

MARCELO DUCATTI

**DESEMPENHO SILVICULTURAL DE ESPÉCIES NATIVAS EM PLANTAÇÕES
FLORESTAIS NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Botucatu

2019

MARCELO DUCATTI

**DESEMPENHO SILVICULTURAL DE ESPÉCIES NATIVAS EM PLANTAÇÕES
FLORESTAIS NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal.

Orientadora: Vera Lex Engel

Coorientador: João Luís Ferreira Batista

Botucatu

2019

D824d Ducatti, Marcelo
Desempenho silvicultural de espécies nativas em plantações
florestais no interior do estado de são paulo / Marcelo Ducatti.
-- Botucatu, 2019
86 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientadora: Vera Lex Engel
Coorientador: João Luís Ferreira Batista

1. Restauração das Florestas. 2. Inventários Florestais. 3.
Manejo Florestal. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: **“DESEMPENHO SILVICULTURAL DE ESPÉCIES NATIVAS EM PLANTAÇÕES FLORESTAIS NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO”**

AUTOR: MARCELO DUCATTI

ORIENTADORA: VERA LEX ENGEL

COORIENTADOR: JOÃO LUIS FERREIRA BATISTA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:


Prof.^a Dr.^a VERA LEX ENGEL
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu
Dr.^a MARIA JOSÉ BRITO ZAKIA
. / Práxis Assessoria Socioambiental
Prof.^a Dr.^a RENATA EVANGELISTA DE OLIVEIRA
Desenvolvimento Rural / Universidade Federal de São Carlos - Campus de Araras

Botucatu, 27 de fevereiro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial minha mãe Lúcia e minha esposa Renata, por todo o apoio e inspirações.

A todos os professores com quem tive a oportunidade de conviver e aprender. Agradeço imensamente meus orientadores no programa de mestrado Prof^a Dra. Vera Lex Engel e Prof. Dr. João Luís Ferreira Batista, pelos ensinamentos e auxílio ao longo do desenvolvimento do meu mestrado em Ciência Florestal na FCA/UNESP.

À Casa da Floresta, pela possibilidade de continuar aprendendo e trabalhando com silvicultura, ecologia e manejo florestal. Agradeço a Klaus Duarte Barretto e a Mônica Cabello de Brito pelas oportunidades oferecidas desde a graduação, quando fui estagiário na Casa da Floresta, até o presente momento, apoiando a realização do meu mestrado.

A todos os colegas da Casa da Floresta que auxiliaram na execução dos inventários florestais e que de tantas formas contribuíram com a presente dissertação. Aos colegas da pós-graduação com quem convivi ao longo desta etapa. Foram inúmeros parceiros com quem tive a oportunidade de contar, trocar conhecimento, ideias e percepções. Muito obrigado a todos.

Agradeço ao Sr. Fernão Bracher por promover a silvicultura de espécies nativas e o seu monitoramento, o que permitiu as investigações do presente projeto de pesquisa. Um muito obrigado também ao Sr. Manoel Moura por toda sua dedicação na formação de novas florestas e por todas as conversas e aprendizados ao longo das inúmeras visitas que tive oportunidade de realizar às fazendas Sant'Ana do Monte Alegre e Conde do Pinhal.

RESUMO

O cenário de uso e ocupação do solo no território brasileiro converge para necessidade de promover a restauração florestal em larga escala. Na busca por desenvolver modelos de plantio com finalidade econômica, pesquisas sobre espécies nativas potenciais para silvicultura têm se tornado cada vez mais relevantes. O presente estudo buscou avaliar o desempenho silvicultural de vinte espécies nativas em sistemas de plantio puros e mistos, além do desempenho de seis dessas espécies em três plantações mistas voltadas a produção de madeira sólida. Variáveis de crescimento foram coletadas anualmente para 35 árvores de cada espécie ao longo de sete, cinco e quatro anos em plantações que apresentavam no ano de 2018, doze, oito e quatro anos de idade, respectivamente. Foram estabelecidos critérios para categorização das espécies de acordo com características desejáveis a produção de madeira, como fustes longos e retilíneos e taxas de incremento diamétrico. Para comparação do desempenho silvicultural das espécies nas diferentes plantações avaliadas foram construídos gráficos de dispersão das variáveis de interesse em função da idade. Modelos de regressão foram utilizados para averiguar se o comportamento das espécies variou de acordo com o sistema de plantio. Dentre as vinte espécies avaliadas, seis foram classificadas como de alto potencial para silvicultura, *Cariniana legalis*, *Zeyheria tuberculosa*, *Cabralea canjerana*, *Balfourodendron riedelianum*, *Cariniana estrellensis* e *Calophyllum brasiliense*, sete com potencial intermediário e outras sete com baixo potencial. Dentre as espécies com potencial intermediário, três delas apresentaram elevadas taxas de crescimento, *Dalbergia nigra*, *Paratecoma peroba* e *Parapiptadenia rigida*, porém, demonstraram tortuosidades acentuadas e ramificações precoces. *Cordia trichotoma*, classificada com potencial intermediário apresentou desempenho superior nos plantios mais recentes, figurando como uma espécie promissora para inclusão em projetos de restauração com finalidade econômica. Todas as vinte espécies apresentaram alguma distinção no desempenho silvicultural de acordo com o sistema de plantio submetido. As seis espécies presentes nas três plantações florestais mistas, também demonstraram variações no desempenho entre os diferentes sistemas, indicando que o potencial silvicultural de espécies nativas tende a ser ampliado quando em combinação de espécies e arranjos espaciais mais adequados. Os resultados também avigoram a elevada variação existente entre árvores da mesma espécie, sendo prioritários programas de melhoramento genético. Recomenda-se a experimentação

de espécies indicadas como promissoras em outros sistemas de consórcio, assim como a investigação de fatores não mensurados no presente estudo e que possam influenciar a arquitetura e crescimento de espécies nativas na silvicultura.

Palavras-chave: Restauração florestal. Desempenho silvicultural. Produção de madeira. Espécies nativas.

ABSTRACT

Current land use and setting in Brazilian territory indicate the necessity to promote large-scale forest restoration. In search for develop models of planting for economic purpose, researches on potential native species for silviculture have become increasingly relevant. The present study aimed to evaluate silvicultural performance of twenty native species in pure and mixed planting systems, as well as performance of six of these species in three mixed plantations focused on production of solid wood. Growth variables were collected annually for 35 trees of each species over seven, five and four years in plantations that in the year of 2018 had twelve, eight and four years of age, respectively. Criteria were established for categorization of species according to desirable wood production characteristics, such as long and rectilinear stems and rates of diametric increase. In order to compare silviculture performance of the species in the different evaluated plantations, dispersion graphs of the variables of interest were constructed according to age. Regression models were used to determine if the performance of the species varied according to the planting system. Among twenty evaluated species, six were classified as high potential for silviculture, *Cariniana legalis*, *Zeyheria tuberculosa*, *Cabralea canjerana*, *Balfourodendron riedelianum*, *Cariniana estrellensis* and *Calophyllum brasiliense*, seven as intermediate potential and seven as low potential. Among intermediate potential species, three of them presented high growth rates, *Dalbergia nigra*, *Paratecoma peroba* and *Parapiptadenia rigida*, but showed strong tortuosities and early branching. *Cordia trichotoma*, categorized as intermediate potential, had superior performance in the most recent plantations, appearing as a promising species for inclusion in restoration projects. All twenty species presented some distinction in the silviculture performance according to the submitted planting system. The six species present in the three mixed forest plantations, even showed variations in performance between the different systems, indicating that silviculture potential of native species tends to be expanded when in combination of species and more adequate spatial arrangements. Results also confirm high variation among trees of the same species, with priority being given to genetic programs improvement. Experimentation of the species indicated as promising in the present study in other systems is recommended, as well as investigation of other factors wich may influence architecture and growth of native species in silviculture.

Keywords: Forest restoration. Silvicultural performance. Wood production. Native species.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização das três áreas objeto de estudo.....	22
Figura 2 - Imagem aérea dos dois sistemas de plantio presentes na Área I e exemplo de uma espécie nativa nos dois respectivos sistemas.....	23
Figura 3 - Esquema do arranjo de plantio ao longo dos anos na Área I.....	25
Figura 4 - Ilustra as diferentes fases do reflorestamento misto da Área I.....	26
Figura 5 - Esquema do arranjo de plantio ao longo dos anos na Área II.....	27
Figura 6 - Ilustra as diferentes fases do reflorestamento misto da Área II.....	28
Figura 7 - Esquema do arranjo de plantio na Área III.....	29
Figura 8 - Área III aos três anos de idade.....	29
Figura 9 - Demonstração do processo de coleta de dados.....	35
Figura 10 - Exemplos de fustes e suas classes.....	36
Figura 11 - Chave de classificação do potencial silvicultural de espécies nativas implantadas em sistemas puros e mistos no interior do estado de São Paulo, aos 11 anos de idade.....	40
Figura 12 - Detalhe do ataque e danos causados pela <i>Hypsipyla grandella</i> no ponteiro de mudas de <i>Swietenia macrophylla</i> (mogno-brasileiro) e <i>Cedrela fissilis</i> (cedro).....	44
Figura 13 - Diagrama de divisão das 20 espécies avaliadas na Área I de acordo com potencial silvicultural, Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil.....	48
Figura 14 – Modelos de crescimento do diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste em função da idade para as seis espécies elencadas com alto potencial silvicultural.....	50
Figura 15 – Modelos de crescimento do diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste em função da idade para as sete espécies elencadas com intermediário potencial silvicultural.....	53
Figura 16 – Modelos de crescimento do diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste em função da idade para as sete espécies elencadas com baixo potencial silvicultural.....	56
Figura 17 – Ilustra a arquitetura de quatro espécies que apresentam alto potencial para silvicultura.....	61

Figura 18 – Modelos de crescimento do diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste em função da idade para as seis espécies presentes em três diferentes reflorestamentos mistos.....	61
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1	Área de Estudo.....	21
2.2	Delineamento e coleta de dados.....	34
2.3	Análise de dados.....	38
2.3.1	Critérios de categorização.....	38
2.3.2	Avaliação do desempenho silvicultural em diferentes sistemas.....	40
3	RESULTADOS.....	43
3.1	Potencial de espécies nativas para silvicultura.....	43
3.2	Desempenho silvicultural em plantios puros e mistos.....	49
3.2.1	Espécies com alto potencial silvicultural.....	49
3.2.2	Espécies com intermediário potencial silvicultural.....	51
3.2.3	Espécies com baixo potencial silvicultural.....	55
3.3	Desempenho silvicultural em diferentes plantações mistas.....	58
4	DISCUSSÃO.....	63
5	CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PRÁTICA.....	69
	REFERÊNCIAS.....	70
	APÊNDICE A Estimativas dos parâmetros e índices de qualidade dos modelos de regressão utilizados na comparação do desempenho silvicultural de 20 espécies em sistemas puros e mistos.....	78
	APÊNDICE B Estimativas dos parâmetros e índices de qualidade dos modelos de regressão utilizados na comparação do desempenho silvicultural de 6 espécies em três diferentes sistemas mistos.....	84

1 INTRODUÇÃO

Com 850 milhões de hectares (Mha) de extensão, o Brasil possui cerca de 537 Mha de vegetação remanescente sob diferentes níveis de intervenção e conservação, sendo que 31,6% (170 Mha) estão inseridos em Unidades de Conservação federais, estaduais e Terras Indígenas, e os outros 68,3% (367 Mha) estão localizados em propriedades privadas. Em contraste, 300 milhões de hectares estão ocupados pela agropecuária, sendo que deste total, pouco mais de 20% são usados para agricultura e o restante é ocupado por pastagens, muitas delas degradadas e com baixos índices de produtividade (SPAROVEK et al., 2012).

Levando em conta as regras da legislação ambiental brasileira, as propriedades privadas concentram a maior parte do déficit de proteção de florestas (SPAROVEK et al., 2010), o que elenca os proprietários rurais como atores responsáveis tanto por promover o manejo e a conservação de grande parte das florestas remanescentes (367 Mha), como por restaurar terras indevidamente degradadas, principalmente as denominadas Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e Reservas Legais (RLs).

Considerando a regularização ambiental dos imóveis rurais no Brasil de acordo com a Nova Lei de Proteção da Vegetação Nativa (BRASIL, 2012), é computada como passivo ambiental, uma área estimada superior a 19 milhões de hectares, sendo cerca de 11 milhões de hectares referentes a áreas de Reserva Legal e 8 milhões de hectares a Áreas de Preservação Permanente (GUIDOTTI et al., 2017). No entanto, os diferentes históricos de uso e ocupação, as variadas configurações naturais da paisagem e as distintas regras de percentuais de Reserva Legal para os diferentes biomas e regiões do país, alteram os cenários de passivo ambiental ao longo do território nacional. No estado de São Paulo, por exemplo, são estimados 2,2 Mha de área de passivo segundo as regras da legislação, sendo 656,2 mil hectares referentes a áreas de RL em não conformidade e 1,57 Mha de Áreas de Preservação Permanente degradadas (GUIDOTTI et al., 2017).

Concernente à exigência de Reserva Legal nas propriedades rurais, a nova lei trouxe algumas alterações. Dentre elas, destacam-se a flexibilização das regras para o cômputo das APPs na área destinada à RL; a remoção da exigência de recomposição de RL para pequenas propriedades rurais; a possibilidade de compensação da RL em outra área desde que inserida no mesmo bioma; e a permissão para recompor a RL com uso de espécies exóticas em até metade da área

(SPAROVEK et al., 2012; ZAKIA; GUEDES PINTO, 2013; SOARES-FILHO et al., 2014; BRANCALION et al., 2016).

Apesar das alterações na legislação, ainda são grandes os desafios para que as regras previstas possam ser integralmente aplicadas. O que se observa é que as ações voluntárias são raras, mas o arcabouço legal tem evoluído de forma rápida, concomitante com a evolução do conhecimento científico e a admissão da necessidade de restauração diante da histórica e recorrente falta de ordenação e planejamento no uso e ocupação do solo (OLIVEIRA; SAIS, 2017).

Neste contexto, com intuito de promover ações de restauração de ecossistemas em larga escala, acordos internacionais também foram firmados nos últimos anos com objetivo de fortalecer essa agenda em âmbito global (SUDING et al., 2015). O Brasil, considerado importante ator dentro desses acordos, estabeleceu suas metas no âmbito da Convenção do Clima no Acordo de Paris (UNFCCC, 2015), resultando na publicação de um decreto que institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (BRASIL, 2017), e respectivamente o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG), o que demonstra não só o compromisso com a recuperação de áreas degradadas, mas também indica a construção de mecanismos que visam estimular o desenvolvimento de um mercado capaz de atingir a ambiciosa meta de recuperar 12 milhões de hectares de florestas (AGROICONE, 2017).

No entanto, para que uma meta um tanto arrojada como esta seja minimamente atingida, há necessidade de se desenvolver modelos e estratégias capazes de reduzir os custos e gerar renda, algo que vem sendo apontado há muitos anos como um fator chave para que programas de restauração em larga escala tenham sucesso (HOLL; HOWARTH, 2000; ENGEL; PARROTTA, 2001).

Dentre os principais gargalos para que produtores rurais invistam em projetos de restauração florestal com finalidade econômica estão: insegurança jurídica, altos custos de implantação, ausência de fontes de financiamento, percepção de longos ciclos para retorno financeiro, além do conhecimento incipiente sobre modelos silviculturais mistos e o potencial de espécies nativas para produção (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005; VALLE, 2016; PADOVEZI et al., 2018).

Em se tratando da insegurança jurídica, as legislações que incorporam normas referentes ao manejo florestal e agroflorestal são muito recentes, surgindo principalmente ao final da última década (OLIVEIRA; SAIS, 2017). A Reserva Legal,

por exemplo, apesar de ter sido definida pela primeira vez em 1934, foi alterando seus objetivos ao longo do tempo, sendo primeiramente denominada de reserva florestal, com função de ser uma reserva de madeira para propriedade, evoluindo ao longo dos anos para uma área de uso sustentável e também com função de conservação da biodiversidade nas paisagens rurais (BACHA, 2005).

Apesar da possibilidade de se explorar recursos de maneira sustentável em áreas de RL, atividades de manejo em florestas naturais se desenvolveram nas últimas décadas quase que exclusivamente no bioma Amazônia, de onde é originada a maioria da madeira sólida nativa extraída para uso em processos industriais (VERISSÍMO et al., 2003). Todavia, mesmo existindo instrumentos legais, a fiscalização falha não impede que haja avanço de atividades ilegais e que a madeira de origem predatória seja comercializada como legal, coibindo que o mercado madeireiro se fortaleça sob a ótica do uso sustentável de florestas (SCHULZE et al., 2005; BRANCALION et al., 2018).

Em paralelo ao manejo florestal de base sustentável, a silvicultura com espécies nativas surge como elemento capaz de contribuir com o fortalecimento do setor florestal e recuperação de terras degradadas (LAMB; ERSKINE; PARROTA, 2005; WAACK; BIDERMAN, 2016). Neste sentido, o avanço nas regulamentações das leis existentes é fundamental para direcionar investimentos em florestas mistas e agroflorestas.

Em áreas de domínio de biomas como o Cerrado e Mata Atlântica, instrumentos legais vêm sendo aprimorados constantemente para fomentar ações voltadas à obtenção de produtos madeireiros e não madeireiros advindos de florestas naturais e reflorestamentos mistos. A Política Estadual de Mudanças Climáticas (SMA, 2009) e o Decreto nº 55.947/2010 que a regulamenta, prevê uma série de ações para redução e mitigação de emissões de gases causadores do efeito estufa, com destaque para a criação do Programa Remanescentes Florestais, o qual apresenta dentre seus objetivos, a criação de mecanismos financeiros para incentivar o reflorestamento com espécies nativas e a implantação de sistemas agroflorestais e silvopastoris. Na mesma linha destaca-se a Resolução nº 189 de 20 de dezembro de 2018, que *“Estabelece critérios e procedimentos para exploração sustentável de espécies nativas do Brasil, no Estado de São Paulo”* (SMA, 2018), o que confirma os esforços constantes do sistema legislativo estadual para alavancar a restauração e o manejo florestal.

No que tange os elevados custos e fontes de financiamento para projetos florestais de longo prazo, parte da rentabilidade da propriedade rural poderá ser comprometida pelo custo elevado da restauração florestal (FGVces, 2018), o que tende a direcionar grande parte dos produtores a optar por mecanismos de compensação, ao invés da recomposição em área própria (SPAROVEK, 2012).

A possibilidade de regularização por meio da compensação ou cotas de reserva ambiental reforça a necessidade de ações multilaterais que necessitam ser implementadas conjuntamente para que de fato se impulsione a cadeia produtiva da restauração com finalidade econômica (WRI, 2017; FGVces, 2018; PADOVEZI et al., 2018). Um componente que potencialmente pode contribuir é o pagamento por serviços ambientais (PSA), que também está previsto na Lei Federal de Proteção da Vegetação Nativa e na Política Estadual de Mudanças Climáticas. Agregar incentivos monetários de créditos de carbono gerados pelos plantios florestais pode ser uma forma de amortizar parte dos custos iniciais de implantação e encorajar ainda mais os produtores rurais a reflorestar áreas degradadas ou com baixa aptidão agrícola (PAGIOLA; VON GLEHN; TAFFARELLO, 2012).

Além de incentivos econômicos para alavancar o reflorestamento com espécies nativas devem avançar em paralelo pesquisas voltadas à indicação de espécies promissoras, assim como, a ampliação da compilação de informações silviculturais sobre espécies e modelos a serem implantados, desenvolvendo sistemas potencialmente mais rentáveis (WRI, 2017; OLIVEIRA; SAIS 2017; MENDONÇA et al., 2017; PIOTTO et al., 2018).

Frente a esta lacuna de conhecimento, experiências de plantio com essências nativas, ainda que em pequena escala, já ocorrem há várias décadas no Brasil em busca de informações sobre o potencial silvicultural dessas espécies (PIOTTO et al., 2018), com destaque para plantios realizados no Pará (YARED et al., 1980), norte do Espírito Santo (JESUS et al., 1992), Paraná (CARPANEZZI, 1982) e São Paulo (SIQUEIRA; NOGUEIRA, 1992). Muitas dessas informações encontram-se sintetizadas por P. E. Carvalho em seus cinco volumes publicados "*Espécies Arbóreas Brasileiras*" (EMBRAPA, 2003, 2006, 2008, 2010, 2014) e mais recentemente destaca-se a publicação de resultados de antigos experimentos com silvicultura de nativas na Reserva Natural da Vale no Espírito Santo (ROLIM; PIOTTO, 2018).

Apesar das experiências existentes para aprimorar o conhecimento e uso de espécies nativas na silvicultura, figuram apenas 100.000 hectares de plantios

florestais comerciais com essências nativas no Brasil, representados pelos plantios de seringueira (230 mil hectares), paricá (cerca de 90 mil ha) e araucária (cerca de 11 mil ha), implantados na forma de monocultivos. O restante das plantações florestais no Brasil, as quais contemplam 7,8 milhões de hectares, estão representadas em grande parte por plantações equiâneas de eucalipto (5,7 Mha), pínus (1,6 Mha), acácia (160 mil ha) e teca (89 mil ha) (IBÁ, 2017).

A tendência histórica de simplificação dos sistemas de produção silviculturais veio com intuito de facilitar as ações de manejo, sua colheita e logística, além de otimizar ganhos de produtividade e uniformidade da matéria-prima florestal. Porém, do ponto de vista ecológico, os monocultivos possuem baixa capacidade de provisão de serviços ambientais (BAUHUS et al., 2017) e não se configuram como possibilidade para recomposição de Reservas Legais.

Já os plantios florestais mistos, estes podem contribuir substancialmente com a promoção da resiliência ecológica e econômica em propriedades de pequenos e médios produtores (LAMB et al., 2005). Piotto et al. (2004) aponta que pequenos produtores na Costa Rica têm optado por reflorestamentos mistos devido à maior variedade de produtos fornecidos e aos incentivos criados pelo governo.

Do ponto de vista silvicultural, em florestas mistas pode haver uma relação positiva entre número de espécies e taxas de crescimento das árvores, o que pode ser ampliado através de mecanismos de facilitação, como por exemplo, o consórcio com espécies fixadoras de nitrogênio (KELTY, 2006; PIOTTO, 2008; SIDDIQUE et al., 2008; FORRESTER; PRETZSCH, 2015). Em se tratando de modelos de plantio mistos, consorciados ou não com espécies exóticas, algumas iniciativas têm proposto e testado diferentes arranjos de consórcio que podem ser opções para recompor Reservas Legais ou áreas com baixa aptidão agrícola que poderiam ser destinadas para produção florestal ou agroflorestal (SCHAITZA et al., 2008; PREISKORN et al., 2009; WRI, 2017; AMAZONAS et al., 2018).

Se considerados todos os aspectos positivos das plantações florestais mistas e a vasta diversidade de espécies de árvores nos trópicos, espera-se que haja muito mais espécies nativas potenciais para silvicultura do que as usadas atualmente (CONDIT et al., 1993). Alguns aspectos necessitam ser melhorados, uma vez que existe uma alta variação genética intraespecífica em espécies nativas (SEBBENN et al., 2009) e a disponibilidade de luz, por exemplo, em sistemas artificiais pode afetar não apenas o ritmo de crescimento, mas também pode influir sobre o formato do fuste ou a

arquitetura da árvore (POOTER et al., 2006), característica importante para a produção de madeira sólida de alto valor agregado.

No Brasil, apesar das experiências existentes no que tange o uso espécies nativas em plantações florestais, ainda pode-se considerar escassos os experimentos que avaliam desempenho silvicultural e que possuem séries históricas de coleta de dados sobre o crescimento dessas espécies em sistemas artificiais voltados para produção (PIOTTO et al., 2018), sendo mais comum encontrar dados de crescimento de espécies nativas proveniente de medições em projetos de recuperação ambiental (MENDONÇA et al., 2017). Neste contexto, a geração de informações sobre desempenho de espécies nativas nas difusas experiências existentes pelo país tem ganhado relevância e gerado maior interesse.

Este trabalho procurou avaliar o desempenho silvicultural de espécies arbóreas nativas brasileiras em três plantações florestais voltadas a produção de madeira. Tem por objetivo trazer contribuições para a escolha de espécies e desenhos de modelos de silvicultura com finalidade econômica no interior do estado de São Paulo. Especificamente, buscou-se:

- I- Avaliar o desempenho silvicultural de espécies nativas em plantações florestais e categorizá-las de acordo com o potencial para produção de madeira sólida.
- II- Averiguar se espécies nativas apresentam diferenças no desempenho silvicultural quando plantadas sob diferentes sistemas de plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

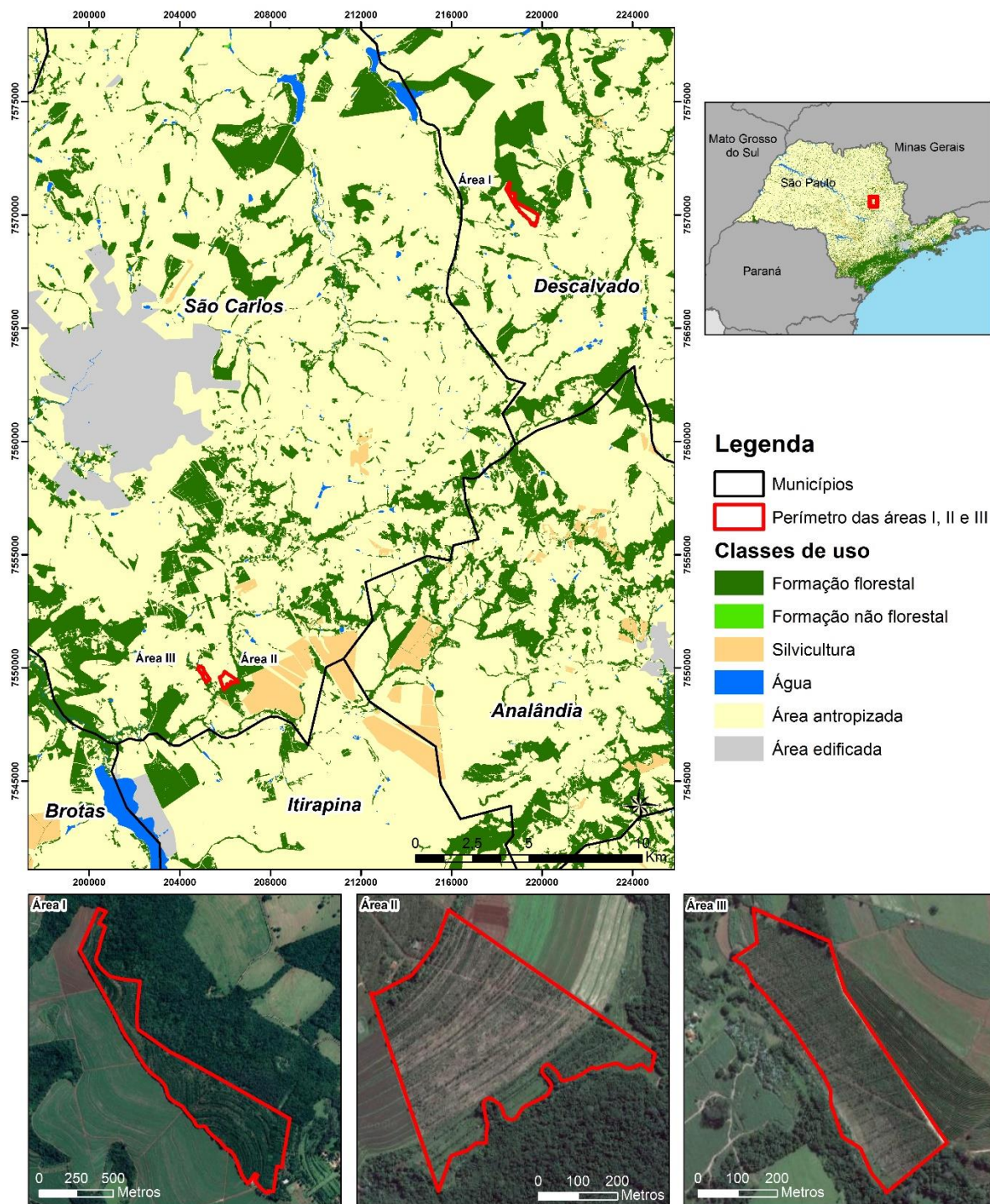
2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende três plantações florestais com diferentes composições de espécies e densidade de plantio, sendo denominadas neste trabalho como Área I, Área II e Área III. A Área I está localizada na Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, município de Descalvaldo-SP, entre as coordenadas geográficas 47°42'14.84" W, 21°57'40.90"S e compreende 51 hectares (ha) de plantio com espécies nativas de interesse madeireiro que apresentam 12 anos de idade. As outras duas áreas estão localizadas na Fazenda Conde do Pinhal no município vizinho de São Carlos-SP, entre as coordenadas 47°51'24.19" W 22°08'04.99" S, sendo que a Área II se refere a um reflorestamento de 26 hectares com 7 anos de idade; e a Área III, implantada mais recentemente no ano de 2014 abrange 11 hectares de efetivo plantio (Figura 1).

