qf
8	3x2	0,1	8,3	14,6	17,4	9,5	3

Legenda: Idade (anos); Espaçamento (metros); Área: Área total do plantio (hectares); Mortalidade (%); DAP: Média de Diâmetro à Altura do Peito (cm); DAP 50%: Média de Diâmetro à Altura do Peito para os 50% melhores indivíduos (cm); Ht: Média de Altura total (metros); Qf: Classe de Qualidade do Fuste mais frequente no plantio.



Figura 14: Plantio de grápia (*Apuleia leiocarpa*). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Exemplo de indivíduo bifurcado na base; Dir.: Indivíduo com fuste levemente inclinado).

Apesar do bom crescimento, em relação à qualidade dos fustes, muitos indivíduos encontram-se inclinados, com apenas 17,4% das árvores amostradas incluídas na classe 1, com fustes retilíneos e sem bifurcações. Carvalho (2003) aponta o acamamento do caule e a desrama natural deficiente como dificuldades características em plantios, e descreve a forma natural do fuste da espécie como reta na floresta fechada e pouco tortuosa em locais mais abertos, sugerindo que o seu desempenho nos plantios pode ser melhor em condições de sombra parcial. Há diversos estudos sugerindo que o sombreamento pode favorecer, além da forma, o crescimento da espécie (SOUZA-SILVA *et al.*, 2000; LELES *et al.*, 2000; AIMI *et al.*, 2017; BUENO *et al.*, 2021).

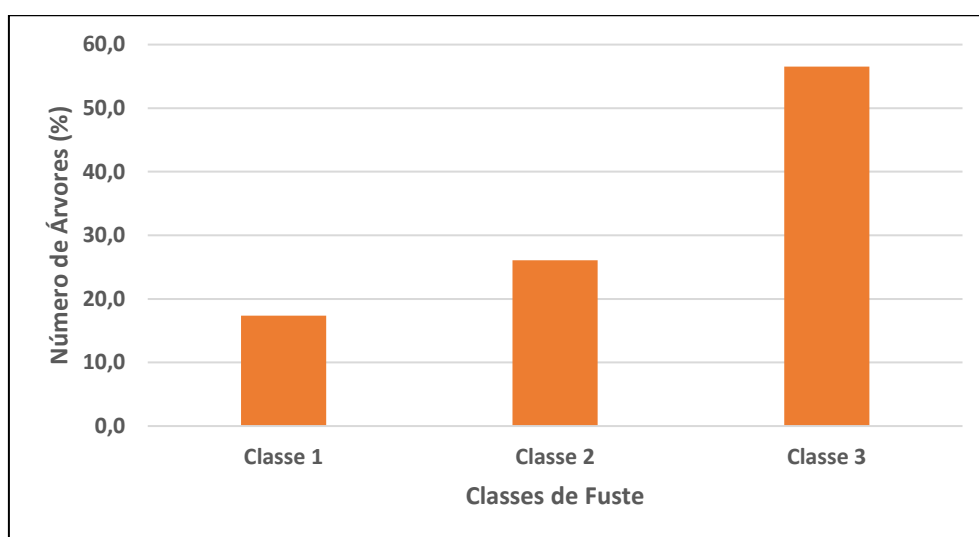


Figura 15: Distribuição dos indivíduos de grápia do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.

Ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*)

Espécie reconhecida por suas boas características silviculturais, como o fuste longo e retilíneo, com boa desrama natural (LUZ; FERREIRA, 1984) e taxas de crescimento que variam de moderado a rápido em diferentes modelos de plantio (CARVALHO, 2003). Tem apresentado resultados promissores em avaliações recentes sobre o potencial de espécies nativas para silvicultura (DUCATTI, 2019), apesar de grande variação no desempenho silvicultural de diferentes procedências (CARVALHO, 2003; ROLIM; PIOTTO, 2018).

Caracterização do plantio e dados de crescimento

Em Nepomuceno, o plantio ocupa 0,1 ha no talhão Lavrinha, e foi implantado a pleno sol em linhas monoespecíficas com espaçamento 3x2. Foram amostradas todas as árvores vivas em 3 parcelas de 6x8, um total de 23 árvores vivas e mortalidade de 4,2%, aos 8 anos de idade. O carbono estocado é estimado em 21,1 Mg/ha.

Tabela 9: Dados do plantio de ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*).

Idade	Espaçamento	Área	Mortalidade	DAP	DAP 50%	Ht	Qf
8	3x2	0,1	4,2%	14,9	16,2	7,1	1

Legenda: Idade (anos); Espaçamento (metros); Área: Área total do plantio (hectares); Mortalidade (%); DAP: Média de Diâmetro à Altura do Peito (cm); DAP 50%: Média de Diâmetro à Altura do Peito para os 50% melhores indivíduos (cm); Ht: Média de Altura total (metros); Qf: Classe de Qualidade do Fuste mais frequente no plantio.

Os resultados dos dados de crescimento foram os melhores encontrados para os plantios de 8 anos de Nepomuceno, sendo observados DAP médio de 14,9 cm, com IMA de 1,9 cm/ano e média de altura total de 9,3 m, resultados similares aos observados para a grápia, mas com melhores condições de qualidade do fuste. Estes dados são similares aos observados em um dos plantios experimentais da EMBRAPA Florestas em Campo Mourão - PR, onde foram testadas sementes de diferentes procedências. Nestes plantios, em espaçamento 4x2, aos 8 anos de idade os resultados são similares aos de Nepomuceno para as sementes com procedência da subpopulação de Pagão - MG e melhores para as sementes da subpopulação de Grota Funda - MG, o que corrobora a ideia de que trabalhos de melhoramento genético com seleção de procedências ainda podem melhorar o desempenho silvicultural da espécie.



