



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Monique Silva Costa

**Dendrocronologia e caracterização do crescimento radial de espécies da
família Leguminosae em uma Floresta Estacional Semidecidual das Terras
Baixas – Mata Atlântica**

Rio de Janeiro

2015

Monique Silva Costa

**Dendrocronologia e caracterização do crescimento radial de espécies da família
Leguminosae em uma Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas – Mata
Atlântica**

Tese apresentada, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor, ao Programa de
Pós-Graduação em Biologia Vegetal, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof.^a Dra. Cátia Henriques Callado

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Botosso

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

C837 Costa, Monique Silva.
Dendrocronologia e caracterização do crescimento radial de espécies da família Leguminosae em uma Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas: Mata Atlântica /Monique Silva Costa. – 2015.
103f. : il.

Orientadora.:Cátia Henriques Callado
Coorientador: Paulo Cesar Botosso
Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes.

1. Árvores - Mata Atlântica - Teses. I. Callado, Cátia Henriques. II. Botosso, Paulo Cesar. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes. IV. Título.

CDU 582(81)

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Monique Silva Costa

Dendrocronologia e caracterização do crescimento radial de espécies da família Leguminosae em uma Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas – Mata Atlântica

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 01 de setembro de 2015.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Cátia Henriques Callado (Orientadora)

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof.^a Dra. Maura da Cunha

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Prof.^a Dra. Helena Regina Pinto Lima

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Ricardo Cardoso Vieira

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Gustavo Calderucio Duque Estrada

Faculdade de Oceanografia - UERJ

Rio de Janeiro

2015

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a. Cátia Henriques Callado, pela orientação desde a iniciação científica até o desenvolvimento deste trabalho, por todas as oportunidades, pelo apoio, pelas trocas e pelo aprendizado.

Ao Prof. Dr. Paulo Cesar Botosso, pela coorientação e pela oportunidade de fazer parte deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Florestas) pelo auxílio financeiro para a realização dos trabalhos de campo.

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo auxílio financeiro para a realização dos trabalhos de laboratório.

A Gilberto Terra Ribeiro Alves, responsável pela coordenação de pesquisas da Reserva Natural Vale, pelo imenso apoio durante a execução deste trabalho.

A Alexandre Uhlmann, pelos dados de fitossociologia e informações da área de coleta.

A Geovane Siqueira, Jonacir Souza, Davi, Walter da Silva e Carlos Alberto de Oliveira, pelo inestimável auxílio nos trabalhos de campo.

A Karen Eline Ferreira, pela dedicação e parceria na análise dos dados, tão valiosas para o desenvolvimento deste trabalho.

A Laís Barcelos dos Santos pelo imenso auxílio durante o trabalho de campo e o processamento das amostras.

A Marcos Leal Costa, Carla Y'Gubau Manão e Maxmira de Souza Arêdes, pelo auxílio no trabalho de campo.

A Norma Albarello e Gustavo Calderucio Duque Estrada por aceitarem participar da banca de qualificação e desta forma, contribuírem com sugestões críticas ao trabalho desenvolvido.

A Juliano Morales de Oliveira pela acolhida em seu laboratório, pelo imenso auxílio no desenvolvimento das análises dendrocronológicas e pelos inestimáveis ensinamentos.

A Arno Brandes pelas valiosas sugestões e trocas de ideias, que contribuíram muito para a melhoria deste trabalho.

A Thaís de Vasconcellos, Jeanne Glória, Silvana Lacerda e Kelly Moreira, pela troca de experiências e técnicas de trabalho, que contribuíram para o processamento e análise das amostras.

Aos meus pais, Shirlei e Luiz, meus avós, Leonel e Lucíola (*in memoriam*) e meu marido, Vinicius, pelo imenso amor e por todo o apoio durante toda a minha formação pessoal e profissional; à Bete, pelo enorme carinho e cuidados; ao meu irmão Vitor e a todos os meus amigos, que me deram forças em momentos de ansiedade.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

RESUMO

COSTA, Monique Silva. **Dendrocronologia e caracterização do crescimento radial de espécies da família Leguminosae em uma Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas – Mata Atlântica**. 2015. 103f.: il. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

A compreensão da dinâmica de crescimento das árvores é essencial para a proteção e o uso sustentável dos recursos florestais. Nesse sentido, o estudo dos anéis de crescimento das espécies arbóreas representa um conhecimento importante, visto que permite determinar as taxas de incremento, a expectativa de vida e as respostas das árvores às variações ambientais. Assim, o presente estudo tem por objetivo a investigação da dinâmica de crescimento radial de espécies de Leguminosae nativas da Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas. Para tanto, foram selecionadas árvores de *Dalbergia nigra*, *Pterocarpus rohrii* (Papilionoideae), *Copaifera langsdorffii*, *Schizolobium parahyba* e *Senna multijuga* (Caesalpinoideae), provenientes de área nativa e de plantios experimentais na área da Reserva Natural Vale, a fim de: i) avaliar o grau de distinção dos anéis de crescimento no sítio de estudo; ii) determinar a periodicidade de formação dos anéis de crescimento; iii) caracterizar o crescimento das árvores em condições de plantio e em área nativa; iv) avaliar a influência dos fatores climáticos sobre a largura dos anéis de crescimento; e v) avaliar a idade das árvores crescendo em área nativa, ao longo da topossequência à margem do Rio Pau Atravessado, formada por baixio, talude fluvial e tabuleiro. Para a investigação dos anéis de crescimento das árvores nos plantios experimentais, amostras do caule foram obtidas por meio da secção de discos do caule. Nas árvores da área nativa, amostras do caule foram obtidas com auxílio de sonda de Pressler. Para a análise microscópica dos anéis de crescimento, as amostras foram seccionadas e processadas de acordo com técnicas usuais em Anatomia Vegetal. Para a análise macroscópica, as amostras foram polidas e analisadas sob microscópio estereoscópio, visando a demarcação e aferição do número de anéis de crescimento. A largura dos anéis foi mensurada por meio do software Image Pro Plus. Todas as espécies apresentaram camadas de crescimento distintas, e o número de anéis de crescimento visualizados correspondeu à idade das árvores plantadas, ou a valores muito próximos à idade do plantio. Este resultado permitiu caracterizar os anéis de crescimento das cinco espécies estudadas como anuais. Os valores de taxas de incremento; período de tempo necessário para utilização econômica; as trajetórias de crescimento e a relação entre idade e diâmetro foram determinados, visando à comparação do crescimento entre o plantio e a área nativa. As taxas de incremento anual das espécies secundárias iniciais (*C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii*) foram mais elevadas na área de plantio, enquanto as taxas de crescimento das espécies pioneiras (*S. parahyba* e *S. multijuga*) foram mais elevadas na área nativa. As análises dendroclimatológicas foram realizadas para a espécie *S. parahyba* se desenvolvendo em área nativa. Os resultados mostraram que a precipitação apresenta influência positiva e a temperatura, influência negativa sobre o crescimento radial da espécie. A análise da idade das árvores ao longo da topossequência indicou a presença de indivíduos mais antigos na região do talude e do tabuleiro, indicando que as regiões localizadas mais distantes da margem do rio também devem ser incluídas nas áreas prioritárias na conservação das matas ciliares.

Palavras-chave: Dendroecologia. Dendroclimatologia. Leguminosae. Mata Atlântica.

ABSTRACT

COSTA, Monique Silva. **Dendrochronology and radial growth characterization of Leguminosae species in a Seasonal Semideciduous Lowland Forest – Atlantic Rain Forest.** 2015. 103f.: il. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

The understanding of tree growth dynamics is essential for the protection and the sustainable use of forest resources. In this way, the study of tree rings represents an important knowledge, as it allows determining increment rates, life expectancy and tree responses to environmental variations. Thus, the present study aims to investigate radial growth dynamics of Leguminosae species native from Seasonal Semideciduous Lowland Forest. To this end, trees of *Dalbergia nigra*, *Pterocarpus rohrii* (Papilionoideae), *Copaifera langsdorffii*, *Schizolobium parahyba* e *Senna multijuga* (Caesalpinoideae) from a native area and from experimental plantations were selected at Reserva Natural Vale, in order: i) to evaluate the distinctiveness of tree rings in the study site; ii) to determine the periodicity of tree rings formation, through trees from experimental plantations with known age; iii) to characterize trees' growth at plantation and natural area conditions; iv) to evaluate the influence of climatic factors on tree rings width, and v) to evaluate age structure of trees growing in the native area, along a topossequence at the margin of Pau Atravessado River, which is formed by swamp, river slope and plateau. For the investigation of tree rings in the experimental plantations, stem samples were obtained through the section of stem discs. In the trees from the native area, stem samples were obtained with increment borer. For microscopic analysis of tree rings, the samples were sectioned and processed following usual Plant Anatomy techniques. For macroscopic analysis, samples were polished and analyzed under a stereoscope microscope, for determining the number of growth rings. Rings width was measured with Image Pro Plus software. All the species showed distinct tree rings, and the number of rings corresponded to the age of the planted trees, or to values very close to the plantation age. This result led to the characterization of tree rings as annual rings for the five studied species. Values of increment rates; growth period needed for economical utilization; the growth trajectories and the relation among age and diameter of the studied species were determined for growth comparison among the plantation and the native area. The annual growth rates of the early secondary species (*C. langsdorffii*, *D. nigra*; and *P. rohrii*) were higher in the plantation area, while growth rates of the pioneer species (*S. multijuga* and *S. parahyba*) were higher in the native area. Dendroclimatological analysis were made for *S. parahyba* growing in the native area. The results showed that rainfall has positive influence and temperature has negative influence on the species radial growth. The analysis of tree age structure along the topossequence indicated the presence of older trees at river slope and plateau regions, which indicates that areas located further from the river bank must also be included as priority sites in the conservation of riparian forests.

Keywords: Dendroecology. Dendroclimatology. Leguminosae. Atlantic Rain Forest.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - | Árvore de <i>Copaifera langsdorffii</i> | 22 |
| Figura 2 - | Árvore de <i>Dalbergia nigra</i> | 23 |
| Figura 3 - | Árvore de <i>Pterocarpus rohrii</i> | 24 |
| Figura 4 - | Árvore de <i>Schizolobium parahyba</i> | 25 |
| Figura 5 - | Árvore de <i>Senna multijuga</i> | 26 |
| Figura 6 - | Localização da Reserva Natural Vale | 29 |
| Figura 7 - | Imagem de satélite sobre o sítio de estudo e aspecto da vegetação no plantio experimental e em área nativa | 31 |
| Figura 8 - | Perfil da área de coleta em área nativa | 32 |
| Figura 9 - | Diagramas climáticos | 33 |
| Figura 10 - | Métodos de coleta das amostras de caule | 36 |
| Figura 11 - | Processamento das amostras para a análise microscópica dos anéis de crescimento | 37 |
| Figura 12 - | Preparação das amostras para análise macroscópica e demarcação dos anéis de crescimento | 38 |
| Figura 13 - | Análise macroscópica das amostras e método de mensuração dos anéis de crescimento | 38 |
| Figura 14 - | Anéis de crescimento de <i>Copaifera langsdorffii</i> | 42 |
| Figura 15 - | Anéis de crescimento de <i>Dalbergia nigra</i> | 43 |
| Figura 16 - | Anéis de crescimento de <i>Pterocarpus rohrii</i> | 44 |
| Figura 17 - | Anéis de crescimento de <i>Schizolobium parahyba</i> | 45 |
| Figura 18 - | Anéis de crescimento de <i>Senna multijuga</i> | 46 |
| Figura 19 - | Cronologia residual dos anéis de crescimento de <i>Copaifera langsdorffii</i> no plantio | 47 |
| Figura 20 - | Cronologia residual dos anéis de crescimento de <i>Dalbergia nigra</i> no plantio | 47 |
| Figura 21 - | Cronologia residual dos anéis de crescimento de <i>Pterocarpus rohrii</i> no plantio | 48 |
| Figura 22 - | Cronologia residual dos anéis de crescimento de <i>Schizolobium parahyba</i> no plantio | 48 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 23 - Cronologia residual dos anéis de crescimento de <i>Senna multijuga</i> no plantio | 48 |
| Figura 24 - Características anatômicas que permitem a identificação de anéis de crescimento falsos nas espécies estudadas | 51 |
| Figura 25 - <i>Boxplots</i> do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de <i>Copaifera langsdorffii</i> | 54 |
| Figura 26 - <i>Boxplots</i> do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de <i>Dalbergia nigra</i> | 55 |
| Figura 27 - <i>Boxplots</i> do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de <i>Pterocarpus rohrii</i> | 56 |
| Figura 28 - <i>Boxplots</i> do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de <i>Schizolobium parahyba</i> | 57 |
| Figura 29 - <i>Boxplots</i> do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de <i>Senna multijuga</i> | 58 |
| Figura 30 - Trajetórias de crescimento de <i>Copaifera langsdorffii</i> no plantio e na área nativa | 61 |
| Figura 31 - Trajetórias de crescimento de <i>Dalbergia nigra</i> no plantio e na área nativa | 62 |
| Figura 32 - Trajetórias de crescimento de <i>Pterocarpus rohrii</i> no plantio e na área nativa | 63 |
| Figura 33 - Trajetórias de crescimento de <i>Schizolobium parahyba</i> no plantio e na área nativa | 64 |
| Figura 34 - Trajetórias de crescimento de <i>Senna multijuga</i> no plantio e na área nativa | 65 |
| Figura 35 - Médias móveis de <i>Copaifera langsdorffii</i> no plantio e na área nativa | 66 |
| Figura 36 - Médias móveis de <i>Dalbergia nigra</i> no plantio e na área nativa | 67 |
| Figura 37 - Médias móveis de <i>Pterocarpus rohrii</i> no plantio e na área nativa | 68 |
| Figura 38 - Médias móveis de <i>Schizolobium parahyba</i> no plantio e na área nativa | 69 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 39 - Médias móveis de <i>Senna multijuga</i> no plantio e na área nativa | 70 |
| Figura 40 - Gráficos de regressão linear entre a idade e o DAP das espécies estudadas na área nativa | 73 |
| Figura 41 - Relação entre idade e DAP (cm) das espécies estudadas na área nativa | 74 |
| Figura 42 - Cronologia residual dos anéis de crescimento de <i>Schizolobium parahyba</i> na área nativa | 76 |
| Figura 43 - Correlação entre a cronologia de <i>Schizolobium parahyba</i> e os dados locais (Sooretama e Linhares) e regionais de precipitação e temperatura mensais | 77 |
| Figura 44 - Idade das árvores ao longo da topossequência da área nativa | 79 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - | Número de indivíduos amostrados para cada espécie (n) nas áreas de plantio e de área nativa, incluindo sua posição na topossequência, e classificação quanto ao grupo ecológico na área nativa | 36 |
| Tabela 2 - | Dados da datação cruzada entre as árvores do plantio, obtidos com a utilização do software COFECHA | 49 |
| Tabela 3 - | Dados da datação cruzada entre as árvores da área nativa, obtidos com a utilização do software COFECHA | 50 |
| Tabela 4 - | Caracterização do crescimento das espécies estudadas em condições de plantio e em área nativa | 53 |
| Tabela 5 - | Comparação do IDA das espécies estudadas entre a área nativa e o plantio | 53 |
| Tabela 6 - | Comparação entre as médias móveis em intervalos de tempo de cinco anos para as árvores do plantio (P) e da área nativa (AN) | 71 |
| Tabela 7 - | Resultados do teste de correlação de Pearson entre a idade e o DAP das árvores estudadas na área nativa | 71 |
| Tabela 8 - | Estimativas de idade das espécies estudadas na área nativa | 72 |
| Tabela 9 - | Comparação das idades das árvores de <i>Pterocarpus rohrii</i> e do total de espécies estudadas nas diferentes regiões da topossequência | 78 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1 | DENDROCRONOLOGIA E SUAS APLICAÇÕES | 17 |
| 2 | MATAS DE TABULEIROS | 20 |
| 3 | ESPÉCIES ESTUDADAS | 21 |
| 3.1 | Caracterização das espécies | 22 |
| 4 | OBJETIVOS | 27 |
| 4.1 | Objetivo geral | 27 |
| 4.2 | Objetivos específicos | 27 |
| 5 | MATERIAL E MÉTODOS | 28 |
| 5.1 | Sítio de estudo | 28 |
| 5.2 | Caracterização climática | 32 |
| 5.3 | Coleta e preparo do material | 34 |
| 5.3.1 | <u>Seleção de espécies</u> | 34 |
| 5.3.2 | <u>Análises dendrocronológicas</u> | 35 |
| 5.3.3 | <u>Caracterização do crescimento das árvores</u> | 39 |
| 5.3.4 | <u>Influência dos fatores climáticos sobre o crescimento das árvores</u> | 40 |
| 5.3.5 | <u>Idade das árvores ao longo da topossequência</u> | 41 |
| 6 | RESULTADOS | 42 |
| 6.1 | Grau de distinção dos anéis de crescimento | 42 |
| 6.2 | Análises dendrocronológicas | 46 |
| 6.2.1 | <u>Análises dendrocronológicas das árvores do plantio</u> | 46 |
| 6.2.2 | <u>Análises dendrocronológicas das árvores da área nativa</u> | 49 |
| 6.2.3 | <u>Características anatômicas dos anéis de crescimento falsos</u> | 50 |
| 6.3 | Caracterização do crescimento | 52 |
| 6.3.1 | <u>Árvores do plantio x Árvores da área nativa</u> | 52 |
| 6.3.2 | <u>Relação entre idade e diâmetro</u> | 71 |
| 6.4 | Influência dos fatores climáticos | 75 |
| 6.5 | Idade das árvores ao longo da topossequência | 78 |
| 7 | DISCUSSÃO | 80 |
| | CONCLUSÕES | 90 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| REFERÊNCIAS..... | 92 |
|-------------------------|-----------|

INTRODUÇÃO

A perda de área das florestas tropicais é um problema socioambiental crescente devido à expansão demográfica, a qual leva à ampliação das fronteiras agrícolas e pecuárias, ao aumento da demanda habitacional e à intensificação do extrativismo exploratório dos recursos florestais. Devido ao longo histórico de desmatamento e de degradação, a Mata Atlântica é um dos biomas mais ameaçados do mundo (DEAN, 1995; MYERS *et al.*, 2000). Historicamente, a exploração madeireira no Brasil começou na Mata Atlântica, seguindo um modelo predatório que posteriormente foi realocado para a Floresta Amazônica (CABRAL; CESCO, 2008). Atualmente, restam apenas 15% da área original da floresta (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2014). Dentro da área de Mata Atlântica, destacamos o caso específico das Florestas de Tabuleiro do nordeste do Espírito Santo, que, devido à ação antrópica, se encontram restritas à Reserva Natural Vale e à Reserva Biológica de Sooretama (PEIXOTO *et al.*, 2008). Estas Unidades de Conservação se encontram circundadas por áreas agrícolas, por plantios de espécies exóticas (sobretudo *Eucalyptus* L'Her.) e por pastos (PEIXOTO *et al.*, 2008).

Atualmente se sabe que a degradação das áreas florestadas tem consequências negativas mesmo para as áreas urbanas. Existem inúmeros exemplos de serviços ambientais fornecidos pelas florestas, tais como a regulação do clima terrestre, o controle contra erosão, o armazenamento de carbono, a ciclagem de nutrientes, a regulação da qualidade do ar, a manutenção de recursos hídricos, a purificação da água, a manutenção do ciclo de chuvas, a conservação da biodiversidade, a proteção contra desastres naturais, o fornecimento de beleza cênica e a manutenção de recursos genéticos (PAGIOLA *et al.*, 2005; WUNDER *et al.*, 2008; KUMAR *et al.*, 2010; GUEDES; SEEHUSEN, 2011) que afetam diretamente a qualidade de vida humana. Além disso, as florestas são importantes para a formação do solo, uma vez que a decomposição da serrapilheira resulta no aporte de matéria orgânica, e as raízes das plantas originam caminhos para o escoamento da água da chuva, acentuando os processos de intemperismo físico (PRADO, 2013). Por isso, a necessidade de aumentar as informações sobre a dinâmica de crescimento de florestas se torna essencial para a implantação de programas de proteção das áreas remanescentes, de uso sustentável dos recursos naturais e de recuperação das áreas degradadas.

Dentro deste escopo, existe um esforço crescente para a realização de projetos de recuperação de áreas degradadas adjacentes aos remanescentes florestais brasileiros. O presente estudo está inserido no Projeto Biomas, que foi criado a partir de uma parceria entre a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e diversas Instituições de Ensino e Pesquisa brasileiras, dentre as quais a Universidade do Estado do Rio de Janeiro está inserida. O principal objetivo do projeto é a inserção de espécies arbóreas nativas em plantios agroflorestais, com a finalidade de recompor a vegetação nativa das nascentes, margens de rios e áreas de recarga de aquíferos subterrâneos, visando assim conciliar a preservação das áreas de vegetação natural com a produção de alimentos.

No entanto, o conhecimento sobre o crescimento, a ecologia e a utilização econômica de espécies nativas ainda é incipiente. Nesse contexto, o estudo dos anéis de crescimento contribui significativamente para ampliar a compreensão sobre a dinâmica de crescimento das espécies arbóreas, visto que permite determinar as taxas de incremento, a expectativa de vida e as respostas das árvores frente às variações ambientais (WORBES, 2002; ROIG *et al.*, 2005; SCHÖNGART, 2008; BRIENEN *et al.*, 2010; ANNING *et al.*, 2013).

Outra questão que merece ser mais amplamente investigada diz respeito às respostas do crescimento arbóreo em função da proximidade com rios. Entender a distribuição etária e a produção de biomassa em trechos florestais sob tais condições é um componente importante para a tomada de decisões políticas referentes às dimensões das áreas de proteção adjacentes a margens de rios. O atual Código Florestal Brasileiro estabelece como áreas de preservação permanente (APPs) as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, em largura mínima variável e proporcional à largura do curso d'água (Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012). Estas APPs têm a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, de proteger o solo e de assegurar o bem-estar das populações humanas (Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012). Entretanto, seja entre os cientistas ou entre os setores envolvidos no debate da lei ambiental, ainda não há consenso em relação à distância da margem dos cursos d'água que deve ser considerada APP (ALTAFIN *et al.*, 2011).

As matas localizadas próximo a cursos d'água apresentam naturalmente um gradiente hídrico no solo. Em ambientes com taludes fluviais pronunciados, o gradiente topográfico potencializa ainda mais a variação hídrica ao longo dos microssítios. O uso de técnicas dendrocronológicas se destaca por permitir estimar diretamente as taxas de crescimento ao

longo de gradientes ambientais (ANNING *et al.*, 2013), o que possibilita investigar o incremento de biomassa das espécies arbóreas em relação à proximidade com margens fluviais.

Outro aspecto do estudo dendrocronológico que merece destaque é o efeito de diferentes condições ambientais sobre o crescimento de árvores de uma mesma espécie. A comparação do crescimento de árvores em área nativa com árvores de plantios experimentais pode fornecer dados importantes sobre o padrão de crescimento em espécies nativas, visto que a caracterização do crescimento nestes dois ambientes pode servir como modelo para prever o crescimento de espécies de interesse econômico em áreas de cultivo voltadas para a recuperação ambiental. No Brasil, análises de crescimento arbóreo em condições de plantio têm sido realizadas principalmente na Amazônia (por exemplo: BAUCH; DÜNISCH, 2000; DÜNISCH *et al.*, 2002; BOTOSSO *et al.*, 2000), possibilitando investigar a influência do sítio de desenvolvimento sobre o crescimento das espécies arbóreas (BAUCH; DÜNISCH, 2000). Na Mata Atlântica, relatos sobre a taxa de crescimento de árvores em mata nativa e em plantio foram realizados em Florestas Sazonais Semidecíduais do estado de São Paulo (MARIA, 2002; FERREIRA, 2002). Entretanto, áreas de plantio florestal com espécies nativas são escassas na Mata Atlântica, e, portanto, há poucas investigações comparando o crescimento de árvores nessas condições com aquelas observadas em área nativa.

Dessa forma, este trabalho propõe ampliar o conhecimento acerca de um importante remanescente florestal de Mata de Tabuleiros no sudeste do Brasil, por meio de análises dendrocronológicas, visando à compreensão da dinâmica florestal. Considerando-se que a presença de anéis de crescimento é um reflexo do ambiente em que a árvore se desenvolve (GASSON *et al.*, 2010) e que no nordeste do Espírito Santo o clima apresenta uma estação seca anual (EGLER, 1951; PEIXOTO *et al.*, 2008), é esperado que a formação de anéis anuais distintos seja observada em espécies arbóreas da família Leguminosae.

A comparação entre o crescimento de árvores da mesma espécie se desenvolvendo em área nativa e em plantio experimental fornecerá dados sobre o padrão de crescimento dessas espécies quando plantadas em áreas abertas; ou seja, em condições semelhantes à de áreas degradadas. Neste sentido, espera-se que árvores que se desenvolvam em condições de plantio com espaçamento regular apresentem taxas de crescimento mais elevadas em relação às da área nativa. Estes dados poderão contribuir para determinar quais espécies podem ser indicadas para a realização de plantios de restauração ecológica, de maneira a substituir as

espécies exóticas de interesse econômico por espécies nativas que possam suprir as mesmas demandas de uso.

Além disso, a área nativa investigada consiste em uma topossequência caracterizada por baixio, talude fluvial e tabuleiro, e as informações obtidas visam caracterizar o crescimento e a distribuição etária de espécies de Leguminosae neste gradiente ambiental. Como hipótese, espera-se encontrar uma maior proporção de indivíduos jovens na área do baixio, devido ao fato desta região representar uma maior suscetibilidade de estresse ambiental em função dos períodos de cheia fluvial. Desta forma, é esperado que os ciclos de mortalidade e recrutamento das árvores sejam mais curtos nesta área.

Assim, os dados que serão levantados se aplicam como subsídios à seleção e identificação de espécies nativas potenciais para o estabelecimento de plantios de recuperação florestal, com vistas à recomposição de Áreas de Preservação Permanente (APPs), Reservas Legais (RLs) e Áreas de Uso Alternativo (AUAs), e também como suporte para a caracterização da distribuição etária de populações arbóreas localizadas na margem de rios.

1 DENDROCRONOLOGIA E SUAS APLICAÇÕES

Anéis de crescimento podem ser definidos como camadas concêntricas visualizadas no xilema secundário de inúmeras espécies, quando observadas em corte transversal (ESAU, 1989). Geralmente, em cada camada de crescimento, podem ser reconhecidas duas regiões: o lenho inicial – caracterizado por apresentar células maiores e com paredes delgadas – e o lenho tardio – caracterizado por apresentar células estreitas e com paredes espessas (ESAU, 1989). Em Angiospermae, os anéis de crescimento podem ser demarcados por diferentes características, as quais podem ocorrer em conjunto, tais como: espessamento das paredes das fibras no lenho tardio; achatamento radial das fibras no lenho tardio; diferenças no diâmetro dos vasos entre o lenho inicial e o lenho tardio; presença de parênquima marginal; redução da frequência de bandas de parênquima em direção ao lenho tardio, formando zonas fibrosas; e presença de raios distendidos (IAWA Committee, 1989).

Embora as observações sobre a existência de anéis de crescimento em árvores tenham sido relatadas desde a Grécia antiga, o reconhecimento da dendrocronologia como ciência teve início somente com os trabalhos de Hartig e Hartig, em meados do século XIX, e de Huber e Douglass, em meados do século XX (TOMAZELLO-FILHO *et al.*, 2001).

O estudo da sequência cronológica dos anéis de crescimento das árvores, denominado dendrocronologia, é possibilitado pelo fato de muitas espécies arbóreas apresentarem anéis anuais visíveis em seção transversal (STOKES; SMILEY, 1968). O desenvolvimento de estudos em ambientes tropicais nas últimas décadas revelou que a formação de anéis de crescimento anuais nestas regiões está associada a fatores diversos, como: sazonalidade de chuvas (WORBES, 1989; BOTOSSO *et al.*, 2000; VERHEYDEN *et al.*, 2004; BRIENEN; ZUIDEMA, 2005; ESTRADA *et al.*, 2008; BRANDES *et al.*, 2015), sazonalidade de inundações (WORBES, 1985, 1999; CALLADO *et al.*, 2001; DÜNISCH *et al.*, 2003), respostas ao comportamento fenológico (BORCHERT, 1999; CALLADO *et al.*, 2001, 2004), ao fotoperíodo (BORCHERT, 1999; CALLADO *et al.*, 2001, 2004) e a ritmos endógenos (FAHN, 1995; CALLADO *et al.*, 2001). Contudo, levando-se em conta a amplitude e a importância dos ecossistemas tropicais e subtropicais, as investigações dendrocronológicas podem ser consideradas incipientes em relação aos demais ecossistemas (TOMAZELLO-FILHO *et al.*, 2009).

Os anéis de crescimento são o resultado de condições sazonais que levam a períodos alternados de atividade e dormência cambial (FAHN, 1982; WORBES, 1995). Isso significa que, dependendo das condições ambientais, o meristema cambial pode dar origem a diferentes tipos de células ou até mesmo, cessar temporariamente a produção de novas células (ESAU, 1989). Assim, se as condições ambientais seguirem um ritmo anual, as espécies lenhosas que tiverem o crescimento sensível ao ambiente formarão anéis de crescimento anuais. Dessa forma, as variáveis ambientais que afetam as árvores são registradas nos seus anéis de crescimento, que expressam os eventos ocorridos no passado e no ano corrente (TOMAZELLO-FILHO *et al.*, 2001).

A dendrocronologia é considerada como o método mais seguro e reprodutível para a determinação da idade de uma árvore que apresente anéis de crescimento distintos e anuais (WORBES, 2002). A obtenção de informações confiáveis sobre a expectativa de vida e a taxa de incremento das espécies arbóreas é essencial para o estabelecimento de estratégias eficientes de gestão florestal. Estas informações permitem caracterizar a dinâmica sucessional das florestas e, pelo viés econômico, determinar a idade adequada para desbaste das árvores de modo a respeitar os ciclos de renovação populacional (por exemplo: ECKSTEIN *et al.*, 1995; WORBES, 2002; SCHÖNGART, 2008). A utilização dos anéis de crescimento para a obtenção de informações sobre a taxa de crescimento de uma espécie pode ser extremamente importante para a gestão da madeira como um recurso renovável. Sendo assim, o manejo de árvores tropicais em plantações renováveis auxilia a reduzir a pressão para extraí-las de ambientes naturais (JACOBY, 1989). Nesse sentido, a comparação do crescimento de espécies arbóreas em condições de plantio e em área nativa fornece dados importantes para redirecionar a extração de madeira de florestas nativas para sistemas de policultura, de maneira a associar a restauração de áreas degradadas com a preservação de áreas naturais (BAUCH; DÜNISCH, 2000).

O estudo dos anéis de crescimento contribui também para a compreensão da ecologia da floresta, uma vez que possibilita avaliar a relação entre a dinâmica de crescimento das árvores e as variações de luminosidade e de disponibilidade hídrica (BRIENEN *et al.*, 2010). As análises dendrocronológicas apresentam os benefícios de permitir comparações do crescimento em diferentes áreas de forma não destrutiva; de possibilitar cálculos de área basal e incremento volumétrico; e de fornecer dados históricos de crescimento, o que é de grande interesse para analisar as mudanças ambientais (ANNING *et al.*, 2013). Além disso, a análise dos anéis de crescimento permite estimar a capacidade de sequestro de carbono das espécies

(WORBES, 2002), por meio da determinação do volume e biomassa produzidos pelas árvores, calculados a partir do teor de carbono no lenho, da densidade da madeira, da espessura das camadas de crescimento e da altura das árvores (BELLOTE *et al.*, 2006).