O clima da região é do tipo tropical de altitude (Cwa), apresentando duas estações bem marcadas: inverno seco, com estiagem entre os meses de abril a setembro e verão úmido, com chuvas concentradas entre os meses de outubro a março, com precipitação média anual de 1400 mm. A altitude das áreas estudadas varia de 730 metros (Áreas II e III) a 890 metros (Área I), com temperatura média anual próxima dos 20°C e com probabilidade de ocorrência de geadas nas áreas mais baixas do relevo (ALVARES et al., 2013). O tipo de solo que predomina nas três áreas é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999). A fitofisionomia de natural ocorrência na região é a Floresta Estacional Semidecidual, com presença de zonas ecotonais de transição para formações florestais e savânicas do bioma Cerrado (KRONKA et al., 2008).

A paisagem na região encontra-se altamente fragmentada, sendo ocupada principalmente para produção agrícola e pecuária, com presença menos expressiva da silvicultura de eucalipto, além de pequenos fragmentos de vegetação nativa (FBDS, 2018). Ressalta-se a relevância das três áreas no contexto da paisagem, sendo que as mesmas foram implantadas adjacentes a remanescentes naturais e Áreas de Preservação Permanente (Figura 1).

Figura 1 - Localização das três áreas objeto de estudo, Área I no município de Descalvado, SP, Brasil. Áreas II e III no município de São Carlos, SP, Brasil. Ilustra o uso e ocupação do solo na região e destaca o limite dos três reflorestamentos sob imagens de satélite.

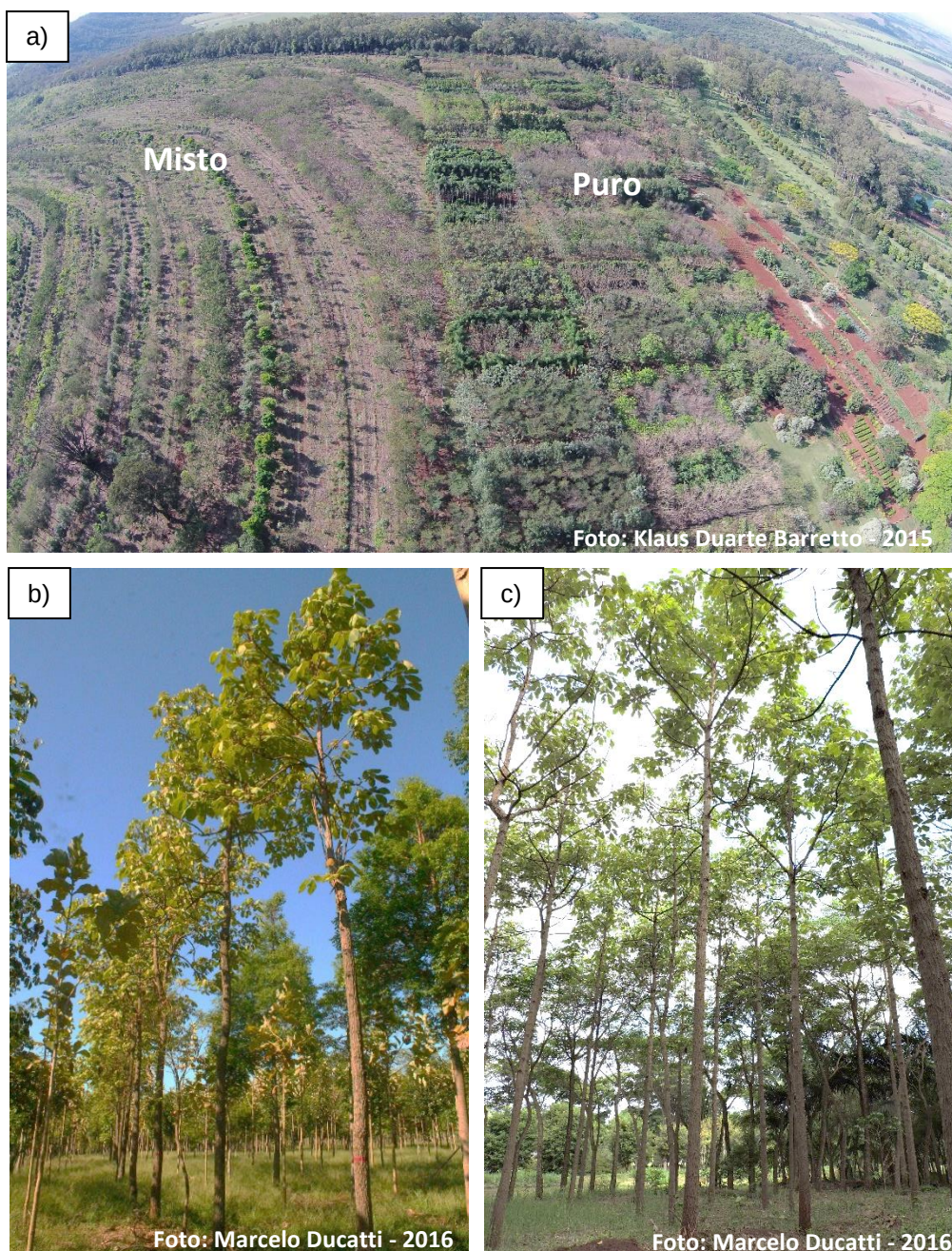


Fonte: Mapeamento de uso da terra elaborado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) com uso de imagens Rapid Eye (5 metros de resolução espacial) no ano base 2013; e imagens de satélite do Google Earth, 2018.

A Área I foi implantada no ano de 2006, composta por 31 espécies nativas brasileiras de interesse madeireiro (Quadro 1). Nesta área foram implantados dois sistemas: plantios puros em pequenos talhões com 20 x 30 metros de dimensão; e

adjacente um sistema misto em maior escala composto por linhas monoespecíficas intercaladas de forma aleatória (Figura 2).

Figura 2 - Imagem aérea dos dois sistemas de plantio presentes na Área I e exemplo de uma espécie nativa nos dois respectivos sistemas. a) Imagem obtida com uso de Drone da Área I, onde pode-se observar o plantio misto à esquerda e plantios puros à direita; b) Exemplo de um plantio de *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo) em arranjo misto (linhas monoespecíficas intercaladas); c) *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo) em plantio puro. Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil.



As plantações florestais puras possuem espaçamento irregular, apresentam entre 60 a 80 árvores em cada talhão com 600 m² de dimensão, o que resulta em densidade de plantio em torno de 1000 a 1300 árvores/hectare. O sistema misto foi implantado

inicialmente sob espaçamento de 5 x 4 metros, com densidade de plantio de 500 árvores/hectare. Posteriormente, no ano de 2011, foi introduzido nas entrelinhas das espécies nativas o consórcio com eucalipto clonal (*Eucalyptus urograndis*) sob espaçamento de 2 metros entre plantas. Neste sistema, o eucalipto permaneceu por três anos (2011 – 2014), elevando a densidade do estande florestal neste período para 1500 árvores/hectare. Após um ano da colheita dos eucaliptos, foram introduzidas outras quatro espécies exóticas nas linhas de consórcio: *Tectona grandis* L.f. (teca); duas espécies popularmente chamadas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev e *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss); além de *Toona ciliata* M. Roem. (cedro-australiano). As quatro espécies foram plantadas sob espaçamento de 3 metros entre plantas, o que resultou em uma densidade de 1.166 árvores/hectare. O histórico do arranjo do plantio misto da Área I é apresentado esquematicamente na Figura 3 e ilustrado na Figura 4 a seguir.

Figura 3 - Esquema do arranjo de plantio ao longo dos anos na Área I, Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil. 2006-2011 - Linhas de plantio de espécies nativas madeireiras na Área I sob espaçamento de 5 x 4 m; 2011-2014 - Área I consorciada com eucalipto nas entrelinhas; 2014-2015 - Retorno a densidade inicial após a colheita do eucalipto no ano de 2014; 2015-2018 - Consórcio com teca (*Tectona grandis*) e mogno-africanos (*Khaya* spp.) após a colheita do eucalipto.

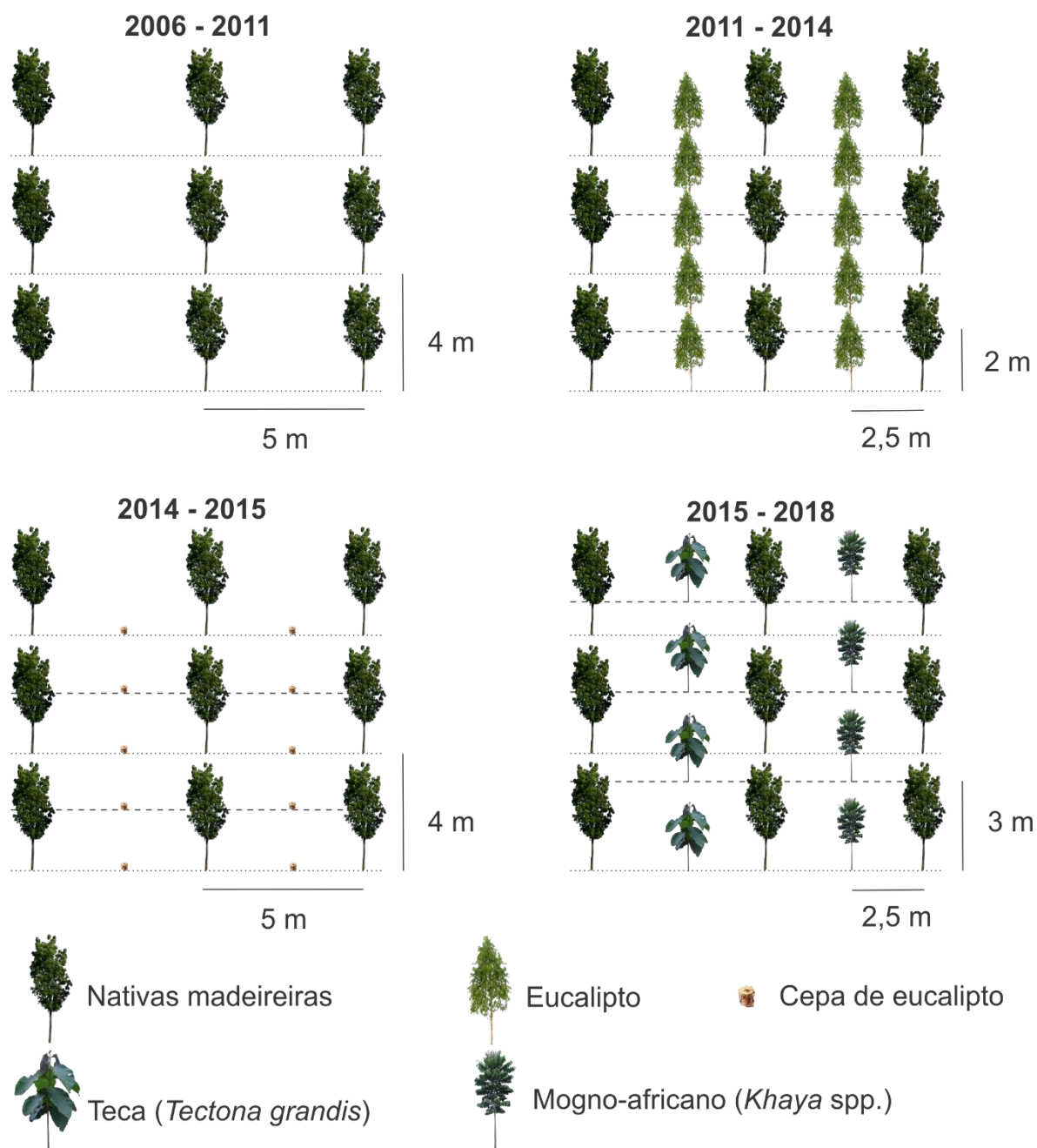
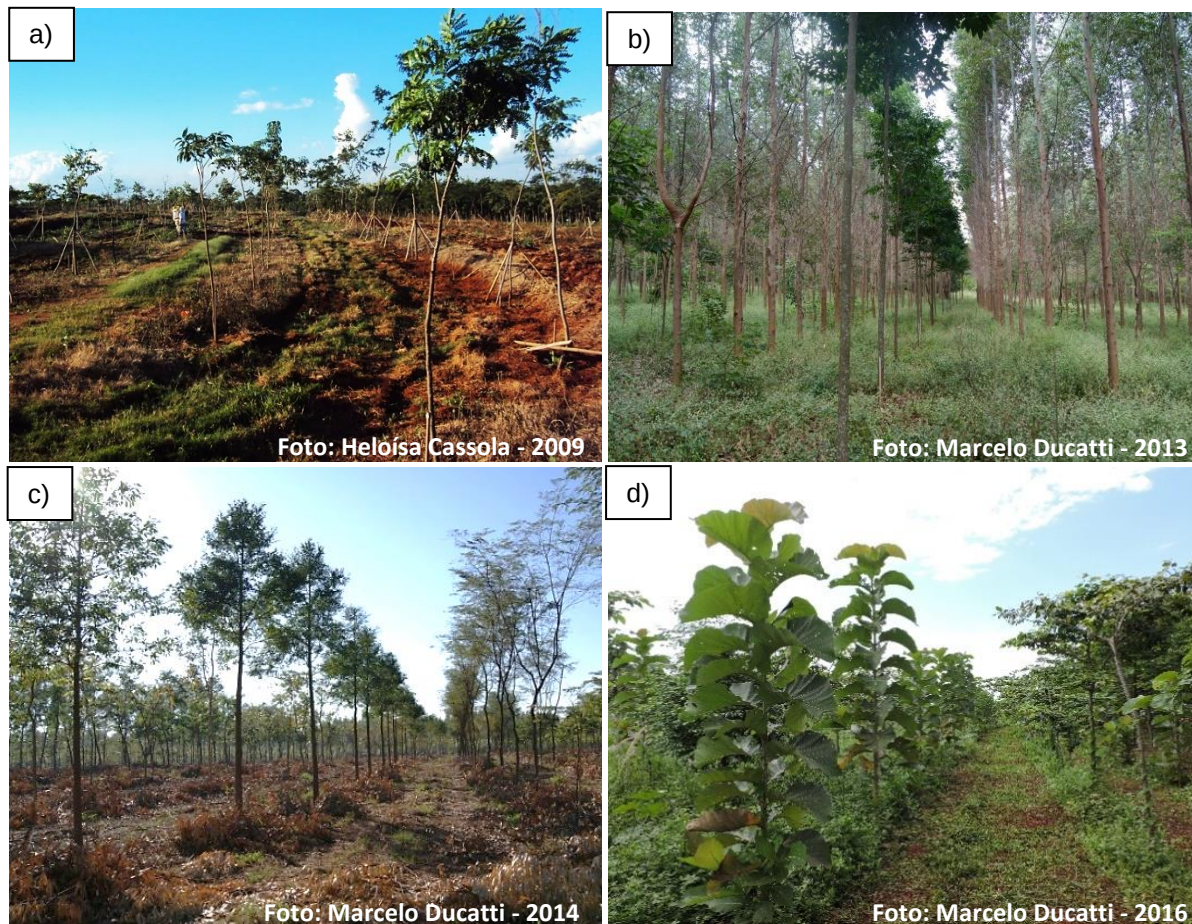


Figura 4 - Ilustra as diferentes fases do reflorestamento misto da Área I. Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil. a) Vista das linhas de plantio na Área I sob espaçamento de 5 x 4 m; b) Área I consorciada com eucalipto aos 2 anos de idade nas entrelinhas (linha de *Baufourodendron riedelianum* em destaque); c) Vista da área em 2014 após a colheita do eucalipto (linha de *Cariniana legalis* à esquerda e *Dalbergia nigra* à direita); d) Detalhe para o consórcio com *Tectona grandis* após um ano da colheita do eucalipto.



Concernente à Área II, o plantio foi realizado no ano de 2011, composto por 21 espécies nativas de interesse madeireiro (Quadro 1). Nesta área o espaçamento entre as espécies de interesse comercial foi de 5 x 3 metros, porém, desde o início do plantio intercalou-se linhas de espécies pioneiras de rápido crescimento sob o espaçamento de 5 x 2 metros. Este consórcio resultou em um espaçamento de 2,5 metros entre linhas. Já entre as plantas da mesma linha, o espaçamento variou de acordo com a composição/função, sendo 3 metros entre árvores de espécies de interesse comercial e 2 metros entre árvores de espécies pioneiras de rápido crescimento plantadas com a função de sombreamento, resultando em uma densidade de 1666 árvores/hectare no estande.

As linhas de consórcio com espécies de rápido crescimento na Área II foram compostas por nove espécies: *Muntingia calabura* L. (calabura); *Heliocarpus popayanensis* Kunth (algodoeiro); *Senna pendula* (Humb.& Bonpl.ex Willd.) H.S.Irwin

& Barneby (chuva-de-ouro); *Trema micranta* L. Blume (crindiúva); *Inga marginata* Willd (ingá); *Jacaratia spinosa* (Aubl.) A.DC. (jaracatiá); *Guazuma ulmifolia* Lam. (mutambo); *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (timboril) e *Colubrina glandulosa* Perkins (sobrasil).

Após três anos da implantação, as espécies de rápido crescimento foram removidas, uma vez que a sobreposição das copas dessas espécies estava prejudicando o formato dos fustes das essências nativas de interesse comercial. Após a colheita, foram então introduzidos mognos-africanos (*Khaya* spp.) como consórcio (Figura 6), com espaçamento de 3 metros entre plantas, o que reduziu a densidade do povoamento para 1333 árvores/hectare.

O histórico do arranjo do plantio misto da Área II é apresentado esquematicamente na Figura 5 e ilustrado na Figura 6 a seguir.

Figura 5 - Esquema do arranjo de plantio ao longo dos anos na Área II, Fazenda Conde do Pinhal, São Carlos, SP, Brasil. 2011-2014 - Linhas de espécies de interesse madeireiro intercaladas com espécies pioneiras de rápido crescimento; (2011 – 2014); 2014 – 2018 - Linhas de espécies de interesse madeireiro intercaladas com mogno-africano (*Khaya* spp.).

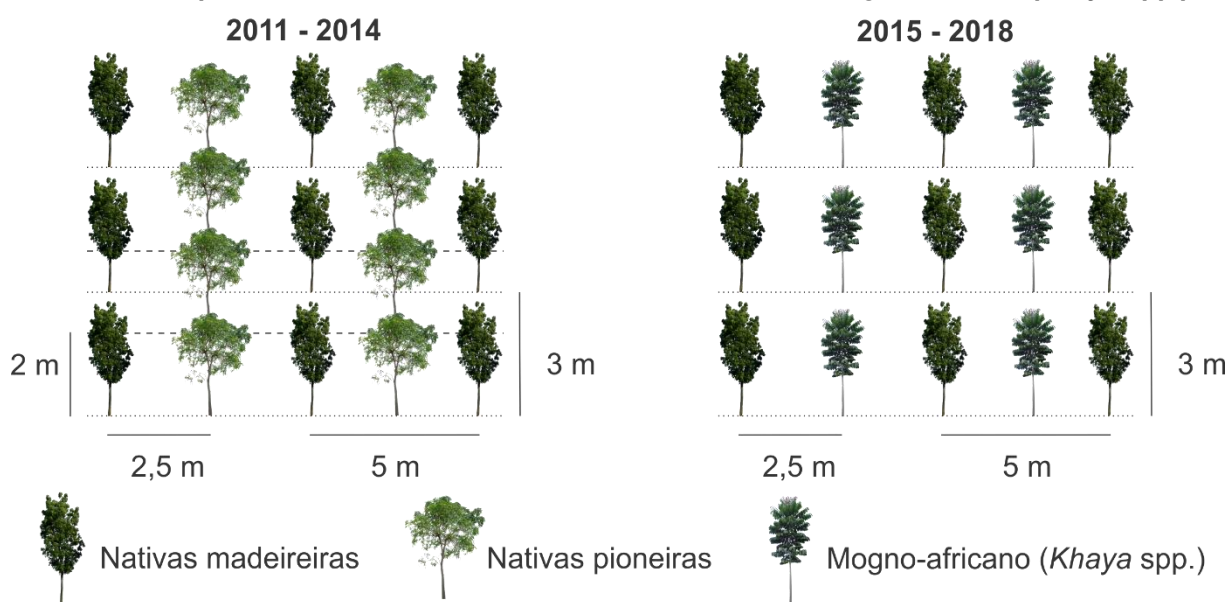
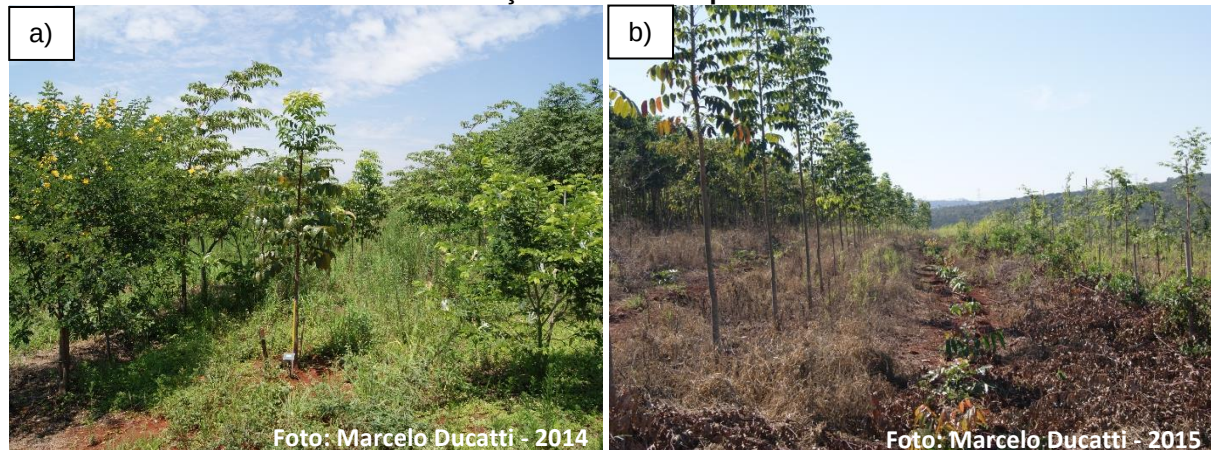


Figura 6 - Ilustra as diferentes fases do reflorestamento misto da Área II, Fazenda Conde do Pinhal, São Carlos, SP, Brasil. a) Vista das linhas de plantio na área 2 (linha de *Swietenia macrophylla* intercalada com espécies pioneiras de rápido crescimento; b) linha de *Swietenia macrophylla* intercalada com *Khaya ivorensis* um mês após o plantio da espécie exótica em substituição das nativas pioneiras.



A terceira área objeto de estudo (Área III) é o sistema silvicultural mais recente, implantado entre o final do ano de 2013 e início do ano de 2014, composto por apenas nove espécies nativas (Quadro 1). Esta área apresenta arranjo espacial das árvores com espaçamento 2,5 x 2,5 metros, tendo sempre intercalada uma linha de *Tectona grandis* (teca) com uma linha de espécie nativa de interesse comercial, o que resultou em uma densidade do estande florestal de 1600 árvores/hectare.

Assim como para as outras duas áreas, o arranjo do plantio misto da Área III é apresentado esquematicamente na Figura 7 e ilustrado na Figura 8 a seguir.

Figura 7 - Esquema do arranjo de plantio na Área III, Fazenda Conde do Pinhal, São Carlos, SP, Brasil.



Figura 8 - Área III aos três anos de idade. Fazenda Conde do Pinhal, São Carlos, SP, Brasil.



As três plantações florestais mistas descritas apresentam a mesma premissa de disposição das espécies, com linhas monoespecíficas, compostas por uma espécie nativa de interesse madeireiro, intercaladas com linhas de espécies exóticas como a teca, eucalipto, mognos-africanos ou nativas de rápido crescimento.

As diferenças entre as áreas estão associadas a idade, composição de espécies inicialmente utilizadas, espaçamento inicial de plantio e alterações nas linhas de consórcio devido aos desbastes (Tabela 1).

Considera-se que o manejo silvicultural aplicado nas três áreas não apresenta diferenças que possam ter influenciado o desempenho das árvores em termos de competição por gramíneas e condução por podas e desramas. As mesmas técnicas foram aplicadas nas três áreas desde a implantação (limpeza da área e preparo de solo), até as frequentes manutenções (controle de formigas, roçadas e desramas).

As três áreas estão localizadas em áreas de uso alternativo do solo, fora dos limites de APPs e RL, sendo cadastradas junto a Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais (CBRN) da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), a fim de garantir a segurança jurídica para a colheita futura. Devido às orientações dos mecanismos legais existentes na época em que foram realizados os plantios, os mesmos foram sempre mantidos roçados, evitando a necessidade futura de licenciamento ambiental para uma área voltada à produção florestal com uso de espécies arbóreas nativas.

A única diferença de manejo silvicultural entre as áreas está relacionada às tentativas de mitigação dos danos ocasionados pela *Hypsipyla grandella* (broca dos ponteiros) aos ponteiros das plantas da família Meliaceae. Na Área II foi testado o uso de Colacid, uma mistura de cola de polibuteno e um inseticida piretróide, aplicado na fase inicial de cada brotação das plantas, conforme recomendado por Ohashi et. al. 2008. Devido à dificuldade de aquisição do produto Colacid, o controle passou a ser testado através da pulverização de um inseticida piretróide a base de Deltametrina. Considerando a necessidade de aplicação do produto sob as gemas apicais, o controle foi realizado somente até os três metros de altura das plantas de *Swietenia macrophylla* e *Cedrela fissilis*. Este método foi aplicado uma única vez na Área II e na fase inicial de crescimento das mudas na Área III.

Cabe ressaltar que as plantações florestais objeto de investigação do presente estudo foram idealizadas pelo proprietário da área, não apresentando delineamentos experimentais voltados à pesquisa científica. Para tanto, foram tomadas medidas anuais de crescimento considerando o monitoramento de árvores individuais. As variações nas linhas de consórcio são resultantes das tentativas de melhorar a forma do tronco de algumas espécies de interesse madeireiro, porém, como as linhas de espécies madeireiras foram distribuídas de forma aleatória nas Áreas I e II, o arranjo não possibilitou avaliações em âmbito de estande florestal. Somente a Área II apresenta conjuntos de linhas monoespecíficas de espécies nativas que se repetem

ao longo do talhão, o que permitirá futuras investigações com relação ao potencial produtivo de estandes florestais mistos sob regimes de desbastes.

A verificação da nomenclatura e da respectiva área de distribuição natural de cada espécie foi consultada na base de dados do projeto da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora>). As espécies foram assinaladas quando a origem também abrangia o estado de São Paulo, uma vez que para restauração de Reserva Legal, espécies nativas do Brasil que não ocorrem no estado serão consideradas no computo de 50% dos indivíduos de espécies exóticas que poderão ser utilizados, conforme previsto na LPVN (BRASIL, 2012).

Tabela 1 - Apresenta ano de implantação das espécies nativas madeireiras; idade dos reflorestamentos; número de espécies nativas implantadas em cada área; espaçamento entre as linhas de espécies e do consórcio; ano de plantio, idade e composição do consórcio utilizado.