Figura 16: Plantio de ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Indivíduo com fuste longo e retilíneo; Dir.: Detalhe de galhos secos na copa e desrama natural.)

O plantio de Nepomuceno também apresenta dados de crescimento melhores do que os observados por Rolim e Piotto (2018) no plantio da Reserva Natural Vale em Linhares – ES, onde o modelo de crescimento indica DAP médio de 13,13 cm aos 8 anos.

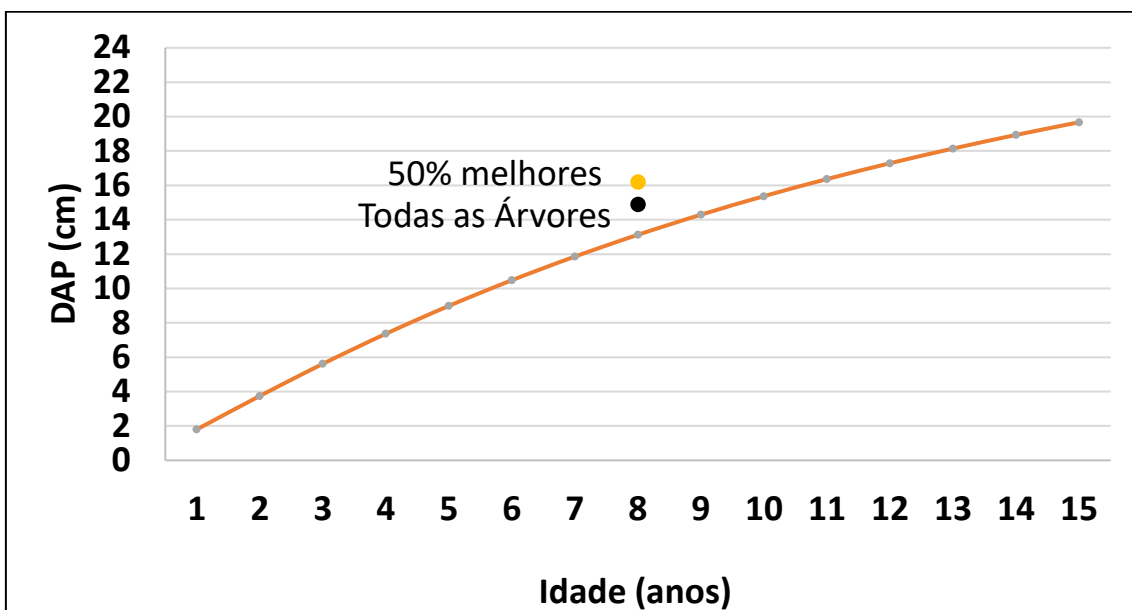


Figura 17: Comparação entre os dados do plantio de ipê-felpudo em Nepomuceno – MG e a curva de crescimento em diâmetro no modelo desenvolvido para a espécie em Linhares – ES por Rolim e Piotto (2018).

Em relação à qualidade dos fustes, a espécie é a que apresenta melhor desempenho em Nepomuceno, com o plantio de 8 anos apresentando 65,2% dos indivíduos na classe 1, 30,4% na classe 2 e apenas 4,3% na classe 3, sem a necessidade de operações de desrama.

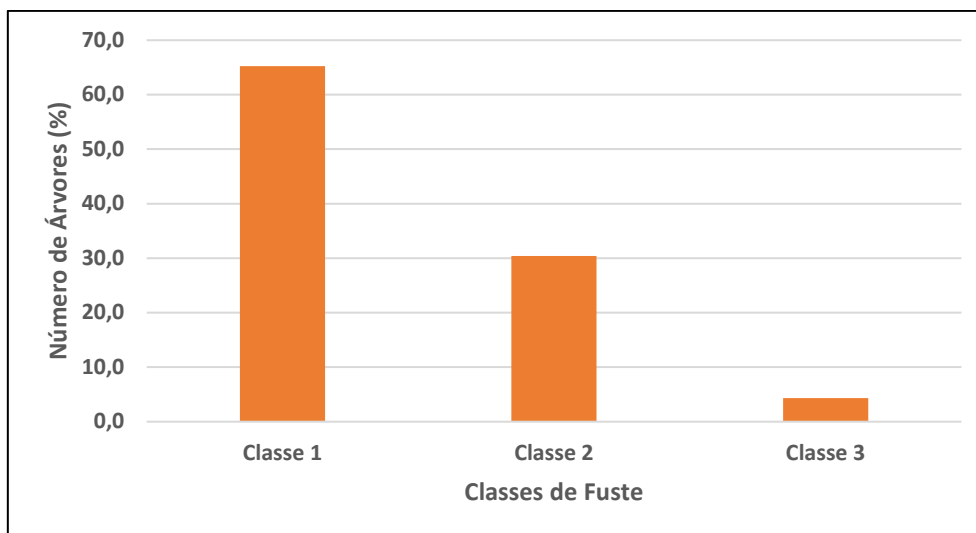


Figura 18: Distribuição dos indivíduos de ipê-felpudo do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.

A espécie não é exigente em relação à fertilidade do solo, mas os resultados de plantios em diferentes condições mostram melhor desenvolvimento em solos férteis e com níveis de precipitação ao redor dos 1.600 mm/ano (ROLIM; PIOTTO, 2018). É considerada heliófila e os plantios se desenvolvem bem a pleno sol, com suas características folhas largas oferecendo bom sombreamento, principalmente a partir dos 4-6 anos, podendo ser utilizada em consórcios com espécies de crescimento mais lento e que tenham melhor desempenho silvicultural em condições de sombra parcial, como a aroeira-verdadeira, o jatobá e a grápia.