2 MATAS DE TABULEIROS

Dentre as áreas tropicais, a Mata Atlântica se destaca como um dos mais ricos conjuntos de ecossistemas em termos de diversidade biológica do planeta (CAPOBIANCO, 2002; SCARANO, 2002). Este bioma é representado principalmente por dois tipos florestais, as Florestas Ombrófilas e as Florestas Estacionais (IBGE, 2012).

Dentre as formações estacionais da Mata Atlântica, destacam-se as Florestas Estacionais Semidecíduais das Terras Baixas, caracterizadas por apresentarem de 5 a 50 metros de altitude quando localizadas nas latitudes de 16° a 24° Sul. Estas florestas são conhecidas como Matas de Tabuleiros, e se distribuem ao longo da costa brasileira desde a cidade de Natal, no Rio Grande do Norte, até a cidade de Cabo Frio, no Rio de Janeiro (IBGE, 2012).

Esta formação é caracterizada por apresentar topografia plana, distribuída por vastas extensões (PEIXOTO *et al.*, 1995; GARAY, 2003). Nas planícies de topo, o tipo de solo predominante possui matriz argilo-arenosa, típica dos sedimentos Barreiras; nas áreas mais baixas, como regiões de vales ou costeiras, a proporção de areias quaternárias aumenta (GARAY *et al.*, 2003).

A Mata de Tabuleiros é uma floresta semidecidual na qual são encontradas populações perenes, semicaducifólias e caducifólias (GARAY, 2003). Tal condição está relacionada ao caráter estacional das chuvas na região, caracterizada por apresentar acentuada seca no inverno e intensas chuvas no verão (IBGE, 2012). No final da estação seca, aproximadamente 30% das espécies perdem suas folhas (ENGEL, 2001 *apud* PEIXOTO *et al.*, 2008). A queda foliar está associada ao inverno e, devido à serrapilheira, os solos pobres da Formação Barreiras recebem aportes de nutrientes e matéria orgânica (GARAY, 2003).

No norte do Espírito Santo, a Mata de Tabuleiros é caracterizada pelo relevo plano e por possuir altitude entre 28 e 65m (PEIXOTO *et al.*, 1995). Na área de coleta, a região do platô apresenta cerca de 50m de altitude. Em comparação com as outras formações de florestas neotropicais, esta mata se destaca por apresentar elevada diversidade de espécies, e vários casos de endemismos (PEIXOTO *et al.*, 1995).

3 ESPÉCIES ESTUDADAS

Todas as espécies investigadas neste trabalho são nativas e pertencem à família Leguminosae. O nome Leguminosae foi adotado com base na classificação de Lewis e Schrire (2003). Estes autores indicam diferentes estudos filogenéticos que sustentam Leguminosae como uma família monofilética e definem que o nome Fabaceae é ambíguo, por ser usado tanto para se referir à família inteira, quanto para se referir às Papilionoideae.

A família Leguminosae é caracterizada como a maior família botânica no Brasil em número de espécies, apresentando 3.200 espécies das quais 2.144 são endêmicas, e sendo bem representada nos maiores biomas brasileiros (GIULIETTI *et al.*, 2005). Além disso, as Leguminosae também apresentam grande importância econômica, como por exemplo, na produção de alimentos, produtos farmacêuticos, combustíveis, construção civil, indústria têxtil, construção de móveis, confecção de artesanato, fabricação de papel e celulose, produtos químicos, fertilizantes e no controle de pragas (LEWIS *et al.*, 2005).

Na Mata de Tabuleiros, os representantes da família Leguminosae, Myrtaceae e Sapotaceae, agrupam mais de 30% das espécies de Mata Alta e da Mata Ciliar (RIZZINI; GARAY, 2003). De fato, na área de estudo, a maior quantidade de espécies encontradas tanto no plantio quanto em área nativa pertenciam à família Leguminosae, as quais foram selecionadas para este estudo.

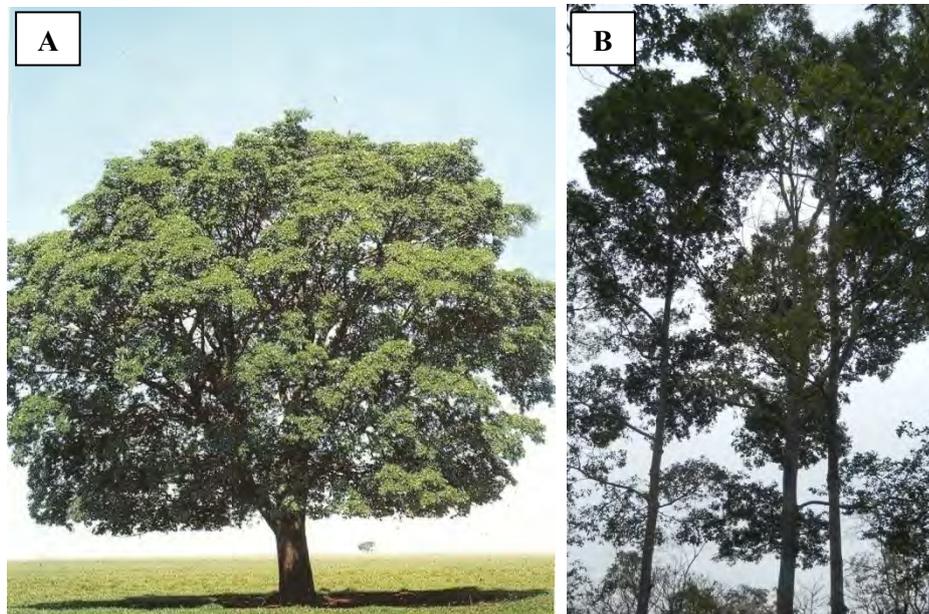
As espécies selecionadas se destacam por sua aplicação econômica e/ou em recuperação de áreas degradadas, como se pode ver a seguir.

3.1 Caracterização das espécies

- *Copaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpinoideae)

Espécie com ocorrência em estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste, no Amazonas (em Terra-Firme) e também no Paraná (PAULA; ALVES, 1997; LORENZI, 2014). Apresenta fenologia foliar decídua a semidecídua, heliófita, com ocorrência em matas primárias e secundárias (LORENZI, 2014). Popularmente, é mais conhecida como copaíba ou óleo-de-copaíba. É uma árvore (Figura 1) com altura máxima em torno de 15 m e DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo) de até 80 cm (LORENZI, 2014). Suas flores são pequenas, de coloração bege, e seus frutos formam uma cápsula (PAULA; ALVES, 1997). Sua madeira possui resistência mecânica média (MAINIERI; CHIMELO, 1989). A espécie fornece óleo com propriedades terapêuticas, e a madeira é utilizada na construção civil e na confecção de móveis, ferramentas, painéis, lambris e tábuas (LORENZI, 2014). Pode ser empregada na arborização urbana e na recuperação de áreas degradadas ou de preservação permanente (LORENZI, 2014).

Figura 1 - Árvores de *Copaifera langsdorffii*



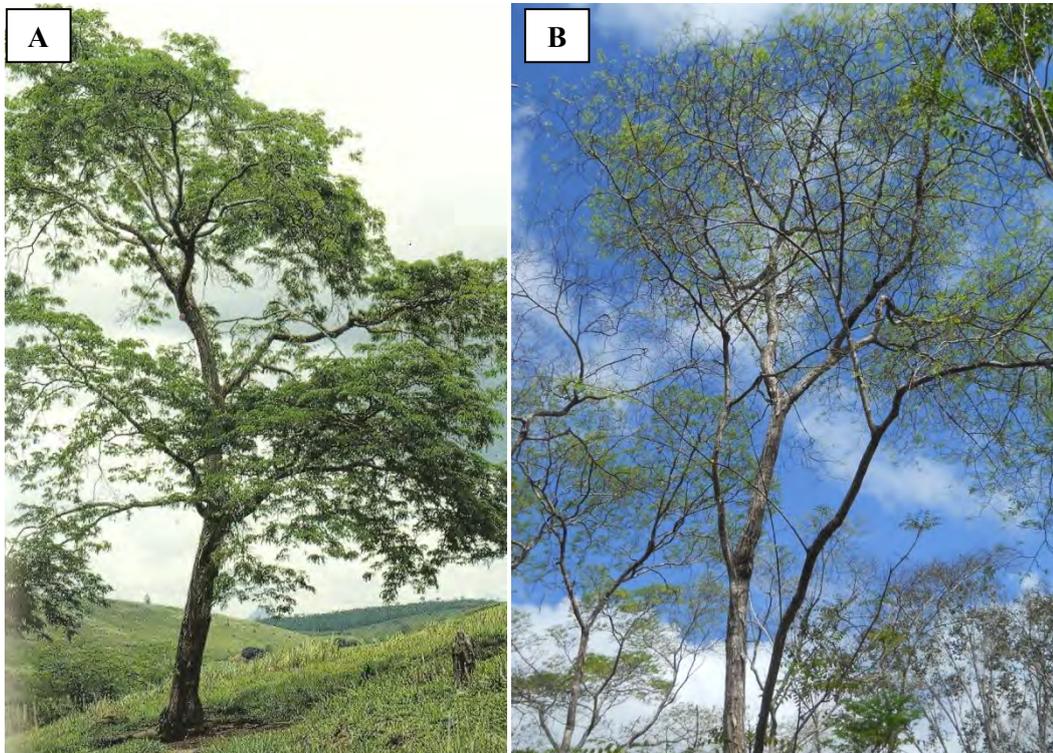
Legenda: (A) - Aspecto geral da espécie; (B) - Indivíduos com folhas em fase de brotamento, no plantio experimental da Reserva Natural Vale.

Fonte: (A) LORENZI, 2014; (B) A autora, 2011.

- *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. (Papilionoideae)

Esta espécie ocorre na Mata Atlântica da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (PAULA; ALVES, 1997; LORENZI, 2014). É mais conhecida popularmente como jacarandá-da-Bahia. Na área de estudo, é denominada, simplesmente, jacarandá. É uma árvore (Figura 2) com altura máxima de aproximadamente 25 m e DAP de até 80 cm, com inflorescências contendo flores violáceas e frutos em forma de vagens achatadas e indeiscentes (PAULA; ALVES, 1997; LORENZI, 2014). A espécie é decídua, heliófita, seletiva xerófila, encontrada tanto no interior da mata primária densa como em formações secundárias (LORENZI, 2014). Sua madeira possui resistência mecânica entre média e alta (MAINIERI; CHIMELO, 1989). É utilizada na fabricação de móveis, instrumentos musicais, e acabamentos internos na construção civil, além de ser largamente utilizada no paisagismo e ser indicada para o reflorestamento de áreas degradadas (LORENZI, 2014).

Figura 2 - Árvores de *Dalbergia nigra*



Legenda: (A) - Aspecto geral da espécie; (B) - Indivíduo com folhas em fase de brotamento, no plantio experimental da Reserva Natural Vale.

Fonte: (A) LORENZI, 2014; (B) A autora, 2011.

- *Pterocarpus rohrii* Vahl (Papilionoideae)

De acordo com a descrição de Carvalho (2008 b), a espécie ocorre em quase todo o País, nos biomas Mata Atlântica, Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga e Pantanal, e popularmente, é mais conhecida como pau-sangue. De acordo com o autor, o nome popular se deve à seiva cor de sangue que é exsudada quando se realiza um corte na casca interna do caule das árvores. Além disso, a espécie é caracterizada por apresentar hábito arbóreo (Figura 3); alcançar altura máxima de em torno de 32 m e DAP de até 100 cm; possuir inflorescências em panículos; flores com corola amarela e mácula violácea em uma das pétalas e frutos na forma de sâmaras castanho-escuras contendo um pequeno esporão (CARVALHO, 2008b). A espécie é perenifólia, heliófita, encontrada tanto em florestas primárias densas como em formações secundárias, e sua madeira é indicada para acabamentos internos, portas, painéis, compensados, caixotaria e carvoaria, e a espécie é utilizada na arborização urbana e em plantios em áreas degradadas (CARVALHO, 2008b).

Figura 3 - Árvores de *Pterocarpus rohrii*



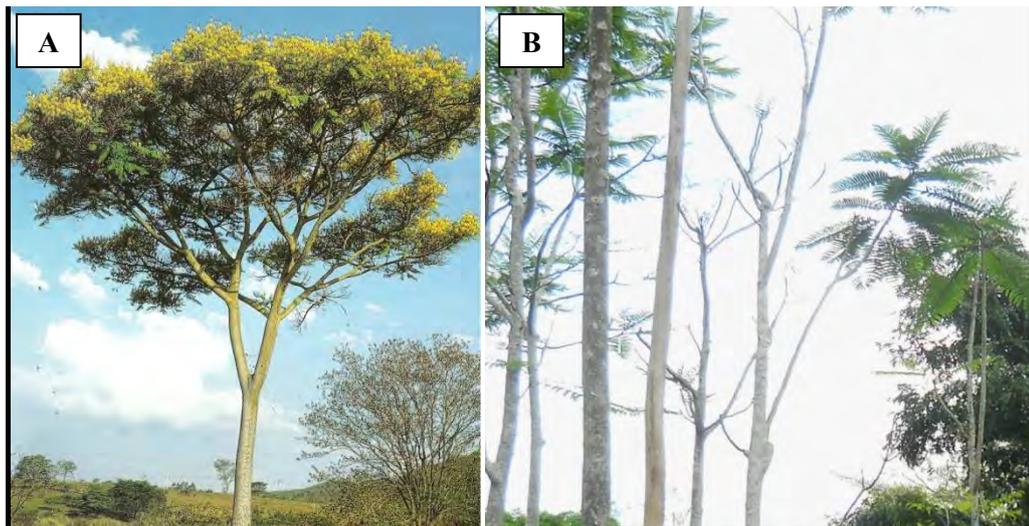
Legenda: (A) - Aspecto geral da espécie; (B) - Indivíduo em fase de abscisão foliar, no plantio experimental da Reserva Natural Vale.

Fonte: (A) www.baumkunde.de, 2013; (B) A autora, 2011.

- *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Caesalpinoideae)

A espécie tem ocorrência desde o México até o sul do Brasil (PAULA; ALVES, 1997; LORENZI, 2014). Popularmente, é mais conhecida como guapuruvu. É uma árvore (Figura 4) com altura máxima de aproximadamente 30 m e DAP de até 80 cm (LORENZI, 2014). Suas inflorescências possuem flores amarelo-escuras e seus frutos formam uma sâmara deiscente (PAULA; ALVES, 1997; LORENZI, 2014). É decídua, heliófita, pioneira e seletiva higrófila, exclusiva da Mata Atlântica, sendo característica de matas abertas e capoeiras e rara na floresta primária densa (LORENZI, 2014). A espécie tem madeira leve (MAINIERI; CHIMELO, 1989), e é utilizada em miolo de painéis e portas, confecção de calçados e caixotaria e canoas, além de ser indicada para reflorestamento de áreas degradadas (LORENZI, 2014; CALLADO; GUIMARÃES, 2010).

Figura 4 - Árvore de *Schizolobium parahyba*



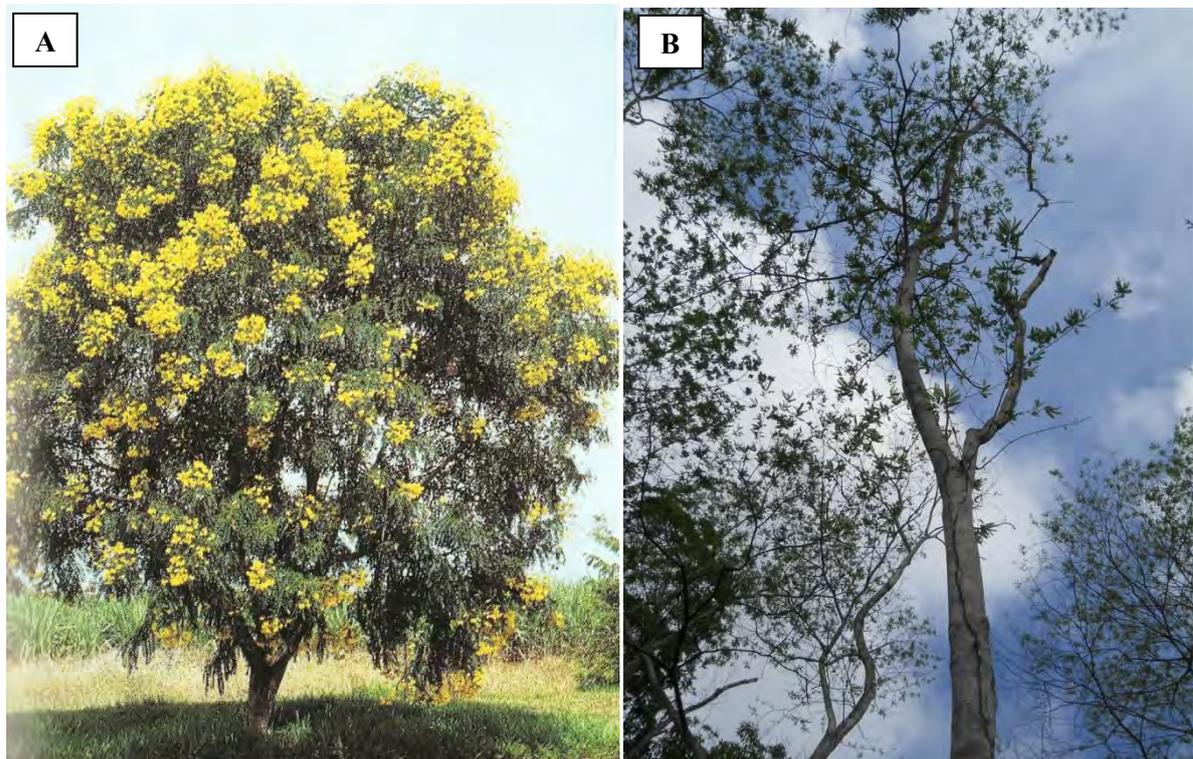
Legenda: (A) - Aspecto geral da espécie; (B) - Indivíduos com folhas adultas, no plantio experimental da Reserva Natural Vale.

Fonte: (A) LORENZI, 2014; (B) A autora, 2011.

- *Senna multijuga* Rich.(Caesalpinoideae)

Esta espécie ocorre em quase todo o País, principalmente na mata pluvial da encosta Atlântica até o alto das serras (LORENZI, 2014). Popularmente, é mais conhecida como canafistula. Na área de estudo, é conhecida como angico-branco. É uma árvore (Figura 5) com altura máxima de 10 m e DAP de até 40 cm, com inflorescências contendo flores amareladas e frutos em forma de legume deiscente (PAULA; ALVES, 1997; LORENZI, 2014). É decídua, heliófita, pioneira, característica das matas secundárias (LORENZI, 2014). A espécie é utilizada para caixotaria, lenha e carvão, além de ser indicada para arborização urbana e reflorestamento de áreas degradadas (LORENZI, 2014).

Figura 5 - Árvore de *Senna multijuga*



Legenda: (A) - Aspecto geral da espécie; (B) - Indivíduo com folhas jovens, no plantio experimental da Reserva Natural Vale.

Fonte: (A) www.arvores.brasil.nom.br, 2013; (B) A autora, 2011.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Caracterizar a dinâmica de crescimento radial de espécies arbóreas da família Leguminosae nativas da Mata de Tabuleiros do norte do Espírito Santo em área nativa, ao longo de uma topossequência, e em plantio experimental.

4.2 Objetivos específicos

- i. Avaliar o grau de distinção dos anéis de crescimento das espécies *Dalbergia nigra*, *Pterocarpus rohrii* (Papilionoideae), *Copaifera langsdorffii*, *Schizolobium parahyba* e *Senna multijuga* (Caesalpinoideae) em condições de plantio e em área nativa.
- ii. Determinar se a periodicidade de formação dos anéis corresponde a um ritmo anual, a partir de árvores provenientes de plantios experimentais com idade conhecida;
- iii. Caracterizar o crescimento das árvores em condições de plantio e em área nativa por meio de: avaliação das taxas de incremento; estimativa do tempo necessário para a utilização econômica das espécies; descrição das trajetórias de crescimento e estabelecimento da relação entre idade e diâmetro das árvores;
- iv. Avaliar a influência dos fatores climáticos sobre a largura dos anéis de crescimento;
- v. Avaliar a idade das árvores crescendo em área nativa, ao longo da topossequência formada por baixio, talude fluvial e tabuleiro.

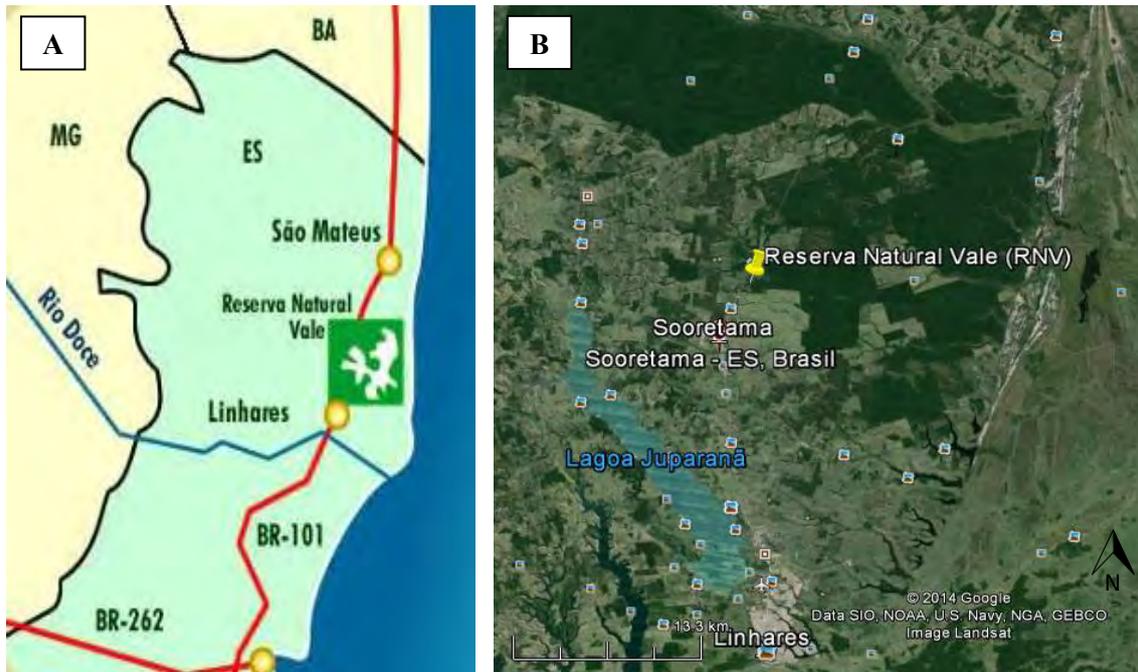
5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Sítio de estudo

O estudo está sendo realizado em áreas naturais, com localização geográfica aproximada de 19° 08' 18" S; 40° 00' 01" W até 19° 07' 98" S; 40°00'07" W, e de plantio experimental, com localização geográfica aproximada de 19° 09' 23" S; 40°04'37" W, na Reserva Natural Vale (RNV). A área da Reserva pertence à Companhia Vale do Rio Doce desde a década de 1950, devido ao objetivo de usar os recursos madeireiros do local para fabricar dormentes na construção de uma linha férrea entre Vitória e Minas Gerais (ROLIM *et al.*, 2005). Contudo, estudos de manejo florestal indicaram que o plano não era viável economicamente e o local foi mantido como uma reserva (ROLIM *et al.*, 2005).

A Reserva está localizada no norte do Espírito Santo (Figura 6), predominantemente no município de Linhares e com uma pequena abrangência nos municípios de Sooretama e de Jaguaré, perfazendo uma área total de aproximadamente 23 mil hectares (CBH-DOCE, 2013; RESERVA NATURAL VALE, 2013).

Figura 6 - Localização da Reserva Natural Vale



Legenda: (A) - Mapa mostrando a localização da reserva no estado do Espírito Santo; (B) - Imagem de satélite da região.

Fonte: (A) CBH-DOCE, 2013; (B) Google Earth, 2014.

Quanto à hidrografia, os cursos d'água existentes na área da reserva fazem parte da Bacia do Rio Barra Seca, e seus principais tributários são os córregos João Pedro, Esperança, Pau Atravessado, Dourado, Alberico e Travaglia (CBH-DOCE, 2013). O sítio de estudo é caracterizado por apresentar Latossolo Amarelo distrófico em um terreno predominantemente plano, apenas com ondulações suaves (EMBRAPA, 2004; BUSO-JUNIOR *et al.*, 2013).

A área de amostragem em área nativa se constitui em uma topossequência de baixio, talude e tabuleiro, localizada à margem do rio Pau Atravessado (Figuras 7 e 8). Nesta área, foi realizado um levantamento fitossociológico previamente (Alexandre Uhlmann, dados não publicados), que permitiu determinar as espécies encontradas na área de estudo. Apenas a região de baixio e a região de transição entre o baixio e o talude estão sujeitas à elevação do lençol freático em resposta ao regime hídrico fluvial. Assim, a comunidade vegetal situada nesta área alagável pode ser definida como mata ciliar, considerando-se a classificação fitoecológica, que se refere à vegetação localizada às margens de cursos d'água, independente de sua composição florística (DORNELES *et al.*, 2003). Devido à inclinação do talude, as árvores localizadas nessa região não estão sujeitas a inundações pela cheia do rio. O gradiente de altura do talude se mostra crescente até atingir a região de transição para o tabuleiro, onde o relevo plano se inicia. A transição entre o talude e o tabuleiro ocorre a cerca 25 metros de

distância do rio. As altitudes nas regiões de coleta são de aproximadamente 20 metros no baixo, entre 20 e 45 metros no talude e 50 metros no platô. Para as espécies selecionadas, foram obtidas amostras de todos os indivíduos encontrados na área nativa, com o objetivo de obter uma amostragem que abrangesse a diversidade de idades e diâmetros da população.

A área de plantio experimental consiste em talhões localizados dentro da Reserva Natural Vale, sendo as árvores plantadas a partir de sementes provenientes de matrizes da própria Reserva. As características silviculturais das espécies coletadas na área de plantio são apresentadas no quadro 1.

Quadro 1 - Características silviculturais das espécies cultivadas nos plantios experimentais da Reserva Natural Vale. Na ocasião do plantio, as mudas apresentavam meses de idade.

| Espécie | Espaçamento entre árvores | Adubação | | | Idade dos plantios (anos) |
|------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|
| | | Superfosfato simples | Cloreto de potássio | Sulfato de amônia | |
| <i>C. langsdorffii</i> | 3,0 x 2,5 m | 110 g / cova | 20 g / cova | 30 g / cova | 30 |
| <i>D. nigra</i> | 2,0 x 2,0 m | 1,0 ton. / ha | 70 Kg / ha | 200 Kg / ha | 29 |
| <i>P. rohrii</i> | 2,0 x 2,0 m | 200 g /cova | --- | --- | 22 |
| <i>S. parahyba</i> | 2,0 x 2,0 m | 200 g / cova | --- | --- | 22 |
| <i>S. multijuga</i> | 2,0 x 2,0 m | 200 g / cova | --- | --- | 22 |

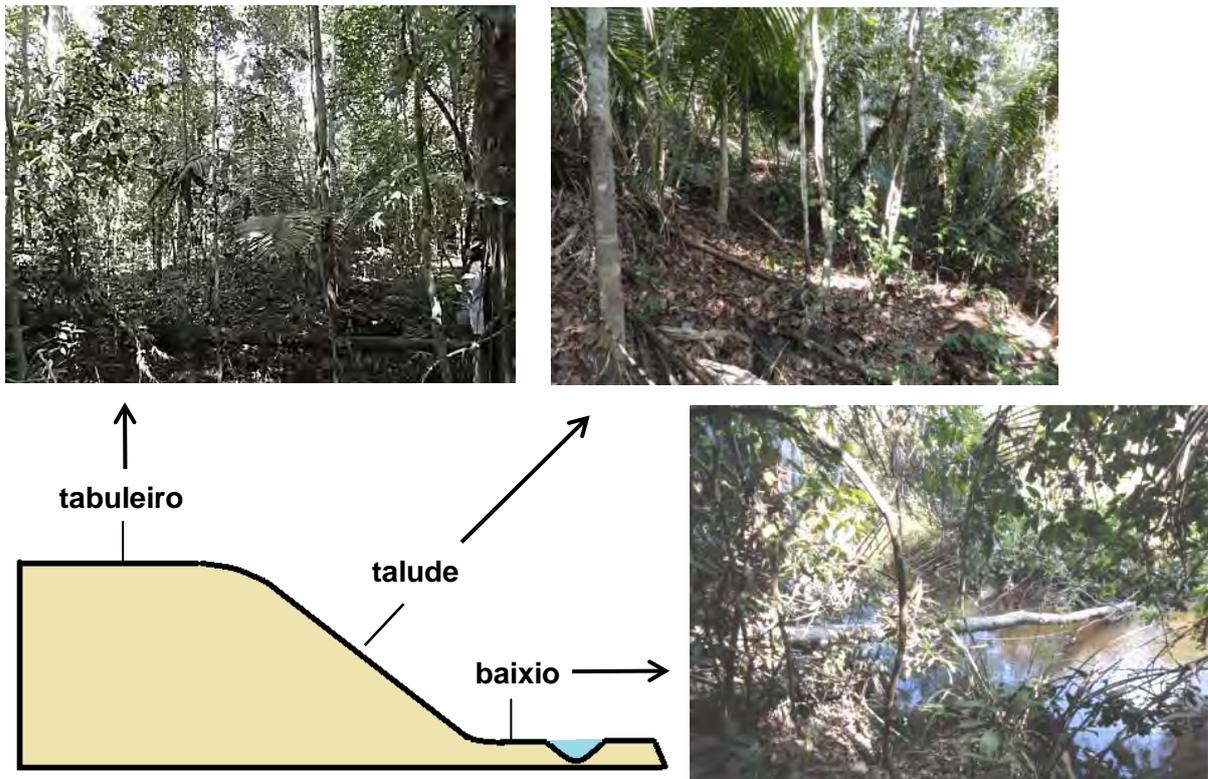
Figura 7 - Imagem de satélite sobre o sítio de estudo e aspecto da vegetação no plantio experimental e em área nativa



Legenda: (A) - Localização das áreas de coleta no plantio experimental e na área nativa. O polígono com linhas verdes mostra a região de coleta na área nativa, onde se encontra a topossequência de baixio, talude e tabuleiro. B) - Aspecto do plantio experimental de *C. langsdorffii*; C) - Aspecto da vegetação em área nativa.

Fonte: (A) Google Earth 2014; (B, C) A autora, 2011, 2013.