	Área I		Área II	Área III
	Misto	Puro		
Ano plantio nativas	2006	2006	2011	2014
Idade reflorestamento (anos)	12	12	7	4
Nº Espécies nativas	31	29	22	9
Espaçamento inicial nativas (metros)	5 x 4	3 x 2	5 x 3	5 x 2,5
Densidade do estande (árvores/ha)	500	1000 -1300	1666	1600
Ano plantio consórcio 1	2009	—	2011	2014
Idade consórcio 1 (anos)	3*	—	3*	4
Espaçamento consórcio 1 (metros)	5 x 2	—	5 x 2	5 x 2,5
Composição consórcio 1	eucalipto	—	nativas pioneiras	teca
Densidade do estande (árvores/ha)	1500	—	1666	1600
Ano plantio consórcio 2	2013/14	—	2014	—
Idade consórcio 2 (anos)	4	—	4	—
Espaçamento consórcio 2 (metros)	5 x 3	—	5 x 3	—
Composição consórcio 2	teca/ <i>Khaya</i> spp.	—	teca/ <i>Khaya</i> spp.	—
Densidade do estande (árvores/ha)	1166	—	1333	—

*refere-se à idade das árvores quando realizada a colheita das linhas de consórcio

Quadro 1 - Lista de espécies nativas presentes nas três plantações florestais estudadas. Apresenta família botânica, nome científico, nome popular, presença nas áreas estudadas e origem, Brasil (BR) e São Paulo (SP). Fazenda Sant'Ana do Monte (Área I), Descalvado, SP e Fazenda do Pinhal (Área II, Área III), São Carlos, SP, Brasil.

Família	Espécie	Nome popular	Área I		Área II	Área III	Origem	
			Puro	Misto			BR	SP
Anacardiaceae	<i>Astronium concinnum</i> Schott	gonçalo-alves	X	X	X	X	X	
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira-preta	X	X	X		X	X
Apocynaceae	<i>Aspidosperma australe</i> Müll.Arg.	guatambú	X	X	X		X	X
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	peroba-poca	X	X	X		X	X
Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	peroba-rosa	X	X	X		X	X
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	ipê-amarelo-da-serra	X	X			X	X
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	ipê-roxo-sete-folhas		X			X	X
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo-de-bola	X	X			X	X
Bignoniaceae	<i>Handroanthus vellosi</i> (Toledo) Mattos	ipê-amarelo-velosoi			X		X	X
Bignoniaceae	<i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlman	perobinha-do-campo	X	X	X		X	
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	X	X			X	X
Bignoniaceae	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	ipê-tabaco	X	X	X	X	X	X
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo	X	X	X	X	X	X
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	guanandi	X	X	X		X	X
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	cerejeira	X	X			X	X
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico-branco			X		X	X
Fabaceae	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	jacarandá-da-bahia	X	X	X		X	X
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne) Y.T. Lee & Langenh.	jatobá	X	X	X		X	X
Fabaceae	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	jacarandá-preto	X	X			X	X
Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz var. <i>ferrea</i>	pau-ferro	X	X			X	
Fabaceae	<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	caviúna	X	X			X	X
Fabaceae	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	cabreúva	X	X	X		X	X
Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	angico-vermelho	X	X	X		X	X
Fabaceae	<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	pau-brasil	X	X			X	
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	vinhático	X	X		X	X	X

Família	Espécie	Nome popular	Área I		Área II	Área III	Origem	
			Puro	Misto			BR	SP
Fabaceae	<i>Poincianella pluviosa</i> var. <i>peltophoroides</i> (Benth.) L.P.Queiroz	sibipiruna		X			X	
Lauraceae	<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	canela-sassafrás			X		X	X
Lauraceae	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	imbuia			X		X	X
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	jequitibá-branco	X	X	X		X	X
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	X	X	X	X	X	X
Meliaceae	<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	canjarana	X	X		X	X	X
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro-rosa	X	X	X	X	X	X
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King	mogno	X	X	X	X	X	
Rubiaceae	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K.Schum.	pau-mulato	X	X			X	
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	pau-marfim	X	X	X	X	X	X

2.2 Delineamento e coleta de dados

Em cada área foram mensuradas anualmente 35 árvores de cada espécie. Na Área I todas as árvores tiveram no ano de 2010 a colocação de uma placa metálica fixada em haste de pvc para sua identificação individual (Figura 9a), sendo a seleção das 35 árvores realizada a partir de sorteio aleatório utilizando a função “SAMPLE” no software SQL (WORSLEY, 2002). Para as Áreas II e III, foram identificadas com plaquetas somente as 35 árvores de cada espécie avaliadas ao longo dos inventários. Neste caso, duas linhas de cada espécie foram selecionadas no talhão e as plaquetas foram distribuídas de forma sistemática, realizando a marcação em uma árvore e pulando duas sucessivamente, até completar 35 árvores.

Na Área I foram coletados dados no plantio misto ao longo de sete períodos, dos 4 aos 11 anos de idade (2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017); já nos plantios puros, os dados foram coletados anualmente a partir de 2012 (quando apresentavam 6 anos de idade), até o ano de 2017 (então com 11 anos), ambos sempre no mês de julho.

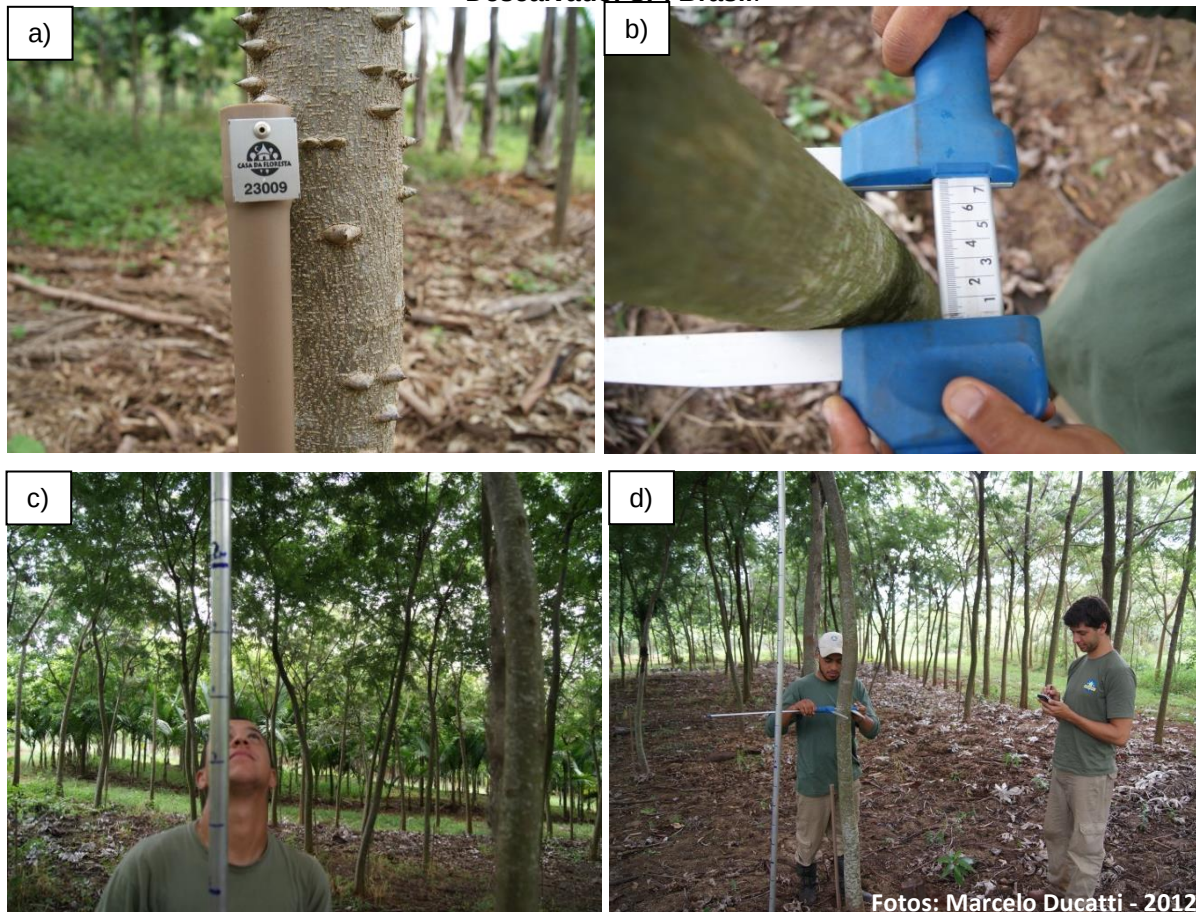
Na Área II foram realizadas coletas de dados do segundo ao sexto ano de idade do plantio (2013, 2014, 2015, 2016 e 2017), sempre no mês de novembro de cada ano. Já na Área III, foram quatro períodos de coleta de dados, desde o primeiro até o quarto ano de idade (2015, 2016, 2017 e 2018), com inventários realizados no mês de abril.

As variáveis mensuradas ao longo dos inventários foram:

- DAP: Diâmetro a altura do peito (cm);
- Ht: Altura total dos indivíduos (metros);
- Hf : Altura do fuste dos indivíduos (metros);
- Qf: Qualidade do fuste (escala ordinal 1, 2,3, 4)

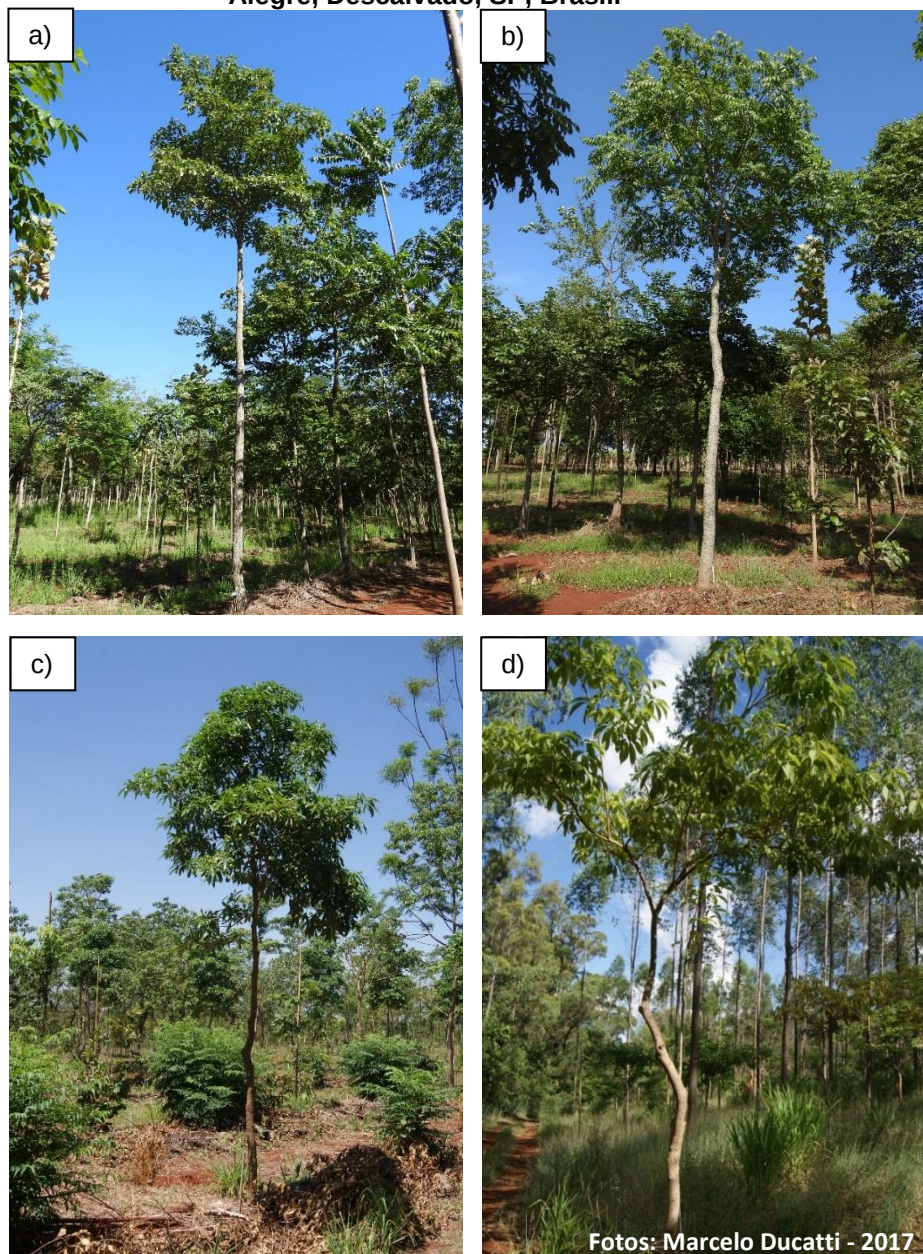
O diâmetro foi medido com auxílio de uma suta, sempre na altura de 1,30 metro em relação ao solo. A altura foi tomada com uma régua de seis metros calibrada a cada dez centímetros. Alturas superiores a oito metros (altura da régua somada à altura do observador com braço erguido) foram estimadas. A altura de fuste foi considerada a partir da base do caule até a primeira bifurcação (Figura 9).

Figura 9 - Demonstração do processo de coleta de dados. a) Detalhe para plaquetas fixadas em haste de pvc para identificação individual das árvores monitoradas ao longo dos anos; b) Medição de diâmetro a altura do peito com uso de suta; c) Medição de altura total e de fuste com uso de régua calibrada; c) Anotação dos dados. Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil.



A qualidade do fuste foi elencada em escala ordinal, codificada pela série: 1, 2, 3 e 4, sendo atribuído o valor 1 para a melhor característica de fuste e 4 para a pior, levando-se em conta a presença de irregularidades como tortuosidades, cicatrizes ou podas profundas e/ou mal cicatrizadas. Assim, receberam nota 1 apenas os indivíduos com fuste considerado perfeito, ou seja, aqueles retílineos, longos, sem cicatrizes ou rachaduras (Figura 10.a). A nota 2 foi dada às árvores com pequenos defeitos, como leves tortuosidades ou cicatrizes, que aparentemente não comprometerão significativamente o aproveitamento futuro da madeira para usos nobres (Figura 10.b); a nota 3 foi atribuída aos fustes com tortuosidades ou cicatrizes mais acentuadas, que podem limitar seu aproveitamento em serraria (Figura 10.c); enquanto que a nota 4 foi considerada para árvores que apresentaram defeitos severos no fuste, sendo seu aproveitamento futuro limitado (Figura 10.d).

Figura 10 - Exemplos de fustes e suas classes. a) *Cordia trichotoma* (louro-pardo) com fuste totalmente retilíneo e sem cicatrizes ou nós, nota 1; b) *Astronium concinnum* (gonçalo-alves) com pequena tortuosidade no fuste, nota 2; c) *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa), apresentando tortuosidade mais acentuada ao longo do fuste, nota 3; d) *Paratecoma peroba* (peroba-amarela), com fuste muito tortuoso desde a base, nota 4. Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil.



Para avaliação do desempenho, categorização de acordo com potencial para silvicultura e comparação do comportamento das espécies em plantações puras e mistas foram selecionadas 20 espécies para investigação no presente estudo, sendo que todas estão presentes em ambas as situações de plantio na Área I (Quadro 2).

Quadro 2 - Espécies selecionadas para avaliação do desempenho silvicultural em plantios puros e mistos na Área I da Fazenda Sant'Ana do Monte, Descalvado-SP, Brasil.

Família	Espécie	Nome popular
Anacardiaceae	<i>Astronium concinnum</i> Schott	gonçalo-alves
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira-preta
Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	peroba-rosa
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	ipê-amarelo-da-serra
Bignoniaceae	<i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlm.	peroba-amarela
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê-branco
Bignoniaceae	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	ipê-felpudo
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	guanandi
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	cerejeira
Fabaceae	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	jacarandá-da-bahia
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne) Y.T. Lee & Langenh.	jatobá
Fabaceae	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	cabreúva
Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	angico-da-mata
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	jequitibá-branco
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	canjarana
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King	mogno-brasileiro
Fabaceae	<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	pau-brasil
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	pau-marfim

Para avaliação do desempenho silvicultural das espécies nos três diferentes sistemas de plantio misto (Áreas I, II, III) foram avaliadas seis espécies que estão presentes nas três áreas, excetuando-se *Cedrela fissilis* (cedro), devido à alta mortalidade e danos severos que foram causados nos ponteiros em decorrência do ataque da *Hypsipyla grandella* (Quadro 3).

Quadro 3 – Espécies elencadas para comparação do comportamento silvicultural em três diferentes sistemas de reflorestamentos mistos. Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre (Área I), Descalvado-SP e Fazenda Conde do Pinhal, (Áreas II e III) São Carlos, SP, Brasil.

Família	Espécie	Nome popular
Anacardiaceae	<i>Astronium concinnum</i> Schott	gonçalo-alves
Bignoniaceae	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	ipê-felpudo
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King	mogno-brasileiro
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	pau-marfim

2.3 Análise de dados

2.3.1 Critérios de categorização

A partir das medidas repetidas de diâmetro a altura do peito (DAP), altura total e de fuste das árvores individuais na Área I, foram estimadas as seguintes variáveis: DAP médio; altura total média; altura de fuste média; assim como os incrementos médios dessas variáveis e a moda da qualidade de fuste para cada espécie nas situações de sistema silvicultural puro e misto. Com os valores obtidos buscou-se estabelecer uma divisão das espécies de acordo com sua aptidão para silvicultura, sendo definidas três categorias: alto, intermediário e baixo potencial silvicultural. A chave para divisão foi baseada em Rolim et al. (2018), com adaptações e ajustes para a realidade dos plantios avaliados na Área I do presente estudo.

Para categorização das espécies foram utilizados três critérios: altura de fuste média, incremento médio anual em diâmetro e moda da qualidade de fuste. Essas características estão de certa forma intrinsicamente relacionadas com a formação de toras longas, grossas e retilíneas, objetivo final dos plantios avaliados. Esta análise descritiva tomou como premissa relativizar os valores de corte a partir dos dados das 20 espécies avaliadas.

Para altura de fuste se estabeleceu a divisão de espécies que apresentaram fuste maior ou igual a quatro metros. Neste caso, considerou-se que este comprimento mínimo de tora permitirá o processamento para uma maior variedade de produtos. Após essa primeira divisão, as espécies foram novamente segregadas segundo o critério de crescimento diamétrico, considerado neste caso crescimento rápido a moderado, incremento médio anual em diâmetro (ima.dap) maior ou igual a 1 cm/ano e crescimento moderado a lento, ima.dap abaixo de 1 cm/ano. O valor de ima.dap de 1 cm/ano corresponde ao valor central dos incrementos calculados para as 20 espécies avaliadas no presente estudo.

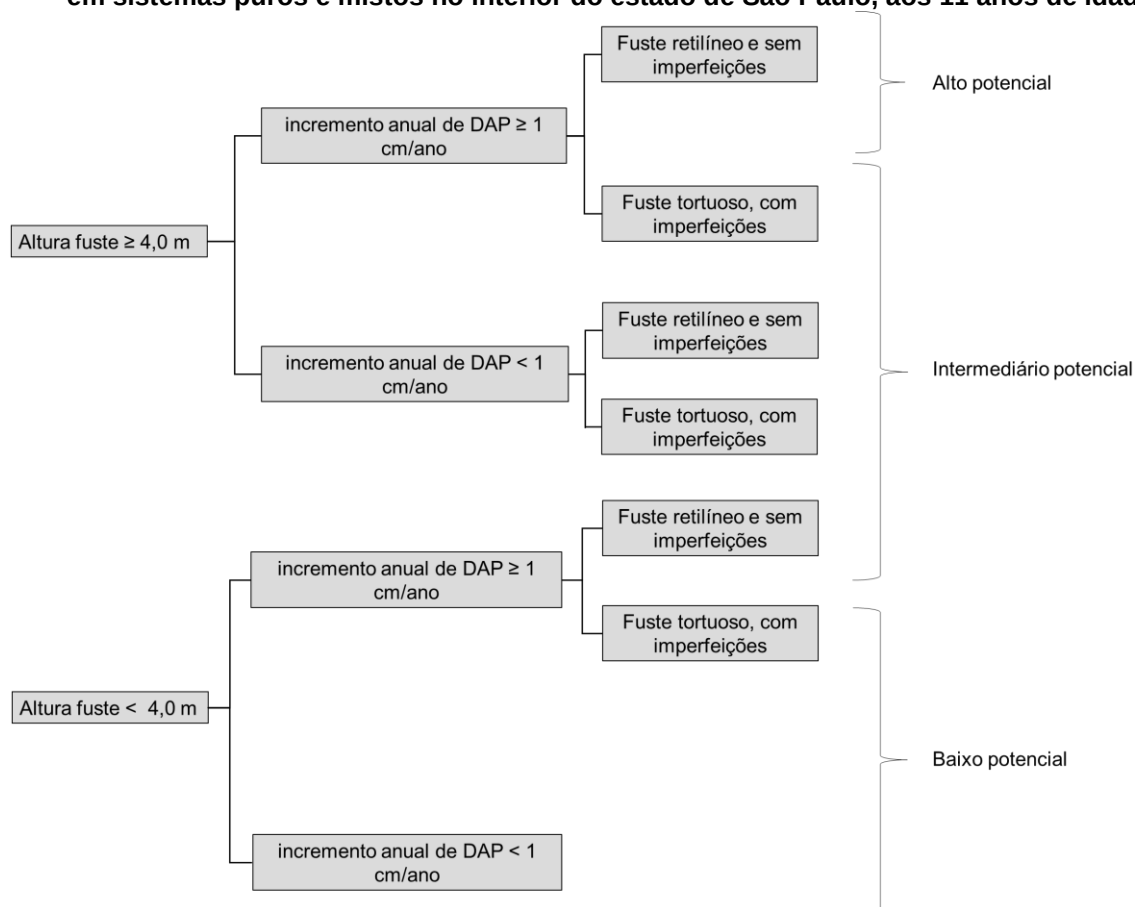
Por fim, a partir do cálculo da moda da variável qualidade de fuste (categoria com maior frequência dentre as árvores amostradas para cada espécie), as espécies foram ajustadas em cada classe de potencial produtivo, conforme ilustrado na chave a seguir (Figura 11). A forma do fuste, apesar de ser uma variável qualitativa, apresenta relevância no âmbito da silvicultura de espécies nativas, pois mesmo com taxas de incremento consideráveis, algumas espécies apresentam elevada tortuosidade no

tronco, o que poderá influenciar no seu aproveitamento futuro em serraria, ocasionando perdas de resistência mecânica e apresentando rachaduras após o desdobro. Neste caso, por se tratar de uma variável qualitativa e que pode apresentar maiores variações na sua aferição, foram considerados fustes retilíneos e sem imperfeições aqueles que tiveram maior frequência das notas 1 ou 2; e fustes tortuosos e com imperfeições aqueles com maior frequência de notas 3 ou 4.

As estimativas das variáveis de cada espécie foram calculadas tanto para o plantio puro, como para o misto, sendo considerado o seu melhor desempenho para categorização do potencial. Foram também calculadas as estimativas do erro-padrão da média para cada atributo.

A divisão proposta buscou elencar dentre as vinte espécies avaliadas, aquelas mais promissoras para compor projetos de restauração com finalidade econômica. Neste caso, considerou-se que a altura comercial e a forma das árvores para obtenção de toras mais longas e retilíneas são características importantes para produção de madeira nativa para usos nobres. O diâmetro também foi levado em consideração, uma vez que muitas espécies nativas apresentam taxas de crescimento relativamente lentas em sistemas silviculturais, sendo esperado que as espécies com taxas de crescimento moderadas sejam priorizadas por tomadores de decisão, como opção de retorno financeiro em ciclos de corte mais curtos.

Figura 11 - Chave de classificação do potencial silvicultural de espécies nativas implantadas em sistemas puros e mistos no interior do estado de São Paulo, aos 11 anos de idade



2.3.2 Avaliação do desempenho silvicultural em diferentes sistemas

A partir dos valores das variáveis de crescimento mensuradas ao longo dos anos foram realizadas análises a fim de identificar se cada espécie classificada com alto, intermediário ou baixo potencial na Área I apresenta melhor comportamento para produção madeireira de acordo com o sistema de plantio em que é submetida. Adicionalmente, foi também analisado o comportamento de seis espécies nos três diferentes sistemas de plantio misto (Áreas I, II e III), a fim de avaliar se as diferenças de arranjo espacial e tipos de consórcio podem influenciar no desempenho silvicultural inicial dessas espécies.

Para avaliação do desempenho silvicultural foram construídos gráficos de dispersão das variáveis de interesse (DAP, altura total e altura de fuste) em função da idade. Em todos os gráficos foram utilizadas cores para identificar as categorias estudadas, ou seja, na análise dos dados da Área I, a cor vermelha identifica as observações das árvores em plantios puros e a cor azul as observações das árvores

em plantio misto, enquanto que na análise entre os sistemas de plantios das três áreas, cada cor identifica um dos sistemas: azul – sistema de plantio misto Área I, amarelo – sistema de plantio Área II e verde – sistema de plantio Área III.

Dois tipos de modelos foram testados: o modelo parabólico (linear) e o modelo de potência (não linear). A variável resposta "y" é representada pelo diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste, enquanto a variável explicativa "x" se refere a idade dos plantios.

Modelo parabólico: $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \varepsilon$ onde:

y é a variável resposta colocada no eixo-y (ordenadas) e

x é a variável explicativa colocada no eixo-x (abcissas).

Modelo de potência (que pode ser expresso de duas formas):

forma 1: $y = \beta_0 x^{\beta_1} + \varepsilon$

forma 2: $y = \beta_0 x^{(\beta_1 + \beta_2 \ln(x))} + \varepsilon$

A segunda forma foi utilizada quando a primeira apresentou curvas que não mostravam boa aderência à curva de tendência.

Em todos os gráficos foram representados modelos para cada situação particular (categorias "Puros" x "Mistos" e categorias sistemas de plantio "I", "II" e "III") e um modelo geral para todos os dados agrupados ignorando-se as situações particulares.

Os modelos para cada situação foram grafados com a respectiva cor descrita, enquanto que o modelo geral foi sempre grafado na cor preta com linhas tracejadas.

A comparação foi realizada a partir da abordagem de inferência por verossimilhança (BATISTA, 2014), a fim de averiguar se espécies nativas apresentam diferenças de comportamento silvicultural quando plantadas sob diferentes sistemas de plantio.

Os gráficos apresentados para cada espécie trazem uma comparação formal dos modelos considerando o Akaike Information Criteria (AIC). Comparou-se sempre o modelo geral formado por uma única equação de regressão para todos os dados, ignorando as situações particulares, contra o modelo das situações particulares formado por uma equação de regressão para cada situação particular de estudo.

O AIC deve ser interpretado como uma "medida da distância relativa do modelo para o modelo verdadeiro", logo, quanto menor o seu valor, melhor o desempenho do modelo. Como regra canônica se interpreta diferenças maiores que 2,1 ($\ln(8)$) como indicativo de diferenças relevantes na qualidade dos modelos em representar os

dados, enquanto que diferenças maiores que 3,5 ($\ln(32)$) indicam diferenças marcadamente relevantes entre os modelos (ROYAL, 1997). Quando as diferenças entre o modelo geral e os modelos que distinguem as situações foram maiores que as descritas, considerou-se que o comportamento das espécies apresenta diferenças de acordo com o sistema de plantio aplicado. As análises foram feitas utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2017).