Angico-cascudo (*Anadenanthera peregrina* var. *falcata*)

Espécie de ocorrência natural na Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, da Bahia ao Paraná, é pioneira comum em fragmentos de vegetação secundária, colonizando com facilidade as bordas dos fragmentos. Foi utilizada em muitos projetos de reflorestamento no estado de São Paulo, figurando nas listas de espécies recomendadas para plantio em áreas de Cerrado a partir dos anos 70 (CARVALHO, 2003). A madeira produzida é densa e adequada para construção civil, sendo utilizada principalmente em obras externas.

Caracterização do plantio e dados de crescimento

Em Nepomuceno a espécie está plantada em um talhão de 0,5 ha, e foi implantada em quincôncio, com 3 metros de espaçamento entre as linhas e 2 metros entre as árvores na mesma linha. Os dados foram coletados a partir da amostragem de 5 parcelas de 9x10, totalizando 71 árvores vivas e 5,3% de mortalidade, aos 10 anos. O DAP médio observado foi de 13,2 cm, com IMA de 1,3 cm/ano, o pior desempenho entre as espécies plantadas em Nepomuceno, e altura total média de 8,0 metros. O carbono estocado foi estimado em 18,8 Mg/ha.

Tabela 10: Dados do plantio de angico-cascudo (*Anadenanthera peregrina* var. *falcata*)

Idade	Espaçamento	Área	Mortalidade	DAP	DAP 50%	Ht	Qf
10	3x2	0,5	16,0%	13,2	16,3	8,0	3

Legenda: Idade (anos); Espaçamento (metros); Área: Área total do plantio (hectares); Mortalidade (%); DAP: Média de Diâmetro à Altura do Peito (cm); DAP 50%: Média de Diâmetro à Altura do Peito para os 50% melhores indivíduos (cm); Ht: Média de Altura total (metros); Qf: Classe de Qualidade do Fuste mais frequente no plantio.

Os dados de crescimento são similares aos observados por Garrido (1981) em Assis – SP, nos plantios do Instituto Florestal de São Paulo, onde em espaçamento 2x2, aos 11 anos o DAP médio observado foi de 15,1 cm e a altura total média de 10,6 metros. Em plantios menos adensados, contudo, em geral os dados de crescimento são melhores do que os observados em Nepomuceno. Nos plantios da Itaipu Binacional em Santa Helena – PR, em espaçamento 3x3 o DAP médio aos 10 anos era de 18,7 cm, enquanto em espaçamento 4x4, com 10 anos o DAP médio chegou a 24,9 cm. O plantio de Nepomuceno apresenta

grande variação diamétrica, com os DAPs amostrados variando de 5,4 cm a 20,9 cm. Esta variação também é observada em outros trabalhos e com outras espécies do gênero *Anadenanthera* e sugere que estas espécies também podem se beneficiar de trabalhos de seleção de progênies e melhoramento genético.



Figura 19: Plantio de angico-cascudo (*Anadenanthera falcata* var. *peregrina*). (Esq.: Vista geral do talhão; Centro: Indivíduo com fuste bifurcado e inclinado; Dir.: Indivíduo com fuste levemente inclinado.)

O plantio de Nepomuceno apresenta problemas em relação à qualidade dos fustes, com muitos indivíduos bifurcados e inclinados, sem nenhum indivíduo amostrado incluído na classe 1 de qualidade, 18,3% na classe 2 e 81,7% na classe 3.

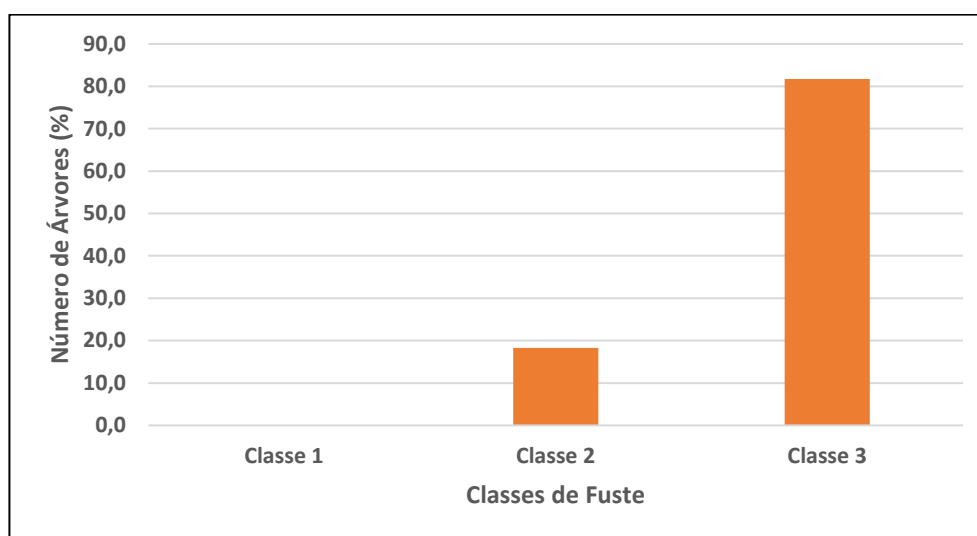


Figura 20: Distribuição dos indivíduos de angico-cascudo do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.