Figura 8 - Perfil da área de coleta em área nativa



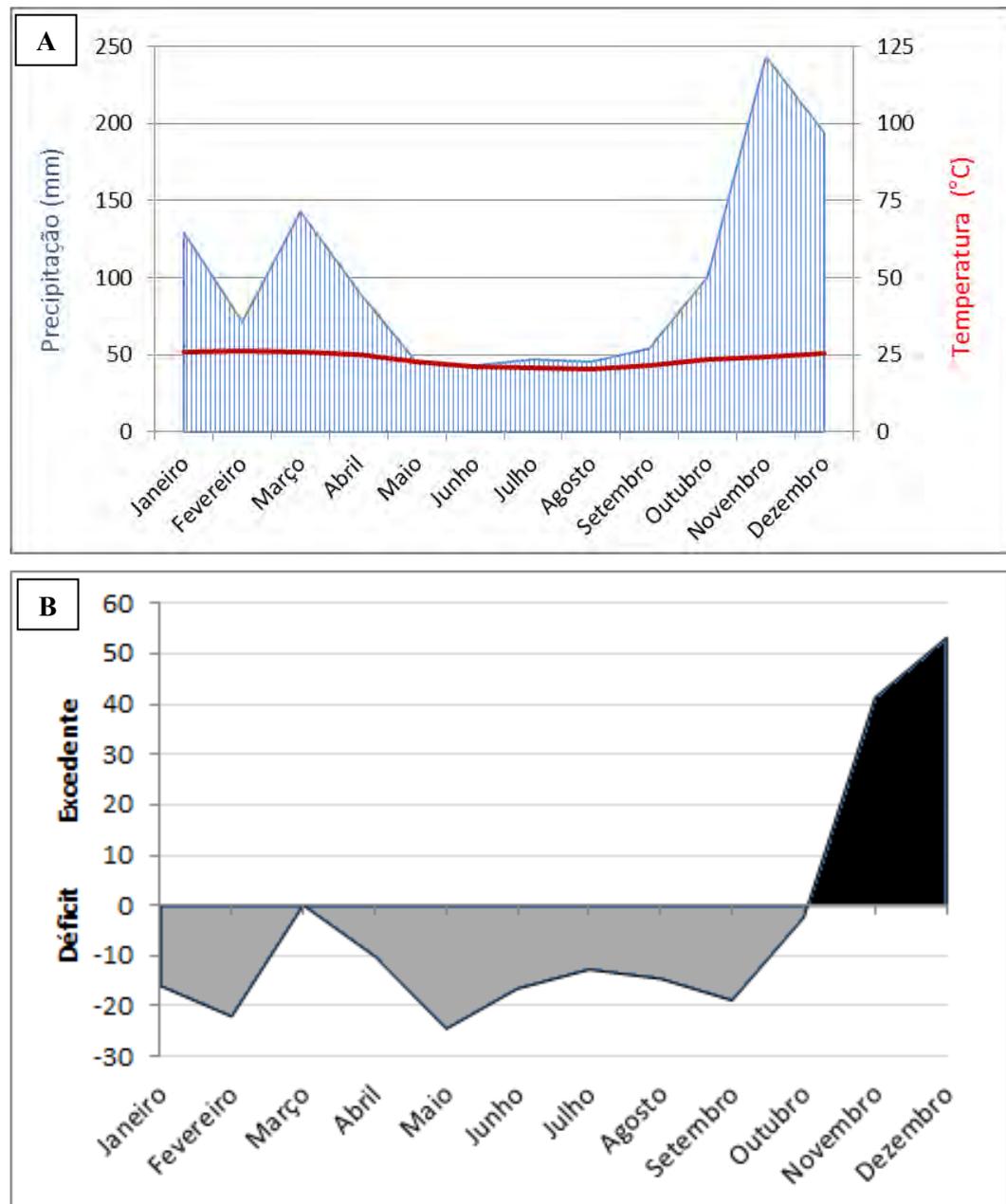
Legenda: As imagens mostram o aspecto geral da vegetação ao longo da topossequência de baixio, talude e tabuleiro.

Fonte: A autora, 2012.

5.2 Caracterização climática

Para a caracterização do clima local, dados de precipitação foram obtidos da estação meteorológica de Sooretama ($19^{\circ} 6' 50''$ S; $40^{\circ} 4' 44''$ W – 75 m de altitude), por ser a estação mais próxima da Reserva Natural Vale. Os dados de temperatura foram obtidos da estação meteorológica de Linhares ($19^{\circ} 6' 36''$ S; $40^{\circ} 4' 48''$ W – 75 m de altitude), pelo fato de esta apresentar uma série com 10 anos a mais de registros climáticos em relação à estação de Sooretama. Ambas as estações meteorológicas pertencem ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). As médias mensais históricas de precipitação e temperatura foram calculadas com base nos dados que abrangem o período de 1986 a 2012. Estes dados foram utilizados para construir os diagramas ombrotérmico (WALTER *et al.*, 1975) e de balanço hídrico (THORNTHWAITE, 1948; THORNTHWAITE; MATHER, 1955) para a região (Figura 9).

Figura 9 - Diagramas climáticos



Legenda: Diagramas construídos com base na série histórica de precipitação do município de Sooretama e de temperatura do município de Linhares, no período de 1986 a 2012. (A) - A linha azul corresponde às médias de precipitação e a linha vermelha, às médias de temperatura. (B) - A área cinza corresponde ao período de déficit e a área preta, ao período de excedente hídrico.

O clima da região pode ser definido como tropical chuvoso com estação seca no inverno, com precipitação anual média de 1195 mm, correspondendo ao tipo Aw de Köppen (ALVARES *et al.*, 2014). As médias históricas climáticas evidenciaram que a estação fria e seca se estende de maio a setembro, com temperaturas médias mensais entre 20 e 22 °C e taxas médias de precipitação mensal acumulada entre 42 e 53 mm. A estação quente e úmida

tem início em outubro e se estende até abril, sendo caracterizada por temperaturas médias entre 23 e 26° C e taxas médias de precipitação mensal acumulada entre 70 e 242 mm, aproximadamente.

Para a caracterização do clima regional, foram obtidos dados de estações meteorológicas localizadas na Mata de Tabuleiros entre o norte do Espírito Santo e o sul da Bahia. As séries climáticas foram obtidas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para tanto, foram utilizadas as médias históricas de temperatura e precipitação para as cidades de Vitória / ES (20° 19' 12" S; 40° 18' 36" W), São Mateus / ES (18° 41' 60" S; 39° 51' 0" W) e Caravelas / BA (17° 43' 48" S; 39° 15' 0" W), juntamente com os dados locais de Sooretama e Linhares. Para a obtenção de uma série climática regional, a temperatura e a precipitação mensal de cada estação climática foram centralizadas com relação à média da estação climática correspondente, gerando, assim, séries contendo os desvios climáticos de cada estação. Em seguida, estas séries centralizadas (representativas das anomalias climáticas de cada estação) foram integradas em uma série média.

5.3 Coleta e preparo do material

5.3.1 Seleção de espécies

A seleção de espécies foi baseada na presença simultânea destas na área de plantio experimental e em área nativa. Adicionalmente, o grau de distinção das camadas de crescimento foi levado em consideração para a seleção das espécies, com base em dados da literatura (MAINIERI; CHIMELO, 1989; MATTOS, 1999; BRIENEN *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2012) e na análise de amostras da região, registradas na Xiloteca da Reserva Natural Vale (CVRDw).

As espécies selecionadas se destacam também por sua aplicação econômica e/ou indicação para a recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2014; CARVALHO, 2008). A partir de características de velocidade de crescimento, densidade da madeira, tolerância à luminosidade, longevidade e formação de banco de sementes (BUDOWSKI, 1965; GANDOLFI, 1995), as espécies foram classificadas de acordo com seus grupos ecológicos

em pioneiras, secundárias iniciais ou secundárias tardias, com base em diagnósticos realizados em regiões próximas ao sítio de estudo (Tabela 1).

5.3.2 Análises dendrocronológicas

As espécies selecionadas foram caracterizadas anatomicamente por meio de análises micro e macroscópicas, com o objetivo de investigar o grau de distinção das camadas de crescimento. As descrições foram realizadas com base no manual do IAWA Committee (1989). A tabela 1 apresenta o número de árvores de cada espécie amostrada na área nativa, na topossequência de baixio, talude e tabuleiro. Vale destacar que as árvores de *S. parahyba* e *S. multijuga* amostradas na área nativa se encontravam na beira da estrada.

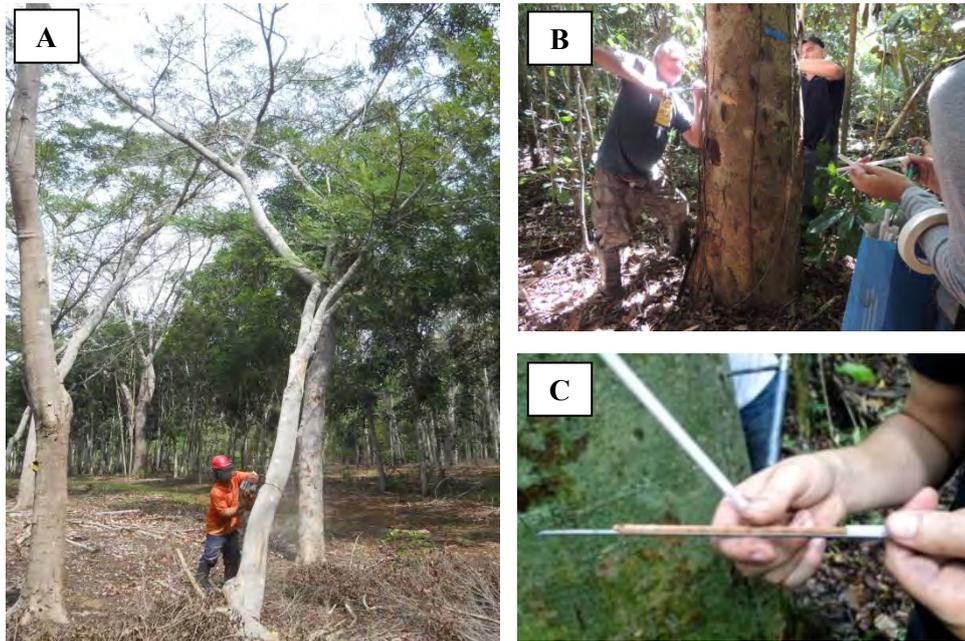
Para as árvores do plantio, discos completos do caule foram obtidos à altura do DAP, com auxílio de uma motosserra (Figura 10 A). Para cada espécie, foram coletadas amostras de 6 a 7 árvores (Tabela 1) de diâmetros variados. Para as árvores da área nativa, amostras foram obtidas por método não destrutivo, com auxílio de Sonda de Pressler (Figura 10 B; 10 C). De cada árvore, foram obtidas quatro amostras perpendiculares entre si, com extensão desde a casca até o cerne.

Tabela 1 - Número de indivíduos amostrados para cada espécie (n) nas áreas de plantio e de área nativa, incluindo sua posição na topossequência, e classificação quanto ao grupo ecológico na área nativa. SI = secundária inicial; P = pioneira.

| Espécie | n - Plantio | n – Área nativa | | | Total | Grupo ecológico |
|-------------------------------|-------------|-----------------|--------|-----------|-------|-----------------------|
| | | Baixio | Talude | Tabuleiro | | |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> | 7 | 0 | 2 | 6 | 8 | SI ^(1;3) |
| <i>Dalbergia nigra</i> | 6 | 0 | 0 | 7 | 7 | SI ⁽²⁾ |
| <i>Pterocarpus rohrii</i> | 7 | 4 | 8 | 13 | 25 | SI ^(1;2;3) |
| <i>Senna multijuga</i> | 7 | 0 | 0 | 1 | 1 | P ⁽³⁾ |
| <i>Schizolobium parahyba</i> | 7 | 0 | 0 | 15 | 15 | P ^(1;3) |

Fonte: 1. Rolim *et al.*, 1999; 2. Rolim; Chiarello, 2004; 3. Klippel, 2011.

Figura 10 – Métodos de coleta das amostras de caule



Legenda: (A) - Coleta de discos do caule na área de plantio. (B; C) - Coleta de amostras de madeira por método não destrutivo, com auxílio de Sonda de Pressler, na área de vegetação nativa.

Fonte: A autora, 2011-2012.

Para a análise microscópica, foram utilizadas as amostras do plantio. Três indivíduos de cada espécie foram selecionados aleatoriamente, os quais tiveram seus discos fragmentados para a obtenção de corpos de prova para microscopia. Em seguida, os corpos de prova foram seccionados ao micrótomo de deslizamento Leica SM 2010 R (Figura 11 A), com espessuras entre 16 e 20 μm , no plano transversal. As seções histológicas foram desidratadas e, posteriormente, coradas por Safranina e Azul de Astra (BURGER; RICHTER, 1991). Para a confecção de lâminas de *Schizolobium parahyba*, foi necessário incluir os corpos de prova em resina glicol-metacrilato (FEDER; O'BRIEN, 1968). Este material foi seccionado em micrótomo rotativo e as seções histológicas foram coradas por Azul de Toluidina O (O'BRIEN *et al.*, 1964). Lâminas permanentes foram montadas com resina sintética Entellan® (Figura 11 B) e, posteriormente, analisadas ao microscópio Olympus BX 41 (Figura 11 C). As imagens das seções histológicas foram obtidas com câmera de vídeo Q Collor R3 acoplada ao microscópio Olympus BX41-BF-I-20 e com auxílio do software Image-Pro Express 5.0.

Figura 11 – Processamento das amostras para a análise microscópica dos anéis de crescimento



Legenda: (A) - Secção dos corpos de prova em micrótomo de deslize; (B) - Confeção de lâminas histológicas; (C) - Análise dos anéis de crescimento em microscópio óptico.

Fonte: A autora, 2012.

Para a análise macroscópica, as amostras foram polidas com lixadeira orbital DeWalt. Os discos do plantio foram polidos no plano transversal (Figura 12 A), com lixas de grão 50 até grão 1200 (WORBES, 1995; ROIG, 2000). As amostras da área nativa foram orientadas transversalmente e fixadas a suportes de madeira (Figura 12 B), para desidratação a temperatura ambiente. O polimento destas amostras foi realizado (Figura 12 C) com lixas de grão 60 até grão 1200 (WORBES, 1995; ROIG, 2000).

Em seguida, o material foi analisado sob microscópio estereoscópico Bel Photonics® para a demarcação dos anéis de crescimento (Figuras 13 A e B). Para a aferição da largura dos anéis de crescimento, as amostras foram digitalizadas com resolução de 1200 dpi, por meio do scanner HP Deskjet 3510. A mensuração dos anéis foi realizada com auxílio do software Image-Pro Plus 4.0 (Figuras 13C e D). Para os discos do plantio, dois raios perpendiculares entre si foram selecionados em áreas com boa visualização dos anéis. Para as amostras da área nativa, quatro raios amostrados foram utilizados em cada árvore selecionada para o estudo.

A investigação da periodicidade de formação dos anéis de crescimento foi realizada por meio da contagem direta do número de camadas de crescimento dos discos, uma vez que eram provenientes de plantios experimentais com idade conhecida.

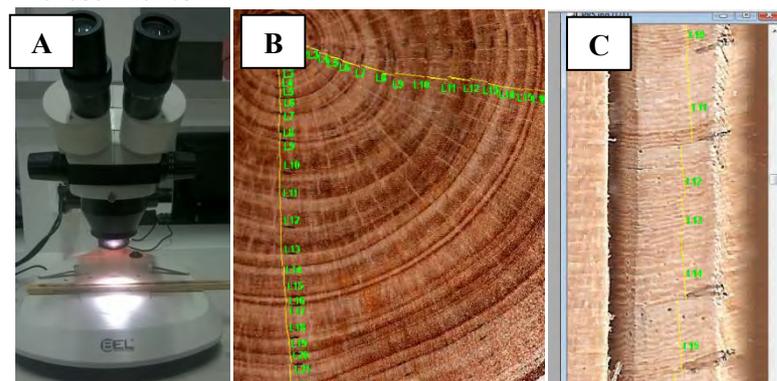
Figura 12 - Preparação das amostras para análise macroscópica e demarcação dos anéis de crescimento



Legenda: (A) - Polimento de amostra de disco com lixadeira orbital; (B) - Fixação das amostras da área nativa em suportes de madeira; (C) - Polimento de amostras da área nativa com lixadeira orbital.

Fonte: A autora, 2011-2012.

Figura 13 – Análise macroscópica das amostras e método de mensuração dos anéis de crescimento



Legenda: (A) - Observação de amostra em microscópio estereoscópio, para demarcação dos anéis de crescimento; (B; C) - Método de mensuração da largura dos anéis de crescimento por meio de software de imagem; (B) - Amostra de disco; (C) - Amostra da área nativa.

Fonte: A autora, 2011-2012.

O método de datação cruzada (STOKES; SMILEY, 1968) foi aplicado às séries temporais de medidas de anéis de crescimento. A datação cruzada permite identificar a presença de anéis de crescimento ausentes ou falsos (LORIMER *et al.*, 1999). O software COFECHA (HOLMES, 1983; GRISSINO-MAYER, 2001) foi utilizado para avaliar a acurácia da demarcação dos anéis de crescimento e da datação cruzada. As séries de medidas foram estandardizadas por meio de curvas *spline*, com o objetivo de remover tendências de crescimento relacionadas à idade e a distúrbios locais e maximizar os sinais resultantes de influências ambientais comuns. *Splines* cúbicos de diferentes flexibilidades, entre cinco e 25 anos, foram testados para as diferentes séries cronológicas. Para cada espécie, a rigidez do

spline que resultou no valor mais alto de intercorrelação entre as árvores foi selecionada para a estandardização (BRIENEN; ZUIDEMA, 2005).

As cronologias foram construídas com o software ARSTAN (COOK, 1985), por meio da aplicação de curvas de *spline*, gerando índices. Os valores de *spline* (de 10, 16, 24 ou 32 anos) foram ajustados para cada árvore por meio do ARSTAN, a fim de selecionar visualmente as curvas que melhor evidenciaram a variação ano a ano em cada indivíduo. A versão residual da estandardização foi utilizada para a construção das cronologias. Para a área de plantio, foram construídas cronologias para todas as espécies estudadas. Para a área nativa, foi construída uma cronologia para *S. parahyba*, devido aos elevados valores de intercorrelação para esta espécie.

5.3.3 Caracterização do crescimento das árvores

A partir da mensuração das camadas de crescimento, foram calculadas as taxas de incremento anual para cada espécie. Para este cálculo, foi realizada a divisão entre o incremento radial acumulado e o número de anéis de crescimento de cada árvore. Em seguida, o incremento diamétrico anual (IDA) foi obtido multiplicando-se este valor por dois. Para comparar o IDA das espécies com idades diferentes, foram utilizados os dados correspondentes a 22 anos de idade, que foi a idade mínima dentre as espécies estudadas no plantio experimental. O teste t não pareado foi utilizado para comparar o IDA entre o plantio e a área nativa para cada espécie.

Com base no IDA, calculou-se o intervalo de tempo estimado para cada espécie alcançar o Diâmetro Mínimo de Corte (DMC) de 50 cm, determinado pelo IBAMA (Instrução Normativa nº 5 de 11 de dezembro de 2006).

As trajetórias de crescimento das espécies estudadas foram construídas a partir do incremento radial acumulado das árvores. Para avaliar a existência de mudanças nas taxas de incremento ao longo das trajetórias de crescimento, foram calculadas médias móveis das medidas dos anéis em intervalos de tempo de cinco anos. A aplicação da média móvel permite verificar se a média aumentou, diminuiu ou se manteve constante em relação ao período anterior. O teste t pareado foi utilizado para analisar se o IDA médio difere na transição de cada intervalo de tempo para o intervalo seguinte (ZAR, 1999). Estas análises foram aplicadas

para os intervalos de idade em comum entre o plantio e a área nativa, a fim de comparar os períodos de liberação e supressão do crescimento entre estes dois ambientes.

No plantio, a altura total das árvores foi medida com auxílio de fita métrica. Na área nativa, as medidas de altura das árvores foram estimadas visualmente. Em ambos os sítios, a circunferência das árvores foi medida com auxílio de fita métrica.

Estimativas de idade foram realizadas para as árvores da área nativa. Nos indivíduos em que a medula não foi amostrada, o número de anéis não amostrados foi calculado, com o objetivo de aumentar a precisão da estimativa de idade. Este cálculo foi realizado com base na relação entre o comprimento das amostras, o comprimento do raio, o número de anéis das amostras e a taxa de incremento radial de cada árvore (NORTON *et al.*, 1987).

Para investigar a relação entre a idade e o diâmetro das árvores na área nativa, foram utilizados testes de correlação de Pearson. Para as espécies em que estes parâmetros apresentaram correlação significativa, foram realizados testes de regressão linear. Para as árvores do plantio, gráficos *box-plot* foram construídos para analisar a variação do diâmetro das árvores de cada espécie, devido à idade comum entre elas.

5.3.4 Influência dos fatores climáticos sobre o crescimento das árvores

A espécie *S. parahyba* foi selecionada para investigar as correlações com a temperatura e a precipitação, em função de seu número amostral (Tabela 1) e da intercorrelação das árvores (Tabela 3).

Para confirmar se a variação da largura dos anéis representa uma resposta biológica a fatores ambientais em comum, foi realizada uma análise de ordenação a partir da cronologia residual dos anéis de crescimento, por meio da Análise de Componentes Principais (PCA) (OLIVEIRA *et al.*, 2009). A análise de PCA foi utilizada por permitir quantificar a existência de um sinal comum entre as árvores, por meio da análise do agrupamento dos dados, sendo posteriormente aplicado um teste para averiguar sua significância. As análises de PCA foram realizadas por meio do software MULTIV (PILLAR, 2006). Os índices do primeiro eixo da ordenação (PCA1) foram utilizados para as análises dendroclimatológicas.

A influência dos fatores climáticos sobre o crescimento das árvores foi investigada por meio de comparações entre a cronologia e os dados climáticos regionais e locais. Para as

análises com a série climática local, foram utilizados os dados provenientes das estações meteorológicas de Sooretama e Linhares. Para as análises com o clima regional, foi utilizada a série climática regional construída a partir dos dados provenientes das estações meteorológicas de Vitória, Sooretama, Linhares, São Mateus e Caravelas.

Para avaliar as respostas no crescimento das árvores a estas duas escalas de influência climática (local e regional), foram realizados testes de correlação de Pearson entre a cronologia e os dados climáticos para cada um dos meses (julho a junho) do ano de crescimento corrente e do ano de crescimento prévio.

5.3.5 Idade das árvores ao longo da topossequência

A distribuição etária das árvores da área nativa foi investigada a partir da contagem dos anéis de crescimento. Para a avaliação da idade ao longo da topossequência, foi aplicado o teste t entre as diferentes regiões (baixio, talude e platô).

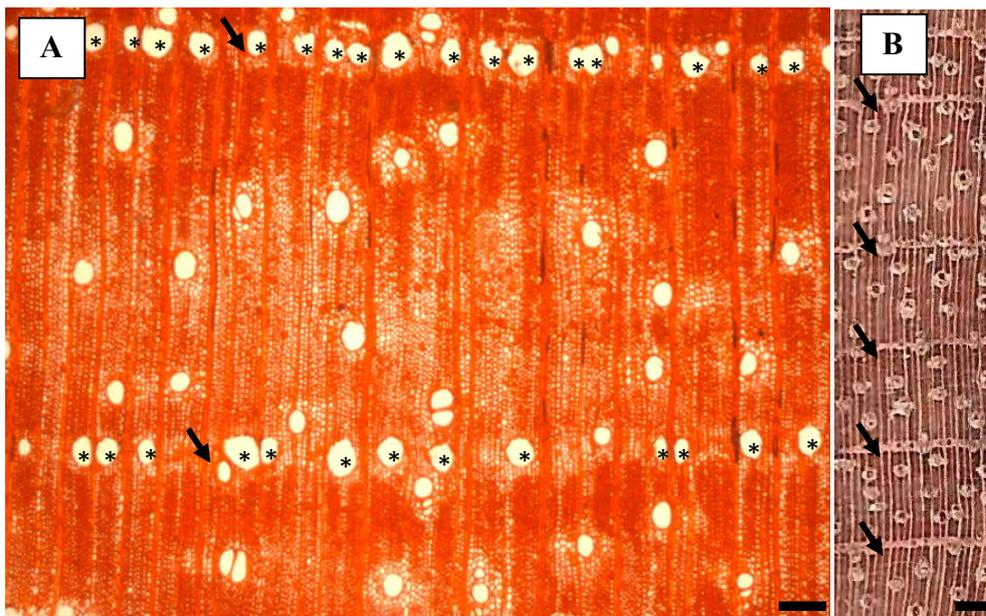
6 RESULTADOS

6.1 Grau de distinção dos anéis de crescimento

- *Copaifera langsdorffii* Desf.

A espécie possui camadas de crescimento distintas, demarcadas pelo maior espessamento das paredes das fibras no lenho tardio (Figura 14). A presença de faixas de parênquima contendo canais secretores coincide frequentemente com os limites das camadas de crescimento (Figura 14).

Figura 14 - Anéis de crescimento de *Copaifera langsdorffii*

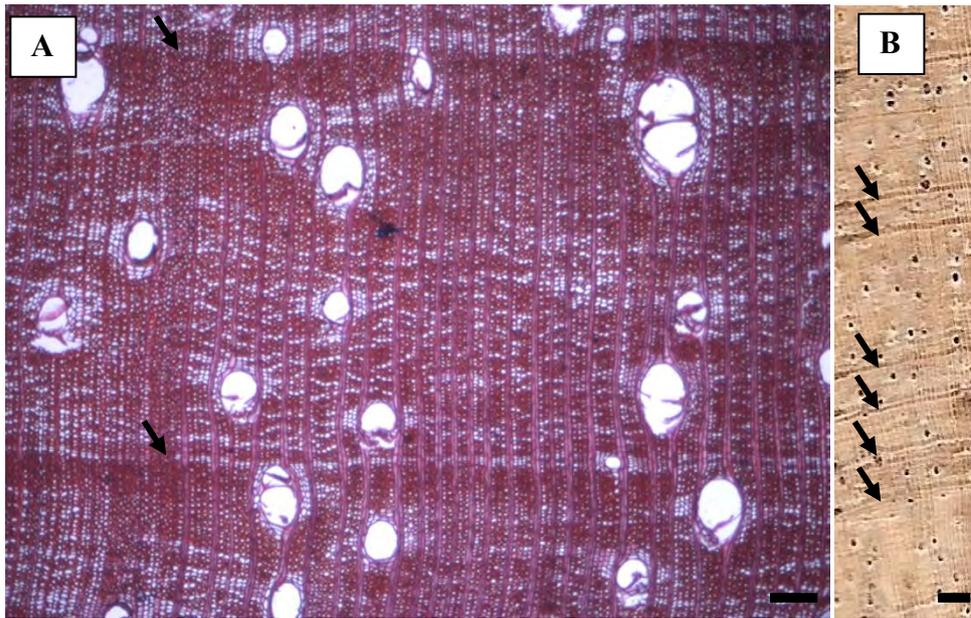


Legenda: Seção transversal do lenho de *Copaifera langsdorffii*. (A) - Visão microscópica (Barra = 200 µm); (B) - Visão macroscópica (Barra = 1 mm). As setas largas indicam os limites das camadas de crescimento. Os asteriscos indicam os canais secretores.

- *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.

A espécie apresenta camadas de crescimento distintas, demarcadas pelo maior espessamento das paredes das fibras no lenho tardio e pela presença de faixa de parênquima marginal com duas a quatro células de largura (Figura 15).

Figura 15 - Anéis de crescimento de *Dalbergia nigra*

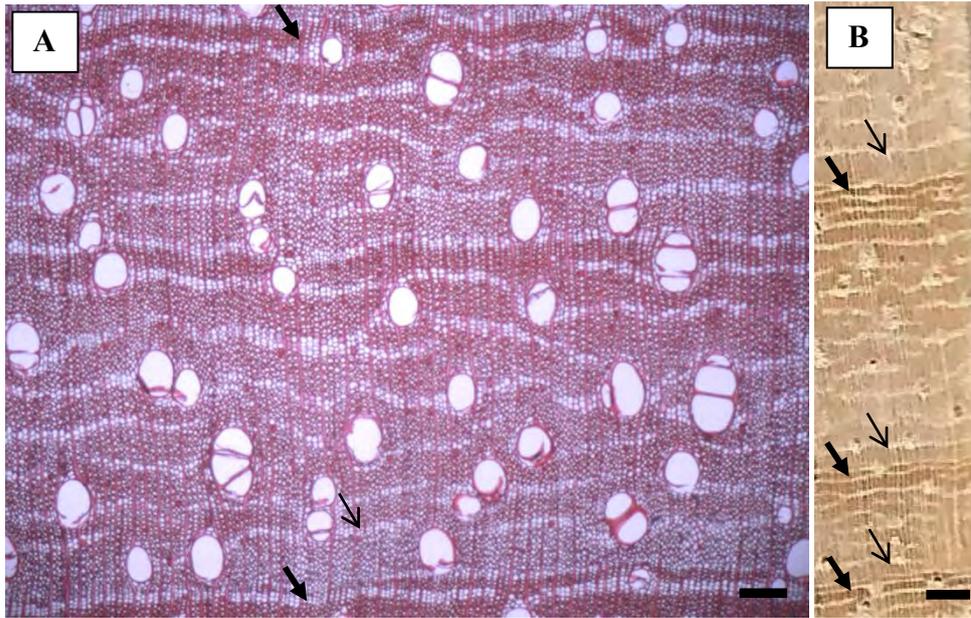


Legenda: Seção transversal do lenho de *Dalbergia nigra*. (A) - Visão microscópica (Barra = 200 μm); (B) - Visão macroscópica (Barra = 1 mm). As setas indicam os limites das camadas de crescimento.

- *Pterocarpus rohrii* Vahl

A espécie possui camadas de crescimento distintas, demarcadas pelo achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes no lenho tardio e pela presença de faixa de parênquima marginal com dez a quinze células de largura (Figura 16).

Figura 16 - Anéis de crescimento de *Pterocarpus rohrii*

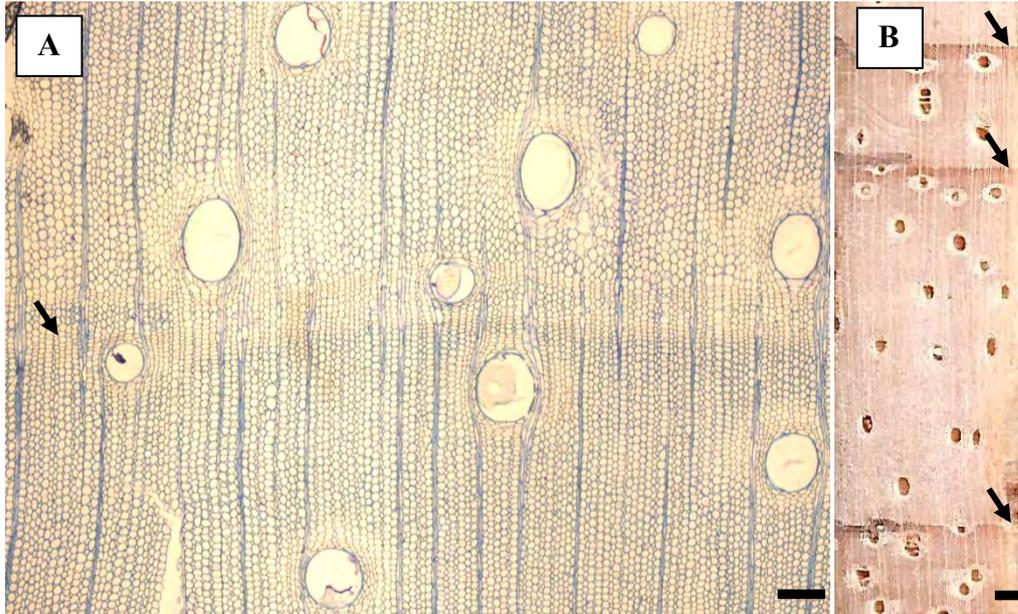


Legenda: Seção transversal do lenho de *Pterocarpus rohrii*. (A) - Visão microscópica (Barra = 200 μ m); (B) - Visão macroscópica (Barra = 1 mm). As setas espessas indicam os limites das camadas de crescimento. As setas finas indicam as faixas de parênquima marginal.