3 RESULTADOS

3.1 Potencial de espécies nativas para silvicultura

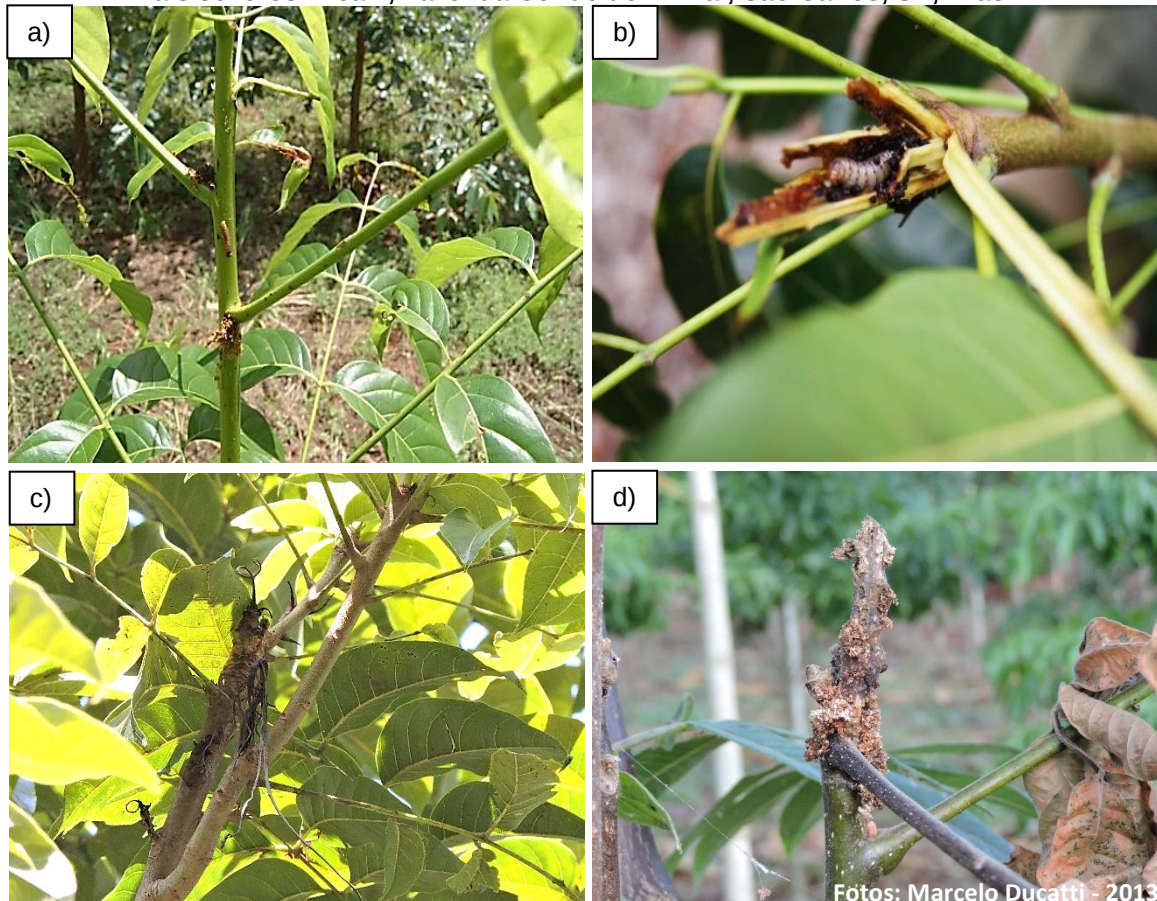
Os atributos calculados para as vinte espécies nativas aos onze anos de idade na Área I são apresentados na Tabela 2. O agrupamento baseado nos critérios estabelecidos para seleção de espécies com características silviculturais desejáveis para produção de madeira sólida é representado na Figura 13. Seis espécies foram classificadas com alto potencial silvicultural: *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa), *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo), *Cabralea canjerana* (canjarana), *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim), *Calophyllum brasiliense* (guanandi) e *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco). Essas espécies apresentaram formação de fustes mais longos e retilíneos, superiores a 4 metros de altura, além de incrementos em diâmetro iguais ou superiores a 1 cm/ano. Dentre as seis espécies, *Cariniana legalis* e *Zeyheria tuberculosa* se destacaram pela arquitetura, apresentando os maiores valores médios para altura de fuste. *Calophyllum brasiliense* apresentou o pior desempenho dentre as espécies de alto potencial silvicultural. Apesar de boa forma do tronco, a espécie cresce mais lentamente quando comparada com as outras cinco espécies do grupo de alto potencial. Destaca-se por ter sido a única que apresentou incremento médio em diâmetro (ima.dap) superior no sistema de plantio puro. As demais espécies tiveram ima.dap superior no sistema de plantio misto, onde a densidade de plantio variou ao longo dos anos (Tabela 2).

O grupo de potencial intermediário ficou composto por sete espécies. Três apresentaram elevados incrementos em diâmetro e alturas de fuste superiores a 4 metros (Tabela 2), são elas: *Parapiptadenia rigida* (angico-da-mata), *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) e *Paratecoma peroba* (peroba-amarela). Apesar das taxas de crescimento superiores quando comparado com grande parte das espécies avaliadas, o que permitiria categorizá-las dentre as espécies de alto potencial silvicultural, estas três espécies apresentaram tortuosidades acentuadas e padrões de ramificação que dificultam sua condução e impedem incrementos na altura comercial ao longo do tempo, e, portanto, foram classificadas como espécies de intermediário potencial para silvicultura. Composto este grupo estão também as espécies que apesar de terem apresentado fustes retilíneos e com altura superior a 4 metros, tiveram incremento

diamétrico abaixo de 1 cm/ano, neste caso, enquadram-se as espécies *Cordia trichotoma* (louro-pardo) e *Handroanthus albus* (ipê-amarelo-da-serra).

Completando o conjunto com potencial intermediário estão as espécies com incrementos acima de 1 cm/ano, porém, com bifurcações precoces nos primeiros anos de plantio, o que resultou em alturas de fuste reduzidas, apesar de não apresentarem severas tortuosidades. Este é o caso das espécies *Swietenia macrophylla* (mogno-brasileiro) e *Tabebuia rosealba* (ipê-branco). Com relação ao mogno-brasileiro, a altura de fuste foi prejudicada pelo ataque da *Hypsipyla grandella* (Figura 12). O mogno-brasileiro apresentou uma melhor resiliência ao ataque se comparado com *Cedrela fissilis* (cedro) e demonstrou capacidade de soltar novos brotos em um curto período de tempo, já o cedro apresentou danos mais severos, o que prejudicou substancialmente o crescimento e ocasionou alta mortalidade, culminando na não inclusão desta espécie nas avaliações de crescimento do presente estudo.

Figura 12 - Detalhe do ataque e danos causados pela *Hypsipyla grandella* no ponteiro de mudas de *Swietenia macrophylla* (mogno-brasileiro) e *Cedrela fissilis* (cedro). a) Larva de *Hypsipyla grandella* no ponteiro de *Swietenia macrophylla*, com detalhe para o local de perfuração do caule na axila do galho; b) Detalhe da larva no interior do ponteiro; c) Ponteiro de mogno-brasileiro atacado já com novas brotações; d) Ponteiro de cedro atacado com danos mais severos Área II, Fazenda Conde do Pinhal, São Carlos, SP, Brasil.



Por fim, dentre as 20 espécies avaliadas sete apresentaram características indesejáveis para a silvicultura, como ramificações precoces, elevada tortuosidade e baixos incrementos em diâmetro. São elas: *Astronium concinnum* (gonçalo-alves), *Amburana cearensis* (cerejeira), *Paubrasilia echinata* (pau-brasil), *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa), *Myroxylon peruiferum* (cabreúva), *Hymenaea courbaril* (jatobá), e *Myracrodruon urundeuva* (aroeira-preta).

Dentre as sete espécies, *Astronium concinnum*, *Paubrasilia echinata* e *Amburana cearensis* apresentaram incremento em diâmetro superior a 1 cm/ano, porém, tiveram ramificação precoce e tortuosidades acentuadas ao longo do tronco. As outras quatro espécies categorizadas como de baixo potencial (*Aspidosperma polyneuron*, *Myroxylon peruiferum*, *Hymenaea courbaril*, e *Myracrodruon urundeuva*), apesar de serem espécies historicamente exploradas e amplamente utilizadas para usos mais nobres, demonstraram problemas quanto a ramificação precoce de fuste e tortuosidades ao longo do tronco, além de incrementos relativamente inferiores tanto em diâmetro como em altura, sendo, portanto, consideradas menos promissoras para compor reflorestamentos mistos para produção madeireira.

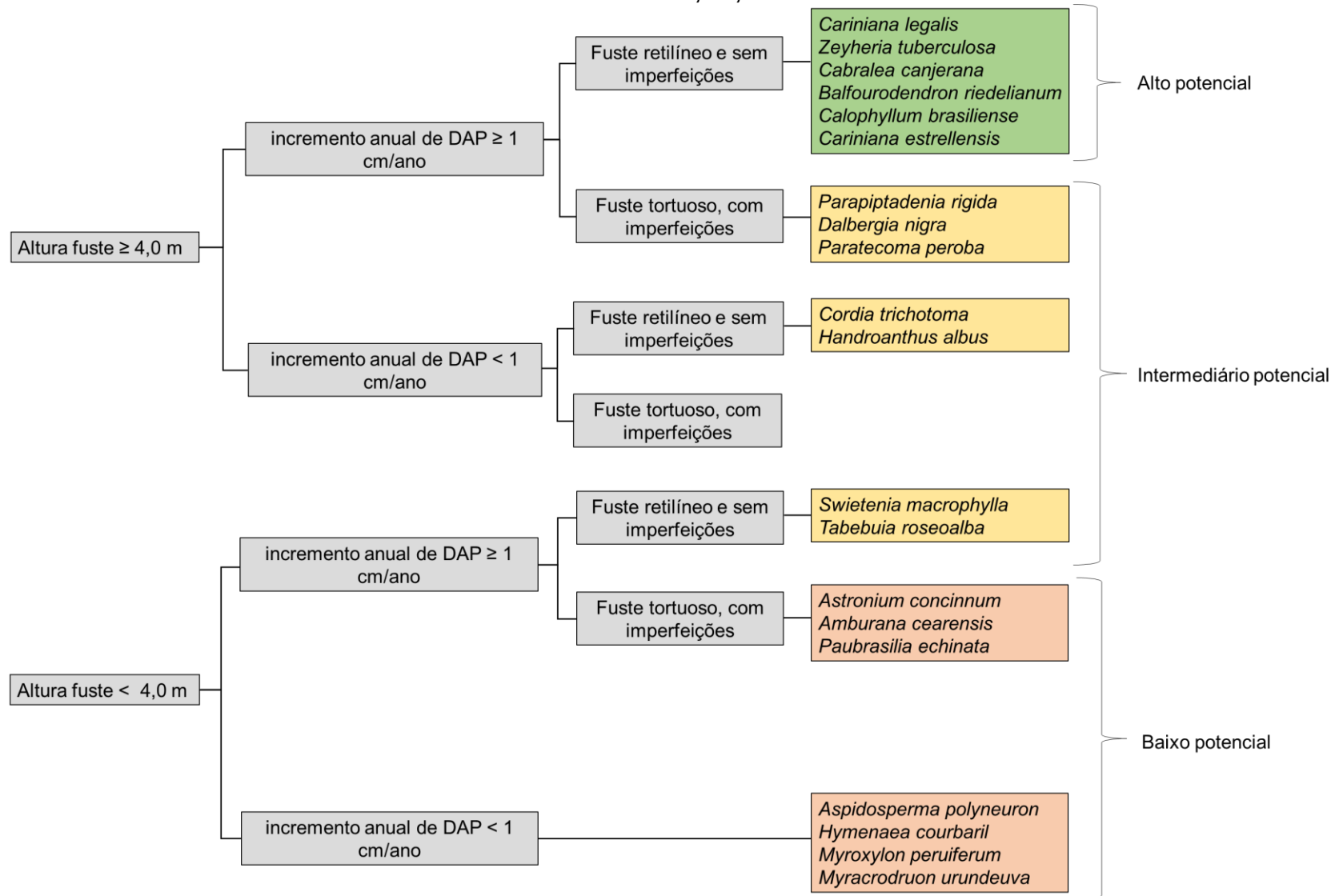
Na Tabela 2 também são apresentados o número de árvores (n) considerado para cálculo das médias e respectivo erro padrão das médias calculadas para cada variável. A partir do primeiro ano de medição em cada sistema (puro e misto), 35 árvores de cada espécie foram mensuradas em cada situação de plantio. Os valores de “n” abaixo de 35 são referentes a subtração do total de árvores inicialmente medidas pelo número de árvores mortas ao longo de período de avaliação (2010 a 2017 plantio misto; e 2012 a 2017 plantios puros). A maior mortalidade foi observada para o plantio puro de *Paubrasilia echinata*, seguido por *Myracrodruon urundeuva*, que também apresentou mortalidade superior no sistema puro.

Tabela 2 – Desempenho das 20 espécies avaliadas na Área I aos 11 anos de idade em plantios puros e mistos, Fazenda Sant’Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil. Apresenta: espécie, número de árvores inventariadas em 2017 (n); média do diâmetro a altura do peito (dap.m); altura total média (ht.m); altura de fuste média (hf.m); incremento médio em diâmetro a altura do peito (ima.dap); incremento médio em altura total (ima.ht); incremento médio em altura de fuste (ima.hf); moda da qualidade de fuste (qf.moda); erro padrão estimado das médias calculadas (ep). Linha tracejada indicando a divisão entre as categorias de potencial silvicultural.

Espécie	Manejo	n	dap.m (ep) (cm)	ht.m (ep) (m)	hf.m (ep) (m)	ima.dap (ep) (cm)	ima.ht (ep) (m)	ima.hf (ep) (m)	qf.moda
<i>Cariniana legalis</i>	Puro	31	15,27 (0,57)	11,88 (0,3)	8,05 (0,36)	1,39 (0,05)	1,08 (0,03)	0,73 (0,03)	1
	Misto	35	16,68 (0,55)	9,09 (0,27)	6,04 (0,35)	1,52 (0,05)	0,83 (0,02)	0,55 (0,03)	1
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Puro	34	14,17 (0,49)	11,59 (0,3)	8,49 (0,4)	1,29 (0,04)	1,05 (0,03)	0,77 (0,04)	1
	Misto	32	15,58 (0,61)	9,76 (0,47)	5,84 (0,39)	1,42 (0,06)	0,89 (0,04)	0,53 (0,04)	1
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Puro	35	13,38 (0,5)	12,46 (0,24)	6,62 (0,39)	1,22 (0,05)	1,13 (0,02)	0,60 (0,04)	1
	Misto	31	14,28 (0,54)	9,81 (0,26)	4,65 (0,24)	1,3 (0,05)	0,89 (0,02)	0,42 (0,02)	1
<i>Cabralea canjerana</i>	Puro	35	17,39 (0,74)	13,21 (0,32)	5,68 (0,33)	1,58 (0,07)	1,2 (0,03)	0,52 (0,03)	1
	Misto	33	19,21 (0,57)	11,58 (0,28)	5,49 (0,36)	1,75 (0,05)	1,05 (0,03)	0,50 (0,03)	1
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Puro	34	13,28 (0,31)	9,00 (0,16)	4,59 (0,45)	1,21 (0,03)	0,82 (0,01)	0,42 (0,04)	1
	Misto	35	9,31 (0,27)	7,37 (0,12)	6,25 (0,23)	0,85 (0,02)	0,67 (0,01)	0,57 (0,02)	1
<i>Cariniana estrellensis</i>	Puro	34	16,00 (0,73)	12,7 (0,24)	4,55 (0,26)	1,45 (0,07)	1,15 (0,02)	0,41 (0,02)	2
	Misto	35	17,88 (0,58)	10,78 (0,27)	5,38 (0,34)	1,63 (0,05)	0,98 (0,02)	0,49 (0,03)	2
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Puro	34	17,45 (0,64)	14,03 (0,25)	5,24 (0,25)	1,59 (0,06)	1,28 (0,02)	0,48 (0,02)	3
	Misto	34	25,54 (0,79)	12,88 (0,24)	4,20 (0,19)	2,32 (0,07)	1,17 (0,02)	0,38 (0,02)	3
<i>Dalbergia nigra</i>	Puro	34	13,91 (0,83)	11,88 (0,38)	5,08 (0,24)	1,26 (0,08)	1,08 (0,03)	0,46 (0,02)	3
	Misto	32	18,76 (0,51)	11,84 (0,26)	3,69 (0,16)	1,71 (0,05)	1,08 (0,02)	0,34 (0,01)	3
<i>Paratecoma peroba</i>	Puro	35	15,79 (0,81)	12,55 (0,45)	4,17 (0,27)	1,44 (0,07)	1,14 (0,04)	0,38 (0,02)	3
	Misto	31	17,64 (0,74)	9,86 (0,34)	4,40 (0,35)	1,60 (0,07)	0,9 (0,03)	0,40 (0,03)	3
<i>Cordia trichotoma</i>	Puro	33	8,54 (0,71)	8,24 (0,45)	4,35 (0,26)	0,78 (0,06)	0,75 (0,04)	0,40 (0,02)	1
	Misto	29	8,73 (0,66)	6,93 (0,3)	4,11 (0,2)	0,79 (0,06)	0,63 (0,03)	0,37 (0,02)	2
<i>Handroanthus albus</i>	Puro	30	11,09 (0,8)	9,17 (0,38)	4,16 (0,27)	1,01 (0,07)	0,83 (0,03)	0,38 (0,02)	1
	Misto	33	12,63 (0,61)	7,79 (0,34)	3,64 (0,14)	1,15 (0,06)	0,71 (0,03)	0,33 (0,01)	2

Espécie	Manejo	n	dap.m (ep) (cm)	ht.m (ep) (m)	hf.m (ep) (m)	ima.dap (ep) (cm)	ima.ht (ep) (m)	ima.hf (ep) (m)	qf.moda
<i>Swietenia macrophylla</i>	Puro	33	12,58 (0,63)	10,46 (0,27)	3,42 (0,15)	1,14 (0,06)	0,95 (0,02)	0,31 (0,01)	2
	Misto	31	10,95 (0,38)	7,34 (0,2)	3,21 (0,13)	1,00 (0,03)	0,67 (0,02)	0,29 (0,01)	2
<i>Tabebuia roseoalba</i>	Puro	33	12,13 (0,85)	8,01 (0,3)	2,95 (0,14)	1,10 (0,08)	0,73 (0,03)	0,27 (0,01)	2
	Misto	30	10,09 (0,54)	6,1 (0,24)	3,13 (0,19)	0,92 (0,05)	0,55 (0,02)	0,28 (0,02)	2
<i>Astronium concinnum</i>	Puro	34	10,57 (0,73)	8,71 (0,55)	3,42 (0,18)	0,96 (0,07)	0,79 (0,05)	0,31 (0,02)	3
	Misto	29	12,23 (0,38)	7,78 (0,27)	3,77 (0,19)	1,11 (0,03)	0,71 (0,02)	0,34 (0,02)	3
<i>Amburana cearensis</i>	Puro	34	11,58 (0,49)	8,14 (0,23)	3,00 (0,14)	1,05 (0,04)	0,74 (0,02)	0,27 (0,01)	3
	Misto	33	13,90 (0,4)	6,86 (0,15)	2,62 (0,11)	1,26 (0,04)	0,62 (0,01)	0,24 (0,01)	3
<i>Paubrasilia echinata</i>	Puro	19	9,29 (0,66)	7,79 (0,2)	2,77 (0,18)	0,84 (0,06)	0,71 (0,02)	0,25 (0,02)	3
	Misto	33	11,58 (0,29)	6,85 (0,15)	2,90 (0,13)	1,05 (0,03)	0,62 (0,01)	0,26 (0,01)	3
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Puro	31	8,01 (0,27)	5,93 (0,15)	2,65 (0,11)	0,73 (0,02)	0,54 (0,01)	0,24 (0,01)	3
	Misto	33	10,37 (0,29)	6,28 (0,18)	3,3 (0,19)	0,94 (0,03)	0,57 (0,02)	0,3 (0,02)	2
<i>Hymenaea courbaril</i>	Puro	33	7,35 (0,47)	6,70 (0,34)	2,96 (0,14)	0,67 (0,04)	0,61 (0,03)	0,27 (0,01)	3
	Misto	33	8,74 (0,41)	6,08 (0,28)	3,10 (0,16)	0,79 (0,04)	0,55 (0,03)	0,28 (0,01)	4
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Puro	35	6,40 (0,36)	6,23 (0,29)	2,60 (0,12)	0,58 (0,03)	0,57 (0,03)	0,24 (0,01)	4
	Misto	32	8,39 (0,35)	6,29 (0,3)	3,07 (0,15)	0,76 (0,03)	0,57 (0,03)	0,28 (0,01)	4
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Puro	26	7,71 (0,53)	9,02 (0,47)	3,95 (0,33)	0,7 (0,05)	0,82 (0,04)	0,36 (0,03)	3
	Misto	35	9,88 (0,43)	7,66 (0,27)	3,28 (0,15)	0,9 (0,04)	0,70 (0,02)	0,30 (0,01)	4

Figura 13 - Diagrama de divisão das 20 espécies avaliadas na Área I de acordo com potencial silvicultural, Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil.



3.2 Desempenho silvicultural em plantios puros e mistos

Os resultados da comparação do desempenho silvicultural das 20 espécies avaliadas na Área I em sistemas puros e mistos serão apresentados seguindo a categorização descrita no item anterior. Todos os modelos, com respectivos coeficientes de determinação e valor de AIC são apresentados no Apêndice A deste documento. Cabe ressaltar que o sistema de plantio puro não sofreu variações na densidade ao longo do monitoramento do crescimento, enquanto que o sistema misto iniciou com menor densidade e posteriormente passou por adensamentos e desbastes de linhas de consórcio.

3.2.1 Espécies com alto potencial silvicultural

Dentre as seis espécies classificadas como de alto potencial, os modelos de crescimento em DAP, altura total e de fuste, apresentaram diferenças plausíveis entre os sistemas puros e mistos, com exceção da altura de fuste da espécie *Cabralea canjerana*, a qual aparentemente não diferiu seu padrão de ramificação de acordo com o sistema de plantio submetido.

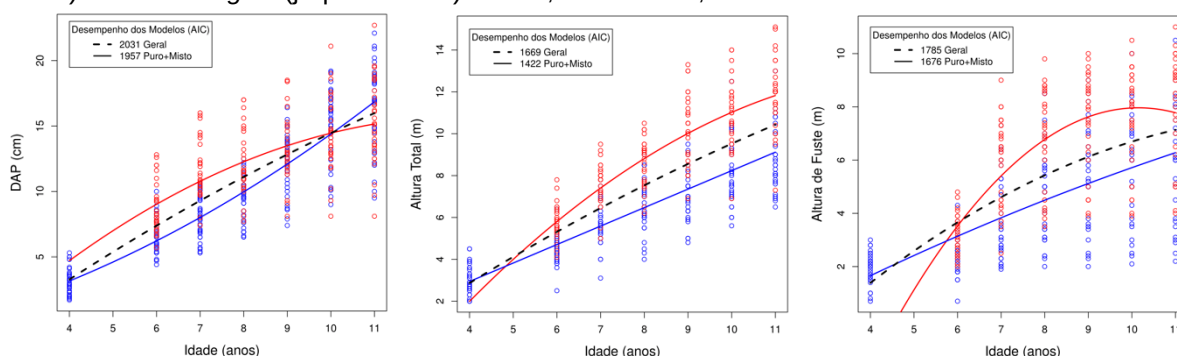
Observa-se, que para cinco das seis espécies, excetuando-se *Calophyllum brasiliense*, as curvas de crescimento em DAP nos plantios mistos apresentaram uma maior ascendência, enquanto que nos plantios puros, em geral demonstraram certa tendência de redução no crescimento a partir dos nove anos de idade. Para *Cariniana legalis*, *Zeyheria tuberculosa* e *Cariniana estrellensis*, nota-se que a partir do oitavo ano de idade houve uma maior inclinação das curvas que expressam a tendência média do crescimento em diâmetro no plantio misto. Este fato pode estar associado a retirada do eucalipto das linhas de consórcio no ano de 2014 (oito anos de idade), quando a densidade de plantio foi reduzida e consequentemente uma maior disponibilidade de luz pode ter promovido incrementos superiores no crescimento secundário dessas espécies.

O eucalipto foi introduzido quando as espécies nativas possuíam seis anos de idade, com a intenção de aumentar a competição e promover crescimento em altura total e de fuste. No entanto, os modelos de crescimento sugerem que o crescimento em altura foi favorecido no sistema puro, onde não houve variação nas linhas de consórcio e consequentes alterações na densidade de plantio ao longo dos anos.

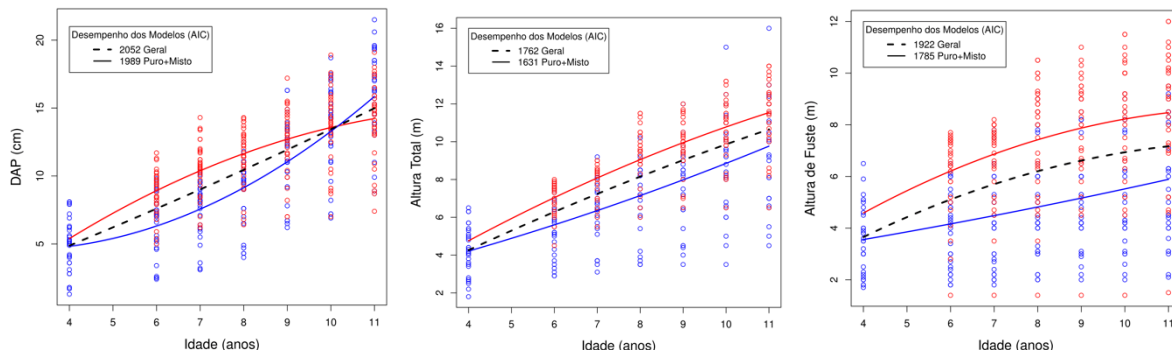
Os gráficos que apresentam os modelos de regressão e a comparação pelo critério de Akaike (AIC) para as espécies com alto potencial silvicultural são apresentados na Figura 14 a seguir.

Figura 14 – Modelos de crescimento do diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste em função da idade para as seis espécies elencadas com alto potencial silvicultural na Área I, Fazenda Sant’Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil. a) *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa); b) *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo); c) *Cabralea canjerana* (canjarana); d) *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim); e) *Calophyllum brasiliense* (guanandi); f) *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco). Apresenta modelo geral em linha tracejada na cor preta e modelos para plantio puro (linha sólida vermelha) e misto (linha sólida azul), além dos valores de AIC para o modelo geral e soma dos modelos particulares.