A espécie é considerada heliófila e pioneira (CARVALHO, 2003), mas até onde foi possível confirmar, não há estudos que avaliem o seu desempenho em condições de sombreamento. Nos plantios de Nepomuceno, todas as espécies que apresentam problemas relacionados à qualidade do fuste (aroeira-verdadeira, jatobá e grápia) têm características similares, como o crescimento simpodial, a forma irregular e desrama natural deficiente. Contudo, estas espécies têm o manejo dificultado pelo plantio a pleno sol, o que não é o caso para o angico-cascudo, dadas as suas características ecológicas. Assim, é possível sugerir que os seus problemas com a qualidade do fuste estão mais relacionados à ausência de operações de desrama mais frequentes.

Jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*)

Uma das maiores e mais longevas espécies da Mata Atlântica, de grande valor madeireiro, foi explorada exaustivamente e está incluída atualmente na categoria “Em perigo” (EN) na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (MMA, 2022). Apresenta grande potencial silvicultural, com crescimento monopodial, fustes retilíneos, boa desrama natural e boa cicatrização. Há diversos estudos avaliando seu desempenho em plantios, principalmente nos estados de São Paulo, Paraná, Espírito Santo e Bahia.

Caracterização do plantio e dados de crescimento

Em Nepomuceno, o plantio da espécie ocupa uma área de 0,5 hectare, tendo sido implantado a pleno sol, em linhas monoespecíficas com espaçamento 3x2. Os dados foram coletados através da amostragem de 8 grupos de 4 árvores, aos 10 anos, e a mortalidade foi calculada através da contagem das árvores vivas no talhão. O plantio apresenta muitas falhas, tendo sido atingido por um incêndio, além de ataques de formigas e mato-competição nos primeiros anos.

Tabela 11: Dados do plantio de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*)

Idade	Espaçamento	Área	Mortalidade	DAP	DAP 50%	Ht	Qf
10	3x2	0,5	65,0%	15,6	18,7	8,6	2

Legenda: Id.: Idade (anos); Esp. Espaçamento (metros); Área: Área total do plantio (hectares); Mort.: Mortalidade (%); DAP: Média de Diâmetro à Altura do Peito (cm); Ht: Média de Altura total (metros); DAP 50%: Média de Diâmetro à Altura do Peito para os 50% melhores indivíduos (cm); Qf: Classe de Qualidade do Fuste mais frequente no plantio.



Figura 21: Plantio de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*). (Esq.: Vista geral de parte do talhão; Centro: Indivíduo com fuste bifurcado; Dir.: Indivíduo com boa qualidade do fuste.)

O plantio apresenta DAP médio de 18,7 cm e altura total média de 8,6 metros. O IMA em diâmetro é de 1,6 cm/ano e o carbono estocado é estimado em 22,4 Mg/ha.

Em relação aos dados de crescimento, a espécie apresenta desempenho melhor que o observado em Linhares-ES, onde para um plantio em consórcio com ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*) Rolim e Piotto (2018) calcularam um DAP médio de 14,31 cm aos 10 anos. O crescimento em DAP também é melhor do que o descrito nos plantios da EMBRAPA Florestas em Campo Mourão e Cianorte, no Paraná, onde aos 12 anos os plantios alcançaram, respectivamente, 12,8 cm e 11,8 cm de DAP médio. Os dados de Nepomuceno são similares aos descritos por Ducatti (2019) em Descalvado, no interior de São Paulo, onde a espécie teve melhor desempenho em plantio misto, apresentando DAP médio de 16,68 cm, em comparação ao plantio puro, que com a mesma idade apresentou DAP de 15,27 cm.

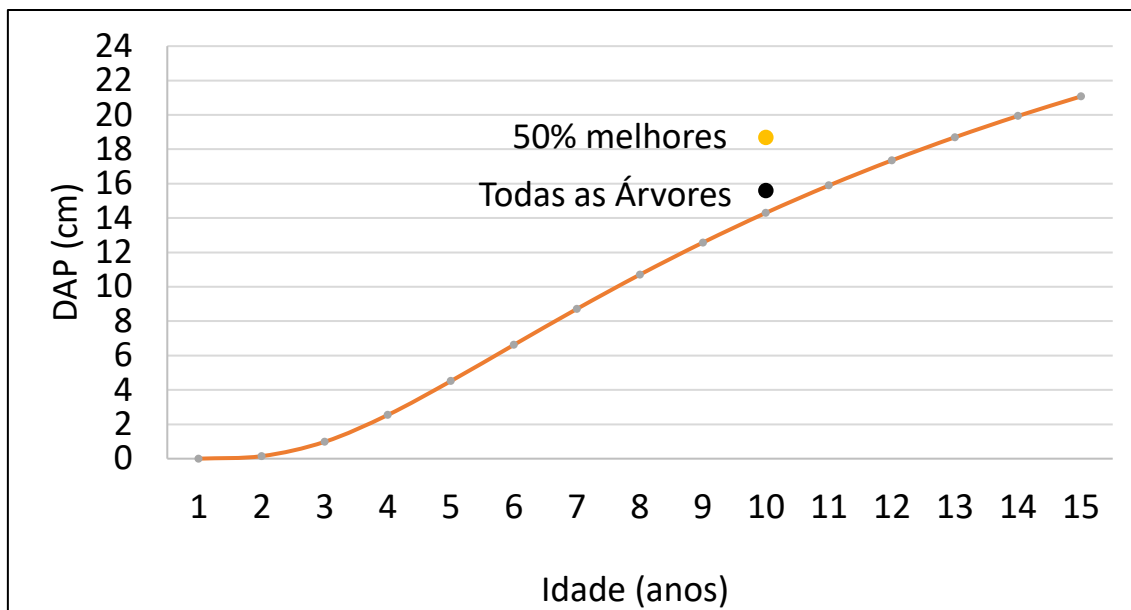


Figura 22: Comparação entre os dados do plantio de jequitibá-rosa em Nepomuceno – MG e a curva de crescimento em diâmetro no modelo desenvolvido para a espécie em Linhares – ES por Rolim e Piotto (2018).