- *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake

A espécie apresenta camadas de crescimento distintas, demarcadas por faixa de parênquima marginal com cinco a oito células de largura, associadas a fibras com paredes espessadas no lenho tardio (Figura 17).

Figura 17 - Anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba*

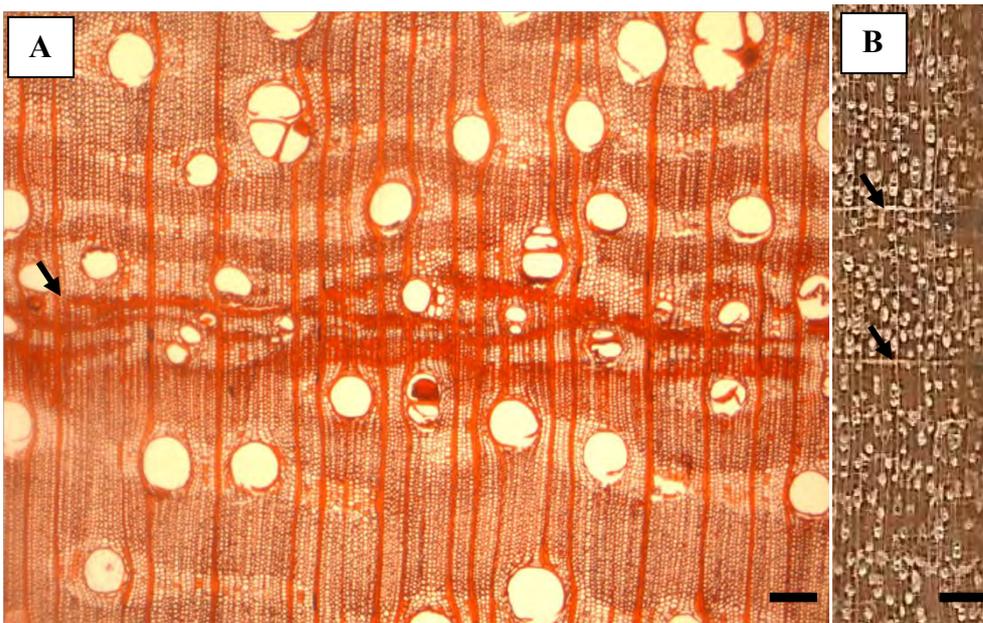


Legenda: Seção transversal do lenho de *Schizolobium parahyba*. (A) - Visão microscópica (Barra = 200 μm); (B) - Visão macroscópica (Barra = 1 mm). As setas indicam os limites das camadas de crescimento.

- *Senna multijuga* Rich.

A espécie apresenta camadas de crescimento distintas, demarcadas pelo achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes no lenho tardio, acompanhado de faixa de parênquima marginal com quatro a oito células de largura (Figura 18).

Figura 18 - Anéis de crescimento de *Senna multijuga*



Legenda: Seção transversal do lenho de *Senna multijuga*. (A) - Visão microscópica (Barra = 200 μ m); (B) - Visão macroscópica (Barra = 1 mm). As setas indicam os limites das camadas de crescimento.

6.2 Análises dendrocronológicas

6.2.1 Análises dendrocronológicas das árvores do plantio

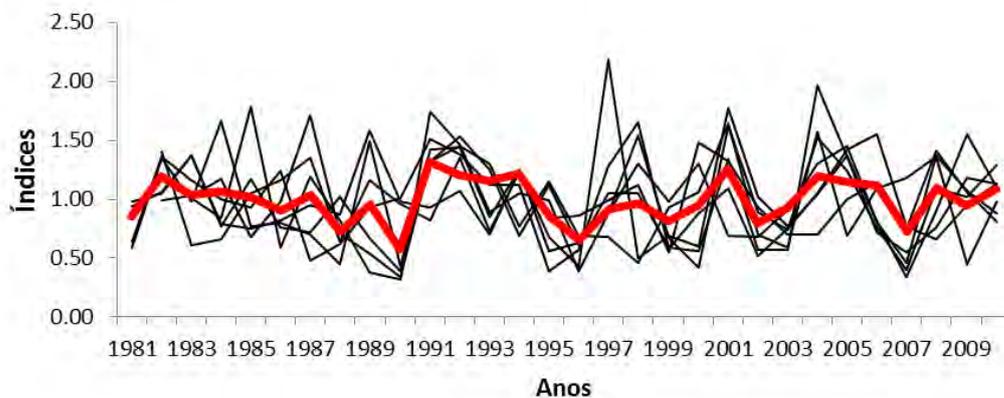
A presença de anéis de crescimento descontínuos foi observada em alguns indivíduos de *C. langsdorffii*, *P. rohrii* e *S. multijuga*. Em todas as espécies estudadas, foram observados anéis de crescimento com limites pouco distintos, sobretudo na região próxima à medula. Contudo, a análise dos discos completos possibilitou a identificação dos anéis falsos, os quais foram detectados devido à variação do grau de distinção ao longo da circunferência do disco.

A análise das amostras evidenciou que o número de anéis de crescimento visualizados correspondeu à idade dos plantios em todas as espécies estudadas (Figuras 19 a 23). Apenas

em três indivíduos de *C. langsdorffii* e dois de *S. multijuga*, o número de anéis de crescimento foi de um a dois anos inferior à idade do plantio. A exceção é o indivíduo de *S. parahyba* identificado como SP1, que corresponde a uma árvore que já se encontrava morta no momento da amostragem, e cuja idade alcançada foi de 18 anos.

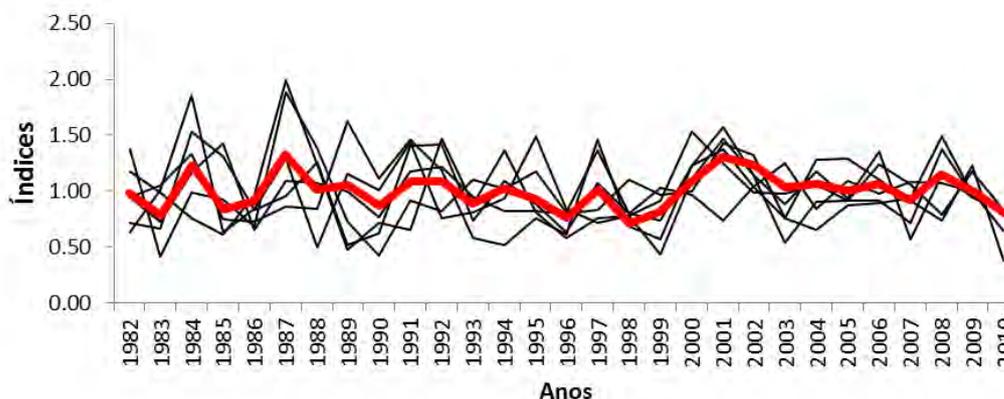
A correspondência entre o número de camadas de crescimento e a idade do plantio permitiu caracterizar a periodicidade de formação dos anéis de crescimento como anual para as espécies estudadas. Os elevados valores de intercorrelação encontrados por meio do COFECHA indicam a precisão da datação cruzada e ratificam o caráter anual dos anéis de crescimento (Tabela 2).

Figura 19 - Cronologia residual dos anéis de crescimento de *Copaifera langsdorffii* no plantio



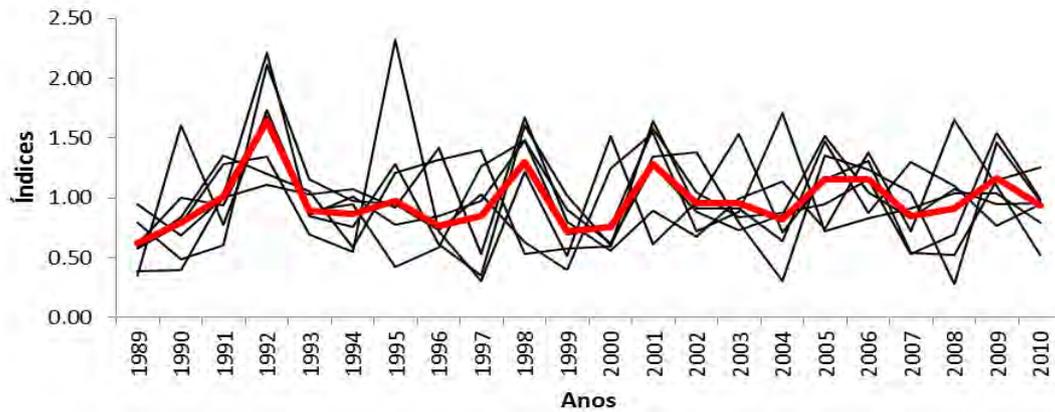
Legenda: As linhas finas correspondem aos índices de cada árvore e a linha espessa, à cronologia.

Figura 20 - Cronologia residual dos anéis de crescimento de *Dalbergia nigra* no plantio



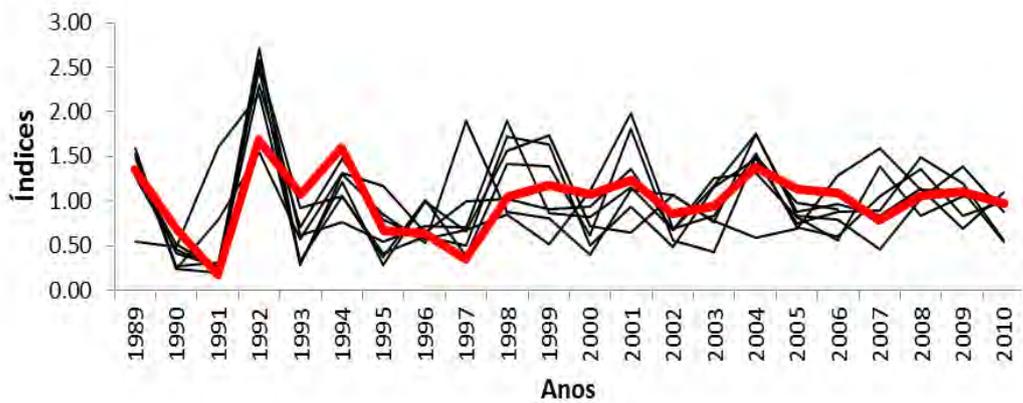
Legenda: As linhas finas correspondem aos índices de cada árvore e a linha espessa, à cronologia.

Figura 21 - Cronologia residual dos anéis de crescimento de *Pterocarpus rohrii* no plantio



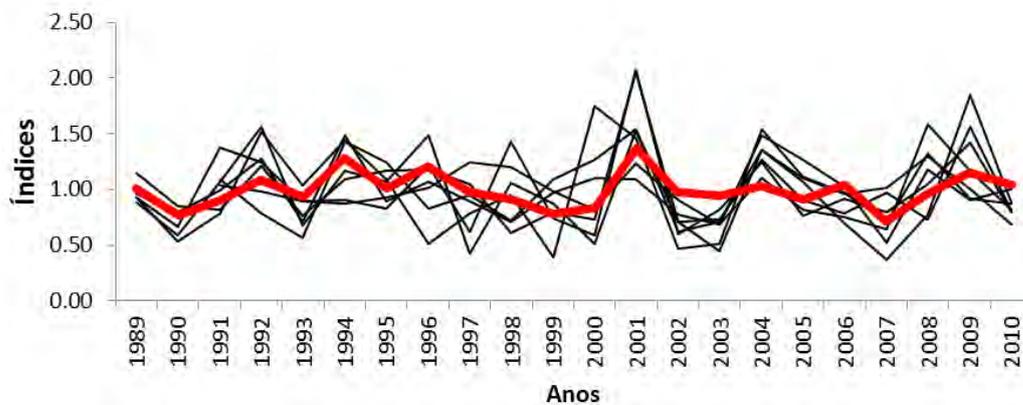
Legenda: As linhas finas correspondem aos índices de cada árvore e a linha espessa, à cronologia.

Figura 22 - Cronologia residual dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* no plantio



Legenda: As linhas finas correspondem aos índices de cada árvore e a linha espessa, à cronologia.

Figura 23 - Cronologia residual dos anéis de crescimento de *Senna multijuga* no plantio



Legenda: As linhas finas correspondem aos índices de cada árvore e a linha espessa, à cronologia.

Tabela 2 - Dados da datação cruzada entre as árvores do plantio, obtidos com a utilização do software COFECHA.

| Espécies | Intercorrelação das árvores | Rigidez do <i>spline</i> (anos) | Período da datação (anos) | Nº de árvores | Nº de raios | Intercorrelação média dentro da árvore |
|------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------|-------------|----------------------------------------|
| <i>C. langsdorffii</i> | 0.49 | 7 | 30 | 7 (de 7) | 14 | 0.73 (± 0.09) |
| <i>D. nigra</i> | 0.44 | 20 | 29 | 6 (de 6) | 12 | 0.56 (± 0.21) |
| <i>P. rohrii</i> | 0.42 | 15 | 22 | 7 (de 7) | 14 | 0.66 (± 0.19) |
| <i>S. multijuga</i> | 0.56 | 6 | 22 | 7 (de 7) | 14 | 0.73 (± 0.17) |
| <i>S. parahyba</i> | 0.51 | 20 | 22 | 7 (de 7) | 14 | 0.84 (± 0.09) |

p = 0.01

6.2.2 Análises dendrocronológicas das árvores da área nativa

Nas espécies estudadas, foram observados anéis de crescimento com limites pouco distintos, em diferentes regiões das amostras. A combinação das análises anatômica, gráfica e estatística possibilitou a identificação de anéis de crescimento falsos. A sincronização entre os raios dentro da mesma árvore foi elevada para as espécies *S. parahyba*, *S. multijuga*, *D. nigra* e *P. rohrii* sendo reduzida para a espécie *C. langsdorffii* (Tabela 3).

Para as análises entre árvores, a sincronização entre as séries de medidas foi elevada para *S. parahyba*, *P. rohrii* e *D. nigra*. Para *S. parahyba*, foi observada sincronização do crescimento para a maioria dos raios e indivíduos, evidenciados pelas análises estatísticas, que mostraram intercorrelação de 0.53 para as séries (Tabela 3). Para *P. rohrii* e *D. nigra*, foi observada a sincronização do crescimento em parte dos raios e indivíduos, evidenciados por meio das análises estatísticas, que mostraram, respectivamente, intercorrelação de 0.27 e 0.29 para as séries (Tabela 3). Para *C. langsdorffii*, a reduzida sincronização do crescimento foi evidenciada por meio das análises estatísticas, que mostraram intercorrelação de 0.21 para as séries (Tabela 3). Para *S. multijuga*, a intercorrelação não foi avaliada pelo fato de uma única árvore ter sido encontrada no sítio de estudo da área nativa (Tabela 3).

Tabela 3 – Dados da datação cruzada entre as árvores da área nativa, obtidos com a utilização do software COFECHA.

| Espécies | Intercorrelação das árvores | Rigidez dospline (anos) | Período da datação (anos) | Nº de árvores | Nº de raios | Intercorrelação média dentro da árvore |
|------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------------------------|
| <i>C. langsdorffii</i> | 0.21 | 32 | 129 | 7 (de 8) | 12 | 0.06 (\pm 0.07) |
| <i>D. nigra</i> | 0.29 | 32 | 90 | 5 (de 7) | 13 | 0.37 (\pm 0.12) |
| <i>P. rohrii</i> | 0.27 | 8 | 126 | 9 (de 25) | 28 | 0.36 (\pm 0.13) |
| <i>S. parahyba</i> | 0.53 | 20 | 39 | 12 (de 15) | 47 | 0.66 (\pm 0.13) |
| <i>S. multijuga</i> | - | 16 | 26 | 1 (de 1) | 4 | 0.46 |

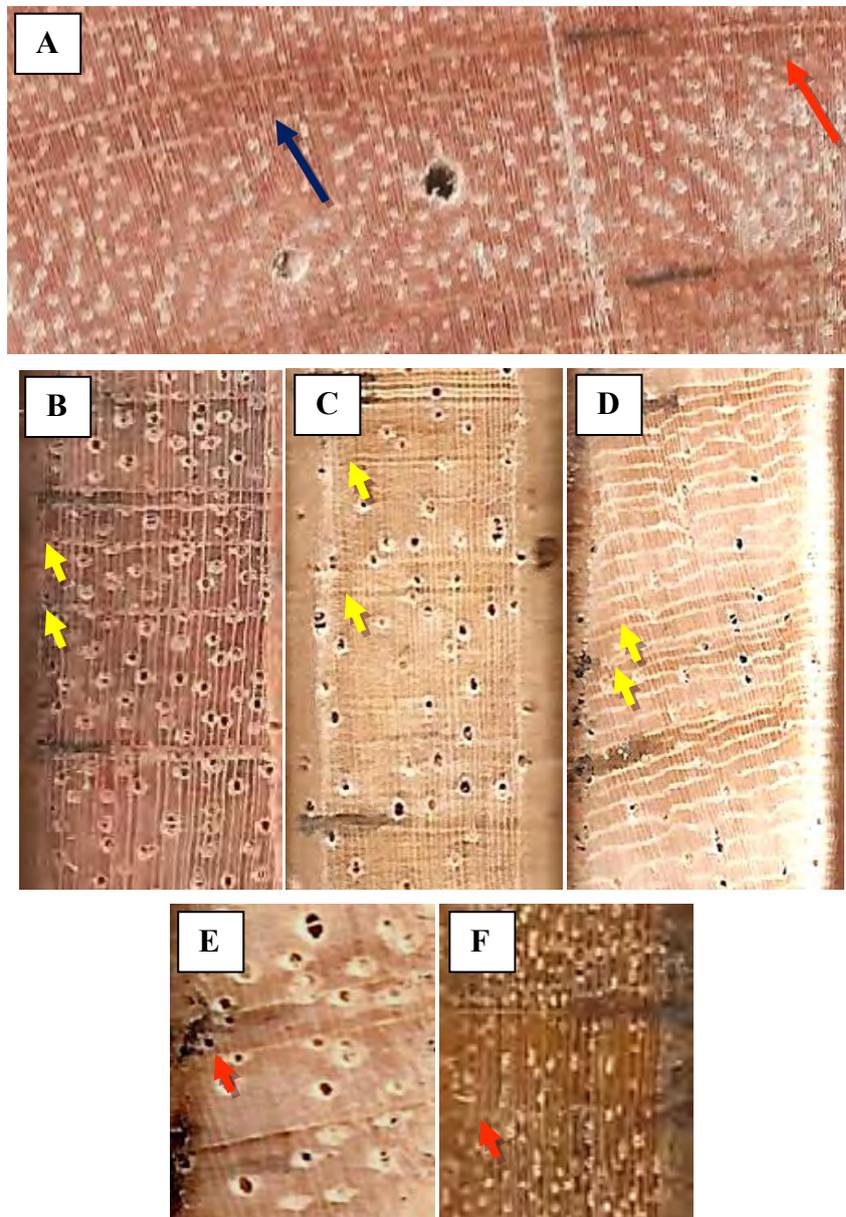
p = 0.01

6.2.3 Características anatômicas dos anéis de crescimento falsos

Em todas as espécies estudadas, foram observados anéis de crescimento falsos. A partir das análises de datação cruzada, foi possível determinar as características anatômicas que permitiram a identificação dos anéis falsos.

Em *C. langsdorffii*, as faixas de parênquima contendo canais secretores são usualmente encontradas no limite dos anéis de crescimento, entretanto, sua presença também ocorre em regiões que não coincidem com o limite de um anel. Nestes casos, é possível identificar o anel falso devido à ausência de lenho tardio associado à faixa de parênquima. Esta característica é facilmente identificada nas amostras de disco, porém, sua detecção se torna difícil nas amostras obtidas com Sonda de Pressler (Figura 24). Em *D. nigra* e *P. rohrii*, existe uma tendência à formação de faixas de fibras espessadas com demarcação pouco distinta, o que dificulta a identificação dos anéis de crescimento falsos (Figura 24). Em *S. parahyba*, a presença de faixas de parênquima marginal não acompanhadas de espessamento das fibras permite identificar os anéis de crescimento falsos com relativa facilidade (Figura 24). Em *S. multijuga*, a presença de faixas de parênquima pouco distintas caracteriza anéis de crescimento falsos (Figura 24).

Figura 24 – Características anatômicas que permitem a identificação de anéis de crescimento falsos nas espécies estudadas



Legenda: (A; B) - *C. langsdorffii*; (C) - *D. nigra*; (D) - *P. rohrii*; (E) - *S. parahyba*; (F) - *S. multijuga*. (A) Faixa de canal secretor descontínua, apresentando-se distinta na região apontada pela seta azul e indistinta na região apontada pela seta vermelha. Note que a faixa de canal secretor apontada não coincide com o final do lenho tardio; (B) As setas amarelas indicam faixas de canal secretor onde não há correspondência com o final do lenho tardio, tornando a demarcação como anel de crescimento duvidoso; (C; D) As setas amarelas indicam a presença de faixas escuras, sugestivas de lenho tardio, porém com demarcação pouco distinta; (E) A seta vermelha indica um anel de crescimento falso, caracterizado por apresentar faixa de parênquima não associada ao lenho tardio; (F) A seta vermelha indica um anel de crescimento falso, caracterizado por apresentar faixa de parênquima pouco distinta.

6.3 Caracterização do crescimento

6.3.1 Árvores do plantio x Árvores da área nativa

Em todas as espécies estudadas no plantio, as árvores apresentaram variação no IDA, DAP e altura (Tabela 4; Figuras 25 a 29). A comparação do IDA médio até a idade de 22 anos entre as árvores do plantio e da área nativa mostrou que as taxas de crescimento no plantio foram mais elevadas para as espécies *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii* (Tabela 4). Os resultados mostraram que o IDA no plantio foi maior em 54% para *C. langsdorffii* e *D. nigra*, e em 63% para *P. rohrii*, comparado à área nativa. Por outro lado, para as espécies *S. parahyba* e *S. multijuga*, as taxas de crescimento foram mais elevadas na área nativa em comparação com o plantio (Tabela 4). O IDA na área nativa foi maior em 20% para *S. parahyba* e em 31% para *S. multijuga*, em comparação ao plantio. As análises estatísticas evidenciaram a existência de diferenças significativas entre o IDA do plantio e da área nativa para as espécies *C. langsdorffii*, *D. nigra*, *P. rohrii* e *S. parahyba* (Tabela 5). Para *S. multijuga*, não foi possível avaliar a diferença entre as taxas de crescimento do plantio e da área nativa em função do número amostral reduzido.

Para as árvores crescendo em condições de plantio, o período de tempo necessário para atingir o DMC foi maior que 50 anos para todas as espécies estudadas (Tabela 4). Para as árvores crescendo na área nativa, o período de tempo necessário para atingir o DMC foi superior a 100 anos para *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii*. Para *S. parahyba* e *S. multijuga* se desenvolvendo em área nativa, o tempo necessário para atingir o DMC foi inferior a 50 anos (Tabela 4).

Tabela 4 – Caracterização do crescimento das espécies estudadas em condições de plantio e em área nativa.

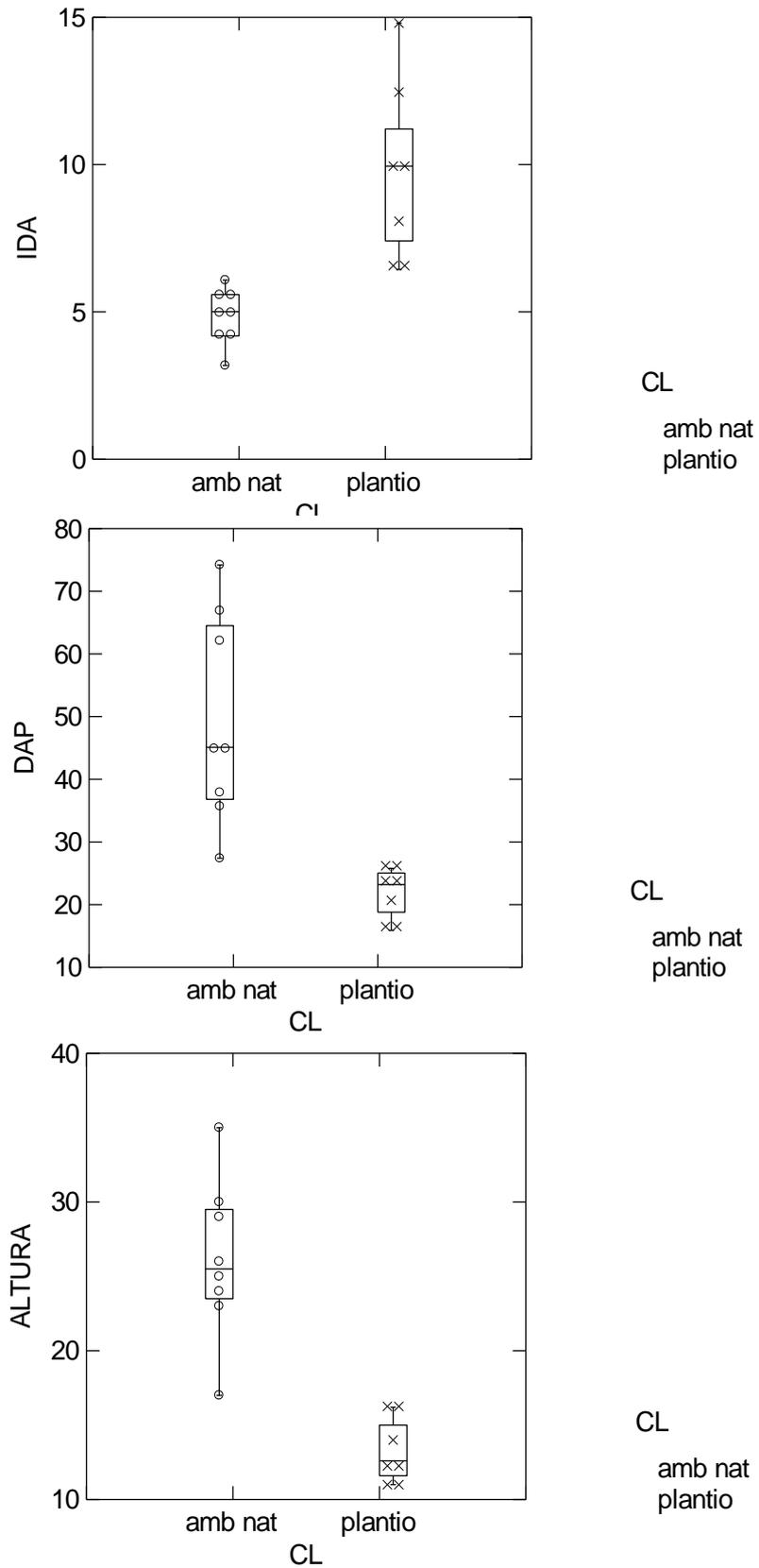
| Espécie | Local | IDA 22anos (mm) | IDA Total (mm) | DAP (cm) | Altura (m) | Tempo para DMC (anos) |
|------------------------|---------|-----------------|----------------|-------------|-------------|-----------------------|
| <i>C. langsdorffii</i> | Plantio | 9.8 (±3.0) | 9.3 (±2.4) | 15.9 – 26.8 | 11.0 – 16.2 | 51 |
| | Nativa | 4.5 (±1.4) | 4.9 (±1.0) | 27.4 – 74.2 | 17.0 – 35.0 | 102 |
| <i>D. nigra</i> | Plantio | 8.1 (±1.8) | 7.9 (±2.1) | 14.5 – 30.7 | 12.7 – 18.0 | 61 |
| | Nativa | 3.7 (±0.7) | 4.6 (±1.1) | 18.0 – 82.2 | 10.0 – 30.0 | 109 |
| <i>P. rohrii</i> | Plantio | 9.8 (±2.7) | 9.8 (±2.7) | 12.3 – 27.7 | 12.6 – 16.5 | 51 |
| | Nativa | 3.6 (±1.4) | 4.3 (±1.1) | 5.4 – 111.5 | 7.0 – 35.0 | 116 |
| <i>S. multijuga</i> | Plantio | 9.0 (±1.8) | 9.0 (±1.8) | 11.2 – 22.5 | 8.2 – 20.3 | 55 |
| | Nativa | 13.1 | 11.3 | 44.6 – 58.6 | 18.0 – 19.0 | 44 |
| <i>S. parahyba</i> | Plantio | 8.7 (±2.0) | 8.7 (±2.0) | 12.9 – 23.3 | 7.0 – 13.7 | 57 |
| | Nativa | 10.9(±4.0) | 12.1(±3.8) | 18.2 – 70.1 | 14.0 – 34.0 | 41 |

Para DAP e altura, os intervalos correspondem ao valor mínimo e máximo para cada espécie. IDA 22 anos: IDA até a idade de 22 anos; Tempo para DMC: período estimado para atingir o Diâmetro Mínimo de Corte de 50 cm.

Tabela 5 – Comparação do IDA das espécies estudadas entre a área nativa e o plantio.