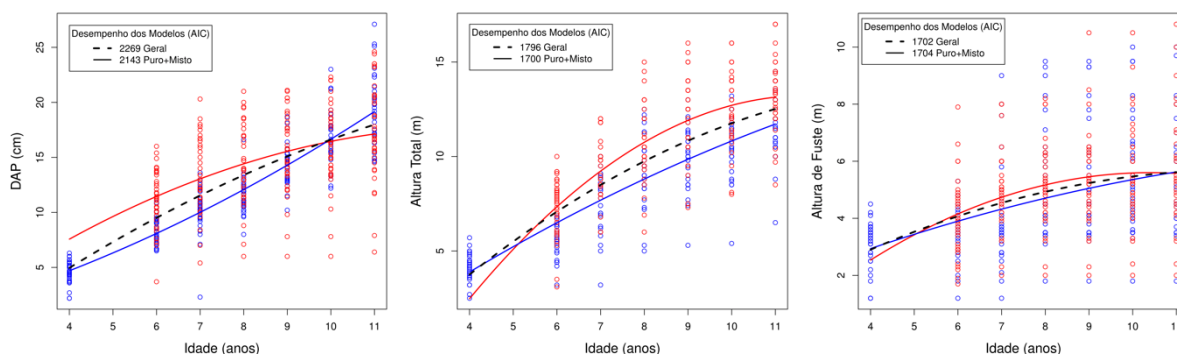
a) *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



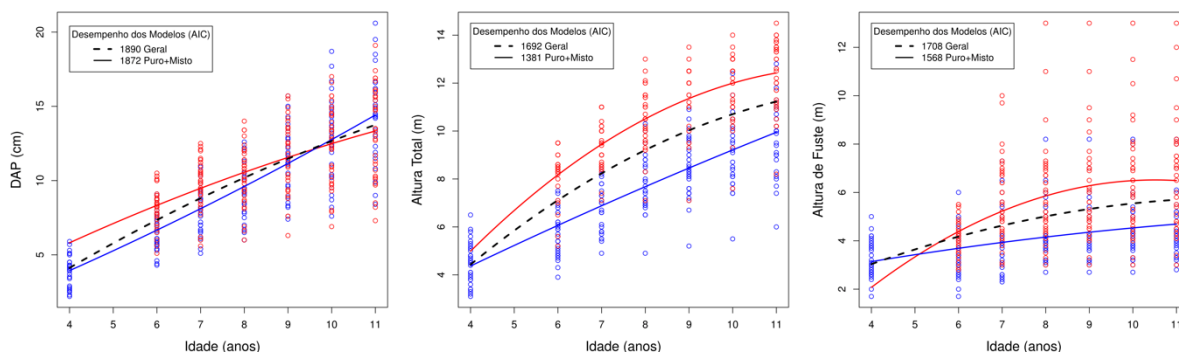
b) *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



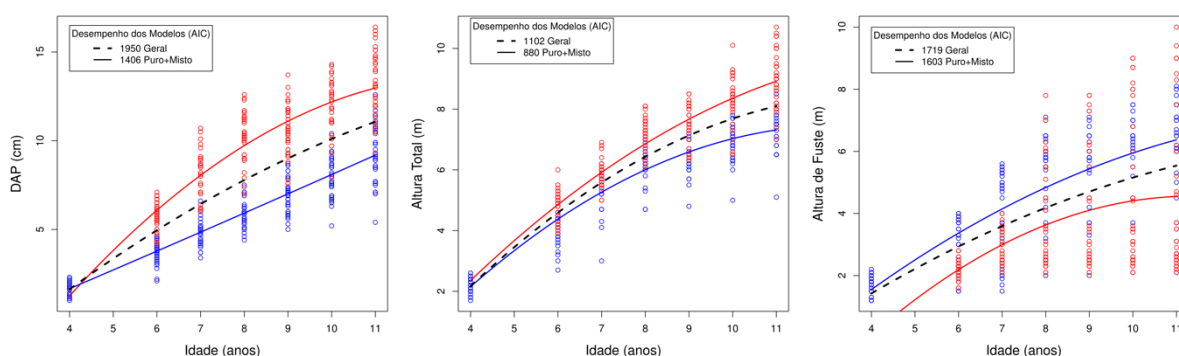
c) *Cabralea canjerana* (canjarana) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



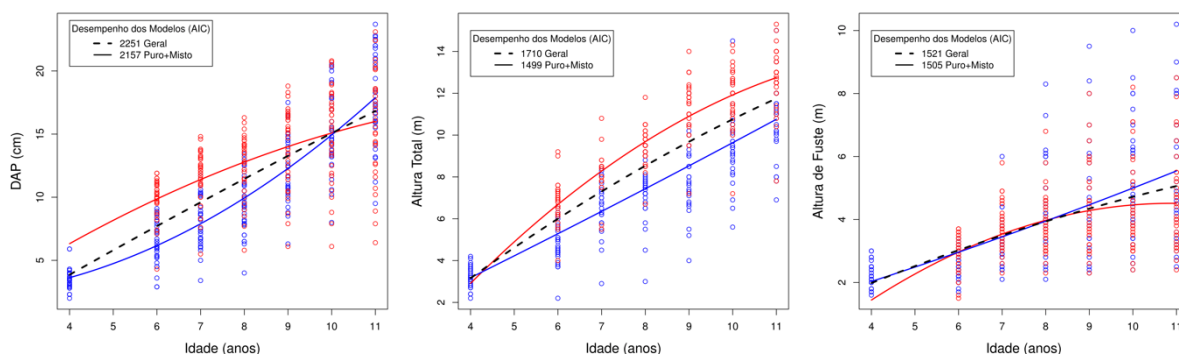
d) *Baufourodendron riedelianum* (pau-marfim) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



e) *Calophyllum brasiliense* (guanandi) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



f) *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



3.2.2 Espécies com intermediário potencial silvicultural

Com relação às sete espécies classificadas como de intermediário potencial silvicultural, os modelos de crescimento em DAP, altura total e de fuste, também apresentaram diferenças plausíveis entre o modelo geral com todos os dados e o modelo que distingue as árvores entre sistemas puros e mistos, indicando que o comportamento silvicultural dessas espécies também tende a diferir de acordo com o arranjo de plantio. A única exceção onde os modelos não diferiram foi referente ao crescimento em diâmetro da *Cordia trichotoma*, no entanto, observou-se uma elevada variação entre as árvores mensuradas dessa espécie nos dois sistemas avaliados.

Conforme apontado no item 3.1, *Parapiptadenia rigida*, *Dalbergia nigra* e *Paratecoma peroba* apresentaram crescimento rápido a moderado para as variáveis diâmetro a altura do peito e altura total, como pode-se observar na ascendência das curvas dos modelos de regressão. No entanto, *Parapiptadenia rigida* e *Dalbergia nigra* apresentaram ramificações precoces e tendência a estabilização do incremento em altura de fuste, podendo diferir esse comportamento em relação ao sistema de plantio submetido. As duas espécies apresentam arquitetura similar, perdendo a dominância apical se submetidas a amplo espaçamento de plantio, muitas vezes resultando na bifurcação do tronco, o que impede que haja incremento na altura do fuste após iniciado o processo de reiteração. Foi observado que o padrão de ramificação e o rápido engrossamento de galhos laterais dificultou a condução do tronco sob um eixo central, mesmo com as podas e desramas frequentes aplicadas nos sistemas silviculturais avaliados.

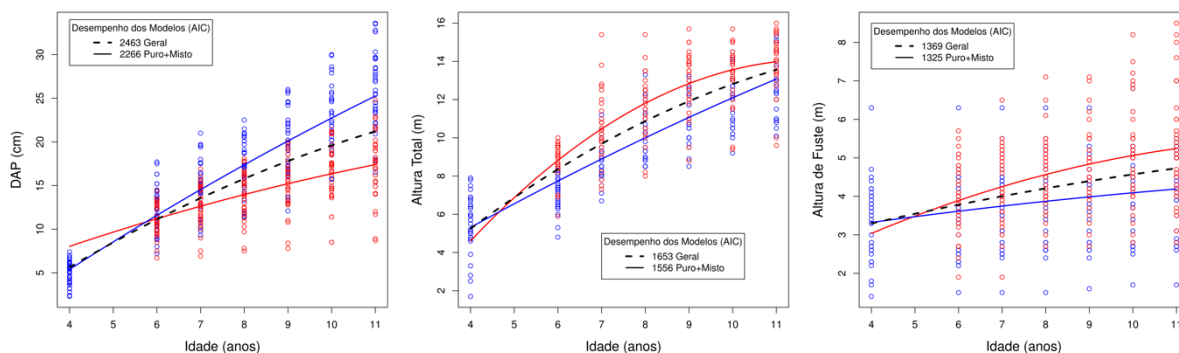
Este comportamento foi observado também para outras espécies da família Fabaceae classificadas com baixo potencial silvicultural (ex. *Paubrasilia echinata* e *Amburana cearenses*) e algumas espécies da família Bignoniaceae, como *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus albus*. As curvas de crescimento em altura de fuste sugerem que em plantios mais adensados, como é o caso dos sistemas puros da Área I, essas espécies podem retardar o processo de reiteração, formando fustes ligeiramente mais longos.

A espécie *Paratecoma peroba*, apesar de apresentar tortuosidades acentuadas ao longo do tronco, demonstrou certa dominância apical, o que permitiu uma melhor condução a partir de podas e desramas.

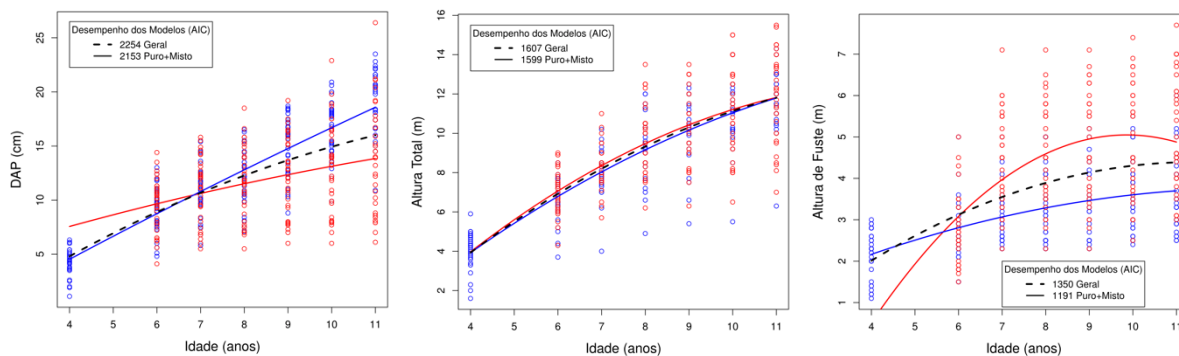
Os gráficos que apresentam os modelos de regressão e a comparação pelo critério de Akaike (AIC) para as espécies com potencial intermediário são apresentados na Figura 15 a seguir.

Figura 15 – Modelos de crescimento do diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste em função da idade para as sete espécies elencadas com intermediário potencial silvicultural na Área I, Fazenda Sant’Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil. a) *Parapiptadenia rigida* (angico-da-mata); b) *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia); c) *Paratecoma peroba* (peroba-amarela); d) *Cordia trichotoma* (louro-pardo); e) *Tabebuia roseoalba* (ipê-branco); f) *Swietenia macrophylla* (mogno); g) *Handroanthus albus* (ipê-amarelo-da-serra). Apresenta modelo geral em linha tracejada na cor preta e modelos para plantio puro (linha sólida vermelha) e misto (linha sólida azul), além dos valores de AIC para o modelo geral e soma dos modelos particulares.

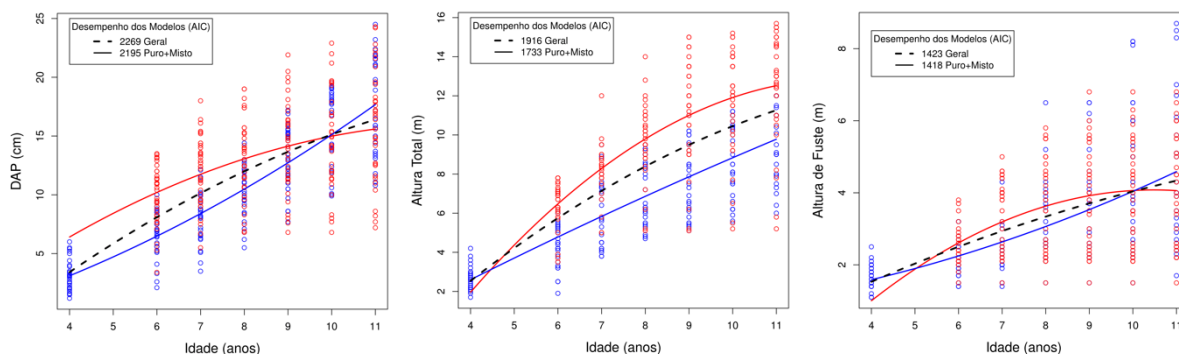
a) *Parapiptadenia rigida* (angico) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



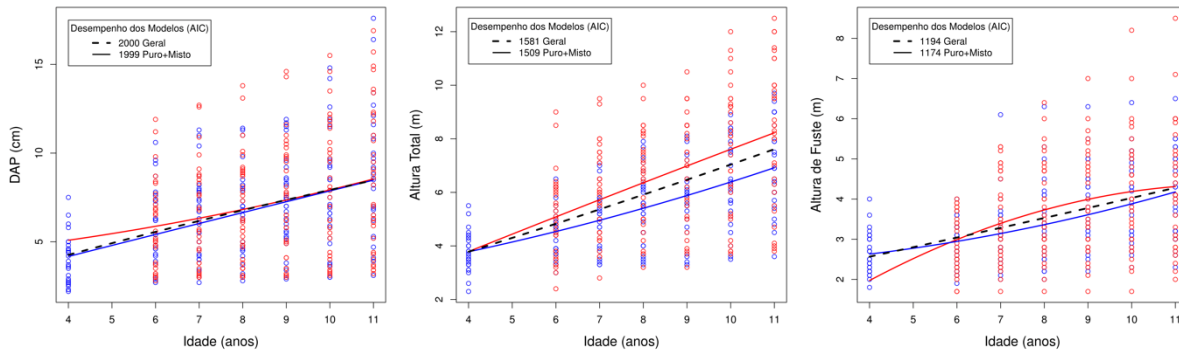
b) *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



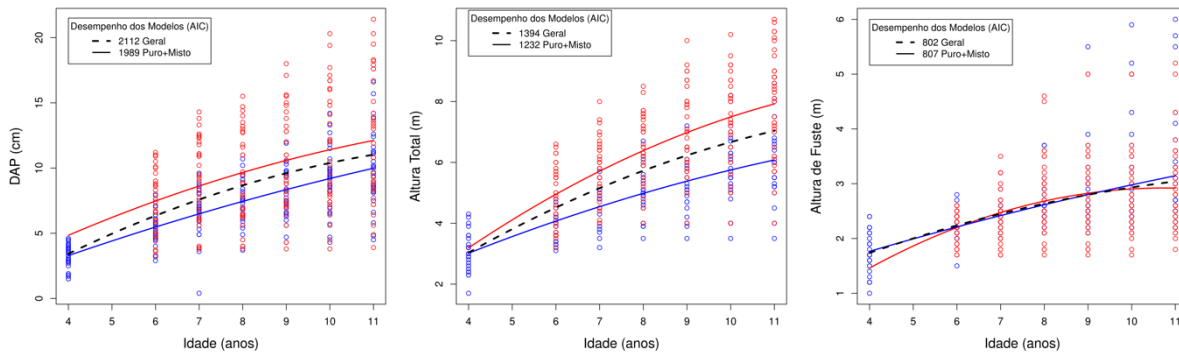
c) *Paratecoma peroba* (peroba-amarela) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



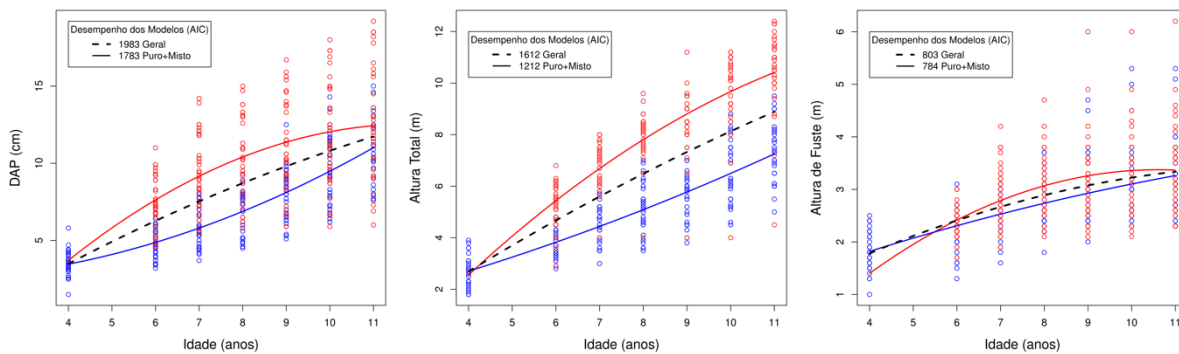
d) *Cordia trochotoma* (louro-pardo) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



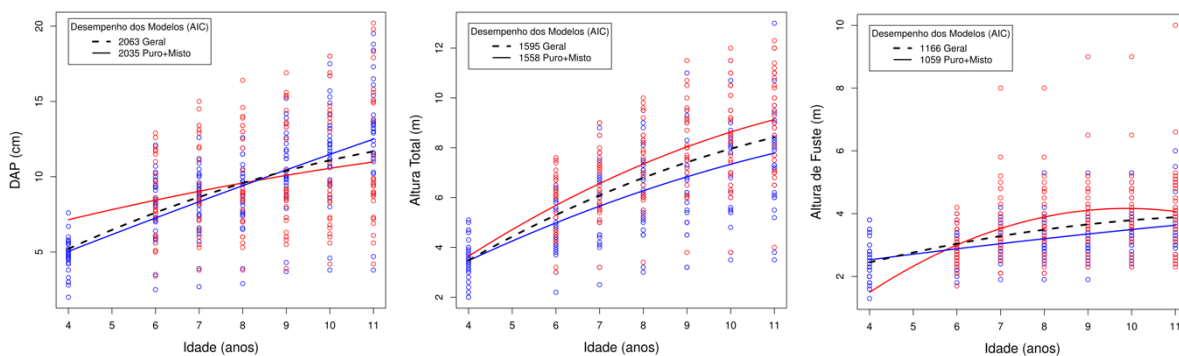
e) *Tabebuia roseoalba* (ipê-branco) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



f) *Swietenia macrophylla* (mogno-brasileiro) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



g) *Handroanthus albus* (ipê-amarelo-da-serra) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



3.2.3 Espécies com baixo potencial silvicultural

Concernente ao comportamento das sete espécies classificadas com baixo potencial silvicultural, os modelos de crescimento em DAP, altura total e de fuste, também apresentaram diferenças plausíveis, sendo que, de maneira geral, o comportamento silvicultural dessas espécies foi melhor representado pelo modelo com duas curvas de regressão. Apenas para a *Aspidosperma polyneuron* e *Myroxylum peruiferum* não houve distinção dos modelos com relação ao crescimento em altura total, e para *Astronium concinnum* praticamente os modelos não diferiram quanto à altura de fuste.

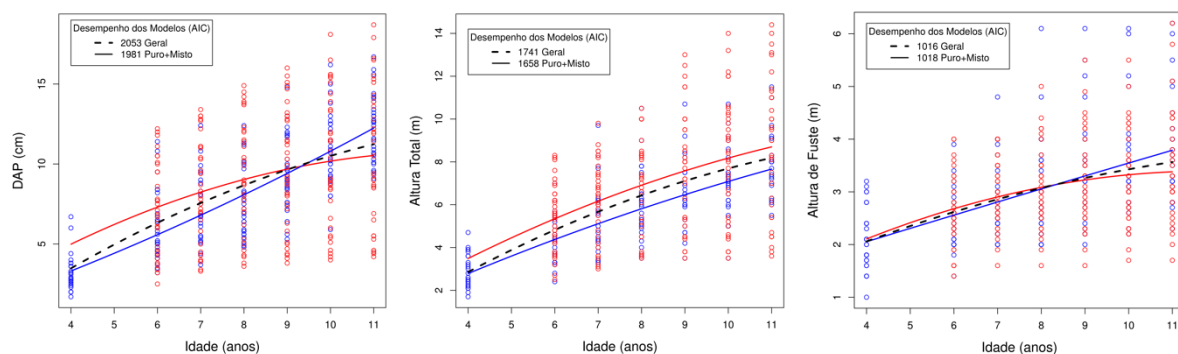
Assim como para as outras espécies de maior potencial, o crescimento em diâmetro foi favorecido no plantio misto, sendo observado uma leve ascensão das curvas de crescimento após os oito anos de idade, quando foi reduzida a densidade de plantio com a colheita das linhas de consórcio de eucalipto.

As curvas de crescimento em altura de fuste das espécies *Aspidosperma polyneuron*, *Myroxylum peruiferum* e *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* no plantio misto sugerem que o consórcio com espécies de rápido crescimento pode influenciar na formação de fustes mais longos. No entanto, como o consórcio não foi aplicado desde o primeiro ano, algumas árvores ramificaram precocemente, o que não permitiu uma melhor avaliação do efeito da competição exercida pelo eucalipto no comportamento silvicultural de espécies nativas que apresentaram ramificação precoce.

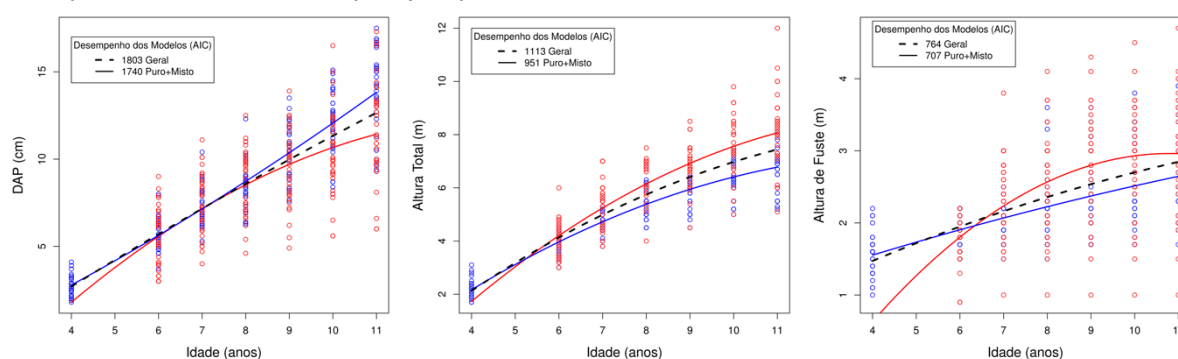
Os gráficos que apresentam os modelos de regressão e a comparação pelo critério de Akaike (AIC) para as espécies com baixo potencial silvicultural são apresentados na Figura 16 a seguir.

Figura 16 – Modelos de crescimento do diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste em função da idade para as sete espécies elencadas com baixo potencial silvicultural na Área I, Fazenda Sant’Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP, Brasil. a) *Astronium concinnum* (gonçalo-alves); b) *Amburana cearensis* (cerejeira); c) *Paubrasilia echinata* (pau-brasil); d) *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa); e) *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (jatobá); f) *Myroxylon peruiferum* (cabreúva); g) *Myracrodruon urundeuva* (aroeira-preta). Apresenta modelo geral em linha tracejada na cor preta e modelos para plantio puro (linha sólida vermelha) e misto (linha sólida azul), além dos valores de AIC para o modelo geral e soma dos modelos particulares

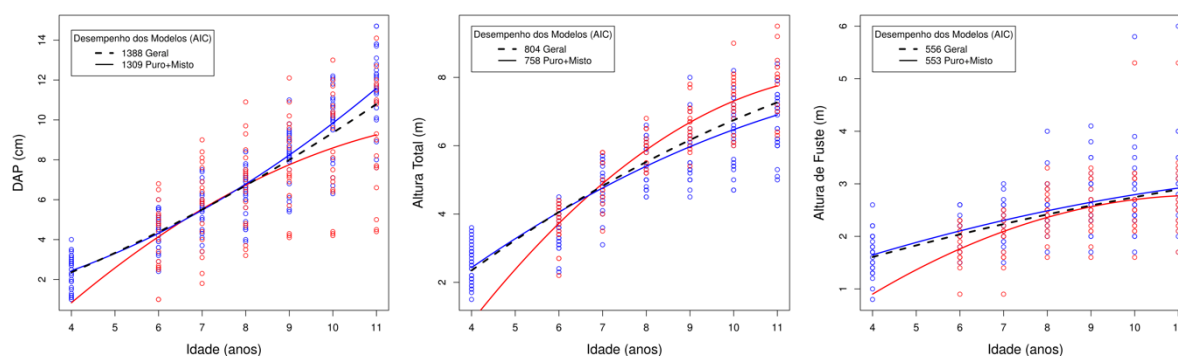
a) *Astronium concinnum* (gonçalo-alves) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



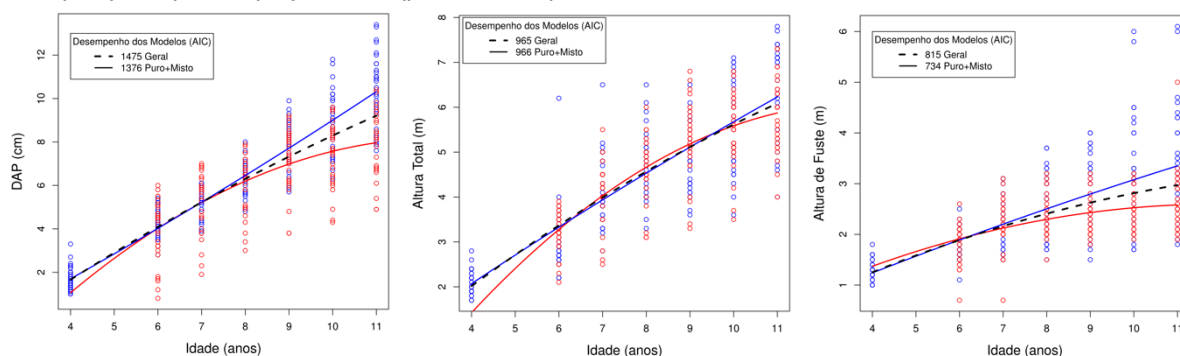
b) *Amburana cearensis* (cerejeira) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



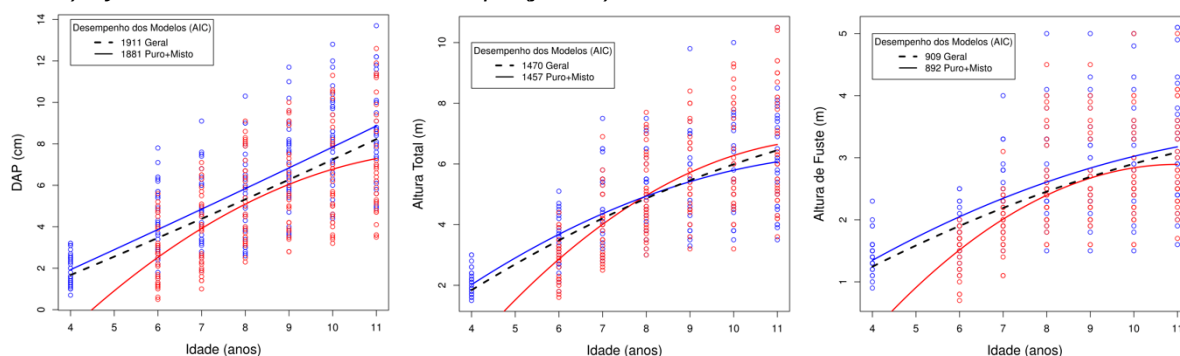
c) *Paubrasilia echinata* (pau-brasil) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



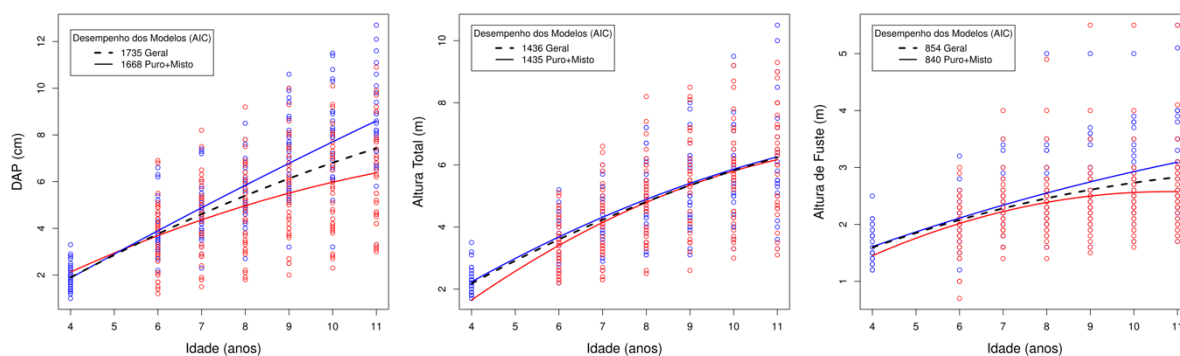
d) *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



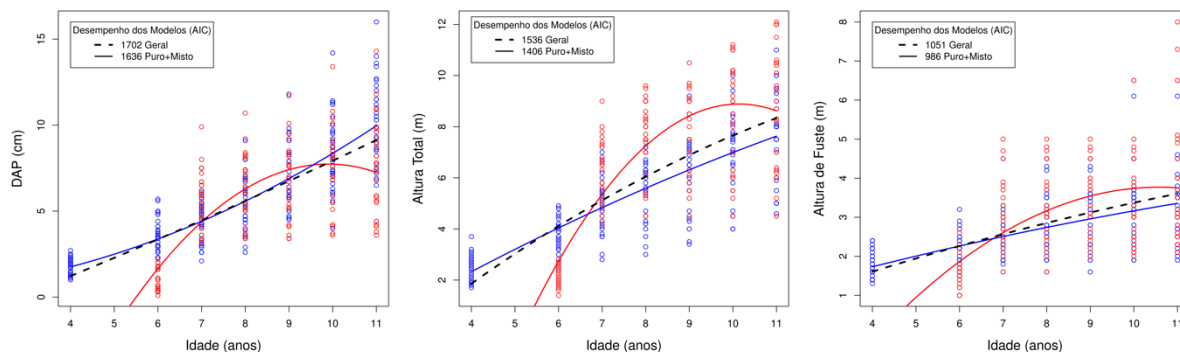
e) *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (jatobá) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



f) *Myroxylum peruiferum* (cabreúva) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



g) *Myracrodruon urundeuva* (aroeira-preta) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



3.3 Desempenho silvicultural em diferentes plantações mistas

Para as seis espécies avaliadas nos três sistemas silviculturais mistos, todos os gráficos de dispersão construídos a partir de equações de regressão demonstraram que o modelo com três equações explica melhor o comportamento silvicultural das espécies, comparado com o modelo com uma única equação, o qual não faz distinção intraespecífica das árvores mensuradas nos três reflorestamentos.