Como o plantio apresenta muitas falhas, pode ser possível considerar que este fator afetou a densidade do plantio e pode ter contribuído para os elevados valores de crescimento em diâmetro observados.

As árvores apresentam boa forma, facilitada pelas características naturais da espécie, mas há indivíduos bifurcados entre os 2 e 3 metros de altura e certa variação entre a condição das ramificações laterais nas árvores ao longo do talhão. A ocorrência do incêndio e os problemas com formigas e mato-competição nos anos iniciais parecem ter afetado a dinâmica das operações de manejo, realizadas de maneira inconsistente, havendo potencial para um melhor desempenho da espécie naquela localidade, em melhores condições de manejo. Apesar disso, de maneira geral a espécie ainda apresenta bons dados de qualidade do fuste, sem nenhum indivíduo amostrado categorizado na classe 3.



Figura 23: Distribuição dos indivíduos de jequitibá-rosa do plantio de Nepomuceno – MG em classes de qualidade de fuste.

Oliveira e colaboradores (2018), testando a influência do espaçamento sobre o crescimento em diâmetro, citam maiores DAPs em plantio com espaçamento 3x2,5 em comparação aos plantios em espaçamento 3x2 e 3x1,5. Esta diferença, contudo, não compensa a maior densidade de árvores no talhão com espaçamento 3x1,5, que apresentou maior volume de madeira ao final do ciclo de 38 anos. Estas características e resultados sugerem que a espécie pode se beneficiar em consórcios, mesmo em plantios mais adensados.

A espécie é considerada semi-heliófila, podendo ser plantada a pleno sol, mas suas características ecológicas de espécie secundária na sucessão natural propiciam melhor desenvolvimento em consórcios com espécies de crescimento mais rápido, ganhando altura e apresentando fustes mais retilíneos nestas condições (MATOS, 2016; ROLIM; PIOTTO, 2018).

Recomendações de manejo

De acordo com a avaliação da situação atual dos plantios, e considerando as características naturais de cada uma das espécies, bem como o conhecimento sobre o seu comportamento silvicultural, apresentamos aqui algumas recomendações de manejo para os plantios de Nepomuceno, que estão baseadas em operações de desrama e desbaste. Plantios de enriquecimento em condições de sombreamento propiciadas pelos indivíduos remanescentes após os desbastes também são indicadas para algumas espécies

Desrama

Entre as espécies avaliadas neste trabalho, a aroeira-verdadeira e o jatobá são espécies secundárias na sucessão ecológica (CARVALHO, 2003), e devem ser plantadas em condições de sombreamento parcial, com os plantios a pleno sol apresentando ramificação pesada, exigindo operações de desrama muito frequentes nos primeiros anos a fim de possibilitar o desenvolvimento de fustes principais retilíneos. O angico-cascudo, apesar de ser considerado espécie heliófila, também se encontra bastante bifurcado e tortuoso no caso do plantio de Nepomuceno, enquanto a grábia se beneficia tanto em relação à qualidade do fuste como em relação ao crescimento quando plantada em consórcio com espécies de crescimento mais rápido, que propiciem condições para seu crescimento em sombra parcial (BUENO, 2021).

Os plantios destas espécies em Nepomuceno foram severamente afetados pela ausência de operações de desrama mais frequentes, com o jatobá e a aroeira-verdadeira apresentando o pior desempenho em relação à qualidade do fuste entre as espécies avaliadas. Contudo, o aumento da frequência das desramas neste momento já não é capaz de solucionar todos estes problemas, dado que as árvores já apresentam a formação de fustes bifurcados e tortuosos a partir da base.

Recomenda-se que, para estas quatro espécies, seja realizada uma operação de desrama de forma a retirar, além dos galhos secos e brotações que possam comprometer a qualidade da madeira, as grandes bifurcações nos casos em que esta operação não comprometa a estrutura e o equilíbrio das árvores,

buscando conduzir, quando possível nestas condições, a formação de fuste único. Os indivíduos com muitas bifurcações ou muito tortuosos devem ser retirados do talhão durante o primeiro desbaste, que abordaremos a seguir.

Para o jequitibá-rosa, observa-se grande variação na situação das brotações laterais nas árvores ao longo do talhão, bem como a existência de árvores de diferentes idades por conta de replantio. Uma operação de manejo que tenha como objetivo remover as brotações laterais de todos os indivíduos com a mesma idade pode ser benéfica, bem como uma atenção maior para que as árvores provenientes do replantio não sofram bifurcação. Neste caso as próximas operações de manejo devem ser mapeadas e planejadas com bastante atenção, buscando manter as condições do talhão mais homogêneas.

Desbaste

Considerando as características naturais das espécies, e o fato de que os plantios de Nepomuceno ainda não foram desbastados, sugere-se, para a aroeira-verdadeira, para o jatobá, para a grápia e para o angico-cascudo a realização de operação de desbaste seletivo que retire ao menos 50% dos indivíduos, buscando remover do talhão os indivíduos bifurcados, muito tortuosos e com menor crescimento em DAP com a maior brevidade possível. Ainda, para o jatobá, como há poucos indivíduos com boas condições de qualidade do fuste para serem mantidos até o final do ciclo, pode ser razoável uma reforma total, com um novo plantio em consórcio com espécies de crescimento mais rápido, como o ipê-felpudo.