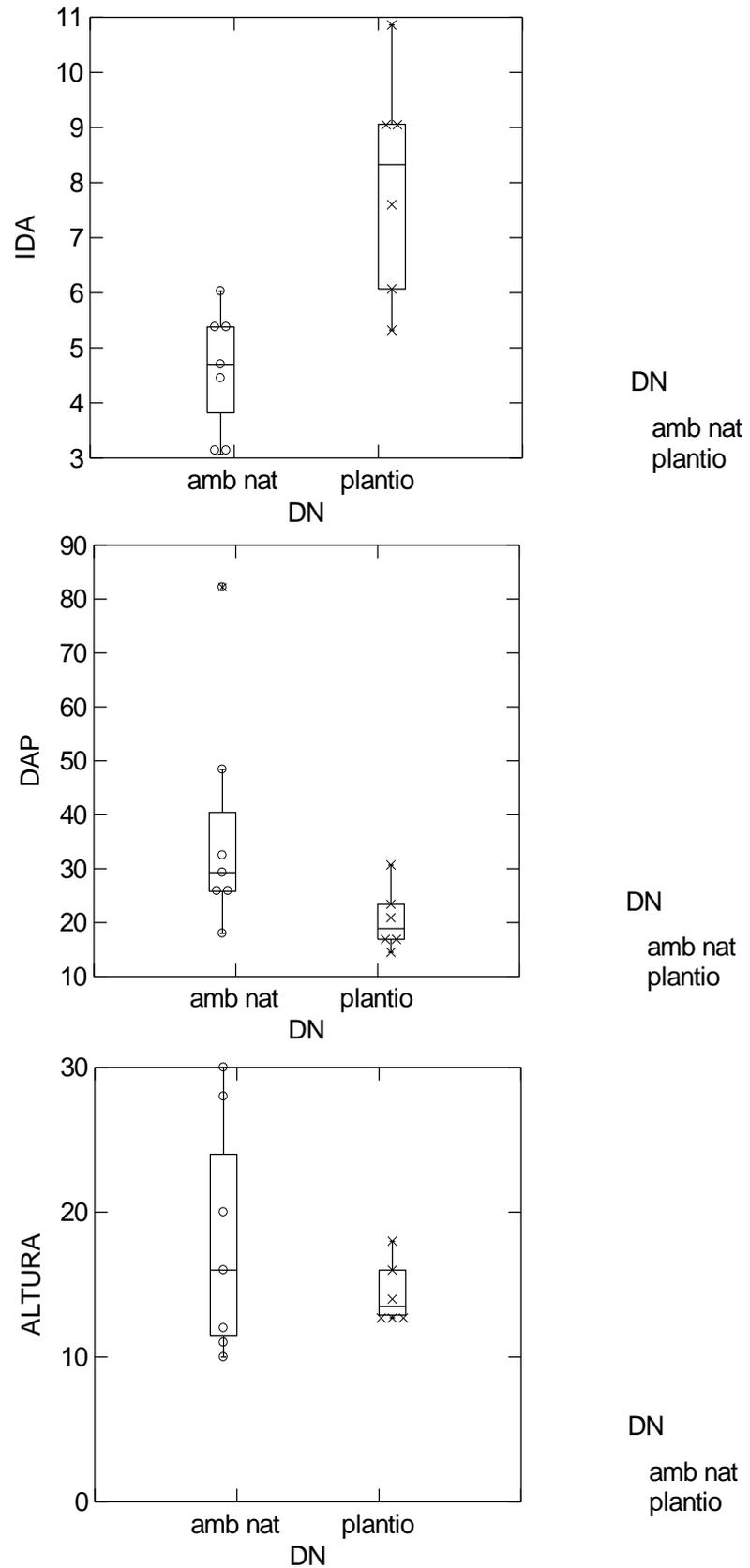
| Espécies | <i>C. langsdorffii</i> | | <i>D. nigra</i> | | <i>P. rohrii</i> | | <i>S. parahyba</i> | |
|---------------------------|------------------------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|--------------------|----------|
| | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>t</i> | <i>p</i> |
| IDA plantio X área nativa | -4,10,01 | | -3,60,00 | | -5,20,00 | | 2.70,02 | |

Figura 25 – Boxplots do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de *Copaifera langsdorffii*.



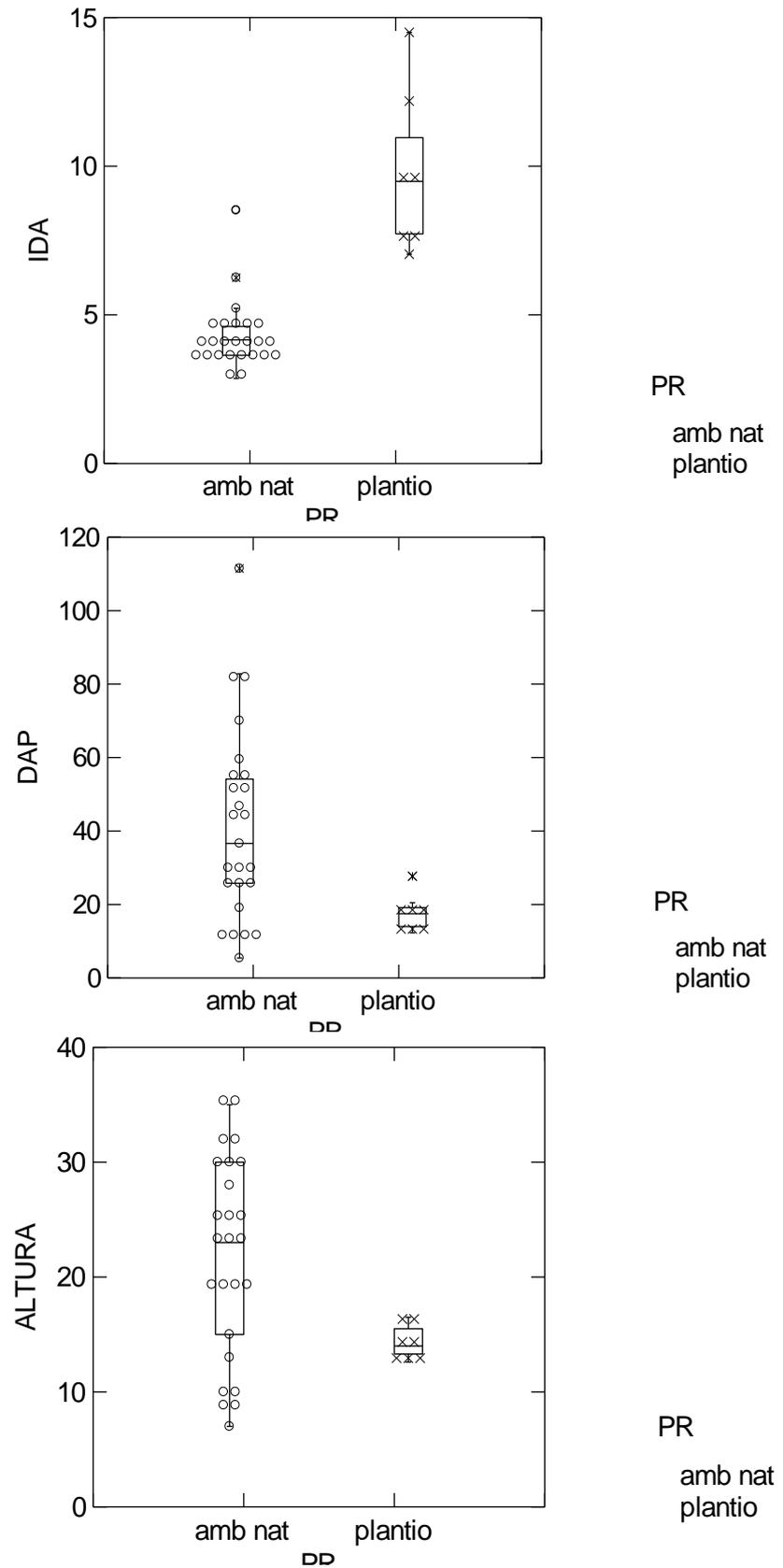
Legenda: amb nat = ambiente natural.

Figura 26 – Boxplots do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de *Dalbergia nigra*



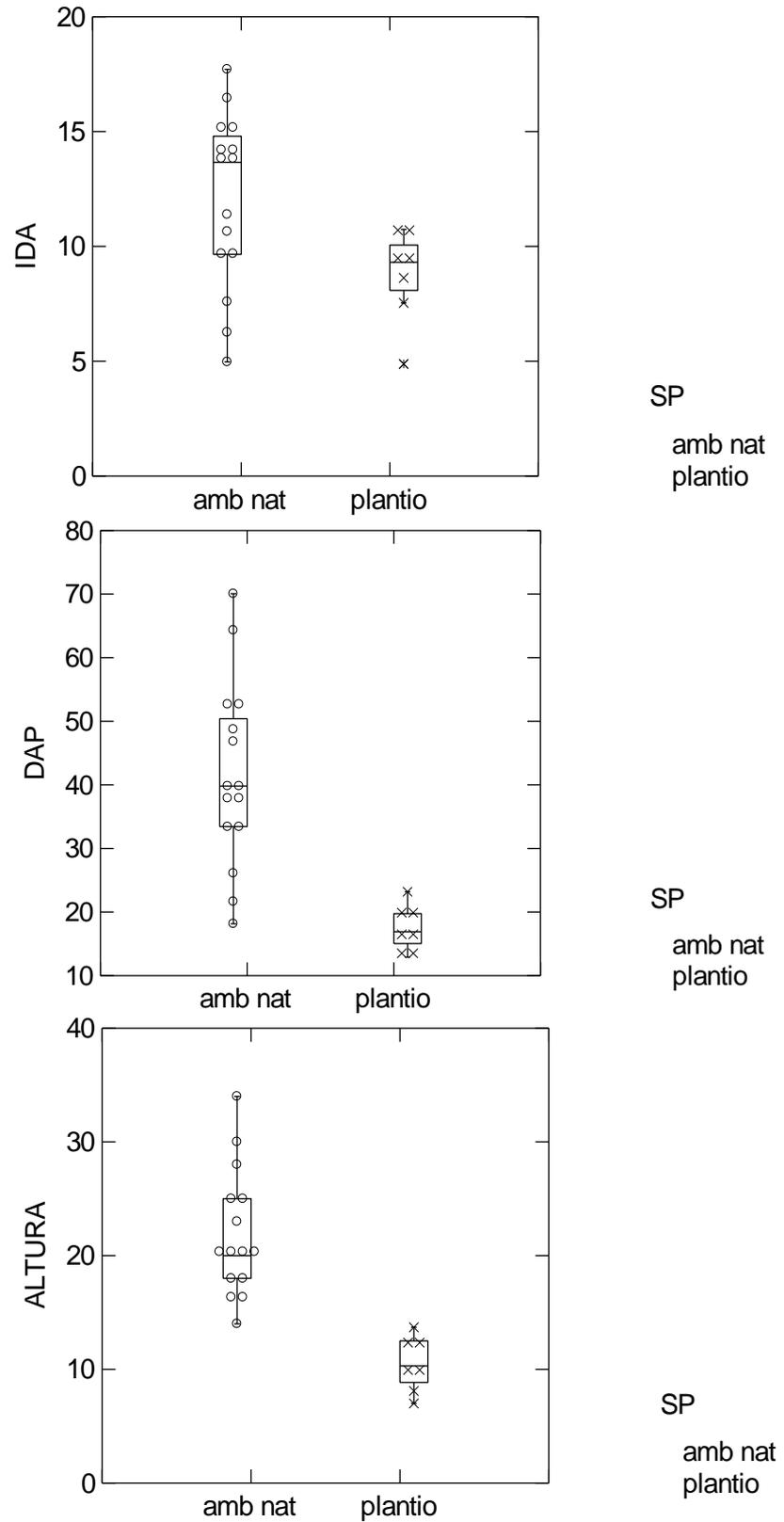
Legenda: amb nat = ambiente natural.

Figura 27 – Boxplots do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de *Pterocarpus rohrii*



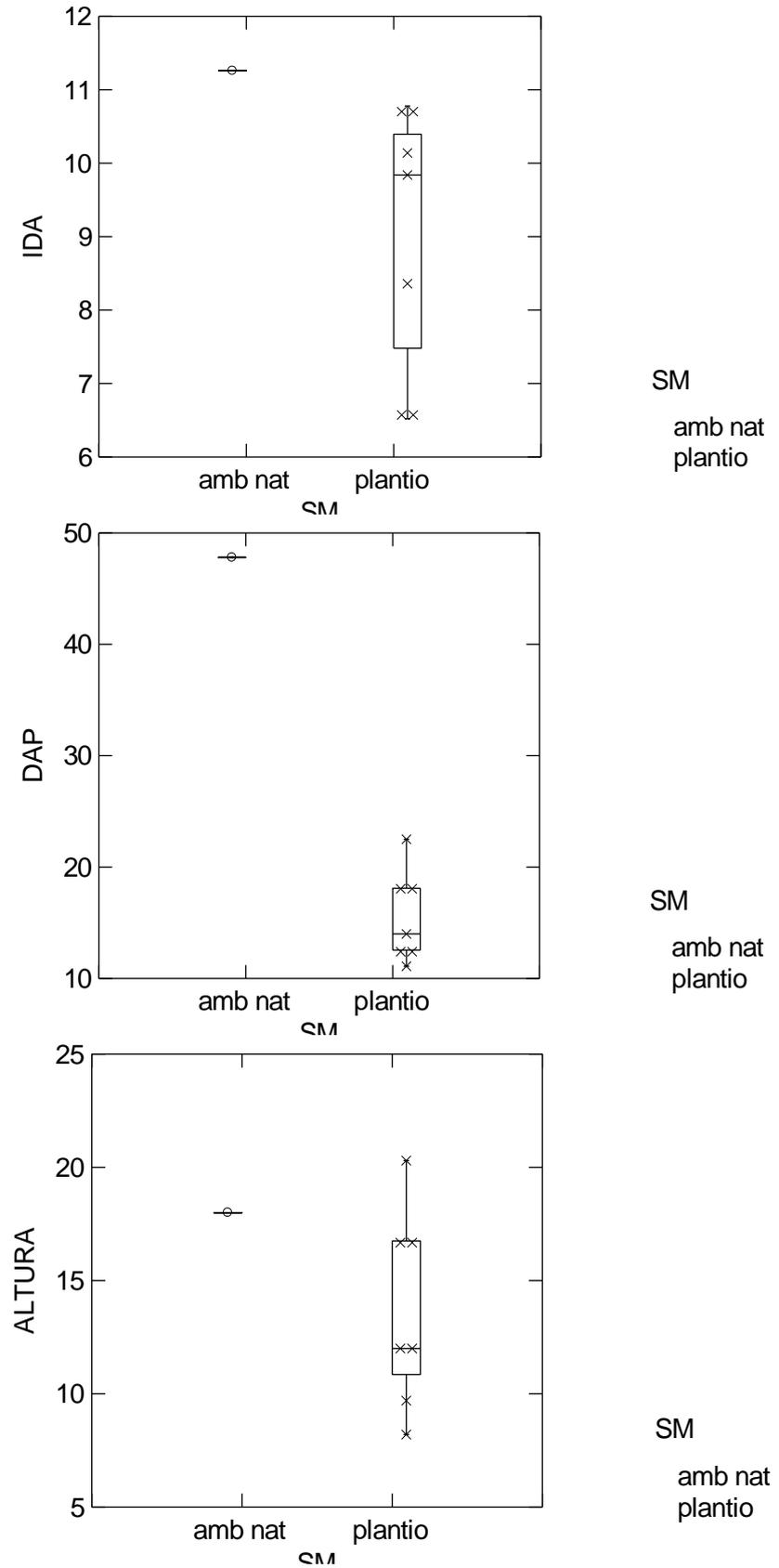
Legenda: amb nat = ambiente natural.

Figura 28 – *Boxplots* do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de *Schizolobium parahyba*



Legenda: amb nat = ambiente natural.

Figura 29 – Boxplots do IDA (mm), DAP (cm) e altura (m) de *Senna multijuga*



Legenda: amb nat = ambiente natural.

As séries de medições dos anéis permitiram descrever o crescimento das espécies estudadas por meio das trajetórias de crescimento (Figuras 30 a 34) e das médias móveis (Figuras 35 a 39) para as árvores crescendo em condições de plantio e em área nativa. É interessante destacar que nenhuma das espécies mostrou estabilização do crescimento.

No plantio, *C. langsdorffii* mostrou pouca variação durante os primeiros anos de crescimento. Entretanto, a espécie passou a apresentar taxas de crescimento mais elevadas entre sete e 11 anos de idade, as quais começaram a decair entre 12 e 16 anos de idade (Figura 35). Nos anos subsequentes, as árvores apresentaram oscilações de crescimento, contudo, não houve nenhum período bem demarcado de aumento ou de redução do crescimento (Figura 35). Em concordância com este comportamento, o IDA mostrou-se diferente (Tabela 6) entre os intervalos de tempo III (11 – 15 anos) e IV (16 – 20 anos). Na área nativa, apesar de um indivíduo ter apresentado crescimento elevado durante os primeiros anos, não foi observada tendência à liberação de crescimento em períodos semelhantes aos do plantio (Figura 35). Ao longo dos anos observados, as árvores apresentaram oscilações nas taxas de crescimento, contudo, não houve nenhum período bem marcado de aumento ou redução de crescimento (Figura 35). De acordo com estas trajetórias de crescimento, não foram encontradas diferenças no IDA entre os intervalos de tempo avaliados (Tabela 6). Vale destacar que não houve diferenças das trajetórias de crescimento entre as árvores de *C. langsdorffii* localizadas no talude e no tabuleiro (Figura 35).

No plantio, *D. nigra* apresentou pequena variação no crescimento até aproximadamente 15 anos de idade (Figura 36). As taxas de crescimento se mostraram mais elevadas entre 16 e 20 anos de idade, e começaram a decrescer no período entre 20 e 24 anos em diante (Figura 36). Em concordância com esta trajetória de crescimento, o IDA mostrou-se diferente (Tabela 6) entre os intervalos de tempo III (11 – 15 anos) e IV (16 – 20 anos) e também entre os intervalos de tempo V (21 – 25 anos) e VI (26 – 29 anos). Na área nativa, as taxas de crescimento apresentaram-se reduzidas até aproximadamente 15 anos de idade (Figura 36). Após este intervalo, o crescimento apresentou variação entre as árvores, porém, não foram observados períodos em comum de liberação ou supressão de crescimento (Figura 36). De acordo com este comportamento, não foram encontradas diferenças no IDA entre os intervalos de tempo avaliados (Tabela 6).

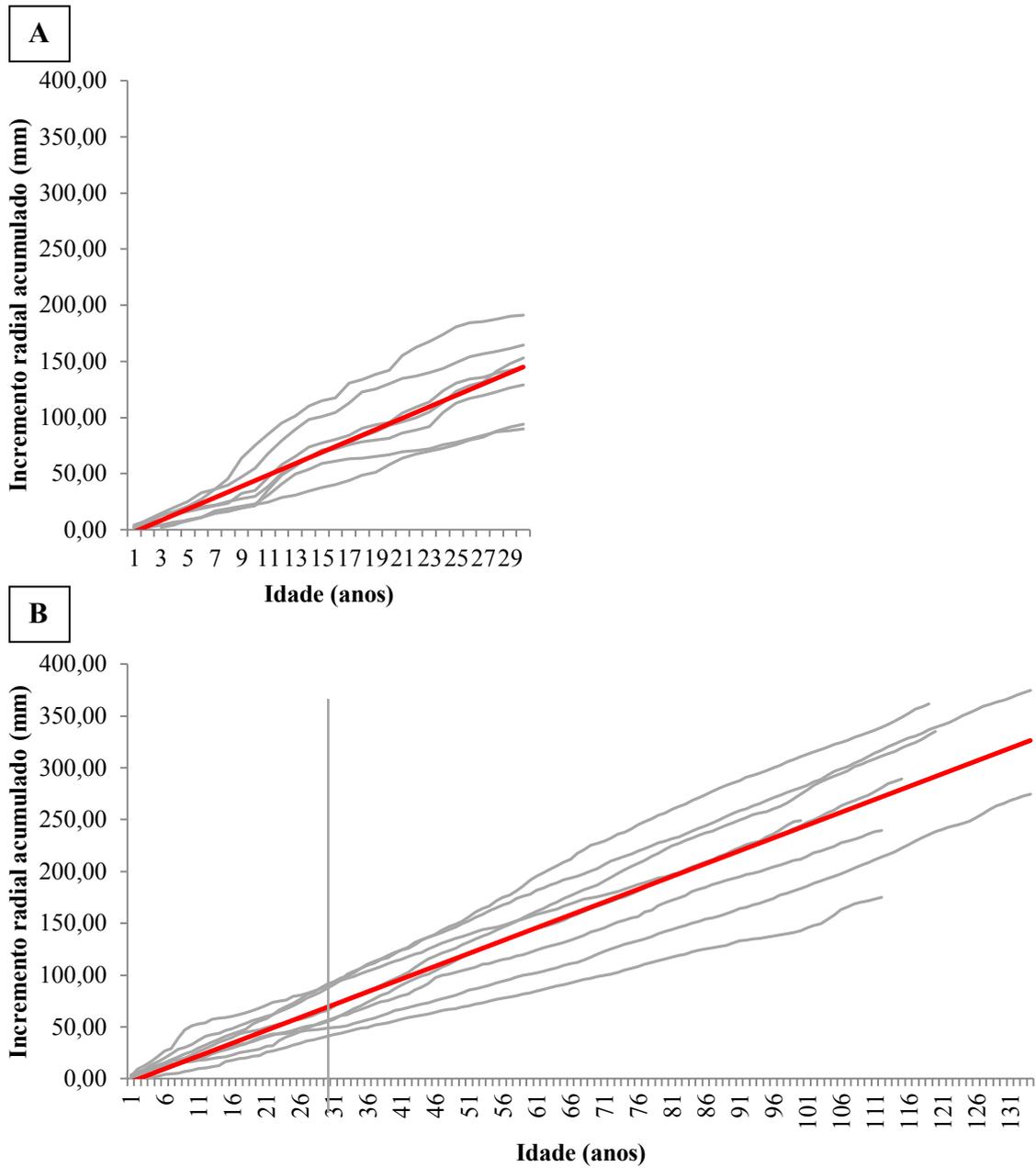
No plantio, *P. rohrii* apresentou elevadas taxas de crescimento nos primeiros anos de vida, as quais se mostraram mais elevadas no período entre quatro e oito anos de idade. Após este período, as taxas de crescimento começaram a decrescer (Figura 37). As taxas de

crescimento apresentaram decréscimo até o intervalo entre 11 e 15 anos de idade, e após este período, houve pouca variação no crescimento (Figura 37). Em concordância com estas mudanças nas taxas de crescimento, o IDA mostrou-se diferente (Tabela 6) apenas entre os intervalos de tempo II (6 – 10 anos) e III (11 – 15 anos). Na área nativa, as árvores apresentaram oscilações das taxas de crescimento ao longo dos anos, independentemente da idade (Figura 37). Alguns apresentaram períodos de liberação e supressão do crescimento, entretanto, não houve correspondência destes eventos em intervalos de idade em comum entre as árvores (Figura 37). De acordo com estas trajetórias de crescimento, não foram encontradas diferenças no IDA entre os intervalos de tempo avaliados (Tabela 6). Não foram observadas diferenças nas trajetórias de crescimento das árvores de *P. rohrii* em relação à posição na topossequência.

No plantio, *S. parahyba* apresentou intenso crescimento nos primeiros anos de vida, mostrando suas taxas de crescimento mais elevadas até o período entre quatro e oito anos de idade. Após este período, o crescimento apresentou baixa variação (Figura 38). Em concordância com este comportamento, o IDA mostrou-se diferente (Tabela 6) apenas entre os intervalos de tempo I (1 – 5 anos) e II (6 – 10 anos). Na área nativa, embora as árvores tenham apresentado crescimento elevado nos primeiros anos, o IDA se tornou mais alto a partir de aproximadamente 10 anos de idade (Figura 38). Apesar das variações no crescimento entre as árvores ao longo dos anos, a espécie mostrou tendência a apresentar taxas de crescimento mais elevadas no intervalo em comum entre 20 e 30 anos de idade (Figura 38).

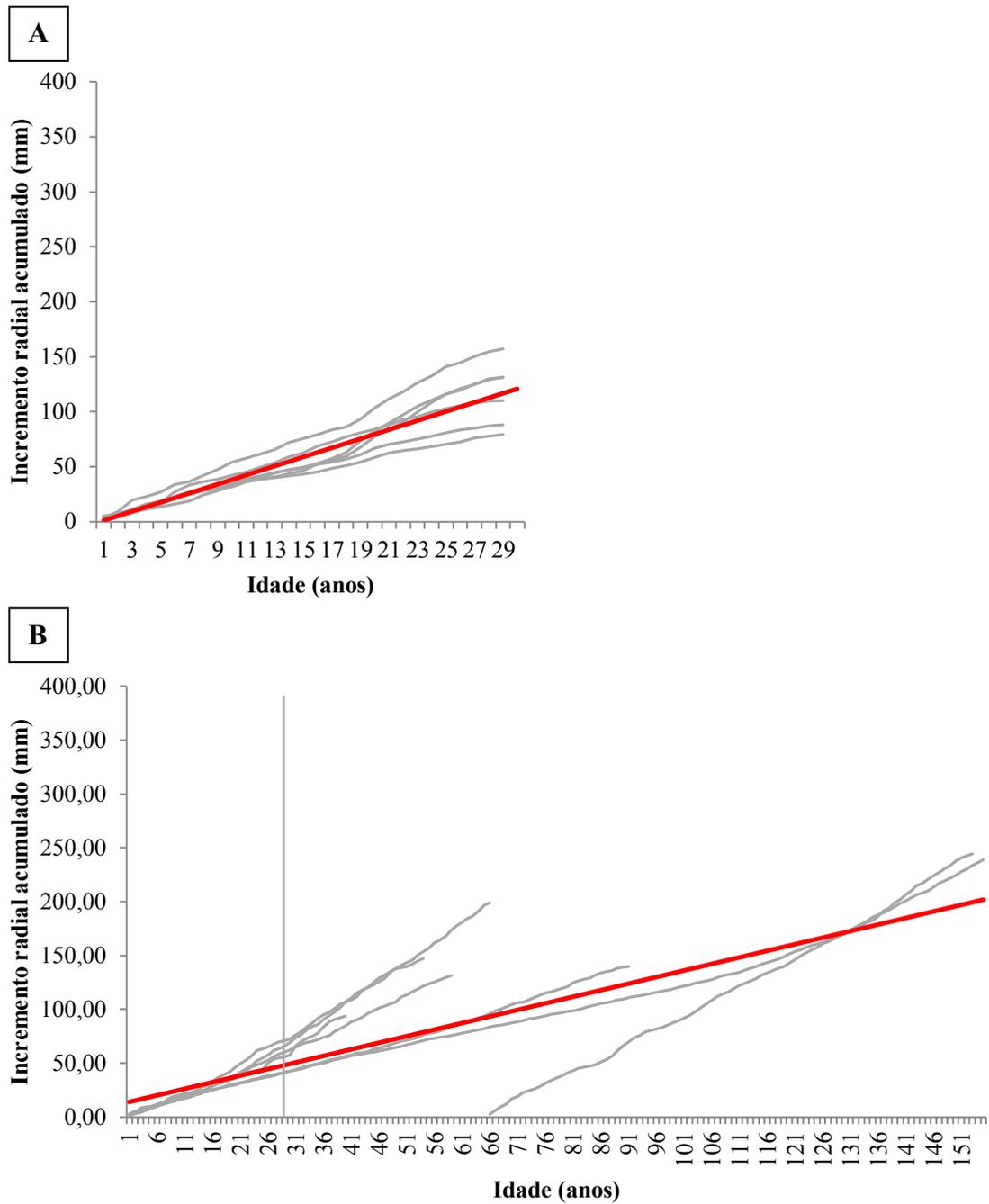
No plantio, *S. multijuga* apresentou crescimento reduzido até os cinco anos de idade, e após este período, apresentou taxas de crescimento crescentes (Figura 39). Do período entre cinco e nove anos em diante, as taxas de crescimento apresentaram oscilações, contudo, não houve nenhum período bem demarcado de aumento ou redução (Figura 39). Em concordância com esta trajetória de crescimento, o IDA mostrou-se diferente (Tabela 6) apenas entre os intervalos de tempo I (1 – 5 anos) e II (6 – 10 anos). Na área nativa, o indivíduo analisado apresentou pequena variação no crescimento ao longo dos anos, porém, não foi observado nenhum período bem marcado de liberação ou supressão (Figura 39). Não foi possível comparar o IDA em intervalos de tempo com os resultados do plantio, devido à ausência de um intervalo de idade em comum entre os dois ambientes (Figura 39; Tabela 6).

Figura 30 – Trajetórias de crescimento de *Copaifera langsdorffii* no plantio e na área nativa



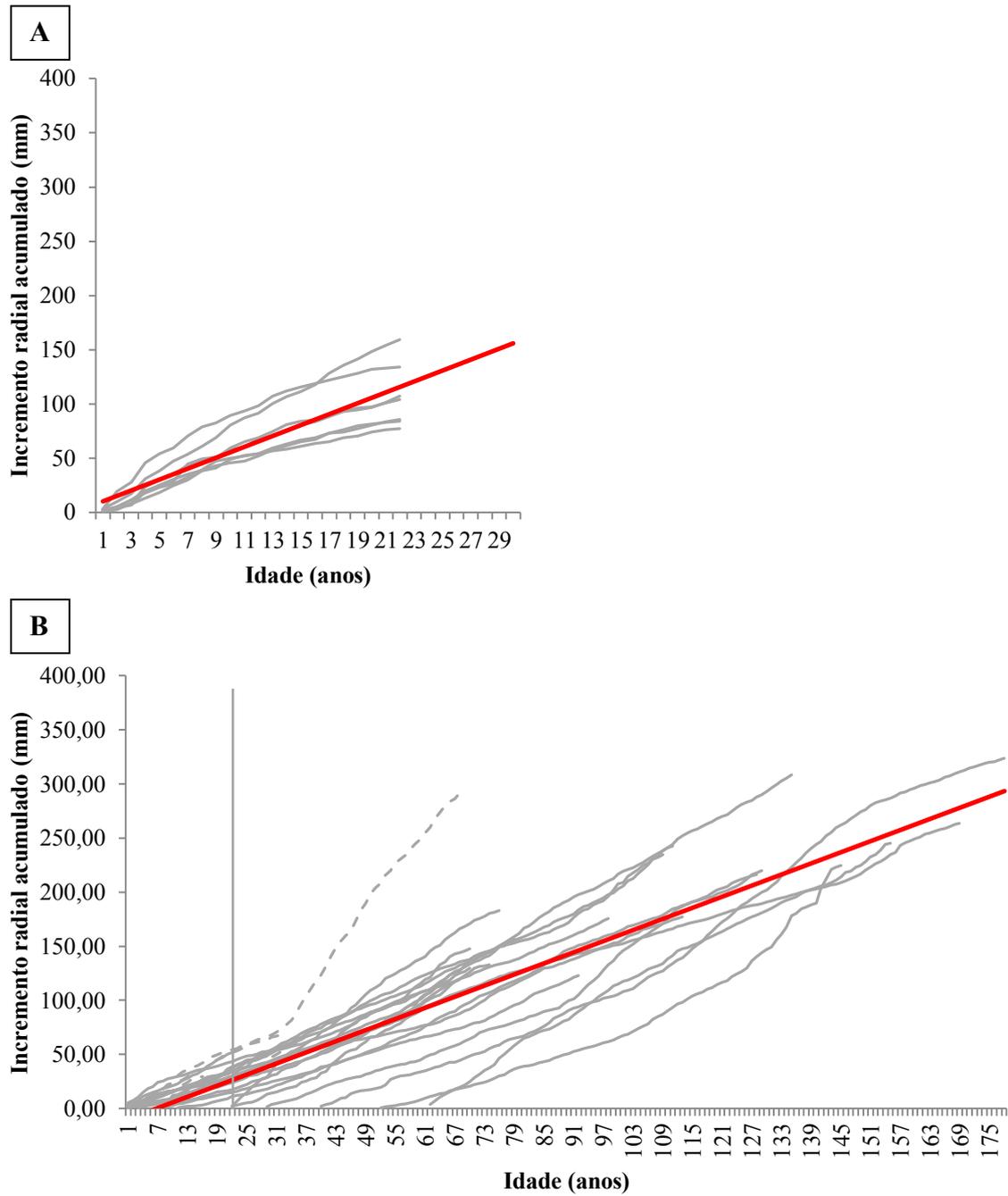
Legenda: (A) - Árvores amostradas no plantio; (B) - Árvores amostradas na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio. Linha espessa = tendência linear da média dos dados.