Na Área I, onde o espaçamento inicial foi mais amplo e posteriormente realizado o consórcio com eucalipto pelo período de três anos, os modelos das seis espécies avaliadas sugerem desempenhos inferiores com relação ao crescimento inicial em diâmetro e altura total.

Embora o sistema de plantio da Área III esteja em fase inicial (4 anos de idade), os resultados observados condicionam algumas aferições quanto ao crescimento consideravelmente superior de algumas espécies.

A espécie *Cariniana legalis* foi classificada dentre as espécies de alto potencial silvicultural na Área I, apresentando taxas de crescimento moderadas e boa forma de fuste. Na Área III demonstrou crescimento inicial superior, resultado que destaca esta espécie no âmbito da silvicultura de nativas no interior do estado de São Paulo. Na Área II observou-se para esta espécie a inclinação côncava das curvas de crescimento em diâmetro e altura total entre o segundo e quarto ano de idade do plantio. A aparente estagnação do crescimento pode estar associada ao período de estiagem atípica que acometeu o estado de São Paulo entre os anos de 2013 e 2014, sugerindo uma maior sensibilidade de *Cariniana legalis* ao déficit hídrico.

Com relação ao crescimento em altura e formação de fustes longos, *Cariniana legalis*, *Zeyheria tuberculosa*, *Balfourodendron riedelianum* e *Cordia trichotoma*, apresentaram padrões de galhos laterais que facilitou a sua desrama e permitiu uma maior proporcionalidade do crescimento em altura total com relação à altura fuste (Figura 17). A espécie *Astronium concinnum*, apesar de também apresentar arquitetura de copa que facilita sua desrama, apresentou tendência de tombamento ao longo dos primeiros anos pós plantio, sendo necessário o seu tutoramento com estacas. Já *Swietenia macrophylla* necessitou a adoção de práticas de manejo para controle da broca-dos-ponteiros a fim de melhorar o crescimento da altura de fuste. Por estes motivos, as primeiras quatro espécies são destacadas quanto ao potencial silvicultural, pois evitam práticas que podem elevar ainda mais os custos de condução

de florestas mistas para produção madeireira.

Figura 17 – Ilustra a arquitetura de quatro espécies que apresentam alto potencial para silvicultura. a) *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa); b) *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo); c) *Baufourodendron riedelianum* (pau-marfim); d) *Cordia trichotoma* (louro-pardo), aos 6 anos de idade. Área II, Fazenda do Pinhal, São Carlos, SP, Brasil.



Fotos: Marcelo Ducatti - 2017

A espécie *Cordia trichotoma* foi classificada na categorização realizada na Área I, com potencial intermediário para silvicultura, devido às taxas de incremento em diâmetro inferiores às das espécies com alto potencial. No entanto, observa-se que nas Áreas II e III esta espécie apresenta curvas mais ascendentes de crescimento nos primeiros anos de idade, sugerindo que pode ter seu potencial silvicultural ampliado se submetida a espaçamentos mais reduzidos na fase inicial do crescimento. Na Área III, aos quatro anos de idade os valores de diâmetro médio e altura total média tendem a ser superiores aos das árvores da Área I aos onze anos de idade.

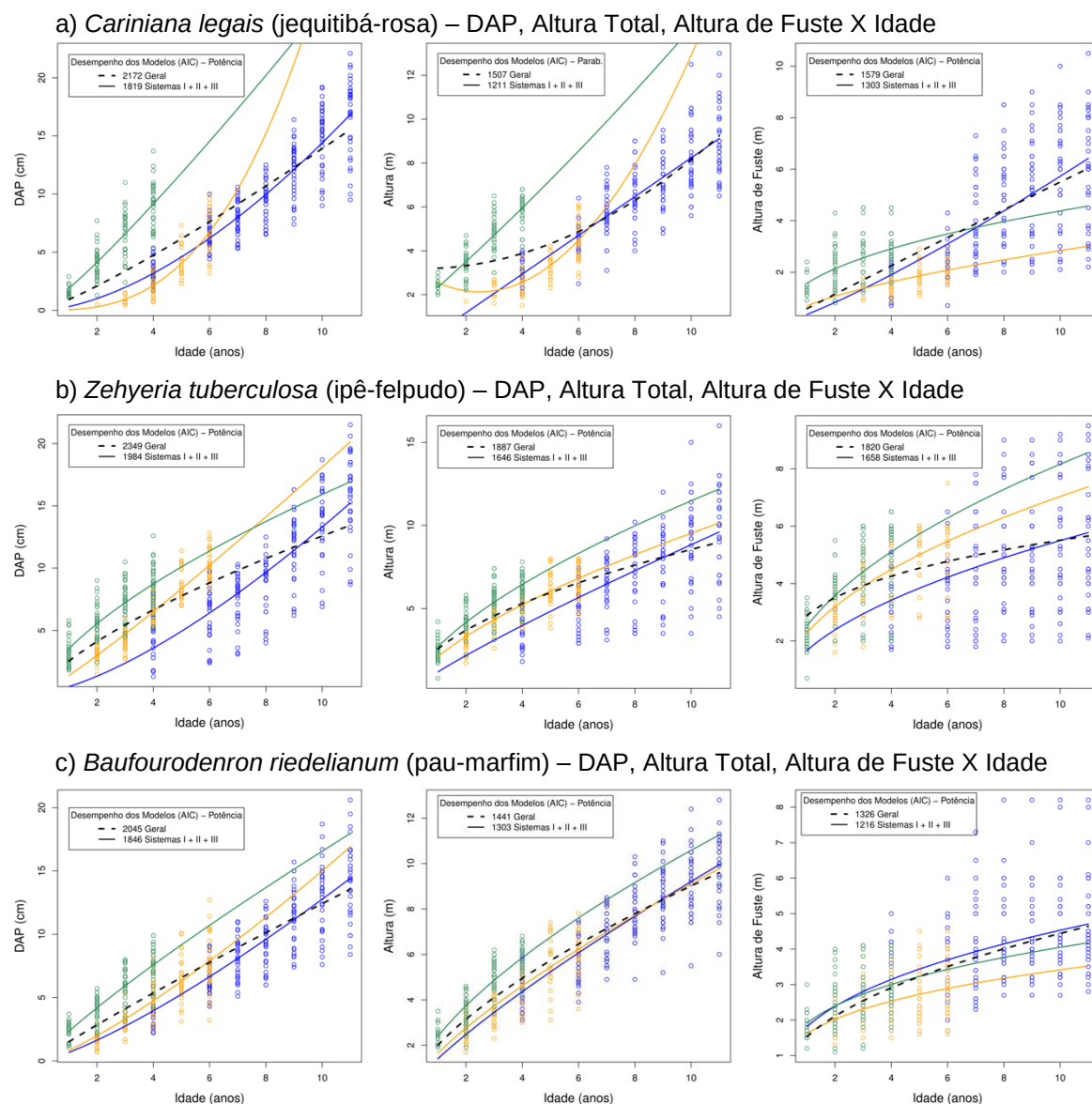
Da mesma forma, os resultados observados para o *Swietenia macrophylla* nas Áreas II e III, permitem apontar uma tendência de melhora no seu crescimento tanto em altura como em diâmetro, sugerindo que as práticas de manejo aplicadas para reduzir o ataque da *Hypsypyla grandella* na fase inicial de crescimento podem ampliar seu potencial para uso em sistemas silviculturais.

A avaliação da espécie *Astronium concinnum*, apesar de sugerir uma tendência de melhora no desempenho quanto ao crescimento em diâmetro e altura total, demonstrou, em todas as áreas, tortuosidades no tronco, ramificações precoces e também indicou certa melhora se plantado inicialmente em sistemas mais adensados.

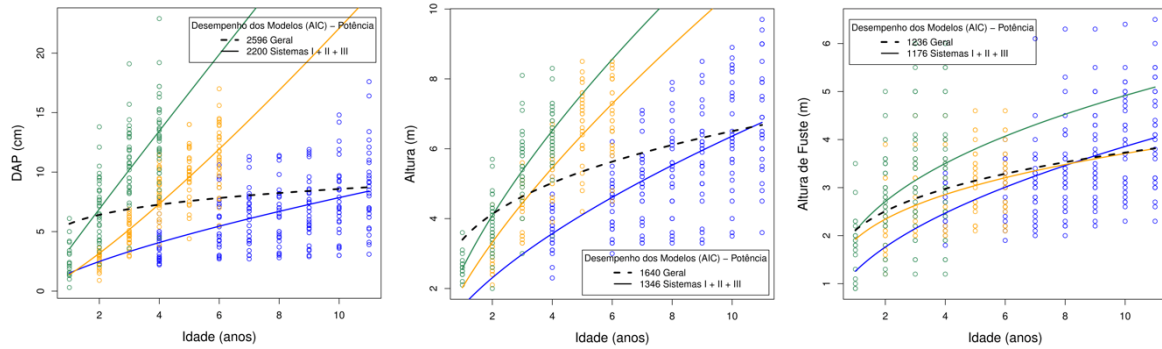
Outro aspecto presente em todos os gráficos de dispersão das seis espécies avaliadas nos três sistemas mistos, assim como, nos modelos de comparação das vinte espécies na Área I, é a elevada variação entre as árvores da mesma espécie, com maiores amplitudes observadas para a variável altura de fuste.

Os gráficos que apresentam os modelos de regressão e a comparação pelo critério de Akaike (AIC) para as seis espécies são apresentados na Figura 18. Todos os modelos, com respectivos coeficientes de determinação e valor de AIC são apresentados no Apêndice B deste documento.

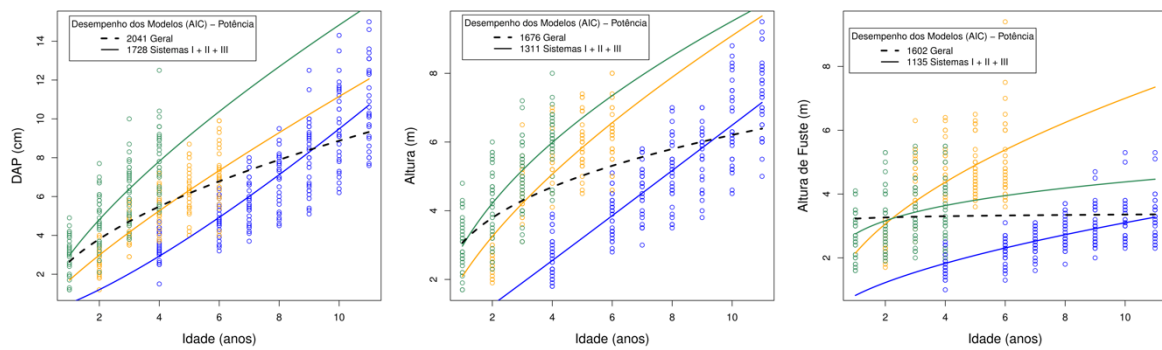
Figura 18 – Modelos de crescimento do diâmetro a altura do peito, altura total e altura de fuste em função da idade para as seis espécies presentes em três diferentes reflorestamentos mistos. a) *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa); b) *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo); c) *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim); d) *Cordia trichotoma* (louro-pardo); e) *Swietenia macrophylla* (mogno-brasileiro); f) *Astronium concinnum* (gonçalo-aves). Apresenta modelo geral em linha tracejada na cor preta; modelo para sistema misto da Área I (linha sólida azul); sistema misto da Área II (linha sólida amarela); e sistema misto Área III (linha sólida verde), além dos valores de AIC para o modelo geral e soma dos modelos particulares. Área I, Fazenda Sant’Ana do Monte Alegre, Descalvado, SP. Áreas II e III, Fazenda do Pinhal, São Carlos, SP, Brasil.



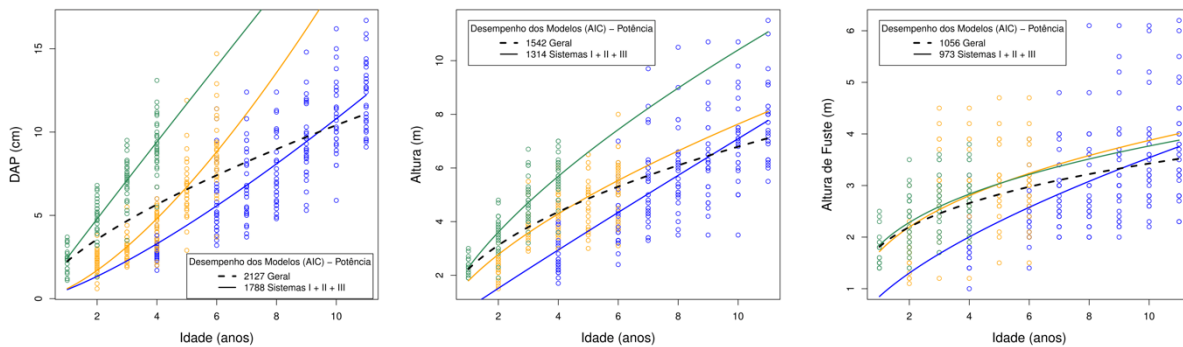
d) *Cordia trochotoma* (louro-pardo) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



e) *Swietenia macrophylla* (mogno-brasileiro) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



f) *Astronium concinnum* (gonçalo-alves) – DAP, Altura Total, Altura de Fuste X Idade



4 DISCUSSÃO

Compreender como as inúmeras espécies nativas podem ampliar seu potencial silvicultural de acordo com as diferentes possibilidades de consórcios é a chave para uma silvicultura com múltiplas espécies (ROLIM; PIOTTO; ORELLANA, 2018). O campo para investigação é amplo, com inúmeros modelos que podem ser desenhados e testados a fim de encontrar combinações que estabeleçam níveis de competição cada vez mais apropriados.

Com os resultados obtidos no presente estudo é possível sugerir que espaçamentos mais adensados tendem a favorecer a formação de fustes mais longos para espécies nativas madeireiras, melhorando sua forma e ampliando o potencial para uso em sistemas silviculturais voltados à produção de madeira sólida. Este comportamento foi observado na comparação das espécies em sistemas de plantio puro e misto na Área I, onde o fator densidade de plantio pode ter sido mais limitante no comportamento das espécies do que a composição da vizinhança.

O consórcio entre espécies que apresentam arquitetura similar e crescimento interespecífico com menor discrepância, também pode ter contribuído com melhores níveis de competição e promovido o crescimento inicial superior de algumas espécies, como observado nos resultados obtidos na Área III.

Os resultados também apontam que o consórcio com espécies de rápido crescimento pode ocasionar supressão das espécies de interesse comercial, com consequente redução de incremento em diâmetro. Foi observado que o uso de espécies de rápido crescimento tende a dificultar a condução de reflorestamentos voltados a produção madeireira, intensificando regimes de podas laterais (no caso das nativas pioneiras) e podendo levar a necessidade de desbastes precoces das linhas de consórcio. No entanto, estudos sugerem que o uso das denominadas “espécies pioneiras comerciais” pode contribuir com receitas em curto prazo e amortizar parte dos custos de implantação de projetos de restauração florestal, com destaque para o uso do eucalipto (SILVA, 2017), emergindo como um potencial consórcio, mesmo com a possibilidade de retardar o crescimento de espécies nativas de interesse comercial.

Em estudo realizado nos mesmos sistemas avaliados por Silva (2017), Amazonas et.al (2018) avaliaram que o consórcio com o eucalipto faz com que as espécies nativas que apresentam rápido crescimento sejam mais afetadas pela competição por água ou outros recursos do que espécies que naturalmente crescem mais lentamente.

No entanto, em consórcio com eucalipto, espécies que crescem muito lentamente poderão apresentar alturas ainda incipientes quando realizada a colheita da espécie exótica intercalada. Neste sentido, devem ser encorajados experimentos que avaliem o efeito da condução de mais de uma rotação do eucalipto via sistema de talhadia, assim como, o uso de outras espécies de eucalipto que apresentam taxas de crescimento mais lentas e madeira de melhor qualidade, o que pode refletir em maiores receitas nas ações de desbaste.

Com relação aos efeitos do uso dessa espécie pioneira comercial no sistema misto da Área I, a colheita de linhas inteiras de consórcio com eucalipto aparentemente favoreceu incrementos em diâmetro de espécies nativas madeiras nos anos subsequentes a redução da densidade de plantio. No entanto, o uso deste tipo de consórcio e o momento ideal da sua colheita deve levar em consideração o comportamento silvicultural das diferentes espécies que podem ser utilizadas nos sistemas mistos, evitando a reiteração de copa e formação de fustes de pequena dimensão.

Souza et al. (2010) em experimentos com plantio a pleno sol e em área de “capoeira” no município de Manaus-AM, observou que as taxas de crescimento e sobrevivência variaram muito entre as espécies e entre os sistemas. Este autor destaca, por exemplo, o bom crescimento do jatobá plantado a pleno sol, atingindo diâmetro médio de 11,47 cm e altura de 10,76 metros aos seis anos de idade. Na Área I esta mesma espécie foi classificada como de baixo potencial silvicultural, pois apresentou aos 11 anos de idade DAP médio de 8,74 cm, altura total média de 6 m e fustes com 3,1 m, além de elevada tortuosidade. Estes resultados sugerem a necessidade de testes e pesquisas em âmbito regional, auxiliando na compilação de informações que direcionem uma seleção criteriosa das espécies a serem plantadas em futuros projetos.

O uso de espécies pioneiras comerciais em consórcio com nativas madeiras poderá ser opção para melhorar o potencial silvicultural de espécies que apresentaram problemas na formação de fustes mais longos e retilíneos. Porém, recomenda-se futuros testes com espécies nativas que também apresentaram taxas de crescimento mais elevadas, uma vez que espécies com arquitetura simpodial e crescimento muito lento tendem a ter seu uso desencorajado na silvicultura.

Com possibilidade de ampliar o potencial silvicultural, se atingidos melhores resultados na formação de fustes mais longos e retilíneos, são apontadas as seguintes

espécies: *Parapiptadenia rigida*, *Dalbergia nigra* e *Paratecoma peroba*. Aos 11 anos de idade essas três espécies figuraram dentre aquelas com os maiores incrementos diamétricos na Área I. Os valores de diâmetro médio observados no plantio puro foram inferiores aos do plantio misto, já os valores de altura total foram superiores no sistema puro, onde as árvores foram submetidas a uma maior densidade inicial e não houve intervenções drásticas no regime de luz ao longo dos anos de monitoramento do crescimento.

O mesmo comportamento foi relatado para *Dalbergia nigra* em estudos realizados na Reserva Natural da Vale, onde a espécie apresentou alta taxa de crescimento nos plantios, porém quando sob elevada exposição à luz teve a formação de fustes retilíneos prejudicada, enquanto pouca luminosidade diminuiu sua taxa de crescimento, mas proporcionou a formação de fustes de melhor qualidade (ROLIM; PIOTTO; ORELLANA, 2018). Os valores de diâmetro encontrados na Área I para *Dalbergia nigra* (18,7 cm plantio misto e 13,9 cm plantio puro) são compatíveis com os encontrados por Rolim et al. (2018) em Linhares aos 20 anos de idade (18,7 cm).

A busca por consórcios mais adequados deve ser direcionada também para espécies que apresentam problemas no comportamento associados ao ataque de pragas. Neste sentido, vale destacar os resultados obtidos para *Swietenia macrophylla*, que juntamente com *Dalbergia nigra* e *Paratecoma peroba* figuram dentre as espécies mais nobres e valiosas presentes nos reflorestamentos avaliados. O alto valor da madeira tende a facilitar a venda futura, o que pode estimular a inclusão dessas espécies em sistemas mistos, mesmo sendo exóticas regionais.

O aspecto responsável por sucessivos fracassos relatados nos plantios de *Swietenia macrophylla* em sistemas silviculturais está associado ao ataque da larva de *Hypsipyla grandella*, tido como um dos principais problemas na silvicultura tropical (COSTA et al., 2000; OHASHI et al., 2008; LUNZ et al., 2009; SILVA et al., 2013). Nas Áreas II e III as tentativas de controle sugerem uma razoável melhora no comportamento silvicultural desta espécie, onde observou-se a tendência de valores médios superiores a quatro metros para altura de fuste na Área II, aos quatro anos de idade. Além do controle com uso de inseticidas, estudos mencionam que o ataque da broca aos ponteiros de mogno-brasileiro pode ser reduzido a partir do plantio de uma menor proporção de árvores dessa espécie, aumento da diversidade de espécies no povoamento, além do consórcio com espécies que atraem a mariposa para

ovoposição e que apresentam resistência ao seu ataque, como por exemplo, *Toona ciliata* (COSTA et al., 2000; SILVA et al., 2013).

Nota-se que para ampliar o potencial produtivo de espécies nativas, práticas de manejo adicionais devem ser aplicadas em plantios com finalidade econômica, tais como, manejo de linhas de consórcio, podas de condução, controle de pragas e desbastes. Essas ações podem elevar o custo dos projetos de restauração de Reservas Legais se comparado com a restauração ambiental de APPs, podendo atingir valores superiores a R\$ 20.000,00/ha (FGVces, 2018).

O elevado custo poderá desestimular os investimentos em modelos mistos com finalidade econômica, levando os proprietários a optarem por mecanismos de compensação ou pela restauração passiva (HOLL; AIDE, 2011), a qual pode atingir indicadores ecológicos satisfatórios com custos relativamente inferiores (TRENTIN et al., 2018). No entanto, nem sempre o abandono das áreas pode ser suficiente para promover a recuperação de algumas paisagens altamente modificadas (RODRIGUES et al., 2011).

Com este cenário, outro grande desafio para plantações florestais mistas com finalidade de manejo é conseguir ampliar os índices de produtividade (MENDONÇA et al., 2017), tanto em nível de espécie como de estande. Segundo Kelty (1992) uma a maior produtividade em florestas mistas dependerá da definição apropriada das espécies que são consorciadas, considerando as características funcionais de cada uma, as interações ecológicas e os aspectos silviculturais.

Neste sentido, uma estratégia importante seria agregar aos modelos, espécies que possam trazer retornos financeiros no curto e médio prazo, como as espécies pioneiras comerciais, espécies frutíferas e alguns cultivares consolidados em sistemas agroflorestais. Fazer uso de espécies nativas madeireiras que naturalmente tendem apresentar boa forma e taxas de crescimento moderadas, também poderá contribuir com a redução dos custos associados à condução e ao manejo dessas florestas.

No presente estudo algumas espécies apresentaram características que permitem enquadrá-las nesta categoria, são elas: *Cariniana legalis*, *Zeyheria tuberculosa*, *Balfourodendron riedelianum*, *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* e *Calophyllum brasiliense*. Dentre as espécies citadas, *Calophyllum brasiliense*, apesar da boa forma demonstrou crescimento mais lento em comparação com as outras espécies elencadas como promissoras. Essa espécie também foi a única que teve crescimento em diâmetro relativamente superior no plantio puro em comparação com o plantio

misto. Em plantios na Costa Rica, foi evidenciado comportamento similar, com taxas de crescimento mais lentas quando comparada a outras espécies e melhor desempenho em plantios puros (PIOTTO et al., 2003).

A espécie *Cordia trichotoma* apesar de ter sido categorizada com intermediário potencial, apresentou melhora significativa no seu desempenho nas Áreas II e III. A elevada heterogeneidade no crescimento dessa espécie na Área I pode estar associada ao ataque do hemíptero *Dictyla monotropidia*, que afeta a área foliar e pode retardar o ritmo de crescimento da árvore, conforme relatado por Carvalho (2003). Nas Áreas II e III foi observada a presença do hemíptero associado a espécie, porém, com danos aparentemente menos severos no limbo foliar.

Quanto ao formato desejável de fustes para produção de madeira sólida, Mendonça et al. (2017) também observou boa forma para *Cariniana legalis* e *Zeyheria tuberculosa*. Os autores relatam que essas espécies se destacaram quanto a frequência de fustes retilíneos em plantios avaliados nos municípios de Sooretama e Linhares, ES. Para *Cariniana legalis*, Silva (2013) observou fustes retos e sem ramificações em reflorestamentos mistos, nos quais os indivíduos cresceram com sombreamento parcial.

No reflorestamento da Área II, *Cariniana legalis* apresentou certa estagnação no desenvolvimento inicial. Este padrão pode estar associado à resposta negativa da espécie aos períodos mais prolongados de estiagem que ocorreram nos anos de 2013 e 2014, quando este reflorestamento tinha entre três e quatro anos de idade. Segundo Oliveira (2015), regimes de chuva podem apresentar grande influência sobre o desenvolvimento dessa espécie de acordo com avaliações no crescimento e qualidade do lenho de árvores de *Cariniana legalis* submetidas a diferentes espaçamentos. Silva (2013), também correlacionou o melhor desempenho dessa espécie em solos com maior teor de argila.

Considerando que o teor de argila pode afetar a capacidade de retenção de água dos solos, as evidências avigoram a hipótese de que o jequitibá-rosa pode apresentar maior sensibilidade a períodos muito longos de estiagem, reforçando a necessidade de estudos mais aplicados sobre a ecofisiologia de espécies nativas em sistemas silviculturais mistos.

Para *Zeyheria tuberculosa*, nos reflorestamentos avaliados foi observado menor variação no comportamento silvicultural de acordo com o sistema de plantio submetido. O potencial dessa espécie para silvicultura e sua capacidade de

adaptação sob diferentes condições de luz já é apontado há anos pela literatura (LUZ; FERREIRA, 1985; ENGEL; POGGIANI, 1990). *Baufourodendron riedelianum* também apresentou tendências médias de crescimento não muito discrepantes nos diferentes sistemas, figurando também como opção para inclusão em uma maior variedade de modelos de plantio.

As espécies avaliadas também apresentaram grandes amplitudes das variáveis de crescimento entre as árvores da mesma espécie, o que indica a necessidade de plantios mais adensados para posterior seleção via desbastes. Investimentos em programas de melhoramento genético poderão reduzir as amplitudes intraespecífica e ampliar a produtividade das espécies nativas, inclusive daquelas elencadas como de baixo potencial no presente estudo e que possuem madeiras de alta qualidade.

Mesmo com avanço das políticas regulamentadoras e todo esforço de pesquisadores para constantemente aprimorar o conjunto de informações das experiências difusas que estão emergindo (SMA, 2018; PADOVEZI et al., 2018; WRI, 2017), o desafio de ganhar escala ainda dependerá do fortalecimento de políticas públicas sociais e econômicas (RODRIGUES et al., 2009; LATAWIEC et al., 2015). A questão econômica talvez seja o grande obstáculo a ser vencido para que sistemas de integração da produção façam com que as florestas mistas e agroflorestas deixem de ser exceção nas paisagens rurais. O levantamento de custos não só de implantação, mas também de condução, desbastes e outros manejos serão muito importantes para que simulações e modelos econômicos sejam cada vez mais refinados.

Concernente aos aspectos ecológicos que esses sistemas deverão abarcar caso inseridos no contexto de Reserva Legal, a literatura vem apontando que o retorno a condições originais é um objetivo irreal na restauração ecológica (CHOI, 2004; HOBBS, 2007). Neste sentido, estabelecer parâmetros mínimos de estrutura e funcionalidade baseados em resultados e não nas técnicas inicialmente aplicadas são fundamentais, conforme sugeriu Suganuma (2013). Sendo assim, a avaliação tanto econômica como ecológica de sistemas que se iniciam com menor diversidade, como o sistema silvicultural da Área III, ganham relevância para investigações futuras.

5 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PRÁTICA

A escolha de espécies e desenho dos modelos de consórcio adequados para restaurar áreas de Reserva Legal ou com baixa aptidão agrícola é um dos aspectos chave para alavancar plantações florestais mistas com finalidade econômica no estado de São Paulo. O presente estudo demonstra que existem diferenças nos desempenhos silviculturais entre as espécies nativas utilizadas para produção de madeira sólida, assim como, as mesmas respondem de diferentes formas a depender do arranjo de plantio em que são submetidas.

Generalizar consórcios e espaçamentos para um grande número de espécies pode implicar em ramificações precoces ou redução de taxas de crescimento a depender das características de cada espécie. É importante que informações sobre o desempenho silvicultural de espécies nativas em plantações voltadas a produção sejam compiladas, auxiliando futuros projetos e ampliando o potencial dessas espécies para produção.