Para o ipê-felpudo, o modelo de produção volumétrica de Rolim e Piotto (2018) considera desbastes realizados aos 6, 18 e 25 anos em um plantio com espaçamento 3x2. Como não houve desbaste até os 8 anos e o plantio apresenta dados de crescimento homogêneos, recomenda-se a realização de operação de desbaste sistemático com brevidade, para evitar a estagnação no desenvolvimento das árvores.

O plantio de jequitibá apresenta muitas falhas e, portanto, encontra-se bastante heterogêneo. O mapeamento individual das árvores e do replantio pode auxiliar a planejar as próximas operações de manejo, incluindo uma possível retirada dos piores indivíduos.

Enriquecimento

Diversos modelos e técnicas de enriquecimento têm sido testados nos trópicos, buscando aumentar o estoque de produtos florestais e serviços ambientais, geralmente em florestas naturais manejadas, com diferentes níveis de sucesso (RAMOS; DEL AMO, 1992; SOUZA *et al.*, 2000; LELES *et al.*, 2010; RAPPAPORT; MONTAGNINI, 2014). Estes modelos se aproveitam, nestas áreas, da existência de condições favoráveis ao desenvolvimento de espécies florestais de grande potencial econômico, que em muitos casos pertencem a grupos tardios na sucessão ecológica e não desempenham muito bem em plantios à pleno sol, como o jatobá e a aroeira-verdadeira.

Mais recentemente, modelos de enriquecimento em florestas plantadas também passaram a ser considerados, possibilitando o estabelecimento de sistemas policíclicos de produção, que permitem um fluxo contínuo de produção de madeira, bem como a manutenção da cobertura florestal (ROLIM; PIOTTO, 2018), benefícios alinhados aos propósitos e objetivos da Caeté com os plantios experimentais de espécies nativas.

No caso dos plantios avaliados neste trabalho, como citado anteriormente, para o jatobá, a aroeira-verdadeira e a grápia, recomenda-se a realização de operações de desbaste com a retirada de ao menos 50% das árvores. Os plantios destas três espécies encontram-se na sequência, no mesmo talhão. Neste caso, é possível aproveitar as áreas que serão liberadas com o desbaste para o replantio com estas mesmas espécies, intercalando-se nas linhas, dado que elas se beneficiam das condições de sombreamento parcial, seja em relação às taxas de crescimento ou em relação à qualidade do fuste.

No caso do plantio de angico-cascudo, também é recomendado o desbaste de 50%, contudo, como a espécie não se desenvolve bem em condições de sombra parcial, o plantio de enriquecimento com a grápia, que apresenta boas taxas de crescimento em Nepomuceno, pode ser uma alternativa viável.

Desta maneira, podem ser estabelecidas áreas de produção policíclica e ainda se abre a possibilidade para que o desempenho dos plantios à pleno sol,

aqui avaliados, possa ser comparado futuramente ao desempenho dos plantios de enriquecimento estabelecidos após os desbastes.

A tabela 12 apresenta um resumo das recomendações de manejo para cada uma das espécies.

Tabela 12: Resumo das recomendações de manejo.

Espécie	Recomendações
Aroeira-verdadeira	Desbaste de 50%; Desrama; Enriquecimento
Jatobá	Desbaste de 50%; Desrama; Enriquecimento
Grápia	Desbaste de 50%; Desrama; Enriquecimento
Ipê-felpudo	Desbaste de 30%
Angico-cascudo	Desbaste de 50%; Desrama; Enriquecimento
Jequitibá-rosa	Desrama; Mapeamento dos Replantios

CONCLUSÃO

Entre as seis espécies avaliadas nos plantios da Caeté Florestal em Nepomuceno, é possível afirmar que aquela que apresenta o melhor desempenho e potencial para a produção de madeira serrada é o ipê-felpudo, que apresenta os melhores dados de qualidade do fuste, além de dados de crescimento bastante expressivos. Grápia e jequitibá-rosa também apresentam bons dados de crescimento, com a grápia apresentando menor qualidade do fuste em relação ao jequitibá-rosa e ao ipê-felpudo, fato que pode ser melhorado com novos plantios em condições de sombreamento parcial. A grápia apresenta ainda a maior quantidade de carbono estimado na biomassa acima do solo para os plantios avaliados

Os plantios de aroeira-verdadeira, jatobá e angico-cascudo, apesar de apresentarem dados de crescimento comparáveis aos dados observados em outros plantios experimentais descritos na literatura, apresentam problemas em relação à qualidade do fuste, com muitas árvores bifurcadas e tortuosas. Estes dados de crescimento sugerem que estas espécies, se manejadas de forma mais adequada às suas características ecológicas. As sugestões para o manejo do talhão Lavrinha, onde encontram-se os plantios do jatobá, da aroeira-verdadeira e da grápia, com desbastes e plantios de enriquecimento, afim de transformá-lo em um talhão de produção policíclica, podem melhorar significativamente as condições gerais destas espécies nos plantios da Caeté.

Neste sentido, ainda que existam dificuldades relacionadas ao manejo, os resultados apresentados neste trabalho indicam que a região de Nepomuceno apresenta características favoráveis para a implantação de novos plantios com espécies nativas. As espécies plantadas pela Caeté apresentam, de forma geral, dados de crescimento expressivos, em alguns casos bastante superiores aos observados em outras regiões do Brasil. As condições climáticas são propícias para o desenvolvimento desta atividade, e a facilidade de acesso e a proximidade com grandes centros de consumo podem favorecer os investimentos no setor.

É importante ressaltar que o conhecimento sobre o comportamento silvicultural e o manejo das espécies nativas ainda é limitado, e novos investimentos em plantios experimentais e pesquisas que avaliem modelos de plantio, consórcios, técnicas de manejo, entre outras questões relacionadas ao tema são fundamentais, e devem contribuir para o desenvolvimento deste mercado no país.