Figura 31 – Trajetórias de crescimento de *Dalbergia nigra* no plantio e na área nativa



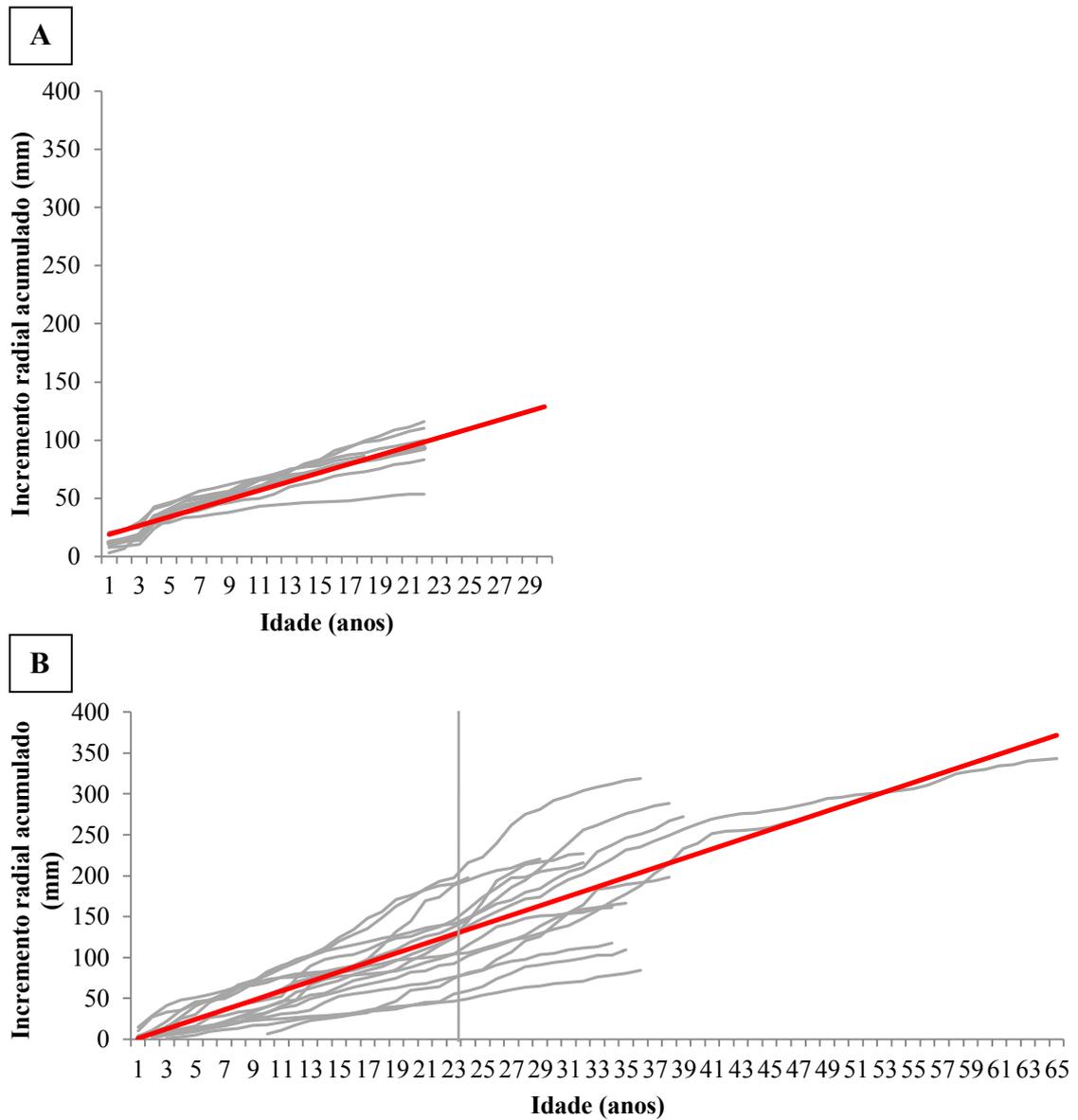
Legenda: (A) - Árvores amostradas no plantio; (B) - Árvores amostradas na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio. Linha espessa = tendência linear da média dos dados.

Figura 32 – Trajetórias de crescimento de *Pterocarpus rohrii* no plantio e na área nativa



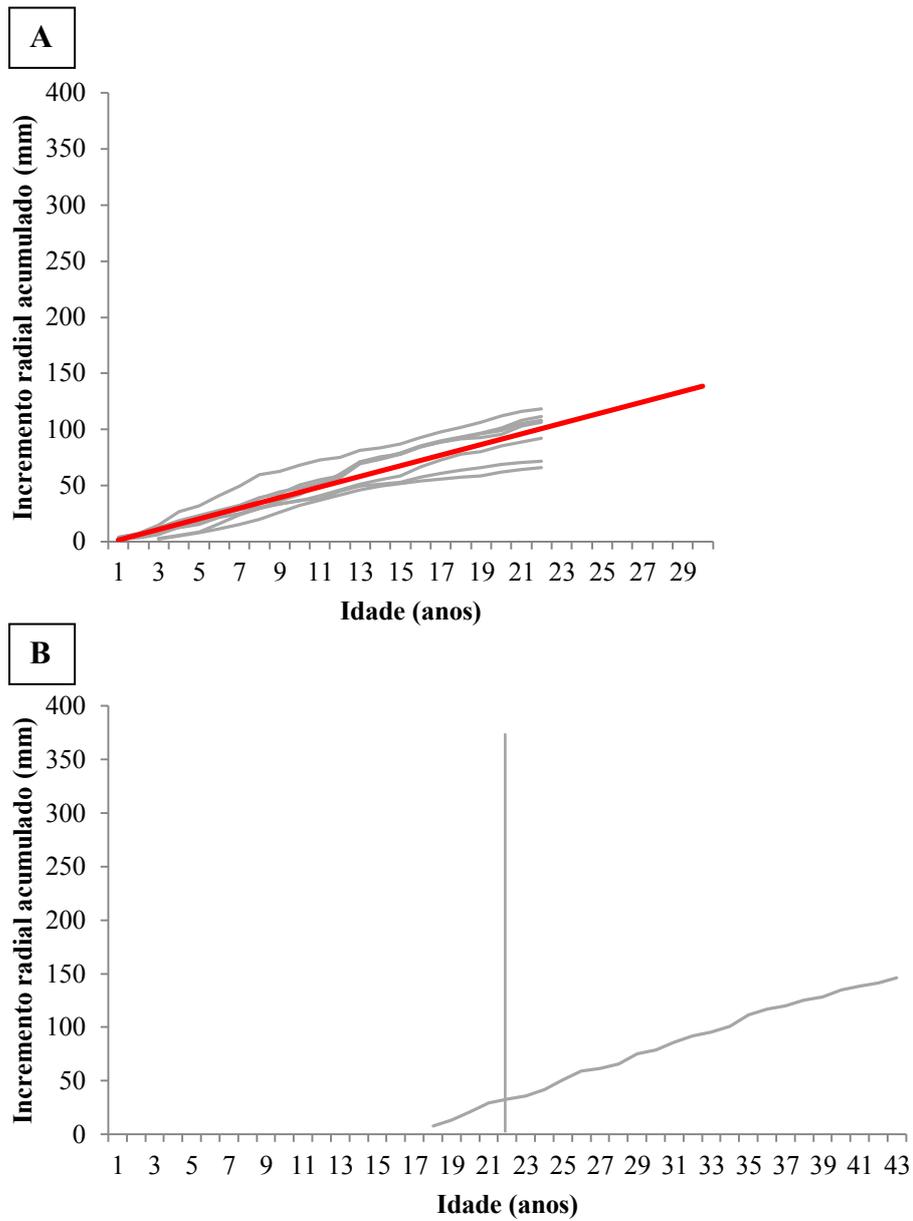
Legenda: (A) - Árvores amostradas no plantio; (B) - Árvores amostradas na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio. Linhas finas tracejadas = baixio. Linhas finas contínuas = talude e tabuleiro. Linha espessa = tendência linear da média dos dados.

Figura 33 – Trajetórias de crescimento de *Schizolobium parahyba* no plantio e na área nativa



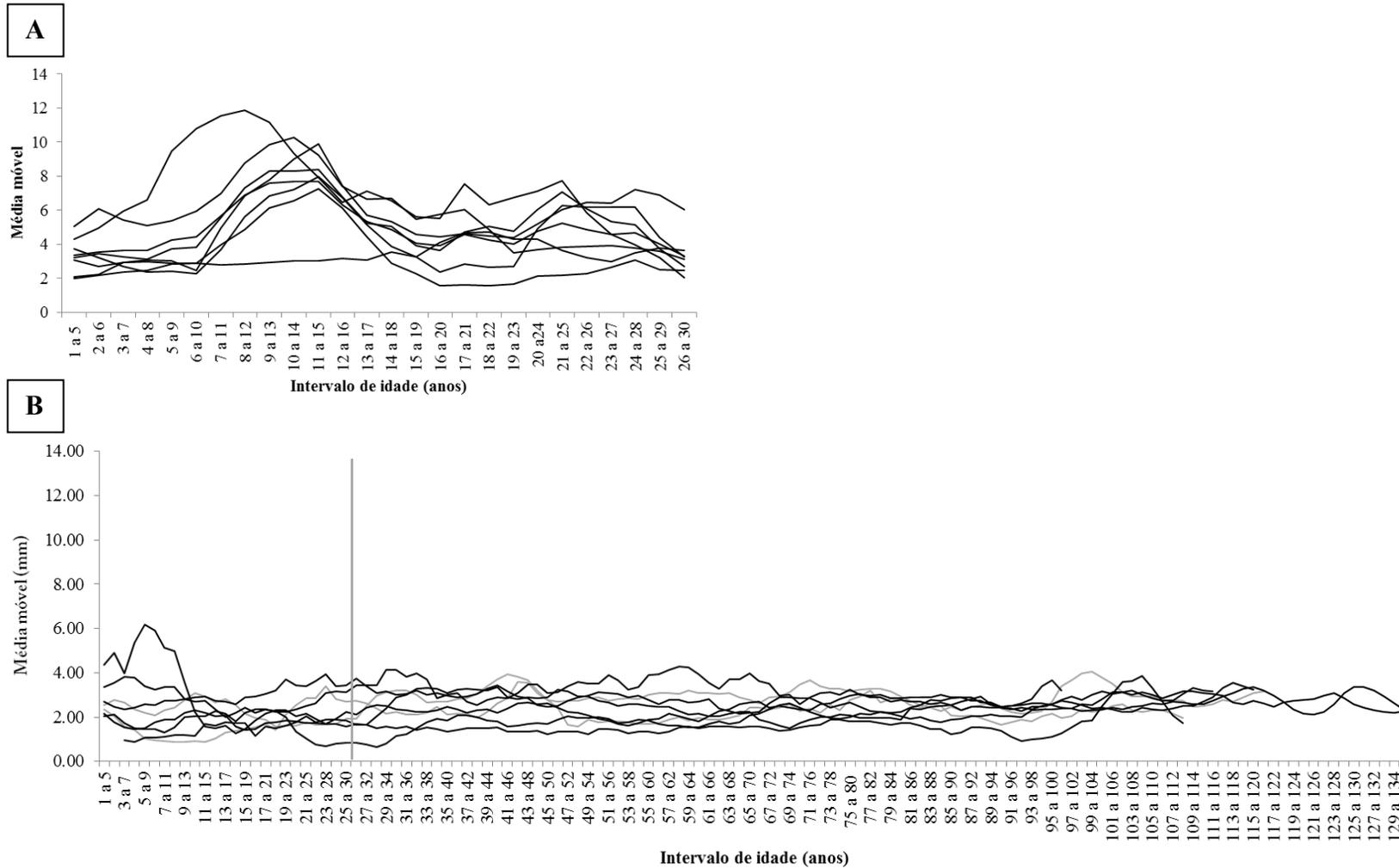
Legenda: (A) - Árvores amostradas no plantio; (B) - Árvores amostradas na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio. Linha espessa = tendência linear da média dos dados.

Figura 34 – Trajetórias de crescimento de *Senna multijuga* no plantio e na área nativa



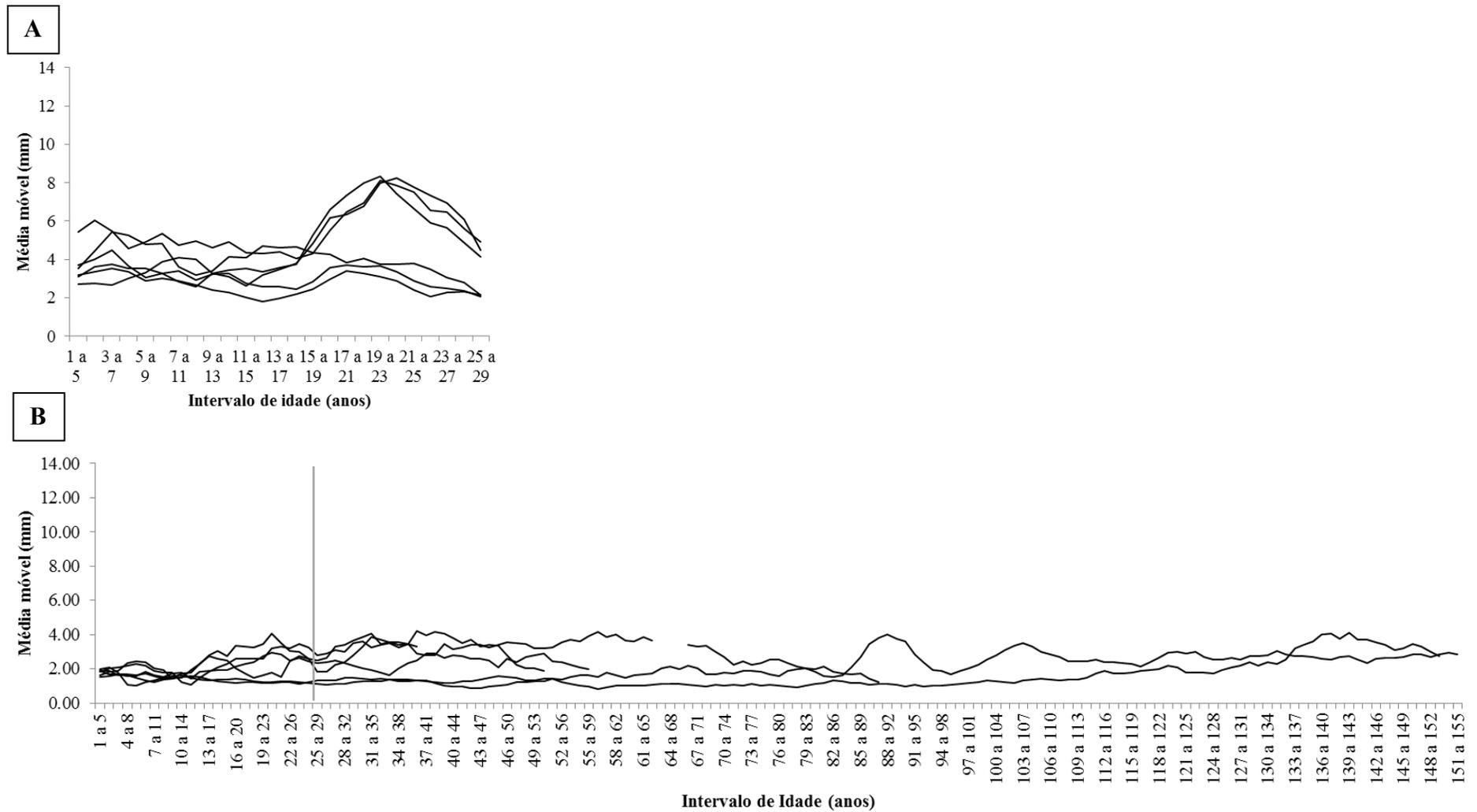
Legenda: (A) - Árvores amostradas no plantio; (B) - Árvore amostrada na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio. Linha espessa = tendência linear da média dos dados.

Figura 35 – Médias móveis de *Copaifera langsdorffii* no plantio e na área nativa



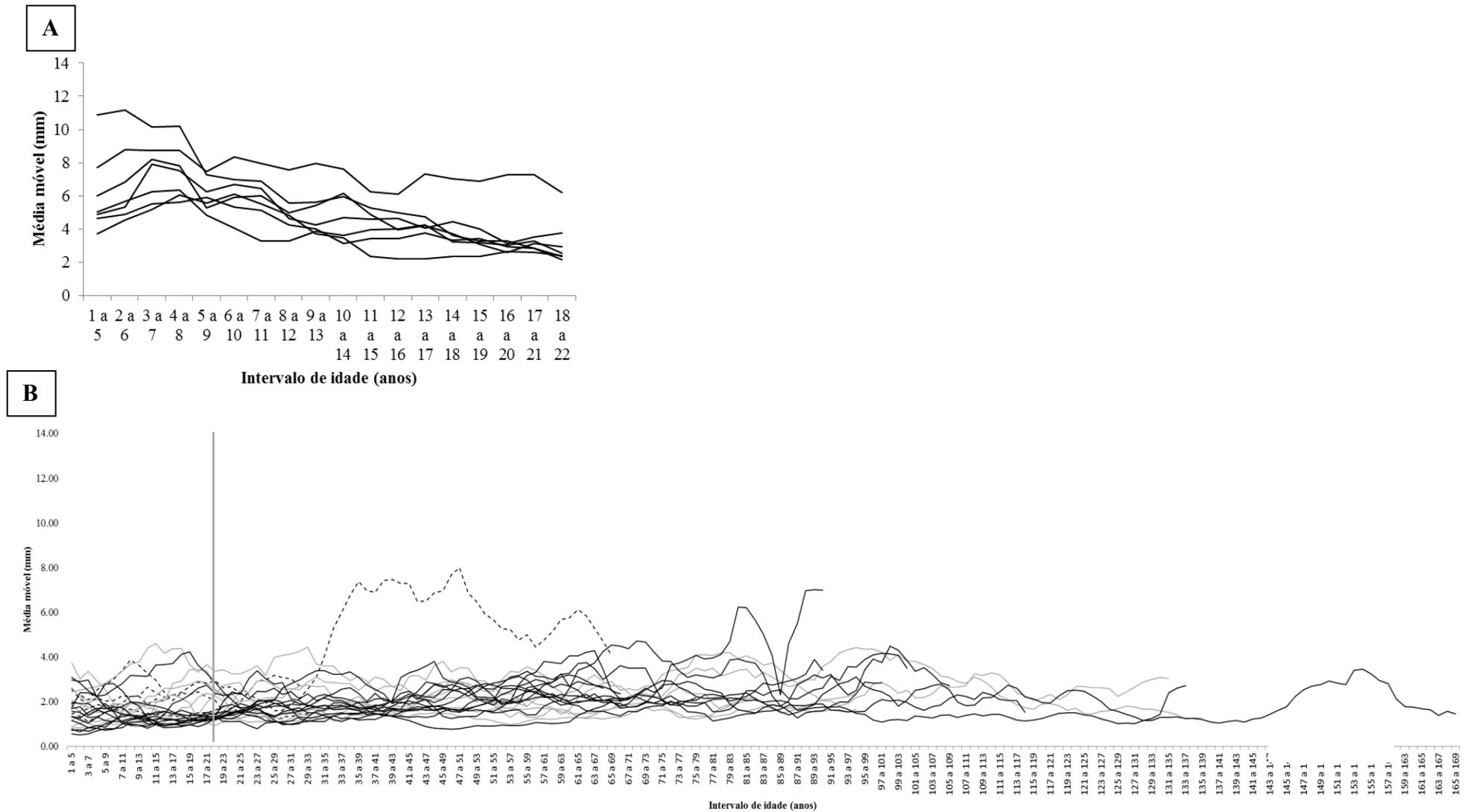
Legenda: (A) Árvores amostradas no plantio; (B) Árvores amostradas na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio.

Figura 36 – Médias móveis de *Dalbergia nigra* no plantio e na área nativa



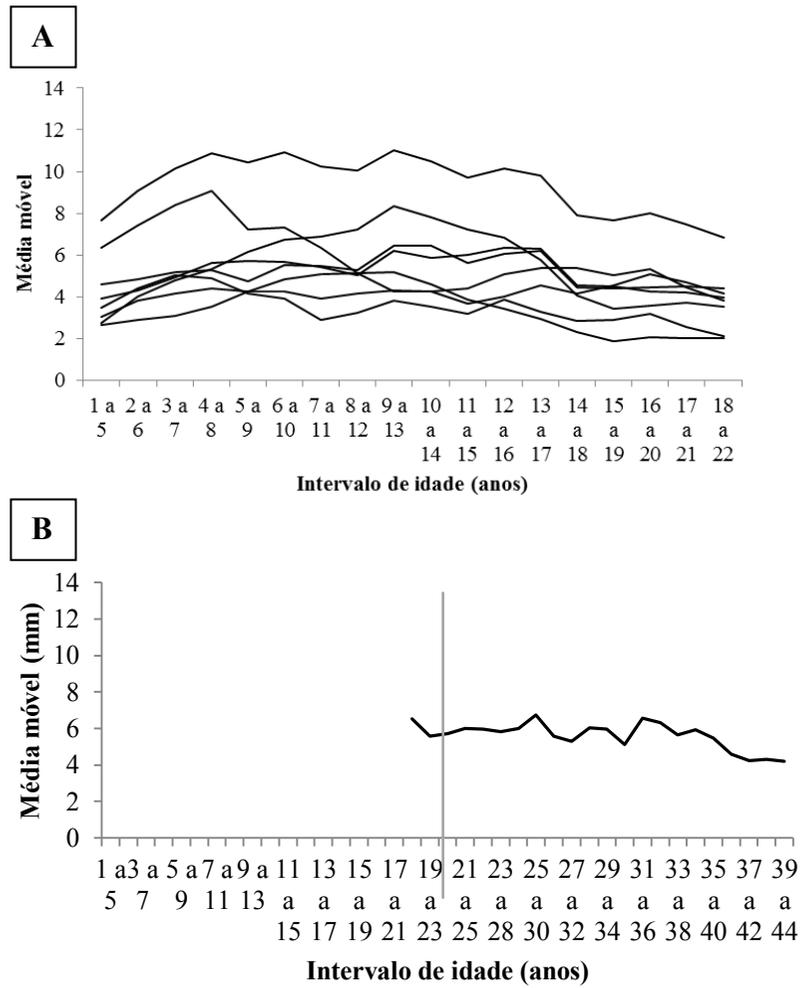
Legenda: (A) Árvores amostradas no plantio; (B) Árvores amostradas na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio.

Figura 37 – Médias móveis de *Pterocarpus rohrii* no plantio e na área nativa



Legenda: (A) Árvores amostradas no plantio; (B) Árvores amostradas na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio.

Figura 39 – Médias móveis de *Senna multijuga* no plantio e na área nativa



Legenda: (A) Árvores amostradas no plantio; (B) Árvores amostradas na área nativa. A linha vertical indica o período de tempo em comum com as árvores do plantio.

Tabela 6 – Comparação entre as médias móveis em intervalos de tempo de cinco anos para as árvores do plantio (P) e da área nativa (AN)

| Espécie | Valores de <i>t</i> | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------|-----------------|-------|------------------|------|---------------------|-----|--------------------|------|
| | <i>C. langsdorffii</i> | | <i>D. Nigra</i> | | <i>P. Rohrii</i> | | <i>S. multijuga</i> | | <i>S. parahyba</i> | |
| | P | NA | P | AN | P | NA | P | NA | P | NA |
| I a II (1–5 a 6–10) | 2,2 | 0,6 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 3,3* | --- | 7,7* | 0,3 |
| II a III (6–10 a 11–15) | 6,5 | 0,4 | 1,4 | 1,0 | 3,6* | -0,6 | 1,2 | --- | 0,4 | -0,6 |
| III a IV (11–15 a 16–20) | 7,5* | 1,0 | 3,3* | -1,6 | 1,7 | -0,5 | 1,7 | --- | 0,7 | -0,2 |
| IV a V (16–20 a 21–25) | 2,7 | -1,0 | 0,6 | -0,83 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| V a VI (21–25 a 26–30) | 3,9 | -0,5 | 4,5* | 0,70 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

* $p < 0,05$

6.3.2 Relação entre idade e diâmetro

Em condições de plantio, não foi observada relação entre a idade e o diâmetro das árvores, visto que, nas espécies estudadas, os indivíduos da mesma idade apresentaram variação no diâmetro (Figuras 25 a 29). Entretanto, na área nativa, foi observada uma relação positiva significativa entre o diâmetro e a idade das árvores para as espécies *D. nigra*, *P. rohrii* e *S. parahyba* (Tabela 7; Figura 40). Para *C. langsdorffii* se desenvolvendo na área nativa, a correlação entre idade e diâmetro não foi significativa (Tabela 7). Para *S. multijuga*, não foi possível avaliar a relação entre idade e diâmetro na área nativa, visto que o número amostral da espécie nesta área foi de um indivíduo.

Ademais, vale destacar que alguns indivíduos com medidas semelhantes de DAP apresentaram idades consideravelmente diferentes entre si, assim como alguns indivíduos de idades equivalentes apresentaram diferenças marcantes no DAP (Figura 41). As estimativas de idade das espécies estudadas em área nativa são apresentadas na tabela 8.

Tabela 7 – Resultados do teste de correlação de Pearson entre a idade e o DAP das árvores estudadas na área nativa

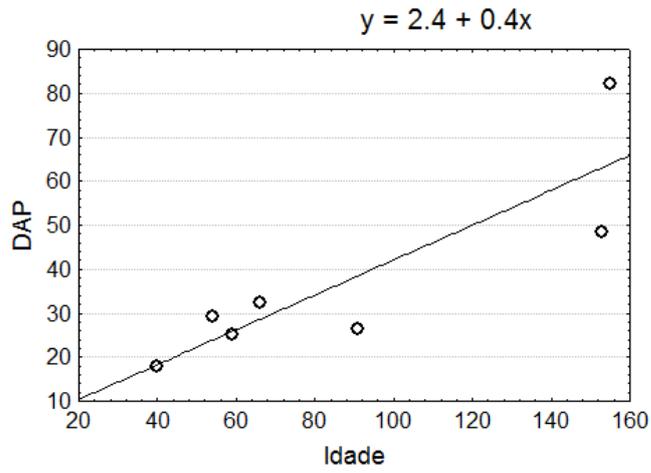
| Espécies | R | p |
|------------------------|------|------|
| <i>C. langsdorffii</i> | 0,50 | 0,20 |
| <i>D. nigra</i> | 0,86 | 0,01 |
| <i>P. rohrii</i> | 0,70 | 0,00 |
| <i>S. parahyba</i> | 0,59 | 0,02 |

Tabela 8 – Estimativas de idade das espécies estudadas na área nativa

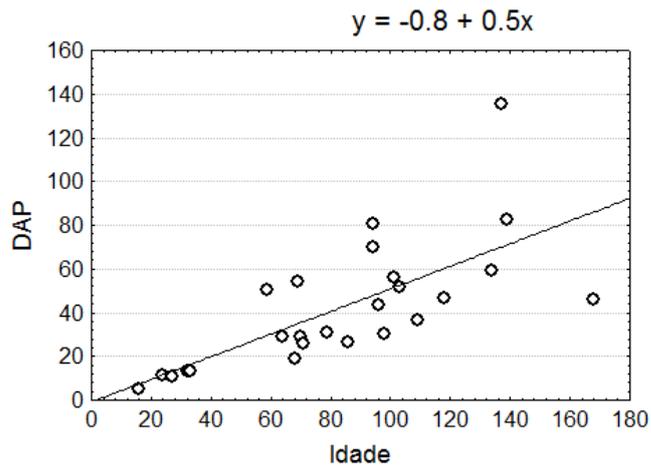
| Espécie | Estimativas de idade (anos) |
|-----------------------|--------------------------------|
| <i>C. langsdorfii</i> | 100 – 134 |
| <i>D. nigra</i> | 40 – 155 |
| <i>P. rohrii</i> | 16 – 168 |
| <i>S. parahyba</i> | 24 – 66 |
| <i>S. multijuga</i> | 43 |

Figura 40 – Gráficos de regressão linear entre a idade e o DAP das espécies estudadas na área nativa

D. nigra



P. rohrii



S. parahyba

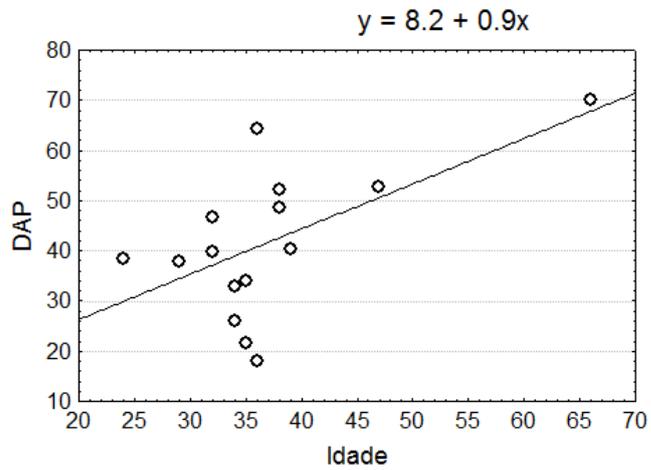
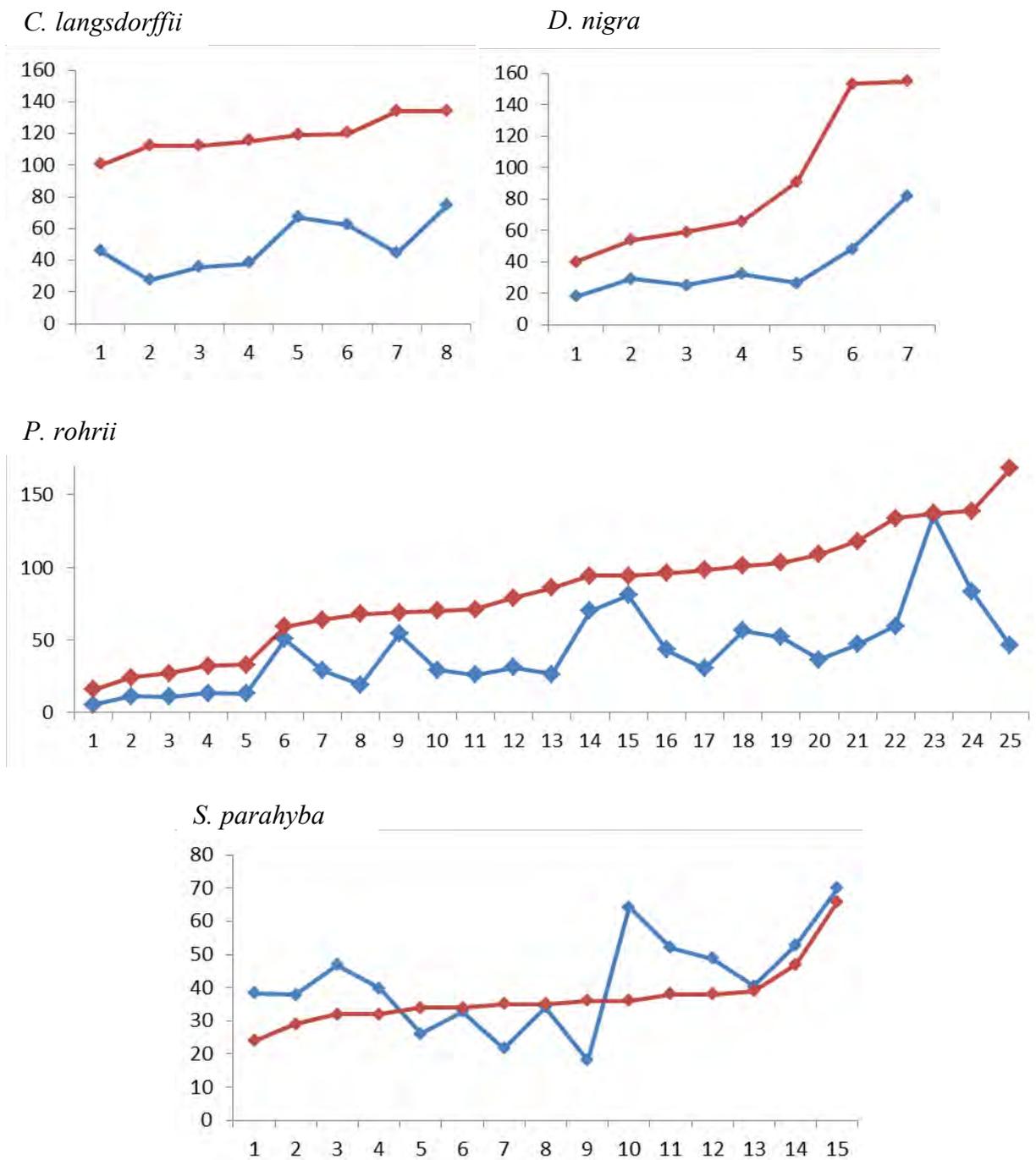


Figura 41 – Relação entre idade e DAP (cm) das espécies estudadas na área nativa



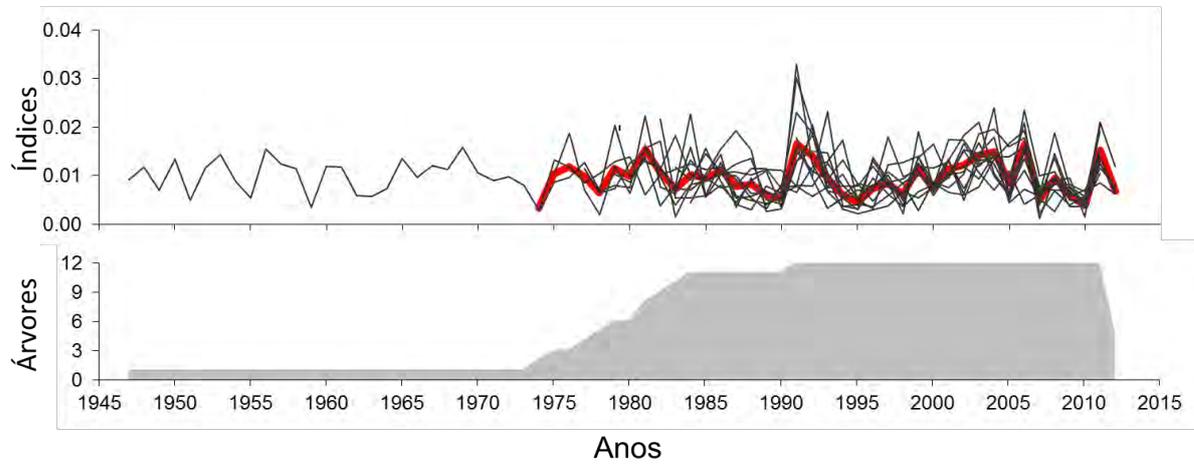
Legenda: A linha vermelha corresponde à idade das árvores (anos) e a linha azul, ao DAP (cm).