A elevada variação existente entre as árvores da mesma espécie é esperada quando se planta essências nativas que apresentam alta variabilidade genética. Fomentar programas de melhoramento a partir da coleta de sementes de árvores dominantes em sistemas silviculturais já existentes é um passo prioritário para que a pesquisa e desenvolvimento avance na busca por melhores características e maior produtividade.

Investigações futuras devem ser encorajadas em sistemas mais simplificados, avaliando a longo prazo os indicadores ecológicos e econômicos desses modelos. Outro campo de pesquisa é a compreensão de variáveis que podem influenciar a arquitetura e ritmo de crescimento de espécies nativas e que não foram mensuradas no presente estudo. Monitorar o crescimento após os desbastes, assim como, avaliar o potencial de uso desses subprodutos e atrelar essas informações aos custos operacionais de colheita e transporte, também serão essenciais para que os tomadores de decisão possam melhor avaliar as opções para investimento em plantações florestais mistas no estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- AGROICONE. **12 milhões de hectares em 12 casos reais**: Modelos econômicos para fomentar a recuperação ecológica no Brasil. Relatório final. São Paulo. 118p. 2017.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMAZONAS, N. T.; FORRESTER, D. I.; SILVA, C. C.; ALMEIDA, D. R.; ALVES; RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H.S. . **High diversity mixed plantations of Eucalyptus and native trees**: An interface between production and restoration for the tropics. **FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT JCR**, v. 417, p. 247-256, 2018.
- BACHA, C. J. C. **Eficácia da política de Reserva Legal no Brasil**. Teoria e Evidência Econômica, v. 13, n. 25, p. 9 -27, 2005.
- BATISTA, J. L. F. **Biometria Florestal Segundo o Axioma da Verossimilhança**. Tese de Livre-Docência. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo – ESALQ/USP, 2014.
- BAUHUS, J.; FORRESTER, D. I.; GARDINER, B.; JACTEL, H.; VALLEJO, R.; PRETZSCH, H. Ecological stability of mixed-species forests. In: PRETZSCH, H.; FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J. (Orgs.). **Mixed-Species Forests**: Ecology and Management. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 339– 384. 2017.
- BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. **A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012)**: Updates and ongoing initiatives. *Nat. Conservação* 14, 1– 15 (2016).
- BRANCALION, P. H. S.; DE ALMEIDA, D. R. A.; VIDAL, E.; MOLIN, P. G.; SONTAG, V. E.; SOUZA, S. E. X. F.; SCHULZE, M. D. **Fake legal logging in the Brazilian Amazon**. *SCIENCE ADVANCES*, v. 4, p. eaat1192, 2018.
- BRASIL. **Decreto Nº 8972 de 23 de janeiro de 2017**. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D8972.htm>. Acesso em 08. out. 2018.
- BRASIL. **Lei nº 12651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 28 de maio de 2012.
- BREUGEL, M.; HALL, J.S.; CRAVEN, D.J.; GREGOIRE, T.G.; PARK, A.; DENT, D.H.; WISHNIE, M.H.; MARISCAL, E.; DEAGO, J.; IBARRA, D.; CEDEÑO, N.;

ASTHON, M.S. **Early growth and survival of 49 tropical tree species across sites differing in soil fertility and rainfall in Panama.** *Forest Ecology and Management*, v. 261, p. 1580-1589, 2011.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003, vol. 1, 1039p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006, vol. 2, 627p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo – PR: Embrapa Florestas, 2008, vol. 3, 593p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo – PR: Embrapa Florestas, 2010, vol. 4I, 464p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo – PR: Embrapa Florestas, 2014, vol. 5.

CARPANEZZI, A.A. **Pesquisas da URPFCS-EMBRAPA sobre espécies brasileiras.** *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 928-933, 1982.

CHOI, Y. D. **Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration.** *Ecological Research*, v. 19, p. 75-81, 2004.

CONDIT, R.; HUBBEL, S.P.; FOSTER, R.B. **Identifying fast-growing native trees from the neotropics using data from a large, permanent census plot.** *Forest Ecology and Management*, v. 62, p. 123-143, 1993.

COSTA, M. S. S.; OHASHI, O. S.; SILVA, J. N. M.; SILVA, M. F. G. F. **Controle da broca do mogno através da preferência de ovoposição de *Hypsipyla grandella* Zeller sobre *Toona ciliata* M. J. Roem. plantado em consórcio com *Swietenia macrophylla* King.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2000, 3p. (Comunicado Técnico, 47).

EMBRAPA. **Solos do Estado de São Paulo.** 1999. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_WMS/G_PedologicoIAC/1435666706895/wms>. Acesso em 25 nov. 2018.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. **An evaluation of directing seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil.** *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 152, n. 1/3, p. 169-181, 2001.

ENGEL, V. L. & POGGIANI, F. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais.** *IPEF*, 43/44: 1-10, 1990.

ERSKINE, P. D.; LAMB, D.; BRISTOW, M. **Tree species diversity and ecosystem function: Can tropical multi-species plantations generate greater productivity?** In. *Forest Ecology and Management*. Amsterdam, v. 233, n. 2/3, p.205-210, 2006.

FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Mapeamento em Alta Resolução dos Biomas Brasileiros na escala 1:25.000**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://geo.fbds.org.br/Metadados.pdf>>. Acesso em 05 jun. 2018.

FGVces – **Financiamento da Recomposição Florestal com Exploração Econômica da Reserva Legal**. FGV EAESP, Centro de Estudos em Sustentabilidade, 2018. Disponível em:< <http://www.gvces.com.br/financiamento-da-recomposicao-florestal-com-exploracao-economica-da-reserva-legal?locale=pt-br>>. Acesso em 12 ago. 2018.

FORRESTER, D.; PRETZCH, H. Tamm Review: On the strength of evidence when comparing ecosystem functions of mixtures with monocultures. In. **Forest Ecology and Management**. p. 41–53. 2015, 356p.

GUIDOTTI, V., FREITAS, F., SPAROVEK, G., PINTO, L.F.G., HAMAMURA, C., CARVALHO, T.; CERIGNONI, F. **Números detalhados do novo código florestal e suas implicações para os PRAs**. IMAFLORA, 2017.

HOBBS, R. J. **Setting Effective and Realistic Restoration Goals**: Key Directions for Research. *Restoration Ecology*, v. 15, n. 2, p. 354-357, 2007.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? In. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 261, n. 10, p. 1558-1563, 2011.

HOLL, K. D.; HOWARTH, R. B. **Paying for Restoration**. *Restoration Ecology*, Malden, v. 8, n. 3, p. 260-267, 2000.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual da IBÁ 2017, ano base 2016**. Brasília: IBÁ, 2017. 80p. Disponível em: <<http://www.iba.org>>. Acesso em: 08 set. 2018.

JESUS, R. M.; GARCIA, A.; TSUSTUMI, I. Comportamento de doze espécies florestais na Mata Atlântica em povoamentos puros. In. **Revista do Instituto Florestal**, 4(2): 491-496, 1992.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. **Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas**. IPEF, Piracicaba, n. 41/42, p. 83-93, jan./dez. 1989.

KELTY, M. J. Comparative productivity of monocultures and mixed-species stands. In: KELTY, M. J.; LARSON, B. C.; OLIVER, C. D. (Eds.), **The Ecology and Silviculture of Mixed-species Forests**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 125–142. 1992.

KELTY, M. J. The role of species mixtures in plantation forestry. In. **Forest Ecology and Management**, 233: 195-204. 2006.

KRONKA, F. J. N.; MATSUCUMA, C. K.; NALON, M. A.; CALI, I. H. D.; ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A.; SHINIKE, M. S.; PONTINHAS, A. A. S. **Inventário florestal do estado de São Paulo**. Instituto Florestal, SP, 2008.

LAM, H. S.; MONTAGNINI, F.; FINNEY, C. **A comparison of growth and yield among four native and one exotic tree species in plantations on six farms at Las Lajas, Chiriqui Province, Western Panama.** J Sustain For (in press). 2010.

LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. **Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes.** Science, Washington, v. 310, n. 5754, p.1628-1632, 2005.

LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B.B.N.; BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GARDNER, T. Creating space for large-scale restoration in tropical agricultural landscapes. In. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 13, n. 4, p. 211-218, 2015.

LUNZ, A. M.; THOMAZINI, M. J.; MORAES, M. C. B.; NEVES, E. J. M.; BATISTA, T. F. C.; DEGENHARDT, J.; SOUSA, L. A.; OHASHI, O. S. ***Hypsipyla grandella* em mogno (*Swietenia macrophylla*): situação atual e perspectivas.** Pesquisa Florestal Brasileira, 59(2): 45-55, 2009.

LUZ, H. de F.; FERREIRA, M. **Ipê-felpudo (*Zeyhera tuberculosa*) Vell. Bur:** essência nativa pioneira com grande potencial silvicultural. IPEF, Piracicaba, (31): 13-32, 1985.

MENDONÇA, G. C.; CHICHORRO, J. F.; MENDONÇA, A. R.; GUIMARÃES, L. A. O. P. **Avaliação silvicultural de dez espécies nativas da Mata Atlântica.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 277-290. 2017.

OHASHI, O. S.; SILVA, J. N. M.; SILVA, M. F. G. F.; COSTA, M. S. S.; SARMENTO Jr, R. G.; SANTOS, E. B.; ALVES, M. Z. N.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, T. C. O.; BITTENCOURT, P. R. G.; BARBOSA, T. C.; SANTOS, T. M. **Manejo Integrado da broca do mogno *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep. Pyralidae).** Belém, Convênio Embrapa/FCAP com apoio do FUNTEC/SECTAM e do BASA, 2008, 33p.

ORELLANA, E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLLICO NETTO, S.; VANCLAY, J.K. **Predicting the dynamics of a native *Araucaria* forest using a distance-independent individual tree-growth model.** Forest Ecosystems, v.3, n. 12, 2016.

OLIVEIRA, I. R. **Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho de árvores de *Cariniana legalis* (Martius) O. Kuntze** submetidas a diferentes espaçamentos. Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, 2015.

OLIVEIRA, R. E.; SAIS, A.C. **Análise de instrumentos jurídicos para áreas de Reserva Legal em São Paulo: 2001 a 2016.** Espacios, v. 38, n. 41, 2017.

PADOVEZI, A.; ; BAZZARIAN, S.; CORRÊA, F.; GIORDANO, S. R.; BENINI, R.; RODRIGUES, R.R.; TOREZAN, J. M.D.; CHAZDON, R. A Reserva Legal que queremos para a Mata Atlântica. **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica,** Relatório Técnico, 2018.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H.C.; TAFARELLO, D. **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil.** São Paulo 274p, 2012.

PIOTTO, D.; MONTAGNINI, F.; UGALDE, L.; KANNINEN, M. Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. In: **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 177, p. 427-439, 2003.

PIOTTO, D.; MONTAGNINI, F.; KANNINEN, M.; UGALDE, L.; VÍQUEZ, E. **Forest plantations in Costa Rica and Nicaragua**: performance of species and preferences of farmers. *J Sustain Forestry* 18:59–77, 2004.

PIOTTO, D. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. In: **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 781-786, 2008.

PIOTTO, D.; CRAVEN, D.; MONTAGNINI, F.; ALICE, F. **Silvicultural and economic aspects of pure and mixed native trees species plantations on degraded pasturelands in humid Costa Rica**. *New Forests*, Dordrecht, v. 39, n. 3, p. 369-385, 2009.

PIOTTO, D.; ROLIM, S. G.; MONTAGNINI, F.; CALMON, M. Sistemas silviculturais com espécies nativas na Mata Atlântica: panorama, oportunidades e desafios. In: ROLIM, S.G.; PIOTTO, D. (Eds.) **Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica**. Editora Rona, Belo Horizonte, p. 9-19, 2018.

POOTER, L.; BONGERS, L.; BONGERS, F. **Architecture of 54 moist-forest tree species: traits, trade-offs, and functional groups**. *Ecology*, v. 87, n. 5, p. 1289-1301, 2006.

PREISKORN, G. M.; PIMENTA, D.; AMAZONAS, N. T.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; BELLOTO, A.; CUNHA, M. C.de S. Metodologia de restauração para fins de aproveitamento econômico (Reserva Legal e Áreas Agrícolas). In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, cap. 5, p. 158-175, 2009.

R CORE TEAM. 2017. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. Disponível em <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em 10 dez. 2018.

RODRIGUES, R. R. GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ARONSON, J.; BARRETO, T. E.; VIDAL, C. Y.; BRANCALION, P. H. S. **Large-scale ecological restoration of highdiversity tropical forests in SE Brazil**. In: *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 261, n. 10, p. 1605-1613, 2011.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. **On the restoration of high diversity forests**: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological conservation*, Essex, v. 142, p. 1242-1251, 2009.

ROLIM, S.; PIOTTO, D. (Eds) **Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica**. Editora Rona: Belo Horizonte. 160 p. 2018.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, D.; ORELLANA, E. Modelos de crescimento em diâmetro para 35 espécies da Mata Atlântica em plantios experimentais no norte do

Espírito Santo. In: ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. (Eds.) **Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica**. Editora Rona: Belo Horizonte, p.31-44, 2018b.

ROYALL, R. **Statistical evidence: a likelihood paradigm**. Boca Raton: Chapman & Hall, 1997.

SCHAITZA, E. G. **Implantação e manejo de florestas em pequenas propriedades no Estado do Paraná: um modelo para a conservação ambiental com inclusão social e viabilidade econômica**. Colombo. Embrapa Florestas. ISSN1517-526X; 167. p. 49, 2008. (Documentos).

SCHULZE, M.; VIDAL, E.; GROGAN, J.; ZWEEDE, J.; ZARIN, D. **Madeiras nobres em perigo: práticas e leis atuais de manejo florestal não garantem produção sustentável**. Ciência Hoje, 2005.

SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E. **Seleção dentro de progênies de polinização aberta de *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze (Lecythidaceae), visando à produção de sementes para recuperação ambiental**. Revista do Instituto Florestal v. 21, p. 27-37, 2009.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resolução nº 32 de 3 de abril de 2014**. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-sma-32-2014/>>. Acesso em 10 dez. 2018.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resolução nº 189 de 20 de dezembro de 2018**. Estabelece critérios e procedimentos para exploração sustentável de espécies nativas do Brasil no Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-sma-189-2018/>>. Acesso em 10 dez. 2018.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Florestas Nativas com Finalidade Econômica. **Modelos de Florestas Nativas ou Mistas: Indicadores de avaliação de funções ecológicas em florestas plantadas**. Produto Técnico, IPEF, v. 1, 99p, 2018.

SIDDIQUE, I. et al. **Dominance of legume trees alters nutrient relations in mixed species forest restoration planting within seven years**. Biogeochemistry, Dordrecht, v. 88, p. 89-101, 2008.

SIQUEIRA, A. C. M. F.; NOGUEIRA, J. C. B. Essências brasileiras e sua conservação genética no Instituto Florestal de São Paulo. In. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, p.1187, 1992.

SILVA, C. C. **Potencial de Espécies nativas para produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal**. Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, 2013.

SILVA, C. C. **Impacto ecológico e silvicultural do uso e colheita de eucalipto consorciado com espécies arbóreas nativas para a restauração da Mata**

Atlântica. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, 2017.

SILVA, M. C. A.; ROSA, L. S.; VIEIRA, T. A. **The efficiency of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) as natural barrier to attack by *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) on the Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla* King).** Acta Amazonica, 43: 19-24, 2013b.

SOARES-FILHO, B.; RAIJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNERIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENSAR, A. **Cracking Brazil's Forest Code**. Science, vol. 334, 2014.

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. In. **Scientia Forestalis**, 36: 7-14, 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, 40: 127-134, 2010.

SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; KLUG, I. L. F.; BARRETTO, A. G. O. P. Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. In. **Environmental Science and Technology**, 44, 6046–6053, 2010.

SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; BARRETTO, A. G. O. P.; KLUG, I. L. F. The revision of the Brazilian Forest act: increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? In. **Environmental Science & Policy**, v. 16, p. 65-72, 2012.

SPAROVEK, G. **Caminhos e escolhas na revisão do Código Florestal: quando a compensação compensa?** Visão Agrícola, p. 25-28, 2012.

STRASSBURG, B. B. N. et al. **Análise preliminar de modelos de restauração florestal como alternativa de renda para proprietários rurais na Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: IIS, 2014. 64 p. (Relatório Técnico IIS). Disponível em: <<http://www.iis-rio.org/>>. Acesso em 10 dez. 2018.

SUDING, K et al. Committing to ecological restoration. In. **Science**, v. 348, n 6235, p 638–640, 2015.

SUGANUMA, M. S. **Trajetórias sucessionais e fatores condicionantes na restauração de matas ciliares em região de floresta estacional semidecidual**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2013.

TRENTIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F.; GORENSTEIN, M.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração Florestal na Mata Atlântica: Passiva, Nucleação e Plantio de Alta Diversidade. In. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 160, 2018.

UNFCCC, 2015. **Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)**. Disponível em:

<http://unfccc.int/files/adaptation/application/pdf/all__parties_indc.pdf>. Acesso em 29 jan. 2017. VALLE, R. S. T. Reflorestar um pouco do Brasil: Um objetivo utópico?

In: MORAES, M.A (Org.). **Restauração de florestas e paisagens no Brasil**. Brasília: IUCN, 2016.

VERÍSSIMO, A; COCHRANE, M. A Risky Forest Policy in the Amazon? In. **Science** (299) 1843, 2003.

WAACK, R.; BIDERMAN, R. Restauração Florestal para uma economia de Baixo Carbono. In: MORAES, M.A (Org.). **Restauração de florestas e paisagens no Brasil**. Brasília: IUCN, 2016.

YARED, J.A.G.; CARPANEZZI, A.A.; CARVALHO FILHO, A.P. **Ensaio de espécies florestais no Planalto do Tapajós**. Embrapa, CPATU, Boletim de Pesquisa, 11, 22p, 1980.

WORSLEY, J. C; DRAKE, J. D. **Practical PostgreSQL**. O'Reilly Media, Sebastopol, 2002, 636p.

WRI BRASIL. **Valoração Econômica do Reflorestamento com Espécies Nativas** (VERENA), Relatório Técnico, 2017.

ZAKIA, M. J. B.; GUEDES PINTO, L. F. **Guia para aplicação da nova lei florestal em propriedades rurais**. IMAFLORA, 32 p, 2013.

APÊNDICE A –Estimativas dos parâmetros e índices de qualidade dos modelos de regressão utilizados na comparação do desempenho silvicultural de 20 espécies em sistemas silviculturais puros e mistos. O índice "ep.est" se refere ao erro padrão das estimativas que o modelo produz. Se a variável resposta do modelo for o DAP, esse erro estará em centímetros, se for altura (total ou de fuste) o erro estará em metros. Modelo parábola:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \varepsilon$$

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_0 est	β_0 (ep)	β_1 est	β_1 (ep)	β_2 est	β_2 (ep)	ep,est	R ²	AIC
<i>Cariniana legalis</i>	DAP	Geral	Parábola	-6,0835	1,5785	2,5303	0,4196	-0,0476	0,0267	2,5104	0,6856	2030,9025
	DAP	Puro	Parábola	-7,0900	5,3063	3,4806	1,2846	-0,1326	0,0753	2,5613	0,4106	882,6861
	DAP	Misto	Parábola	-0,9357	1,4872	0,6843	0,4157	0,0848	0,0274	2,1088	0,8169	1074,5192
	Altura Total	Geral	Parábola	-2,7158	1,0682	1,5100	0,2829	-0,0286	0,0179	1,6682	0,6326	1669,2174
	Altura Total	Puro	Parábola	-8,0281	2,7291	2,9056	0,6607	-0,1001	0,0387	1,3173	0,7155	635,3323
	Altura Total	Misto	Parábola	-0,5870	0,8550	0,8818	0,2379	0,0001	0,0156	1,1919	0,7345	786,2760
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-4,6727	1,2214	1,7669	0,3235	-0,0630	0,0205	1,9075	0,4230	1784,7951
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-18,6077	3,5865	5,2362	0,8683	-0,2579	0,0509	1,7311	0,4615	736,9652
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	-1,7008	1,1688	0,9049	0,3251	-0,0163	0,0213	1,6293	0,4525	939,4607
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	DAP	Geral	Parábola	-0,1674	1,7446	1,1935	0,4593	0,0168	0,0290	2,6456	0,5559	2052,3866
	DAP	Puro	Parábola	-4,0827	4,5396	2,7707	1,0990	-0,1006	0,0644	2,2948	0,3920	922,7998
	DAP	Misto	Parábola	5,8181	1,9399	-0,9129	0,5397	0,1660	0,0354	2,5859	0,6675	1066,2934
	Altura Total	Geral	Parábola	-0,2664	1,2432	1,2114	0,3273	-0,0199	0,0207	1,8853	0,4852	1762,3607
	Altura Total	Puro	Parábola	-0,6597	2,5440	1,4933	0,6159	-0,0349	0,0361	1,2860	0,5924	686,5281
	Altura Total	Misto	Parábola	1,8983	1,4781	0,4997	0,4112	0,0196	0,0270	1,9703	0,4520	944,4820
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-0,3358	1,4986	1,1774	0,3945	-0,0450	0,0249	2,2725	0,1563	1922,2846
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	0,1039	3,9620	1,3256	0,9592	-0,0514	0,0562	2,0028	0,1343	867,2734
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	2,4913	1,3924	0,2426	0,3874	0,0060	0,0254	1,8561	0,1402	917,7304
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	DAP	Geral	Parábola	-3,4535	1,4661	2,0826	0,3852	-0,0471	0,0243	2,2002	0,6055	1890,1847
	DAP	Puro	Parábola	-0,1166	4,2825	1,6298	1,0367	-0,0369	0,0608	2,1964	0,3817	931,3953
	DAP	Misto	Parábola	-0,8713	1,5922	1,0956	0,4429	0,0268	0,0291	2,0889	0,7227	940,4977
	Altura Total	Geral	Parábola	-2,7205	1,1625	2,0845	0,3054	-0,0742	0,0193	1,7446	0,5395	1692,0122
	Altura Total	Puro	Parábola	-3,9228	2,3568	2,6516	0,5705	-0,1060	0,0334	1,2087	0,6019	680,5521
	Altura Total	Misto	Parábola	0,7353	0,9149	0,9490	0,2545	-0,0101	0,0167	1,2003	0,6898	700,0484
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-0,1469	1,1851	0,9468	0,3113	-0,0378	0,0196	1,7785	0,1458	1708,4619
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-5,0579	3,8114	2,2022	0,9227	-0,1047	0,0541	1,9548	0,1347	882,4561
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	1,7841	0,8848	0,3819	0,2461	-0,0107	0,0162	1,1608	0,1557	685,5221
<i>Cabralea canjerana</i>	DAP	Geral	Parábola	-6,1348	2,0021	3,1055	0,5280	-0,0830	0,0334	3,1140	0,5850	2268,5757

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_0 est	β_0 (ep)	β_1 est	β_1 (ep)	β_2 est	β_2 (ep)	ep,est	R ²	AIC
	DAP	Puro	Parábola	-2,9640	7,1126	3,0948	1,7219	-0,1153	0,1009	3,6479	0,2263	1144,4777
	DAP	Misto	Parábola	-0,3003	1,4910	0,9531	0,4156	0,0743	0,0273	2,0392	0,8403	998,2466
	Altura Total	Geral	Parábola	-4,8673	1,1975	2,4846	0,3153	-0,0822	0,0199	1,8438	0,6396	1796,1257
	Altura Total	Puro	Parábola	-11,6260	3,5845	4,2533	0,8678	-0,1820	0,0509	1,8384	0,5533	856,6738
	Altura Total	Misto	Parábola	-2,2226	1,0969	1,6760	0,3052	-0,0372	0,0200	1,4848	0,7412	843,1575
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-0,3865	1,0761	0,9803	0,2833	-0,0395	0,0179	1,6569	0,1715	1701,8450
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-2,4915	3,0968	1,5570	0,7497	-0,0749	0,0439	1,5883	0,0979	795,2506
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,5582	1,2650	0,6725	0,3519	-0,0193	0,0231	1,7123	0,2026	909,0175
<i>Calophyllum brasiliense</i>	DAP	Geral	Parábola	-6,5458	1,3224	2,2959	0,3498	-0,0631	0,0222	2,1003	0,6229	1949,8957
	DAP	Puro	Parábola	-11,9579	2,8323	3,8960	0,6857	-0,1482	0,0402	1,4317	0,7373	730,3224
	DAP	Misto	Parábola	-2,4972	0,6725	1,0268	0,1876	0,0032	0,0123	0,9457	0,8680	675,6247
	Altura Total	Geral	Parábola	-4,4304	0,5219	1,9416	0,1378	-0,0730	0,0087	0,8213	0,8044	1102,3752
	Altura Total	Puro	Parábola	-4,1418	1,3528	1,8740	0,3275	-0,0624	0,0192	0,6838	0,8091	428,8445
	Altura Total	Misto	Parábola	-4,1045	0,4317	1,8643	0,1201	-0,0751	0,0079	0,6018	0,8867	451,3869
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-2,4131	1,0375	1,0945	0,2739	-0,0338	0,0173	1,6327	0,3379	1719,4483
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-6,1071	3,5585	1,8803	0,8615	-0,0829	0,0505	1,7988	0,1781	823,4579
<i>Cariniana estrellensis</i>	Altura do Fuste	Misto	Parábola	-3,1494	0,8434	1,3515	0,2346	-0,0442	0,0154	1,1758	0,6359	779,5959
	DAP	Geral	Parábola	-4,2044	1,8759	2,0752	0,4953	-0,0148	0,0313	2,9520	0,6196	2251,2738
	DAP	Puro	Parábola	-2,6345	5,9290	2,5496	1,4354	-0,0778	0,0841	2,9971	0,3336	1031,7466
	DAP	Misto	Parábola	2,2282	1,7073	-0,2632	0,4750	0,1534	0,0312	2,3800	0,7934	1125,1452
	Altura Total	Geral	Parábola	-3,4532	1,0267	1,8081	0,2711	-0,0387	0,0172	1,6156	0,6990	1709,9894
	Altura Total	Puro	Parábola	-6,9301	2,2900	2,8450	0,5544	-0,0960	0,0325	1,1576	0,7671	643,6170
	Altura Total	Misto	Parábola	-0,8709	0,9835	0,9884	0,2736	0,0063	0,0180	1,3711	0,7587	854,9060
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-0,4973	0,8322	0,6852	0,2197	-0,0163	0,0139	1,3096	0,3113	1521,3849
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-3,1636	2,2491	1,4108	0,5445	-0,0648	0,0319	1,1369	0,1930	636,2540
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,3474	1,0109	0,3921	0,2812	0,0073	0,0185	1,4093	0,3904	868,3643
	DAP	Geral	Parábola	-7,8576	2,5093	3,7897	0,6619	-0,1043	0,0419	3,9017	0,5622	2462,8144
	DAP	Puro	Parábola	0,5413	5,6215	2,0693	1,3609	-0,0488	0,0798	2,8417	0,3612	1010,0138
	DAP	Misto	Parábola	-8,2442	2,4386	3,6198	0,6784	-0,0522	0,0445	3,3506	0,7831	1255,9504
	Altura Total	Geral	Parábola	-2,7140	1,0036	2,2825	0,2647	-0,0730	0,0167	1,5604	0,6934	1652,6831
	Altura Total	Puro	Parábola	-7,5158	2,8925	3,6452	0,7002	-0,1537	0,0410	1,4621	0,6069	738,9045
	Altura Total	Misto	Parábola	-0,0539	0,9700	1,4251	0,2699	-0,0210	0,0177	1,3328	0,7774	817,1508
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	2,1419	0,7285	0,3192	0,1922	-0,0076	0,0122	1,1327	0,1152	1369,4652