REFERÊNCIAS

AIMI, S. C.; ARAUJO, M. M.; TONETTO, T. S.; TABALDI, L. A.; SALDANHA, C. W.; FARIAS, J. G.; OLIVEIRA, G. G. *Shading as conditioning factor to forest species planting: study with Apuleia leiocarpa*. **Bosque**, v. 38, n. 2, p. 371-379. Valdivia, 2017.

BATISTA, J. L. F. **Mensuração de árvores** - uma introdução à dendrometria. ESALQ - USP. Piracicaba, 2001.

BEISNER, B.; HAYDON, D.; CUDDINGTON, K. Alternative stable states in ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 1: pp. 376-382, 2003

BHARDWAJ, D.R. *et al.* Variation of biomass and carbon pool with NDVI and altitude in sub-tropical forests of northwestern Himalaya. **Environ Monit Assess** n. 188. 2016.

BOTKIN, D. B. **Forest dynamics**: an ecological model. Oxford University Press. Oxford, 1993.

BRANDES, A. F. N. *et al.* Endangered species account for 10% of Brazil's documented timber trade. **Journal for Nature Conservation**, v. 55, pp. 125-821, 2020.

BROWN S., GILLESPIE A., LUGO A. E. Biomass Estimation Methods. **Forest Sci** v.35. n.4 pp. 881-902. 1989.

BUENO, M. M. Uso de água no crescimento de mudas de espécies arbóreas da mata atlântica sob diferentes níveis de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, e025220, Lavras – MG, 2021

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Florestas, v. 1, 1039 pp., 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Florestas, v. 2, 627 pp., 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Florestas, v. 3, 593 pp., 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Florestas, v. 4, 644 pp., 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Florestas, v 5, 634 pp., 2014.

CARVALHO, R. N.; DE SOUZA, G. R.; GOMES, M. S.; GOMES, L. C.; VILLELA, B. S.; COELHO, G. Balanço Hídrico Climatológico para o Município de Nepomuceno-MG. **Augustus**. v. 24, n. 49, p.74-87. Rio de Janeiro, 2019.

CNCFlora - Centro Nacional de Conservação da Flora. **Lista Vermelha**. Disponível em: <http://www.cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>. Acesso em: 02 abril de 2022. Rio de Janeiro, 2022.

CHAN, E. P. Y.; FUNG, T.; WONG, F. K. K. Estimating above-ground biomass of subtropical forest using airborne LiDAR in Hong Kong. **Sci Rep** v. 11, 2021.

CHAVE, J. *et al.* Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology** n. 20, pp. 3177–3190, 2015.

COLTRI, P. *et al.* Utilização de Índices de Vegetação para estimativas não-destrutivas da biomassa, estoque e sequestro de carbono do Cafeeiro Arábica. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, n. 12, Natal, INPE, p. 121-128, 2009.

DOMINGOS, F. R.; SILVA, M. A. P. da. Uso, conhecimento e conservação de *Myracrodruon urundeuva*: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11. 2020.

DUCATTI, M. **Desempenho silvicultural de espécies nativas em plantações florestais no interior do estado de São Paulo**. 86 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2019

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2020: Key findings**. Roma, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca8753en>. Acesso em 03/12/2020.

FEREZ, A. P. C. *et al.* Silvicultural opportunities for increasing carbon stock in restoration of Atlantic forests in Brazil. **Forest Ecology and Management** v. 350, p. 40-45, 2015.

FERRETTI, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; ÁRBOEZ, G. F.; SANTOS, J. D.; BARROS, M. I. A.; LORZA, R. F.; OLIVEIRA, C. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Revista Florestar Estatístico**, v. 3, n. 7, p. 73-77, 1995.

GURGEL GARRIDO, L. M. A.; CRUZ, S. F.; FARIA, H. H.; GARRIDO, M. A. O.; VILAS BOAS O. Efeitos do sombreamento no crescimento da aroeira – *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Revista do Instituto Florestal**, n. 9, pp. 47-56, 1997.

HAWLEY, R. C.; SMITH, D. M. **Silvicultura prática**. Barcelona: Omega, 544p., 1972.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L. & BIOT, Y. **Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira**. *Acta Amazonica* vol. 8, n. 2. 1998.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: agriculture, forestry and other land use.** Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), v.4, 2006.

JANKOWSKY, I. P.; CHIMELO, J. P.; CAVALCANTE, A. A.; GALINA, I. C. M.; NAGAMURA, J. C. S. **Madeiras Brasileiras.** Caxias do Sul: Spectrum, v.1, 1990.

JESUS, R. M.; GARCIA, A.; TSUTSUMI, I. Comportamento de doze espécies florestais da Mata Atlântica em povoamentos puros. **Revista do Instituto Florestal, São Paulo**, v. 4, pt. 2, p. 491-496, 1992. Edição dos Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 1992, São Paulo.

KERR, G.; HAUFE, J. **Thinning Practice - A Silvicultural Guide.** Edinburgh: Forestry Commission, 2011.

LEWONTIN, R. C. The meaning of stability. **Brookhaven Symp Biol** v. 22, p. 13- 23, 1969.

LEITE, E. J. State-of-knowledge on *Myracrodruon urundeuva* Fr. Allemão (Anacardiaceae) for genetic conservation in Brazil. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.5, n.3, pp. 193-206. 2002.

LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G.; NOVAES, A. B.; SANTOS, C. E. S. Comportamento de garapa (*Apuleia leiocarpa*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*) plantadas a pleno sol e sob linha de enriquecimento em mata secundária degradada, no Município de Cardoso Moreira, Estado do Rio de Janeiro. In: **IV Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - Silvicultura Ambiental.** Blumenau - SC, 2000.

LUZ, H. de F.; FERREIRA, M. Ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa* (Vell) Bur.): essência nativa pioneira com grande potencial silvicultural. **IPEF**, Piracicaba, n. 31, p. 13-21, 1985.

MENDONÇA, G. *et al.* Avaliação Silvicultural de dez espécies nativas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 277-290, 2017.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. Thomson Learning. São Paulo, 2007.

PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. **Sourcebook for land-use, land-use change and forestry projects**. BioCF and Winrock International report. 2013.

PINTO, J. R. R. **Levantamento florístico, estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva e suas correlações com variáveis ambientais em uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso**. 1997. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1997.

PINTO JUNIOR, J. E.; SILVEIRA, R. A. **A introdução do eucalipto no Brasil pela Embrapa: bases institucionais e sua estruturação para a pesquisa com eucaliptos e corímbias**. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (Ed.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 33-112.

PINTO, R. B.; TOZZI, A. M. G. A.; MANSANO, V. F. *Hymenaea in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22972>. Acesso em: 25 abr. 2022.

PRETZSCH, H. **Forest Dynamics, Growth and Yield: from measurement to model**. Springer-Verlag, 664 p., 2009.

PRICE, A. *et al.* **Assessing the stem straightness of trees**. UK's Forestry Commission, Technical Note. 6 p. 2017.

PUGH, T. A. M., *et al.* Role of forest regrowth in global carbon sink dynamics. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.** v. 116, pp. 4382–4387. 2019

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2017

RAMOS, J.M.; DEL AMO, S. 1992. Enrichment planting in a tropical secondary forest in Veracruz, Mexico. **Forest Ecology and Management**, v.54, pp 289-304, 1992.

RAMOS, M. G.; SERPA, P. N.; SANTOS, C. B.; FARIAS, J. A. C. **Manual de silvicultura: 1 – cultivo e manejo de florestas plantadas**. Boletim didático 61, EPAGRI, 2006.

RAPPAPORT, D; MONTAGNINI, F. Tree species growth under a rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation: Native restoration via enrichment planting in southern Bahia, Brazil. **New Forests**, v. 4, n 5, pp 715-732, 2014.

ROLIM, S.G.; PIOTTO, D. (Eds.). **Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica**. Editora Rona, Belo Horizonte, 2018.

ROLIM, S. G. *et al.* **Prioridades e lacunas de pesquisa e desenvolvimento em silvicultura de espécies nativas no Brasil**. Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil, 2020. Disponível online em <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>, acesso em 10 nov. 2020.

SALATI, E. Emissão x sequestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: **Seminário Emissão X Sequestro de CO₂** - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CVRD, pp. 15-37, 1994.

SANTANA, J. A. S., *et al.* Comportamento de *Paubrasília echinata* (Lam.) Gagnon, H. C. Lima & G. P. Lewis (pau-brasil) em plantios homogêneos

experimentais no Nordeste do Brasil. **Diversitas Journal** v. 5, n. 4, pp. 2422-2438, 2020.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALDEIRA, M.V.W. E WATZLAWICK, L.F. **Estoque de carbono em florestas de Pinus taeda L. e Acacia mearnsii De Wild. plantadas no estado do Rio Grande do Sul – Brasil.** In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICH, L. F.; BALBINOT, R. M.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. dos S. (ed.). *As Florestas e o Carbono*. Curitiba, PR, Brasil: 2002.

SILVA, C. C. **Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal.** Dissertação Mestrado em Conservação de Ecossistemas Florestais. ESALQ USP. Piracicaba, 2013.

SILVA, G. F. *et al.* Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 341-348, 2012.

SILVA, L. B. X. da; TORRES, M. A. V. Espécies florestais cultivadas pela COPEL-PR (1974-1991). **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, pt. 2, p. 585-594, São Paulo, 1992. Edição dos Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, São Paul - SP, mar. 1992.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R.; PELL, S. K.; MITCHELL, J. D. Anacardiaceae. **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB4394>. Acesso em 02 de abril de 2022.

SILVEIRA, P., *et al.* O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, v. 38, n. 1, pp. 185-206, 2008.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, pp. 127-134, 2010.

SOUZA, C.E.M.; VILAS BOAS O.; DURIGAN, G. Sobrevivência e crescimento de espécies tropicais madeireiras em consórcio com espécie pioneira em diferentes proporções. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19 n. 2, pp. 155-165, 2015

SOUZA-SILVA, J. C.; CARVALHO, E. V. T.; FELFILI, J. M.; FRANCO, A. C. Crescimento de *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr. Vog. sob quatro níveis de sombreamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília. Resumos. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 2000. p. 64.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 2ª. Ed. Porto Alegre, Artmed, 2006.

VERÍSSIMO, A.; D. PEREIRA. Produção na Amazônia Florestal: características, desafios e oportunidades. **Parcerias Estratégicas** v. 19, n. 38, pp. 13-44, 2014.

VILAS BOAS, L. G. A produção agropecuária no município de Nepomuceno – MG no período 1995-2017, **Geografares** v. 31 [online]. URL: <http://journals.openedition.org/geografares/848>, 2020.

WARING, B. Forests and Decarbonization - Roles of Natural and Planted Forests. **Frontiers in Forests and Global Change**. v. 3, n. 10, 2020.

ZHANG, Q., *et al.* Global timber harvest footprints of nations and virtual timber trade flows. **Journal of Cleaner Production**, v. 250, n. 3, 2020.