6.4 Influência dos fatores climáticos

Entre as espécies que apresentaram elevado número amostral no sítio de estudo, *S. parahyba* foi a que mostrou o melhor resultado para a construção de uma cronologia (Tabela 3). Nesta espécie, foi obtida uma cronologia para o período entre 1974 a 2012, com as séries de 12 árvores (Figura 42). O resultado da análise de PCA mostrou que o primeiro eixo da ordenação (PCA1) representou 35% da variação total ($p = 0,06$), evidenciando a ordenação das medições de largura dos anéis em um mesmo eixo. Este resultado indicou um padrão de variação temporal comum entre todas as árvores.

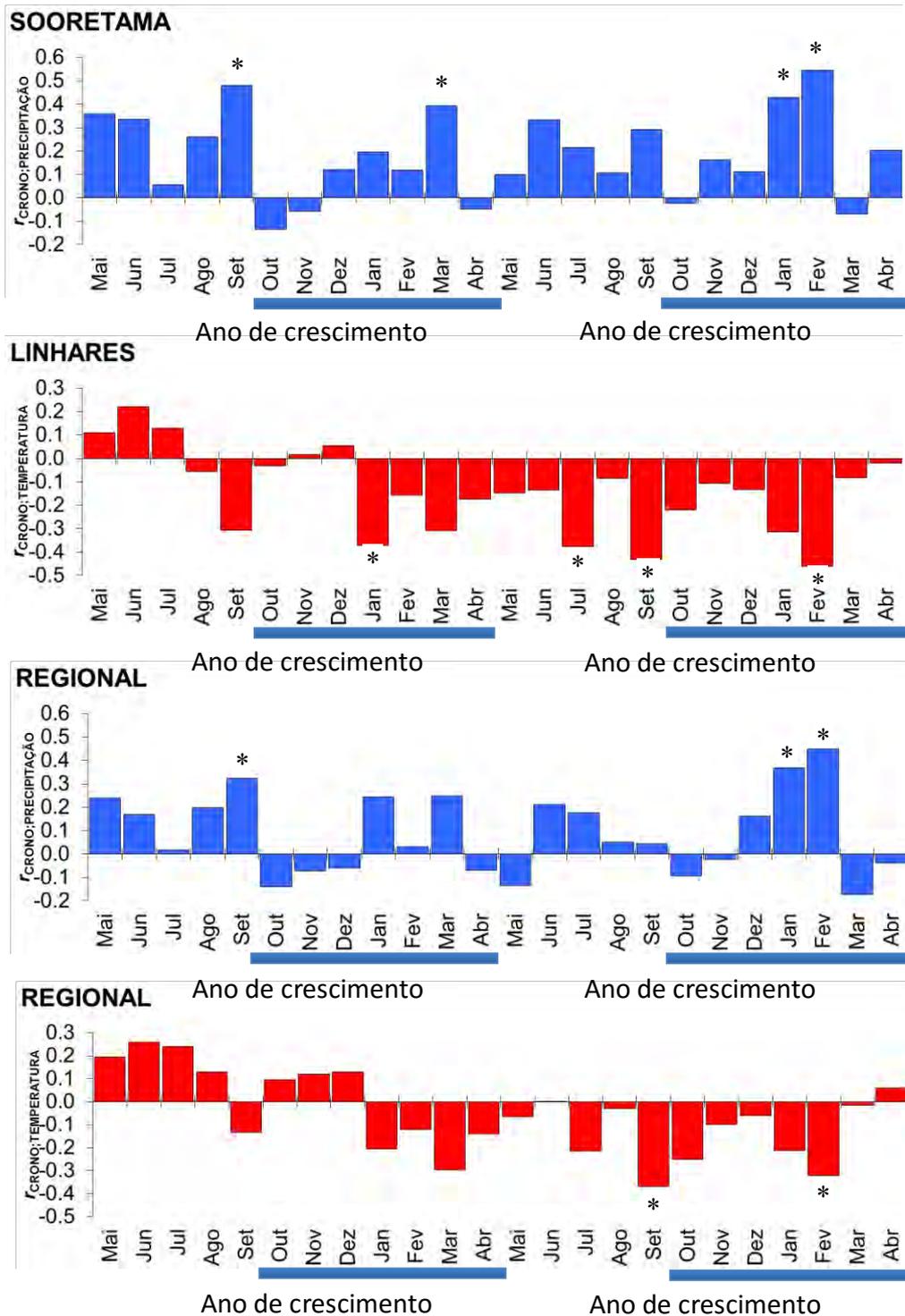
A análise dos gráficos de correlação entre a cronologia e os fatores climáticos indicou que o crescimento de *S. parahyba* respondeu à série climática local e à série climática regional de forma semelhante (Figura 43). A precipitação local apresentou influência positiva sobre o crescimento da espécie em janeiro ($r = 0.43$; $p = 0.03$) e em fevereiro ($r = 0.55$; $p = 0.00$) do ano de crescimento corrente e em setembro ($r = 0.48$; $p = 0.01$) e em março ($r = 0.39$; $p = 0.04$) do ano de crescimento prévio (Figura 43). De forma similar, a precipitação regional apresentou correlação positiva com o crescimento em janeiro ($r = 0.37$; $p = 0.02$) e fevereiro ($r = 0.45$; $p = 0.01$) do ano corrente e em setembro ($r = 0.32$; $p = 0.05$) do ano prévio (Figura 43). Por outro lado, a temperatura local apresentou correlação negativa com o crescimento em julho ($r = - 0.38$; $p = 0.02$), em setembro ($r = - 0.43$; $p = 0.01$) e em fevereiro ($r = - 0.46$; $p = 0.01$) do ano corrente, e em janeiro ($r = - 0.37$; $p = 0.03$) do ano prévio (Figura 43). A temperatura regional também apresentou correlação negativa com o crescimento em setembro ($r = - 0.37$; $p = 0.02$) e em fevereiro ($r = - 0.32$; $p = 0.05$) do ano corrente (Figura 43).

Figura 42 – Cronologia residual dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* na área nativa



Legenda: As linhas pretas correspondem aos índices individuais de cada árvore e a linha vermelha, à cronologia. A área cinza corresponde ao número de árvores incluídas na cronologia em cada período.

Figura 43 – Correlação entre a cronologia de *Schizolobium parahyba* e os dados locais (Sooretama e Linhares) e regionais de precipitação e temperatura mensais



Legenda: As barras azuis correspondem às correlações com a precipitação e as vermelhas, com a temperatura. O intervalo delimitado pela linha azul corresponde à estação chuvosa / quente, atribuída à estação de crescimento das árvores no sítio de estudo. Os asteriscos indicam os meses com valores de correlação significativos ($p < 0,05$).

6.5 Idade das árvores ao longo da topossequência

Entre as espécies estudadas, *P. rohrii* foi a única que apresentou distribuição nas três regiões da topossequência (baixio, talude e tabuleiro). Portanto, as análises de idade das árvores ao longo do gradiente topográfico foram baseadas tanto no conjunto de espécies estudadas quanto em *P. rohrii* individualmente.

Os resultados foram semelhantes para o total das espécies estudadas e para *P. rohrii* individualmente. A análise dos anéis de crescimento evidenciou a presença de árvores mais jovens na região de baixio e de árvores mais velhas na região do tabuleiro (Figura 44). Os resultados das análises estatísticas mostraram que as diferenças de idade são significativas entre o baixio e as demais regiões (Tabela 9). O talude se apresentou como uma região com média de idade semelhante à do tabuleiro, visto que as distribuições etárias não diferem entre estas duas regiões (Tabela 9). Neste sentido, vale destacar ainda que a sobreposição das classes etárias entre o talude e o baixio se deve principalmente à presença de duas árvores localizadas no início do talude, muito próximas à transição para o baixio, com idades de 24 e 27 anos.

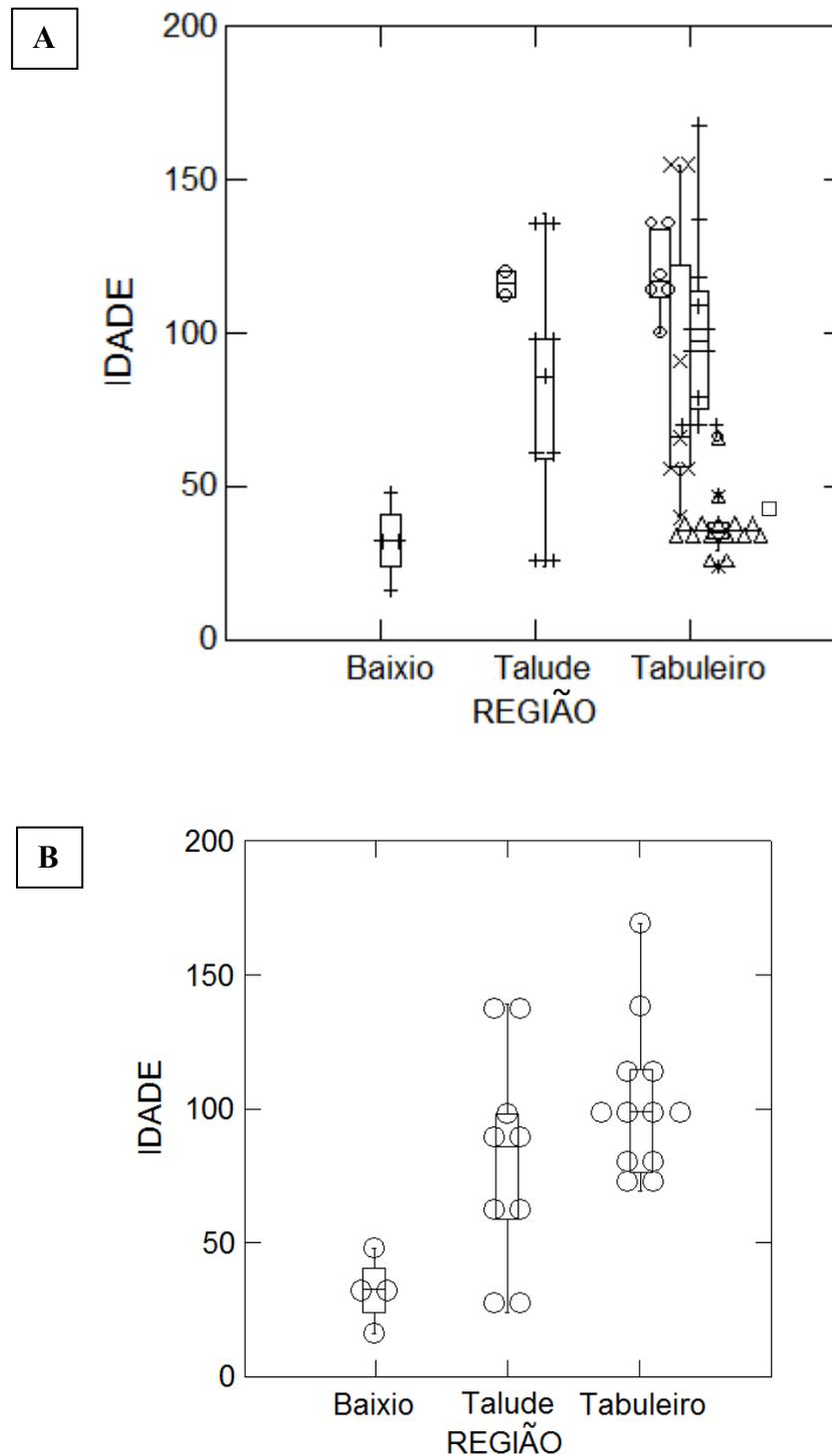
A análise da distribuição das espécies ao longo da topossequência evidencia também a maior riqueza de espécies na região do tabuleiro, em comparação com o talude e o baixio (Figura 44).

Tabela 9 – Comparação das idades das árvores de *Pterocarpus rohrii* e do total de espécies estudadas nas diferentes regiões da topossequência

| Regiões da topossequência | <i>P. rohrii</i> t | Total de espécies t |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| Baixio X Talude | - 2,3* | - 2,7* |
| Baixio X Tabuleiro | - 4,4* | -2,5* |
| Talude X Tabuleiro | 1,3 | 0,3 |

*p < 0,05

Figura 44 – Idade das árvores ao longo da topossequência da área nativa



Legenda: (A) Distribuição etária do conjunto de espécies estudadas. \circ *C. langsdorffii*. \times *D. nigra*. $+$ *P. rohrii*. Δ *S. parayhya*. \square *S. multijuga*. (B) Distribuição etária da espécie *P. rohrii*.

7 DISCUSSÃO

Os resultados a respeito do grau de distinção dos anéis de crescimento e da correspondência entre o número de anéis e a idade das árvores do plantio indicaram o potencial para a realização de investigações dendrocronológicas nas espécies selecionadas no sítio de estudo. Investigações realizadas com diferentes espécies da família Leguminosae em regiões tropicais também destacaram a existência de anéis de crescimento anuais distintos (SCHÖNGART *et al.*, 2006; LISI *et al.*, 2008; MARCATI *et al.*, 2008; BRANDES, 2011; VASCONCELOS, 2012; COSTA, 2014; MACEDO, 2015). As características anatômicas observadas para *C. langsdorffii*, *P. rohrii* e *S. parahyba* corresponderam às descrições de diferentes estudos realizados com estas espécies em ambientes tropicais (TOMAZELLO-FILHO *et al.*, 2004; CALLADO; GUIMARÃES, 2010; MARCATI *et al.*, 2001, 2008; BARROS *et al.*, 2008; LISI *et al.*, 2008). Para *D. nigra*, a demarcação dos anéis de crescimento por faixas de parênquima marginal foi descrita anteriormente por Mainieri e Chimelo (1989), e diferentes estudos também relataram a presença de anéis distintos para esta espécie (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; GASSON *et al.*, 2010). Para *S. multijuga*, a presença de anéis de crescimento distintos também foi observada por Shimamoto e colaboradores (2014).

A confirmação da periodicidade anual dos anéis de crescimento no sítio de estudo permitiu a investigação das taxas de incremento e trajetórias de crescimento das espécies. A correspondência entre o número de anéis de crescimento e a idade do plantio indica que a maioria das árvores estudadas alcançou a altura de 1.30 metro durante o primeiro ano de idade. Este resultado está de acordo com o comportamento das plântulas das espécies estudadas. Em investigações sobre a altura durante o crescimento inicial em condições de plantio, *C. langsdorffii* apresentou 0,8 a 1,9 metro no primeiro ano (GUEDES *et al.*, 2011; SOUZA, 2008; VENTUROLI *et al.*, 2013; MORAES *et al.*, 2013); *D. nigra* apresentou 1,1 a 3,1 metros no primeiro ano (GALVÃO *et al.*, 1979; MARQUES *et al.*, 2006; GONÇALVES, 2012; MORAES *et al.*, 2013; PACHECO *et al.*, 2013); *P. rohrii* apresentou 0,7 a 3,3 metros no primeiro ano (CARVALHO, 2008b; BARROS, 2012); *S. parahyba* apresentou 1,9 a 3,0 metros no primeiro ano (SOUZA, 2009; NASCIMENTO *et al.*, 2012) e *S. multijuga* apresentou 1,6 a 1,8 metros no primeiro ano (LORENZI, 2014; FERREIRA *et al.*, 2007).

Em estudos dendrocronológicos, o nível de correlação entre as árvores pode variar de acordo com a espécie, a localização geográfica, a homogeneidade do sítio de estudo, a intensidade de competição e o grau de distúrbios locais (GRISSINO-MAYER, 2001). No

presente estudo, os resultados de intercorrelação para as espécies crescendo no plantio, bem como o resultado de *S. parahyba*, *D. nigra* e *P. rohrii* em área nativa, correspondem a valores esperados para árvores de regiões tropicais e subtropicais. Estes resultados são semelhantes a valores de intercorrelação relatados em estudos nessas regiões, como por exemplo: Dünisch e colaboradores (2003) encontraram valores de intercorrelação de 0,19 e de 0,24 para espécies se desenvolvendo na Amazônia central; Brienen e Zuidema (2005) encontraram valores de intercorrelação que variaram entre 0,16 e 0,57 para espécies se desenvolvendo na Amazônia boliviana; Soliz-Gamboa e colaboradores (2011) encontraram valores de intercorrelação que variaram entre 0,36 e 0,38 para espécies se desenvolvendo em floresta semidecidual boliviana e Oliveira e colaboradores (2009) encontraram valores de 0,25 e 0,34 para uma espécie se desenvolvendo em Floresta Ombrófila Mista. Para espécies de leguminosas se desenvolvendo na Mata Atlântica, Brandes (2011) encontrou valores de intercorrelação entre 0,38 e 0,81; Costa (2014) encontrou intercorrelação de 0,41 e Macedo (2015) encontrou valores entre 0,40 e 0,41. Para *C. langsdorffii* e *D. nigra* na área nativa, os baixos valores de intercorrelação se devem às dificuldades em identificar anéis falsos ou ausentes em amostras coletadas com Sonda de Pressler, o que dificultou a detecção de um sinal de crescimento comum entre árvores. A alta frequência de anéis falsos ou ausentes é um problema comum no desenvolvimento de análises dendrocronológicas em espécies tropicais, e foi relatada por diversos autores (PRIYA; BHAT, 1998; WORBES, 1999, 2002; LORIMER *et al.*, 1999; BOTOSSO *et al.*, 2000; BRIENEN; ZUIDEMA, 2005; LOBÃO, 2011).

A variação observada entre as medidas de IDA, DAP e altura de árvores da mesma idade crescendo no plantio indica heterogeneidade no crescimento das árvores, mesmo sob condições homogêneas. De acordo com Bauch e Dünisch (2000), diferentes árvores de *Carapa guianensis* Aubl. com a mesma idade (quatro anos) também apresentaram diferenças no DAP (8,8 a 10,8 cm) e na altura (4,6 a 7,0 m). Em um estudo realizado por Worbes (1999), árvores de mesma idade das espécies *Cedrela odorata* L. (aproximadamente 22 anos), *Tectona grandis* L. f. (aproximadamente 22 anos) e *Sapium styllare* Muell. Arg (aproximadamente 21 anos) também apresentaram diferenças no DAP (28 a 54 cm; 16 a 32 cm e 25 a 65 cm, respectivamente) e na altura (24 a 31 m; 20 a 22 m e 18 a 30 m, respectivamente). Assim, a heterogeneidade do crescimento entre árvores da mesma espécie parece ser uma característica comum em plantios de regiões tropicais. Tal variação pode ser atribuída à influência de fatores endógenos e a distintas pressões de herbivoria e competição. Nas condições de plantio, onde o espaçamento entre as árvores era regular, as diferenças no

crescimento provavelmente estão associadas à influência de fatores endógenos ou a condições micro ambientais distintas. A variação no crescimento entre árvores da mesma espécie é relatada historicamente em estudos de dendrocronologia, onde a interação entre fatores endógenos com distúrbios bióticos e abióticos é considerada como a principal causa de ruídos na busca de um padrão de crescimento das espécies arbóreas (COOK, 1985; GRISSINO-MAYER, 2001).

Para *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii*, o menor crescimento na área nativa em comparação ao plantio está de acordo com os resultados esperados para árvores crescendo no interior da floresta. Em ambientes de floresta densa, as árvores estão sujeitas a uma maior intensidade nos níveis de competição por luz na copa e por água nas raízes, e os efeitos da competição entre as árvores são refletidos em mudanças nas taxas de crescimento (RICKLEFS; MILLER, 1999). Estudos conduzidos por Bauch e Dünisch (2000) e por Macedo (2015) também relataram taxas de crescimento mais elevadas para espécies arbóreas em condições de cultivo em comparação com as de área nativa. No presente estudo, as espécies *S. parahyba* e *S. multijuga* mostraram-se como exceções a este padrão. Este resultado pode ser explicado pelo fato destas árvores estarem localizadas na borda da floresta, estando assim, sujeitas a uma reduzida competição por luz. O recrutamento de árvores de *S. parahyba* e *S. multijuga* em ambientes expostos à luz solar na floresta pode ser atribuído ao comportamento heliófito descrito para estas espécies, e está associado ao seu grupo ecológico como espécies pioneiras (LORENZI, 2014). A germinação em sítios abertos está relacionada também à redução na competição por nutrientes abaixo do solo, o que favorece o crescimento mais rápido das árvores (RICKLEFS; MILLER, 1999).

Assim, ao comparar o incremento diamétrico anual entre as espécies dentro de cada condição de estudo, foram observadas tendências de crescimento diferentes na área nativa e no plantio. Na área nativa, o incremento anual das espécies pioneiras *S. parahyba* e *S. multijuga* foi notavelmente superior ao das espécies secundárias iniciais *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii*. Este comportamento pode ser atribuído às condições diferenciadas de luminosidade no local de germinação, determinado pelo grupo ecológico de cada espécie.

Já em condições de plantio, o crescimento não apresentou relação com o grupo ecológico, visto que as espécies secundárias iniciais *C. langsdorffii* e *P. rohrii* apresentaram incremento anual mais elevado que *S. multijuga* e *S. parahyba*, que são espécies pioneiras. Apenas a espécie secundária inicial *D. nigra* apresentou incremento mais baixo que as espécies pioneiras. Este padrão pode estar associado ao fato de *D. nigra* ser uma espécie

tolerante à sombra (CHAGAS, 2001), enquanto *P. rohrii* é uma espécie exigente de luz (SWAMY, 2008). Assim, o desenvolvimento em ambiente aberto, como nas condições de plantio, pode ter favorecido as altas taxas de incremento de *P. rohrii*. No caso de *C. langsdorffii*, as elevadas taxas de incremento provavelmente estão relacionadas ao maior espaçamento entre suas árvores no plantio, reduzindo assim a competição por luz. Dessa forma, o crescimento destas espécies secundárias iniciais, adaptadas ao crescimento no ambiente sombreado das florestas, apresenta favorecimento quando estas se desenvolvem em ambientes iluminados.

A partir da caracterização das taxas de crescimento das espécies nas condições do plantio e da área nativa, é possível estabelecer o intervalo de variação esperado para o crescimento destas espécies. O conhecimento das taxas de crescimento, juntamente com a estimativa do período de tempo necessário para atingir o DMC, permitirá o planejamento da utilização econômica destas espécies em futuros plantios de restauração de áreas degradadas. Investigações futuras são necessárias para avaliar a qualidade da madeira formada no plantio. Embora o rápido crescimento das árvores de plantios tenda a resultar na formação de madeiras de qualidade inferior (BAUCH; DÜNISCH, 2000), existem relatos na literatura de características estruturais semelhantes entre árvores crescendo em condições de plantio e em ambiente natural. Para *Carapa guianensis* Aubl., o comprimento das fibras e a densidade da madeira foram equivalentes em plantio e em área nativa na Floresta Amazônica, indicando que a composição estrutural do lenho não variou nestes dois ambientes (BAUCH; DÜNISCH, 2000). Em um estudo realizado com *S. parahyba* var. *amazonicum* Huber ex Ducke, constatou-se que o crescimento em duas condições distintas de espaçamento não influenciou as propriedades físicas da madeira (MELO *et al.*, 2014).

A comparação entre as taxas de incremento das espécies investigadas no presente estudo com os resultados encontrados em outras regiões sugere uma relação entre o crescimento das árvores e a quantidade de precipitação. Em regiões tropicais, a relação entre a sazonalidade da precipitação e o crescimento de espécies arbóreas é destacada em diversos estudos (por exemplo: WORBES, 1995, 1999; DÜNISCH *et al.*, 2002, 2003; MARCATI *et al.*, 2006, 2008; LISI *et al.*, 2008; BRANDES *et al.*, 2015). Um estudo realizado com uma espécie tropical de ampla distribuição destaca ainda que o período de crescimento da espécie varia de acordo com a sazonalidade de precipitação de seus diferentes locais de crescimento (COSTA *et al.*, 2013). Com relação ao IDA, as taxas de crescimento encontradas em diferentes estudos realizados na Mata Atlântica também parecem sofrer influência da

precipitação. Na Ilha Grande / RJ, onde a precipitação anual é maior que 2000 mm, o IDA médio de *S. parahyba* crescendo em área nativa foi de 22,2 mm/ano (CALLADO; GUIMARÃES, 2010), superior à média encontrada no presente estudo para a espécie crescendo em área nativa. Em Antonina / PR, onde a precipitação anual é superior a 3000 mm, o IDA médio de *S. multijuga* crescendo em condições de plantio foi de 11,6 a 12,2 mm / ano (CARDOSO *et al.*, 2012), taxas também superiores às observadas no presente estudo para a espécie crescendo em condições de plantio. No estado de São Paulo, onde a precipitação anual é semelhante à do presente estudo, mas a precipitação da estação seca é de 30 mm (35% mais baixa que no sítio do presente estudo), o IDA médio de *S. parahyba* crescendo em condições de plantio foi de 6,2 mm / ano e o de *C. langsdorffii* foi de 3,1 e 3,2 mm / ano em condições de plantio e em área nativa, respectivamente (LISI *et al.*, 2008), ambas inferiores às encontradas para espécie no presente estudo. Em Itatiaia / RJ, onde a precipitação anual é de 1700 mm, o IDA médio de *P. rohrii* foi de 4,2 mm / ano em área nativa (BRANDES, 2011), superior ao valor encontrado para a espécie no presente estudo. Em Cabo Frio / RJ, onde a precipitação anual é de 820 mm, o IDA médio desta espécie foi de 3,0 mm / ano em área nativa (BRANDES, 2011), inferior ao valor encontrado para a espécie no presente estudo. Para a espécie *D. nigra*, não foram encontrados dados sobre a taxa de incremento na literatura.

Com relação às trajetórias de crescimento, os resultados não mostraram associação com o grupo ecológico para nenhum dos sítios de estudo. Em condições de plantio, dentre as espécies pioneiras *S. multijuga* e *S. parahyba*, apenas esta última apresentou crescimento proeminente durante os primeiros anos. Da mesma forma, as espécies secundárias iniciais *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii* apresentaram trajetórias de crescimento distintas, mostrando períodos de liberação de crescimento em diferentes classes etárias no plantio. Na área nativa, a análise das trajetórias de crescimento não evidenciou nenhum padrão com relação às espécies ou às classes de idade, tendo em vista a intensa variação encontrada entre as árvores. Não foram encontrados dados sobre a trajetória de crescimento destas espécies em outros estudos. Contudo, a ausência de estabilização nas trajetórias de crescimento e nas médias móveis das espécies estudadas indica que a população se encontra em fase de crescimento crescente, apesar da existência de indivíduos de *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii* com idades superiores a 100 anos. Este resultado reforça a importância da realização de estudos do crescimento de espécies arbóreas, com o objetivo de estabelecer os ciclos de corte adequados para cada espécie.

Os dados de anéis de crescimento também são importantes para fornecer informações sobre a longevidade máxima dos táxons, as quais são escassas na literatura. Worbes (2002) recomenda que os estudos sobre crescimento em ambientes naturais devam focar em definir a idade máxima das espécies arbóreas em florestas maduras. No presente estudo, nós destacamos o registro de árvores de *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii* com idades superiores a 100 anos. Para *S. parahyba* e *S. multijuga*, que são espécies pioneiras, a média de idade das árvores foi de aproximadamente 40 anos. Contudo, foi verificada a presença de um indivíduo de *S. parahyba* com idade superior a 60 anos. Resultados semelhantes de faixa etária foram encontrados para *S. parahyba* se desenvolvendo na Floresta Atlântica em Ilha Grande / Rio de Janeiro (CALLADO; GUIMARÃES, 2010).