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_0 est	β_0 (ep)	β_1 est	β_1 (ep)	β_2 est	β_2 (ep)	ep,est	R ²	AIC
<i>Dalbergia nigra</i>	Altura do Fuste	Puro	Parábola	0,7865	2,2098	0,6524	0,5350	-0,0225	0,0314	1,1171	0,1495	629,0761
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	2,6304	0,7526	0,1906	0,2094	-0,0044	0,0137	1,0340	0,0677	696,3329
	DAP	Geral	Parábola	-5,5237	2,1249	2,9387	0,5616	-0,0893	0,0356	3,2872	0,4837	2253,9140
	DAP	Puro	Parábola	2,6385	7,0712	1,3513	1,7138	-0,0302	0,1005	3,5968	0,1393	1111,5629
	DAP	Misto	Parábola	-4,3728	1,7633	2,3047	0,4932	-0,0198	0,0325	2,3945	0,7830	1041,0239
	Altura Total	Geral	Parábola	-3,8386	1,0375	2,2401	0,2731	-0,0743	0,0172	1,5732	0,6632	1607,4906
	Altura Total	Puro	Parábola	-4,2627	3,4992	2,3982	0,8471	-0,0851	0,0496	1,7688	0,4657	816,5955
	Altura Total	Misto	Parábola	-3,2593	1,0302	2,0417	0,2866	-0,0612	0,0188	1,3732	0,7727	782,7501
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-1,2553	0,7681	0,9905	0,2022	-0,0434	0,0128	1,1648	0,2416	1350,2151
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-7,7901	2,4431	2,6045	0,5915	-0,1321	0,0347	1,2350	0,2438	670,0240
<i>Paratecoma peroba</i>	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,3893	0,5746	0,5257	0,1599	-0,0204	0,0105	0,7659	0,2978	521,2036
	DAP	Geral	Parábola	-8,2305	2,2120	3,2974	0,5835	-0,0961	0,0369	3,3884	0,5412	2269,4993
	DAP	Puro	Parábola	-3,9812	7,1012	3,0650	1,7191	-0,1168	0,1008	3,6421	0,2102	1143,8029
	DAP	Misto	Parábola	-1,7251	1,9723	0,8930	0,5517	0,0792	0,0363	2,6377	0,7634	1051,2884
	Altura Total	Geral	Parábola	-5,6199	1,5114	2,3273	0,3971	-0,0720	0,0250	2,2682	0,5368	1916,1869
	Altura Total	Puro	Parábola	-10,6818	4,1101	3,7605	0,9950	-0,1501	0,0583	2,1080	0,5012	914,1443
	Altura Total	Misto	Parábola	-2,0805	1,2021	1,2225	0,3344	-0,0131	0,0219	1,5771	0,6810	818,5306
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-0,8228	0,8483	0,6567	0,2229	-0,0171	0,0141	1,2730	0,2783	1422,9102
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-3,9656	2,4499	1,5356	0,5931	-0,0733	0,0348	1,2565	0,1519	696,8391
<i>Cordia trichotoma</i>	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,7446	0,9610	0,1318	0,2674	0,0198	0,0175	1,2609	0,3726	721,4025
	DAP	Geral	Parábola	1,4393	2,0038	0,7444	0,5263	-0,0096	0,0332	2,9107	0,1456	1999,8368
	DAP	Puro	Parábola	3,9902	6,4329	0,1946	1,5574	0,0199	0,0913	3,2037	0,0760	1027,9372
	DAP	Misto	Parábola	1,6600	2,0580	0,6331	0,5725	-0,0012	0,0376	2,6115	0,2187	970,7946
	Altura Total	Geral	Parábola	1,8099	1,1891	0,4737	0,3123	0,0049	0,0197	1,7273	0,2941	1581,3209
	Altura Total	Puro	Parábola	1,1288	4,0404	0,6766	0,9781	-0,0029	0,0573	2,0122	0,2238	843,7634
	Altura Total	Misto	Parábola	2,6092	0,9687	0,2370	0,2695	0,0141	0,0177	1,2293	0,4043	664,8677
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	1,6471	0,7334	0,2239	0,1926	0,0014	0,0121	1,0654	0,1795	1193,7757
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-0,9043	2,4475	0,8593	0,5925	-0,0350	0,0347	1,2189	0,1260	645,2628
<i>Handroanthus albus</i>	Altura do Fuste	Misto	Parábola	2,3031	0,6922	0,0312	0,1926	0,0127	0,0126	0,8784	0,2472	528,4206
	DAP	Geral	Parábola	-0,9273	1,9471	1,7568	0,5152	-0,0555	0,0327	2,9589	0,2794	2063,0683
	DAP	Puro	Parábola	4,0555	7,3248	0,8539	1,7733	-0,0204	0,1039	3,4781	0,0597	964,5245
	DAP	Misto	Parábola	0,3969	1,7934	1,1965	0,4989	-0,0088	0,0327	2,4276	0,4923	1070,2775

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_{0est}	$\beta_{0(ep)}$	β_{1est}	$\beta_{1(ep)}$	β_{2est}	$\beta_{2(ep)}$	ep,est	R ²	AIC
	Altura Total	Geral	Parábola	-1,1315	1,1020	1,3169	0,2916	-0,0408	0,0185	1,6746	0,4136	1595,1428
	Altura Total	Puro	Parábola	-1,5644	3,4847	1,4921	0,8436	-0,0473	0,0494	1,6547	0,3416	697,0892
	Altura Total	Misto	Parábola	-0,2400	1,1405	1,0402	0,3173	-0,0282	0,0208	1,5439	0,4467	861,1819
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	0,8158	0,6536	0,4813	0,1729	-0,0184	0,0110	0,9933	0,1439	1165,8101
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-3,3817	2,6133	1,5281	0,6327	-0,0773	0,0371	1,2409	0,1011	593,4950
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	1,7445	0,4847	0,2108	0,1348	-0,0036	0,0088	0,6561	0,2245	465,8171
<i>Swietenia macrophylla</i>	DAP	Geral	Parábola	-3,0995	1,7558	1,8167	0,4622	-0,0426	0,0292	2,6212	0,4440	1982,5084
	DAP	Puro	Parábola	-7,5584	5,5894	3,3882	1,3531	-0,1428	0,0793	2,7836	0,2697	972,2748
	DAP	Misto	Parábola	2,4380	1,1802	-0,0427	0,3283	0,0748	0,0215	1,5484	0,7172	810,5556
	Altura Total	Geral	Parábola	-1,7707	1,1231	1,1995	0,2956	-0,0209	0,0187	1,6766	0,5278	1611,6311
	Altura Total	Puro	Parábola	-4,7273	2,3911	2,0752	0,5789	-0,0635	0,0339	1,1908	0,6760	636,0317
	Altura Total	Misto	Parábola	0,8968	0,6882	0,3806	0,1915	0,0180	0,0126	0,9029	0,7251	576,4659
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	0,0879	0,4242	0,4965	0,1117	-0,0183	0,0071	0,6332	0,3193	803,4298
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-1,7179	1,3978	0,9611	0,3384	-0,0453	0,0198	0,6961	0,1987	423,4382
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,6613	0,4182	0,3203	0,1163	-0,0076	0,0076	0,5487	0,4160	360,3059
<i>Tabebuia roseoalba</i>	DAP	Geral	Parábola	-4,2148	2,0535	2,2104	0,5432	-0,0750	0,0344	3,1216	0,3229	2112,1887
	DAP	Puro	Parábola	-1,7287	7,5215	1,8633	1,8209	-0,0550	0,1067	3,7458	0,1550	1089,8484
	DAP	Misto	Parábola	-1,7509	1,4696	1,3706	0,4120	-0,0276	0,0272	1,9553	0,5537	899,2804
	Altura Total	Geral	Parábola	-0,7386	0,9009	1,0781	0,2369	-0,0338	0,0149	1,3269	0,4168	1393,6231
	Altura Total	Puro	Parábola	-1,3211	2,6616	1,2921	0,6444	-0,0411	0,0378	1,3255	0,3752	678,4731
	Altura Total	Misto	Parábola	0,4749	0,6915	0,7075	0,1924	-0,0180	0,0126	0,8924	0,5487	553,1334
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	0,4206	0,4365	0,3807	0,1148	-0,0129	0,0072	0,6430	0,2430	802,4507
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-0,7998	1,3277	0,6946	0,3214	-0,0324	0,0188	0,6612	0,1340	403,0689
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,7509	0,4847	0,2742	0,1348	-0,0051	0,0088	0,6256	0,3338	403,9200
<i>Astronium concinnum</i>	DAP	Geral	Parábola	-3,7307	2,0206	2,0542	0,5313	-0,0630	0,0335	2,9760	0,3485	2052,7539
	DAP	Puro	Parábola	-1,4042	7,1122	1,8904	1,7218	-0,0732	0,1009	3,5952	0,0894	1105,9840
	DAP	Misto	Parábola	-0,5478	1,5924	0,8517	0,4443	0,0283	0,0292	2,0419	0,6670	875,1655
	Altura Total	Geral	Parábola	-2,1387	1,4016	1,4257	0,3678	-0,0443	0,0232	2,0416	0,3464	1740,9882
	Altura Total	Puro	Parábola	-1,1167	4,8363	1,2986	1,1708	-0,0369	0,0686	2,4447	0,1833	948,6310
	Altura Total	Misto	Parábola	-0,8723	1,0804	0,9932	0,3006	-0,0197	0,0197	1,3710	0,5662	709,1908
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	0,6343	0,5755	0,4075	0,1510	-0,0128	0,0095	0,8382	0,2005	1016,3493
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	0,4556	1,6225	0,4964	0,3928	-0,0210	0,0230	0,8202	0,0831	503,0274
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	1,0261	0,6704	0,2603	0,1865	-0,0008	0,0122	0,8508	0,3003	515,4509

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_0 est	β_0 (ep)	β_1 est	β_1 (ep)	β_2 est	β_2 (ep)	ep,est	R ²	AIC
<i>Amburana cearensis</i>	DAP	Geral	Parábola	-3,7067	1,2041	1,6673	0,3192	-0,0163	0,0203	1,9018	0,7008	1802,8445
	DAP	Puro	Parábola	-8,2038	4,2946	2,9103	1,0386	-0,1023	0,0608	2,1509	0,4703	887,6480
	DAP	Misto	Parábola	-2,1810	1,0650	1,1189	0,2986	0,0306	0,0197	1,4805	0,8548	852,6752
	Altura Total	Geral	Parábola	-3,0399	0,5747	1,4863	0,1516	-0,0485	0,0096	0,8803	0,7435	1113,0674
	Altura Total	Puro	Parábola	-4,8158	1,8933	1,9022	0,4584	-0,0665	0,0269	0,9429	0,6688	543,5941
	Altura Total	Misto	Parábola	-2,5955	0,4274	1,3845	0,1189	-0,0484	0,0078	0,5785	0,8689	407,6977
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	0,3196	0,3825	0,3217	0,1009	-0,0084	0,0064	0,5860	0,3079	763,8391
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-2,9165	1,3419	1,0890	0,3249	-0,0504	0,0190	0,6683	0,2816	407,2580
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,7580	0,3385	0,2145	0,0942	-0,0039	0,0062	0,4582	0,3689	299,9732
<i>Paubrasília echinata</i>	DAP	Geral	Parábola	-0,7434	1,1535	0,6204	0,3113	0,0390	0,0200	1,7454	0,6895	1388,1167
	DAP	Puro	Parábola	-7,9704	5,9857	2,5635	1,4517	-0,0907	0,0852	2,2870	0,3805	526,0743
	DAP	Misto	Parábola	0,4596	0,9183	0,2004	0,2574	0,0738	0,0170	1,2766	0,8464	783,3264
	Altura Total	Geral	Parábola	-1,8042	0,5240	1,1600	0,1405	-0,0305	0,0090	0,7703	0,7814	803,9803
	Altura Total	Puro	Parábola	-7,0653	1,8186	2,3405	0,4403	-0,0903	0,0258	0,6872	0,8085	242,9485
	Altura Total	Misto	Parábola	-1,6451	0,5391	1,1575	0,1500	-0,0346	0,0098	0,7298	0,7953	514,9903
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	0,5949	0,3656	0,2783	0,0981	-0,0063	0,0063	0,5375	0,3347	555,6262
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-1,6036	1,4658	0,7565	0,3549	-0,0326	0,0208	0,5539	0,2963	193,7818
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,5061	0,3846	0,3226	0,1070	-0,0094	0,0070	0,5206	0,3820	358,9393
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	DAP	Geral	Parábola	-3,8552	0,7531	1,4882	0,2048	-0,0273	0,0132	1,3058	0,7576	1474,9378
	DAP	Puro	Parábola	-7,2480	2,8357	2,4731	0,6881	-0,0991	0,0404	1,3872	0,5017	665,0490
	DAP	Misto	Parábola	-2,6142	0,6641	1,0227	0,1914	0,0139	0,0128	1,0099	0,8928	710,8055
	Altura Total	Geral	Parábola	-1,1446	0,5021	0,8664	0,1327	-0,0190	0,0084	0,7650	0,7000	964,9859
	Altura Total	Puro	Parábola	-3,6814	1,4982	1,5092	0,3627	-0,0582	0,0213	0,7232	0,6107	412,2540
	Altura Total	Misto	Parábola	-0,6178	0,5857	0,7005	0,1630	-0,0071	0,0107	0,7929	0,7388	553,3047
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-0,3674	0,4192	0,4626	0,1108	-0,0145	0,0070	0,6388	0,3691	814,6368
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-0,1794	0,9189	0,4657	0,2225	-0,0195	0,0130	0,4435	0,2198	230,4045
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	-0,1710	0,5261	0,3717	0,1464	-0,0047	0,0096	0,7121	0,4745	503,6852
<i>Hymenaea courbaril</i>	DAP	Geral	Parábola	-1,7249	1,2884	0,8175	0,3429	0,0079	0,0218	2,0688	0,4706	1910,5507
	DAP	Puro	Parábola	-10,4748	4,0643	2,8288	0,9911	-0,1104	0,0584	2,1081	0,3956	901,1647
	DAP	Misto	Parábola	-1,8417	1,3392	0,9258	0,3771	0,0043	0,0249	1,8924	0,5895	979,9039
	Altura Total	Geral	Parábola	-2,2183	0,8716	1,1445	0,2299	-0,0324	0,0145	1,3352	0,4897	1470,4466
	Altura Total	Puro	Parábola	-8,1333	2,8217	2,4195	0,6831	-0,0978	0,0400	1,4052	0,4705	701,5959
	Altura Total	Misto	Parábola	-2,5057	0,9079	1,3329	0,2526	-0,0503	0,0166	1,2290	0,5331	755,8042

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_0 est	β_0 (ep)	β_1 est	β_1 (ep)	β_2 est	β_2 (ep)	ep,est	R ²	AIC
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Altura do Fuste	Geral	Parábola	-0,3798	0,4532	0,4581	0,1195	-0,0130	0,0076	0,6942	0,3621	909,2899
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-3,7684	1,3140	1,2104	0,3181	-0,0550	0,0186	0,6544	0,3633	398,9428
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	-0,4928	0,5137	0,5319	0,1429	-0,0180	0,0094	0,6954	0,4189	492,6758
	DAP	Geral	Parábola	-2,5048	1,1455	1,2137	0,3019	-0,0282	0,0191	1,7593	0,4449	1734,9078
	DAP	Puro	Parábola	-1,8167	3,5551	1,1244	0,8616	-0,0345	0,0505	1,8344	0,2053	859,8020
	DAP	Misto	Parábola	-2,4160	1,0718	1,1132	0,2990	-0,0101	0,0197	1,4423	0,6934	808,3074
	Altura Total	Geral	Parábola	-1,2901	0,8277	0,9717	0,2177	-0,0261	0,0137	1,2585	0,4533	1436,1810
	Altura Total	Puro	Parábola	-2,9869	2,6865	1,3454	0,6504	-0,0466	0,0381	1,3778	0,3258	735,5522
	Altura Total	Misto	Parábola	-1,3667	0,8548	1,0188	0,2378	-0,0296	0,0156	1,1394	0,5634	699,1407
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Altura do Fuste	Geral	Parábola	0,3082	0,4233	0,3742	0,1113	-0,0132	0,0070	0,6435	0,2225	853,9891
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-0,2700	1,2647	0,5280	0,3062	-0,0245	0,0179	0,6486	0,0882	419,1150
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,4158	0,4591	0,3299	0,1277	-0,0079	0,0084	0,6120	0,3769	420,6818
	DAP	Geral	Parábola	-2,7419	1,3034	0,9424	0,3471	0,0125	0,0221	2,0082	0,5799	1702,1480
	DAP	Puro	Parábola	-31,4634	4,8189	7,9195	1,1666	-0,4000	0,0684	2,1302	0,5110	683,6147
	DAP	Misto	Parábola	0,2534	1,1990	0,0867	0,3336	0,0724	0,0219	1,6714	0,7184	951,9647
	Altura Total	Geral	Parábola	-3,6167	1,0591	1,5304	0,2820	-0,0403	0,0180	1,6317	0,5715	1535,6552
	Altura Total	Puro	Parábola	-28,0536	3,9436	7,2890	0,9547	-0,3595	0,0560	1,7432	0,6190	621,0717
	Altura Total	Misto	Parábola	-1,5707	0,8524	1,0529	0,2371	-0,0197	0,0156	1,1882	0,6720	784,7760
	Altura do Fuste	Geral	Parábola	0,0814	0,5790	0,4165	0,1542	-0,0088	0,0098	0,8920	0,2996	1051,3519
	Altura do Fuste	Puro	Parábola	-6,3665	2,4838	1,9152	0,6013	-0,0905	0,0352	1,0980	0,2829	476,8415
	Altura do Fuste	Misto	Parábola	0,5155	0,4861	0,3309	0,1352	-0,0066	0,0089	0,6776	0,3710	509,5593

APÊNDICE B – Estimativas dos parâmetros e índices de qualidade dos modelos de regressão utilizados na comparação do desempenho silvicultural de 6 espécies em três diferentes sistemas silviculturais mistos. O índice "ep.est" se refere ao erro padrão das estimativas que o modelo produz. Se a variável resposta do modelo for o DAP, esse erro estará em centímetros, se for altura (total ou de fuste) o erro estará em metros. Modelo parábola: $y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \varepsilon$. Modelo potência: $y = \beta_0x^{\beta_1} + \varepsilon$.

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_0 est	β_0 (ep)	β_1 est	β_1 (ep)	β_2 est	β_2 (ep)	ep,est	R ²	AIC
<i>Cariniana legalis</i>	DAP	Geral	Potência	0,9268	0,0902	1,1760	0,0457	-	-	2,7511	0,6783	2172,3944
	DAP	Sistema I	Potência	0,3238	0,0458	1,6482	0,0632	-	-	2,1047	0,8169	1072,5721
	DAP	Sistema II	Potência	0,0427	0,0200	2,8259	0,2726	-	-	1,3705	0,7128	284,9036
	DAP	Sistema III	Potência	1,8731	0,2093	1,1437	0,0907	-	-	1,6829	0,6978	461,6906
	Altura Total	Geral	Parábola	3,1921	0,2858	-0,0433	0,1027	0,0540	0,0080	1,3133	0,6706	1507,0513
	Altura Total	Sistema I	Parábola	-0,5870	0,8550	0,8818	0,2379	0,0001	0,0156	1,1919	0,7345	786,2760
	Altura Total	Sistema II	Parábola	3,3075	1,3461	-0,9480	0,6091	0,1909	0,0665	0,6759	0,6257	171,3582
	Altura Total	Sistema III	Parábola	1,1954	0,4313	1,1202	0,3571	0,0176	0,0669	0,6937	0,7662	253,5211
	Altura do Fuste	Geral	Potência	0,5832	0,0633	0,9745	0,0519	-	-	1,4253	0,5060	1578,6909
	Altura do Fuste	Sistema I	Potência	0,3590	0,0817	1,2027	0,1033	-	-	1,6304	0,4496	938,7951
	Altura do Fuste	Sistema II	Potência	0,6964	0,1369	0,6104	0,1224	-	-	0,4247	0,2528	95,1166
	Altura do Fuste	Sistema III	Potência	1,5669	0,1343	0,4463	0,0760	-	-	0,7442	0,2715	269,1375
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	DAP	Geral	Potência	2,5386	0,1452	0,6951	0,0290	-	-	2,5129	0,5881	2349,0716
	DAP	Sistema I	Potência	0,4951	0,0915	1,4291	0,0832	-	-	2,6494	0,6496	1076,1729
	DAP	Sistema II	Potência	1,3849	0,1016	1,1166	0,0460	-	-	1,0690	0,8520	434,8176
	DAP	Sistema III	Potência	3,5202	0,1992	0,6550	0,0493	-	-	1,4306	0,6549	473,1207
	Altura Total	Geral	Potência	2,5655	0,1116	0,5230	0,0228	-	-	1,5839	0,5632	1886,5570
	Altura Total	Sistema I	Potência	1,1857	0,1870	0,8724	0,0727	-	-	1,9703	0,4495	943,5021
	Altura Total	Sistema II	Potência	2,1032	0,1285	0,6562	0,0402	-	-	0,8342	0,6963	362,9096
	Altura Total	Sistema III	Potência	2,6902	0,1211	0,6302	0,0394	-	-	0,8625	0,7328	339,5364
	Altura do Fuste	Geral	Potência	2,8857	0,1334	0,2808	0,0258	-	-	1,4822	0,2179	1820,0819
	Altura do Fuste	Sistema I	Potência	1,6673	0,3271	0,5182	0,0923	-	-	1,8540	0,1383	916,2432
	Altura do Fuste	Sistema II	Potência	2,2754	0,1548	0,4902	0,0457	-	-	0,8505	0,4871	368,5129
	Altura do Fuste	Sistema III	Potência	2,5166	0,1429	0,5109	0,0508	-	-	0,9803	0,5042	373,3254
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	DAP	Geral	Potência	1,5047	0,0895	0,9167	0,0291	-	-	2,0095	0,7370	2044,6100
	DAP	Sistema I	Potência	0,6747	0,0968	1,2771	0,0650	-	-	2,0837	0,7227	938,4391
	DAP	Sistema II	Potência	0,8335	0,1144	1,2554	0,0853	-	-	1,4260	0,6933	536,1261
	DAP	Sistema III	Potência	2,3229	0,1713	0,8530	0,0620	-	-	1,1973	0,7139	371,7629
	Altura Total	Geral	Potência	1,9990	0,0670	0,6543	0,0171	-	-	1,0742	0,7915	1440,8893

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_0 est	β_0 (ep)	β_1 est	β_1 (ep)	β_2 est	β_2 (ep)	ep,est	R ²	AIC
	Altura Total	Sistema I	Potência	1,4061	0,1276	0,8163	0,0420	-	-	1,1983	0,6894	698,3094
	Altura Total	Sistema II	Potência	1,6473	0,1136	0,7428	0,0449	-	-	0,8197	0,6962	370,0358
	Altura Total	Sistema III	Potência	2,3888	0,1032	0,6465	0,0374	-	-	0,6599	0,7792	234,7223
	Altura do Fuste	Geral	Potência	1,5317	0,0744	0,4624	0,0258	-	-	0,9537	0,4339	1326,1432
	Altura do Fuste	Sistema I	Potência	1,8102	0,2552	0,3985	0,0669	-	-	1,1586	0,1550	683,7165
	Altura do Fuste	Sistema II	Potência	1,6125	0,1337	0,3260	0,0570	-	-	0,6349	0,1946	293,4012
	Altura do Fuste	Sistema III	Potência	1,9102	0,1171	0,3263	0,0566	-	-	0,6721	0,2580	238,9582
<i>Cordia trichotoma</i>	DAP	Geral	Potência	5,6518	0,3861	0,1814	0,0395	-	-	3,7030	0,0526	2595,6833
	DAP	Sistema I	Potência	1,5158	0,3431	0,7145	0,1052	-	-	2,6050	0,2188	968,7932
	DAP	Sistema II	Potência	1,3804	0,1638	1,2041	0,0740	-	-	1,9293	0,7358	626,8164
	DAP	Sistema III	Potência	3,5364	0,3805	0,9639	0,0890	-	-	2,8385	0,6197	604,7606
	Altura Total	Geral	Potência	3,3969	0,1279	0,2821	0,0211	-	-	1,3544	0,3056	1640,1755
	Altura Total	Sistema I	Potência	1,4911	0,1882	0,6300	0,0590	-	-	1,2327	0,3980	665,0181
	Altura Total	Sistema II	Potência	2,0238	0,1212	0,7152	0,0391	-	-	0,8499	0,7389	380,8840
	Altura Total	Sistema III	Potência	2,5671	0,1261	0,6721	0,0422	-	-	0,8140	0,7418	299,9842
	Altura do Fuste	Geral	Potência	2,1144	0,0867	0,2465	0,0233	-	-	0,8855	0,2035	1236,4310
	Altura do Fuste	Sistema I	Potência	1,2588	0,1728	0,4863	0,0647	-	-	0,8823	0,2366	529,2586
	Altura do Fuste	Sistema II	Potência	1,9221	0,1380	0,2856	0,0497	-	-	0,6304	0,1963	291,2414
	Altura do Fuste	Sistema III	Potência	2,0974	0,1780	0,3700	0,0769	-	-	1,0212	0,1934	355,3213
<i>Swietenia macrophylla</i>	DAP	Geral	Potência	2,6503	0,1313	0,5248	0,0260	-	-	1,8699	0,4900	2040,6331
	DAP	Sistema I	Potência	0,4960	0,0722	1,2817	0,0659	-	-	1,5682	0,7086	815,0808
	DAP	Sistema II	Potência	1,6931	0,1369	0,8187	0,0522	-	-	1,0680	0,6853	449,4109
	DAP	Sistema III	Potência	2,9649	0,1903	0,6992	0,0556	-	-	1,3986	0,6252	463,6401
	Altura Total	Geral	Potência	3,0693	0,1137	0,3058	0,0206	-	-	1,2971	0,3346	1676,3258
	Altura Total	Sistema I	Potência	0,6212	0,0671	1,0191	0,0495	-	-	0,9048	0,7226	576,4010
	Altura Total	Sistema II	Potência	2,0866	0,1298	0,6395	0,0410	-	-	0,8426	0,6777	378,2945
	Altura Total	Sistema III	Potência	2,9684	0,1344	0,5061	0,0407	-	-	0,9291	0,5933	356,4866
	Altura do Fuste	Geral	Potência	3,2288	0,1339	0,0170	0,0255	-	-	1,2033	0,0010	1601,6104
	Altura do Fuste	Sistema I	Potência	0,8220	0,0887	0,5767	0,0506	-	-	0,5478	0,4151	358,6205
	Altura do Fuste	Sistema II	Potência	2,1457	0,1703	0,5136	0,0531	-	-	0,9740	0,4369	421,7622
	Altura do Fuste	Sistema III	Potência	2,7498	0,1436	0,2023	0,0510	-	-	0,9240	0,1174	355,0358
<i>Astronium concinnum</i>	DAP	Geral	Potência	2,2441	0,1484	0,6666	0,0338	-	-	2,3832	0,5122	2126,6918
	DAP	Sistema I	Potência	0,5473	0,0941	1,2954	0,0778	-	-	2,0373	0,6669	873,2662

Espécie	Variável	Sistema	Modelo	β_0 est	β_0 (ep)	β_1 est	β_1 (ep)	β_2 est	β_2 (ep)	ep,est	R ²	AIC
	DAP	Sistema II	Potência	0,6035	0,0927	1,4969	0,0940	-	-	1,4931	0,7335	531,7240
	DAP	Sistema III	Potência	2,4360	0,1690	0,9747	0,0575	-	-	1,2548	0,8030	382,5388
	Altura Total	Geral	Potência	2,2307	0,0983	0,4836	0,0234	-	-	1,2735	0,5199	1541,8164
	Altura Total	Sistema I	Potência	0,7790	0,1171	0,9592	0,0690	-	-	1,3705	0,5644	708,0340
	Altura Total	Sistema II	Potência	1,7939	0,1364	0,6291	0,0501	-	-	0,8616	0,5772	372,2783
	Altura Total	Sistema III	Potência	2,2862	0,1024	0,6579	0,0388	-	-	0,6579	0,7746	234,0415
	Altura do Fuste	Geral	Potência	1,8119	0,0723	0,2767	0,0223	-	-	0,7538	0,2677	1056,2050
	Altura do Fuste	Sistema I	Potência	0,8478	0,1318	0,6206	0,0727	-	-	0,8493	0,2992	513,7576
	Altura do Fuste	Sistema II	Potência	1,7181	0,1395	0,3532	0,0556	-	-	0,6691	0,2468	298,9466
	Altura do Fuste	Sistema III	Potência	1,8420	0,0835	0,3106	0,0420	-	-	0,4771	0,3624	160,1204