A investigação da relação entre idade e diâmetro das árvores mostrou que, embora na área nativa estes dois parâmetros apresentem uma tendência a estarem associados, existe variação entre sua relação. Nas árvores do plantio, as diferenças encontradas entre o DAP de árvores da mesma espécie, mesma idade, e crescendo sob as mesmas condições indicam que o diâmetro nem sempre é um indicativo apropriado para estimar a idade das espécies estudadas. Investigações realizadas com as espécies *Cedrela odorata* L. e *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. se desenvolvendo em área nativa na Floresta Atlântica também indicaram a ausência de relação entre a idade e o diâmetro das árvores (COSTA, 2011; VASCONCELLOS, 2012). O mesmo comportamento foi observado para árvores de *Cedrela odorata* na Amazônia boliviana, onde árvores do sub-bosque com DAP de 10 cm apresentaram a mesma idade que árvores do dossel com DAP de 60 cm (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006). Em outro estudo, realizado por Shimamoto e colaboradores (2014) na Floresta Atlântica, a ausência de relação entre idade e diâmetro das árvores foi relatada para as espécies *Citharexylum myrianthum* Cham., *Inga marginata* Willd., *Myrsine coriaceae* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult., *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart., *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose; por outro lado, correlações positivas entre estas medidas foram encontradas para *Schizolobium parahyba* e *Senna multijuga* no mesmo estudo. Dessa forma, a relação entre idade e diâmetro de espécies tropicais parece variar de acordo com a espécie e o sítio de crescimento. Esta variação na relação entre idade e diâmetro de árvores tropicais deve ser levada em consideração, visto que a mensuração do diâmetro é o método mais utilizado em inventários florestais que visam estimar a idade de populações arbóreas (SOKPON; BIAOU, 2002).

Além disso, é importante destacar que, apesar da correlação entre a idade e o DAP ser positiva para as árvores de *D. nigra*, *P. rohrii* e *S. parahyba* na área nativa, foi possível identificar indivíduos com comportamento discrepante em relação a esse padrão. Nestes casos, o reconhecimento das árvores com taxas de crescimento acima da média da população é importante para a indicação destas como matrizes de sementes para plantios de utilização comercial.

Em relação aos resultados da análise dendroclimatológica, o fato do crescimento de *S. parahyba* estar correlacionado às séries regionais às séries locais de forma similar sugere que as séries dendrocronológicas da espécie apresentam um sinal climático de larga escala espacial. Os resultados de correlação positiva com a precipitação indicam que a quantidade de chuva influencia no crescimento, especialmente durante a estação chuvosa (janeiro, fevereiro e março) e na transição da estação seca para a estação chuvosa (setembro). Este resultado está de acordo com estudos da periodicidade do crescimento radial de *S. parahyba*, que demonstram que o crescimento ocorre durante a estação chuvosa (LISI *et al.*, 2008; MARCATI *et al.*, 2008). A influência da precipitação da estação de crescimento prévia sobre o crescimento de espécies arbóreas foi observado em diversos estudos de dendrocronologia (por exemplo: DÜNISCH *et al.*, 2003; BRIENEN; ZUIDEMA, 2005; BRANDES *et al.*, 2011; SOLIZ-GAMBOA *et al.*, 2011; MACEDO, 2015). Este efeito é associado ao armazenamento de uma maior quantidade de reservas em períodos favoráveis ao crescimento, as quais podem ser alocadas para permitir o maior crescimento radial na estação de crescimento seguinte (DÜNISCH *et al.*, 2003; BRIENEN; ZUIDEMA, 2005). A influência da precipitação na estação chuvosa e na transição entre a estação seca e a chuvosa também foi relatada em outros estudos realizados com espécies tropicais (por exemplo: DÜNISCH *et al.*, 2003; BRIENEN; ZUIDEMA, 2005; SOLIZ-GAMBOA *et al.*, 2011). O período de transição entre a estação seca e a chuvosa parece ter grande importância sobre o crescimento para diversas espécies. Este fenômeno pode ser associado à necessidade de retomada das chuvas para desencadear o início do crescimento radial, uma vez que o estresse hídrico está associado à dormência do câmbio (PRIYA; BHAT, 1999; RAO; RAJPUT, 2001; MARCATI *et al.*, 2006, 2008; COSTA *et al.*, 2013).

Em estudos realizados com espécies de leguminosas, foram encontradas respostas variadas à precipitação: Brandes e colaboradores (2011) observaram que o crescimento de suas espécies de estudo pode ser influenciado pelas chuvas que ocorrem na estação chuvosa; na estação seca; na transição da estação seca para a chuvosa ou no total anual.

Schöngart e colaboradores (2006) também descreveram a influência da precipitação total anual no crescimento de suas espécies de estudo. Worbes (1999) observou a influência da chuva da estação seca para *Pterocarpus vernalis*. Macedo (2015) constatou a influência positiva da precipitação de meses chuvosos e de meses secos sobre o crescimento de *Caesalpinia echinata*. Costa (2014) relatou ausência de correlação com a precipitação para *Machaerium incorruptibile*.

A influência negativa da temperatura de meses quentes sobre o crescimento, constatada no presente estudo, foi observada também para a espécie de leguminosa *Machaerium incorruptibile* (COSTA, 2014). Para *S. parahyba*, o fato de os resultados mostrarem valores altos de correlação em meses quentes (janeiro e fevereiro) e em meses secos (julho) ou de transição (setembro) sugere que a elevação da temperatura nestas situações provoca um aumento do estresse hídrico, resultando na redução do crescimento. Tal relação pode ser explicada pelo aumento da evapotranspiração vegetal quando ocorre a elevação da temperatura durante a estação quente / chuvosa. Durante a estação fria / seca, a elevação da temperatura pode provocar a redução das reservas hídricas do solo, devido aos reduzidos níveis de precipitação. Na transição entre a estação seca e a chuvosa, este tipo de estresse hídrico parece ser responsável também por determinar o início do crescimento do anel. Estas respostas do crescimento de *S. parahyba* ao estresse hídrico estão de acordo com o comportamento da vegetação no sítio de estudo: a fisionomia da região é classificada como floresta semidecidual, indicando, assim, uma resposta da vegetação para evitar a perda de água durante a estação seca.

A variação da idade das árvores ao longo da topossequência pode ser atribuída a diferenças na dinâmica de sucessão ecológica de cada região, em função da susceptibilidade às cheias. Em zonas ribeirinhas, a sucessão está associada à regeneração das populações em função do regime hídrico, visto que as cheias podem acarretar uma sucessão secundária (DIGGINS, 2013). Assim, o fato de o baixio apresentar árvores mais jovens pode ser explicado pelas reduzidas taxas de recrutamento e sobrevivência no local. A existência de árvores jovens na zona de transição entre o baixio e o talude também pode ser atribuída à maior sensibilidade ambiental nesta região. Embora as árvores do local estejam mais protegidas do alagamento em razão de sua altitude mais elevada, esta área pode se tornar instável em períodos de cheias mais intensas, devido ao risco de erosão. Em zonas de mata ciliar, as cheias comprometem a sobrevivência das mudas, afetando a regeneração da floresta (BERTHELOT *et al.*, 2014). Além disso, o desenvolvimento das espécies arbóreas depende

não apenas da adequação do local para a germinação e estabelecimento, mas também de condições ambientais que permitam a persistência até a idade reprodutiva (HUPP; OSTERKAMP, 1996).

A capacidade de tolerância ao estresse hídrico das diferentes espécies também é determinante na composição de comunidades ribeirinhas. Os dados de inventário fitossociológico no sítio de estudo demonstram que a riqueza de espécies é significativamente reduzida na área de baixio em comparação com as áreas de talude e, sobretudo, de tabuleiro (Alexandre Uhlmann, comunicação pessoal). Este padrão de riqueza de espécies na topossequência também foi observado para as espécies investigadas no presente estudo. Dessa forma, ao levarmos em consideração os dados de composição florística juntamente com os dados de distribuição etária da topossequência, percebemos que a região com maior riqueza de espécies coincide também com a região de maior riqueza de gerações. No caso do sítio de estudo, tal região corresponde ao talude, que tem seu início a cerca de 25 metros de distância do rio e se estende por aproximadamente 700 m. Estes dados coincidem com os resultados de outros estudos conduzidos em regiões ribeirinhas de diferentes localidades (por exemplo, HUPP; OSTERKAMP, 1996; WIMBERLY; SPIES, 2001; UOWOLO *et al.*, 2005; DIGGINS, 2013; BERTHELOT *et al.*, 2014). O resultado de uma investigação especificamente sobre a diversidade de espécies em função da largura das matas ciliares mostrou uma relação positiva marcante da largura do fragmento vegetal com a riqueza florística e o desenvolvimento sucessional (METZGER *et al.*, 1997). Ao mesmo tempo, o padrão de riqueza de gerações em função da distância do rio, observado no presente estudo, corrobora a importância de se preservar áreas extensas de mata ciliar, com vistas a garantir a diversidade de eventos reprodutivos e assim, manter a dinâmica de sucessão ecológica.

As florestas ribeirinhas são frequentemente classificadas como os ecossistemas mais sensíveis a mudanças ambientais (LYON; GROSS, 2005), e as alterações em sua vegetação podem afetar drasticamente a estabilidade dos rios (HUPP; OSTERKAMP, 1996). Metzger e colaboradores (1997) destacam que a redução da largura de matas ciliares ocasiona o aumento do efeito de borda e o aumento do risco de extinções estocásticas, além da perda de habitat para diversas espécies da fauna. Assim, para expandir as informações científicas que permitam embasar as decisões políticas acerca da largura de APPs às margens de rios, é essencial que haja o investimento em pesquisas para ampliar a compreensão sobre a estrutura florestal de matas ciliares. Atualmente, segundo a determinação do Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), a APP às margens de rios com menos de 10 m de largura é

delimitada por uma largura mínima de apenas 30 m. Neste caso, ao extrapolar os resultados do presente estudo para outros ecossistemas com características semelhantes, a aplicação desta lei implicaria em eliminar a vegetação contendo os maiores níveis de diversidade ecológica. Por esta razão, a revisão no Código Florestal com a finalidade de ampliar a largura de matas ciliares consideradas como APPs se mostra essencial não somente para garantir a estabilidade das encostas e proteger os rios contra o assoreamento, como também para garantir a manutenção e a restauração de habitats para a conservação da biodiversidade.

CONCLUSÕES

- Neste estudo, foi verificada a distinção anatômica dos anéis de crescimento de *C. langsdorffii*; *D. nigra*; *P. rohrii*; *S. parahyba* e *S. multijuga* no sítio de estudo;
- O número de anéis de crescimento observado nas amostras com idade conhecida evidenciou a periodicidade de formação dos anéis de crescimento como anual;
- Em condições de plantio, todas as espécies estudadas apresentaram sincronia do crescimento entre as árvores. Na área nativa, foi observada sincronia do crescimento entre as árvores para *S. parahyba* e *P. rohrii*, indicando que estas espécies devem ser priorizadas em investigações dendrocronológicas realizadas em outras regiões;
- Foi observada variação entre as taxas de incremento, o diâmetro e a altura de árvores da mesma espécie crescendo no plantio, apesar de apresentarem idades iguais e condições de crescimento homogêneas;
- As taxas de incremento de *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii* (secundárias iniciais) foram mais elevadas na área de plantio, enquanto as de *S. parahyba* e *S. multijuga* (pioneiras) foram mais elevadas na área nativa;
- A comparação do crescimento das espécies entre diferentes sítios de estudo sugere que nas regiões de maior precipitação ocorrem as maiores taxas de incremento;
- As trajetórias de crescimento mostraram ausência de estabilização do crescimento para as espécies investigadas no sítio de estudo, indicando que mesmo os indivíduos com idade superior a 100 anos se encontram em fase de crescimento crescente;
- A longevidade máxima dos táxons estudados foi superior a 100 anos para *C. langsdorffii*, *D. nigra* e *P. rohrii* e superior a 40 anos para *S. parahyba* e *S. multijuga* no sítio de estudo;

- Foi observada relação entre idade e diâmetro para *D. nigra*, *P. rohrii* e *S. parahyba* na área nativa, contudo, esta relação não foi evidenciada para nenhuma das espécies estudadas crescendo no plantio;
- O crescimento de *S. parahyba* no sítio de estudo mostrou relação direta com a precipitação pluviométrica e indireta com a temperatura, e apresentou resposta semelhante às séries climáticas local e regional;
- No ambiente natural, foi observada a existência de indivíduos mais jovens na região do baixio e mais velhos na região do tabuleiro, indicando a importância da preservação de áreas de mata mais extensas próximo às margens fluviais para garantir a conservação da diversidade de gerações e da riqueza de espécies arbóreas.

REFERÊNCIAS

- ALTAFIN, I.; TEIXEIRA, J.C.; STECK, J.; GUEDES, S.; BRASIL, T. Áreas de Preservação Permanente. *Em discussão – Revista de audiências públicas do Senado Federal*. Ano 2, n. 9. Brasília: Secretaria Jornal do Senado, 2011.
- 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, 2014.
- ALVES, E.S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA Journal*, v. 21, n. 1, p. 3-30, 2000.
- ANNING, A.K.; RUBINO, D.L.; SUTHERLAND, E.K.; MCCARTHY, B.C. Dendrochronological analysis of white oak growth patterns across a topographic moisture gradient in southern Ohio. *Dendrochronologia*, v. 31, n. 2, p. 120-128, 2013.
- BAAS, P.; VETTER, R. Preface. *IAWA Bull.*, v. 10, n.2, p. 97-98, 1989.
- BARROS C.F.; CALLADO, C.H. DA CUNHA, M.; FERREIRA, M.L.M.; TAMAIO, N.; MARQUETE, O.; COSTA, C.G. *Madeiras da Mata Atlântica*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2008. v. 3. 103 pp.
- BARROS, W.C. *Avaliação do desenvolvimento de quatro espécies utilizadas na arborização urbana no município do Rio de Janeiro*. 2012. 32 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2012.
- BAUCH, J.; DÜNISCH, O. Comparison of growth dynamics and wood characteristics of plantation-grown and primary forest *Carapa guianensis* in Central Amazonia. *IAWA Journal*, v. 21, n.3, p. 321–333, 2000.
- BELLOTE, A.F.J.; DEDECEK, R.A.; LAVORANTI, O.J.; TOMAZELLO-FILHO, M.; ANDRADE, G.C. Acúmulo de carbono no *Pinus taeda* estimado pela densitometria de raios X e análise de tronco. *Boletim de Pesquisa Florestal*, v. 53, p. 137-154, 2006.
- BERTHELOT, J.S.; SAINT-LAURENT, D.; GERVAIS-BEAULAC, V.; SAVOIE, D. Assessing the effects of periodic flooding on the population structure and recruitment rates of riparian tree forests. *Water*, v. 6, p. 2614-2633, 2014.
- BORCHERT, R. Climatic periodicity, phenology, and cambium activity in tropical dry forest trees. *IAWA Journal*, v. 20, n. 3, p. 239-247, 1999.
- BOTOSSO, P.C.; VETTER, R.E.; TOMAZELLO FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. Ex Benth, Leg. Caesalpinoideae) de floresta de Terra Firme, em Manaus-AM. In: ROIG, F.A. (org.). *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza, Argentina: EDIUNC, 2000. 434 p.

_____; TOMAZELLO-FILHO, M., MARIA, V.R.B., FERREIRA-FEDELE, L. Les lianes et l'accroissement de *Centrolobium tomentosum* Guill. ex-Benth. (Papilionoideae) au Brésil. *Bois et Forêts des Tropiques*, v. 284, n. 2, p. 71-75, 2005.

_____; MATTOS, P.P. *A idade das árvores: importância e aplicação*. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 25 p.

BRANDES, A.F.N. *Dendrocronologia e dendroecologia de árvores e lianas da família Leguminosae na Mata Atlântica*. 2011. Tese (Doutorado em Botânica) - Escola Nacional de Botânica Tropical, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

_____; LISI, C.S.; BARROS, C.F. Dendrochronology of lianas of the Leguminosae Family from the Atlantic Forest, Brazil. *Trees*, v. 25, p. 133-144, 2011.

_____; A.F.N.; LISI, C.S.; SILVA, L.D.S.A.B.; RAJPUT, K.S.; BARROS, C.F. Seasonal cambial activity and wood formation in trees and lianas of Leguminosae growing in the Atlantic Forest: a comparative study. *Botany* 93: 211–220, 2015.

BRASIL. Lei nº 12.651 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, DF, 28 mai. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.727 de 17 de outubro 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que 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; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 out. 2012.

BRIENEN, R.J.W.; ZUIDEMA, P.A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia*, v. 146, p. 1-12, 2005.

_____; ZUIDEMA, PIETER A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology*, v. 94, p. 481-493, 2006.

_____; LEBRIJA-TREJOS, E.; VAN BREUGEL, M.; PEREZ-GARCÍA, E.A.; BONGERS, F.; MEAVE, J.A.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. The potential of tree rings for the study of forest succession in southern Mexico. *Biotropica*, v.41, n.2, p. 186-195, 2009.

_____; _____; Martínez-Ramos M. Attaining the canopy in dry and moist tropical forests: strong differences in tree growth trajectories reflect variation in growing conditions. *Oecologia*, v. 163, p.485-496, 2010.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. *Turrialba*, v. 15, p. 40–42, 1965.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. *Anatomia da Madeira*. Ed. Nobel, São Paulo, Brasil. 154p. 1991.

BUSO-JUNIOR, A.A. *Dinâmica ambiental holocênica (vegetação, clima e nível relativo marinho) baseada em estudos interdisciplinares de alta resolução, no litoral norte do estado do Espírito Santo*. 2010.189 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2010.

CABRAL, D.C.; CESCO, S. Notas para uma história da exploração madeireira na Mata Atlântica do Sul-Sudeste. *Ambiente & Sociedade*, v. 11, n. 1, p. 33-48, 2008.

CALLADO, C.H.; SILVA NETO, S.J.; SCARANO, F.R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees*, v. 15, p. 492-497, 2001.

_____; _____. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the Atlantic Forest swamps in Brazil. *IAWA Journal*, v. 25, n. 2, p. 175-183, 2004.

_____; GUIMARÃES, R.C. Estudo dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* (Leguminosae: Caesalpinioideae) após episódio de mortalidade em Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 33, n. 1, p. 85-91, 2010.

CAPOBIANCO, J.P.R. Conceito, abrangência e área original. In: SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. *A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira*. Brasília: APREMAVI, 2002. 156 p.

CARDOSO, F.C.G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P.C.; MARQUES, M.C.M. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. *Plant Soil*, v. 354, p. 269-281, 2012.

CARVALHO, P.E.R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Vol. 2. Brasília: EMBRAPA, 2008a. 627 p.

CARVALHO, P.E.R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Vol. 3. Brasília: EMBRAPA, 2008b. 593 p.

CBH-DOCE. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Capturado da internet em http://www.riodoce.cbh.gov.br/Materia_ReservadaVale.asp. Obtido em 12 de maio de 2013.

CHAGAS, R.K.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; BERG, E.; SCOLFORO, J.R.S. Dinâmica de populações arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais. *Revista Árvore*, v. 25, n. 1, p. 39-57, 2001.

CNIP. Centro Nordeste de Informação sobre Plantas. Capturado da internet em <http://www.cnip.org.br/bdnp/ficha.php?cookieBD=cnip7&taxon=1515>. Obtido em 15 de maio de 2013.

COSTA, M.S. *Dinâmica de crescimento de Cedrela odorata L. (Meliaceae) na Floresta Atlântica do estado do Rio de Janeiro: fenologia, atividade cambial e*

dendrocronologia. 2011. 68 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) –Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2011.

_____; VASCONCELLOS, T.J.; BARROS, C.F.; CALLADO, C.H. Does growth rhythm of a widespread species change in distinct growth sites? *IAWA Journal*, v. 34, p. 498–509, 2013.

COSTA W.S. *Anatomia da madeira e dendrocronologia de espécies arbóreas do gênero Machaerium Pers. (Leguminosae-Papilionoideae)*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal)–Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2014.

COOK, E.R. *A time series analysis approach to tree-ring standardization*. Tese - University of Arizona. 1985.

DEAN, W. *With Broadax and Firebrand – The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. Berkeley, University of California Press, 1995.

DIGGINS, T.P. A 300-year successional sequence in an eastern United States riparian hardwood forest. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 140, n. 1, p. 65-88, 2013.

DORNELES, L.P.P.; GUTIERRES, V.S.; BIANCHIN, A.; TELÖKEN, F. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta ribeirinha da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, v. 68, n. 1, p. 37-46, 2013.

DÜNISCH, O; BAUCH, J; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intraannual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis*, and *Cedrela odorata* (Meliaceae). *IAWA Journal*, v. 23, p.101-119, 2002.

_____; MONTÓIA, V.R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees*, v. 17, p. 244-250, 2003.

ECKSTEIN, D.; SASS, U.; BAAS, P. Preface. *IAWA Journal*, v. 16, n. 4, p. 325, 1995.

EGLER, W.A. A zona pioneira ao Norte do Rio Doce. *Revista Brasileira de Geografia*, ano 13, n.2, p. 223–264, 1951.

EMBRAPA. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento *Levantamento expedito dos solos das reservas florestais de Linhares e Sooretama no Estado do Espírito Santo*. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2004. 68 p.

ENGEL, V.L. *Estudo fenológico de espécies arbóreas de uma floresta tropical em Linhares - ES*. Tese – Universidade de Campinas. 2001

ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 293 pp. 1989

ESTRADA, G.C.D.; CALLADO, C.H.; SOARES, M.L.G.; LISI, C.S. Annual growth rings in the mangrove *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). *Trees*, v. 22, p. 663–670, 2008.

FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Ediciones Pirâmide S.A., Madri, 599 pp. 1982.

FAHN, A. Seasonal cambial activity and phytogeographic origin of woody plants: a hypothesis. *Israel Journal of Plant Science*, v. 43, p. 69-75, 1995.

FEDER, N., O'BRIEN, T.P., 1968. Plant microtechnique: some principles and new methods. *American Journal of Botany*, v. 55, p. 123–142.

FERREIRA, L. *Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de Florestas Estacionais Semidecíduas de região Sudeste do estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FERREIRA, R.A.; DAVIDE, A.C.; BEARZOTI, E.; MOTTA, M.S. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. *Cerne*, v. 13, n. 3, p. 271–279, 2007.

FRITTS, H.C. *Tree Rings and Climate*. Academic Press, New York. 1976.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica - período 2012-2013*. Relatório Técnico, São Paulo, 61 p, 2014.

GANDOLFI, S.; LEITÃO-FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 55, n.4, p. 753-767, 1995.

GONÇALVES, I.F.S. *Resposta de três espécies nativas de mata atlântica a diferentes condições de luminosidade*. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2012.

GALVÃO, A.P.M.; FERREIRA, C.A.; TEIXEIRA, L.B. Observações sobre o comportamento do jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) em povoamento puro na Amazônia. *IPEF*, v. 19, p. 47–59, 1979.

GARAY, I. A dimensão funcional da diversidade biológica. In: GARAY, I. & RIZZINI, C.M. *A Floresta Atlântica de Tabuleiros – Diversidade funcional da cobertura arbórea*. Petrópolis: Vozes, 2003. p. 50-53.

_____; KINDEL, A.; LOUZADA, M.A.P.; SANTOS, R.D. Diversidade funcional dos solos na Floresta Atlântica de Tabuleiros. In: GARAY, I. & RIZZINI, C.M. *A Floresta Atlântica de Tabuleiros – Diversidade funcional da cobertura arbórea*. Petrópolis: Vozes, 2003. p. 16-26.

GASSON, P.; MILLER, R.; STEKEL, D.J.; WHINDER, F.; ZIEMIN'SKA, K. Wood identification of *Dalbergia nigra* (CITES Appendix I) using quantitative wood anatomy, principal components analysis and naïve Bayes classification. *Annals of Botany*, v. 105, p. 45-56, 2010.

GIULIETTI, A.M., HARLEY, R.M., QUEIROZ, L.P., WANDERLEY, M.G.L., VAN DEN BERG, C., 2005. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 52-61.

GUEDES, M.G.M.; SILVA-JÚNIOR, M.L.; SILVA, G.R.; SILVA, A.L.P.; LIMA-JUNIOR, J.A. Desenvolvimento inicial e composição mineral de copaíba cultivadas em latossolo amarelo, textura média, sob omissão de nutrientes. *Enciclopédia Biosfera*, v.7, n.12, p. 1-13, 2011

GUEDES, F.B.; SEEHUSEN, S.E. (org.). *Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios*. Brasília: MMA, 2011. 272 p.

GRISSINO-MAYER, H.D. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research*, v. 57, n.2, p. 205-221, 2001.

HOLMES, R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-ring Bulletin*, v. 43, p. 69-78, 1983.

HUPP, C.R.; OSTERKAMP, W.R. Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology*, v. 14, p. 277-295, 1996.

IAWA Committee. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, v. 10, n. 2, p. 219-332, 1989

JACOBY, G.C. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. *IAWA Bulletin*, v. 10, n. 2, p. 99-108, 1989.

IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2 ed. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2012.

JOHANSEN, D.A. *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill, 1940.

KITZBERGER, T.; VELEN, T.T.; VILLALBA, R. Métodos dendroecológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. In: ROIG, F.A. *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza, Argentina: EDIUNC, 2000. 434 p.

KLIPPEL, V.H., 2011. Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata Atlântica de Tabuleiros. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

KUMAR, P.; VERMA, M.; WOOD, M.D.; NEGANDHI, D. Guidance Manual for the valuation of regulating services. Nairobi: Publishing Services Section, 2010.

LEWIS, G.P., SCHRIRE, B.D., 2003. *Leguminosae or Fabaceae?* In: Litgaard, B.B., Bruneau, A. (ed.). *Advances in legume systematics, Part10: higher level systematics*. Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 1-3.

_____; SCHIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M., 2005. *Legumes of the world*. Royal Botanic Gardens, Kew, 577 pp.

- LISI, C.S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; ROIG, F.A.; MARIA, V.R.B.; FERREIRA-FEDELE L.; VOIGT, A.R.A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in Southeast Brazil. *IAWA Journal*, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.
- LOBÃO, M.S. *Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de Cedrela odorata L., Cedrela fissilis Vell. e Schizolobium parahyba var. amazonicum Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil*. 2011. 215 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2011.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. Nova Odessa, SP: Plantarum, 2014. v. 1. 6ª ed.
- LORIMER, C.G.; DAHIR S.E.; SINGER, M.T. Frequency of partial and missing rings in *Acer saccharum* in relation to canopy position and growth rate. *Plant Ecology*, v. 143, p. 189-202, 1999.
- LÜTTGE, U.; HERTEL, B. Diurnal and annual rhythms in trees. *Trees*, v. 23, p. 683-700, 2009.
- LYON, J.; GROSS, N.M. Patterns of plant diversity and plant–environmental relationships across three riparian corridors. *Forest Ecology and Management*, v. 204, p. 267-278, 2005.
- MACEDO, T.M. *Varição intraespecífica do lenho e dendrocronologia de Caesalpinia echinata Lam. na Floresta Atlântica*. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2015
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. *Fichas de características das Madeiras Brasileiras*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Publicação 1791. 2ª ed. São Paulo: IPT, 1989. 420 p.
- MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 24, n. 3, p. 311–320, 2001.
- _____; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R.F. Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae). *IAWA Journal*, v. 27, n. 2, p. 199-211, 2006.
- _____; MILANEZ, C.R.D.; MACHADO, S.R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinoideae). *Trees*, v. 22, p. 3-12, 2008.
- MARIA, V.R.B. *Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais*. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2002.
- MARQUES, V.B.; PAIVA, H.N.; GOMES, J.M.; NEVES, J.C.L.; BERNARDINO, D.C.S. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de

jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). *Revista Árvore*, v. 30, n. 5, p. 725-735, 2006.

MATTOS, P.P. *Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do Pantanal da Nhecolândia, MS*. 1999. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

MELO, L.E.L.; SILVA, C.J.; PROTÁSIO, T.P.; TRUGILHO, P.F.; SANTOS, I.S.; URBINATI, C.V. Influence of spacing on some physical properties of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke). *Science Forest*, v. 42, n. 104, p. 483-490, 2014.

METZGER, J.P.; BERNACCI, L.C.; GOLDENBERG, R. Pattern of tree species diversity in riparian forest fragments of different widths (SE Brazil). *Plant Ecology*, v. 133, p. 135-152, 1997.

MILES, L.; NEWTON, A.C.; DEFRIES, R.S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I. A global overview the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, v. 33, p. 491-505, 2006.

MORAES, L.F.D.; ASSUMPCÃO, J.M.; PEREIRA, T.S.; LUCHIARI, C. *Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp. 84. 2013.

MURPHY, P.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 17, p. 67-88, 1986.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, D.F.; LELES, P.S.S.; OLIVEIRA-NETO, S.N.; MOREIRA, R.T.S.; ALONSO, J.M. Crescimento inicial de espécies florestais em diferentes espaçamentos. *Cerne*, v. 18, n.1, p. 159-165, 2012.

NORTON, D.A.; PALMER, J.G.; OGDEN, J. Dendroecological studies in New Zealand 1. An evaluation of tree age estimates based on increment cores. *New Zealand Journal of Botany*, v. 25, p. 373-383, 1987.

O'BRIEN T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell walls by Toluidine Blue O. *Protoplasma*, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1964.

OLIVEIRA, M.C.P.; FERRAZ, I.D.K.; OLIVEIRA, G.J. Dispersão e superação da dormência de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Walp. (visgueiro) na Amazônia Central, AM, Brasil. *Hoehnea*, v. 33, n. 4, p. 485-493, 2006.

PAGIOLA, S.; ARCENAS, A.; PLATAIS, G. Can payments for environmental services help reduce poverty? an exploration of the issues and the evidence to date from Latin America. *World Development*, v. 33, n.2, p. 237-253, 2005.

OLIVEIRA, J.M.; ROIG, F.A.; PILLAR, V.P. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. *Austral Ecology*, v. 35, n.2, p. 134-147, 2009.

PACHECO, F.V.; PEREIRA, C.R.; SILVA, R.L.; ALVARENGA, I.C.A. Crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth. (Fabaceae) e *Chorisia speciosa* A.St.-Hil (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. *Revista Árvore*, v. 37, n.5, p. 945-953, 2013.

PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. Madeiras nativas. Anatomia – Dendrologia – Dendrometria – Produção – Uso. 1997. Fundação Mokiti Okada, Brasília.

PEIXOTO, A.L.; ROSA, M.M.T.; JOELS, L.C.M. Diagramas de perfil e de cobertura de um trecho da Floresta de Tabuleiro na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, v. 9, n. 2, p.177-193,1995.

_____; SILVA, I.M.; PEREIRA, O.J.; SIMONELLI, M.; JESUS, R.M.;ROLIM, S.G. Tabuleiro Forests north of the Rio Doce: their representation in the Vale do Rio Doce Natural Reserve, Espírito Santo, Brazil. *Memorial New York Botanical Garden*, v. 100, p. 319-350, 2008.

PILLAR, V.D. MULTIV. Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling. Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006

PRADO, C.H.B.A. *Aquisição dos nutrientes minerais na solução do solo*. Tipographia Editora Expressa, São Carlos, São Paulo, 188 p., 2013.

PRIYA, P.B.; BHAT, K.M. False ring formation in teak (*Tectona grandis* L.f.) and the influence of environmental factors. *Forest Ecology Management*, v. 108, p. 215-222, 1998.

QUEIROZ, E. P. Levantamento florístico e georreferenciamento das espécies com potencial econômico e ecológico em restinga de Mata de São João, Bahia, Brasil. *Biotemas*, v. 20, n. 4, p. 41-47, 2007.

RAO, K.S.; RAJPUT, K.S. Relationship between seasonal cambial activity, development of xylem and phenology in *Azadirachta indica* growing in different forests of Gujarat State. *Annals of Forest Science*, v. 58, p. 691-698, 2001.

RESERVA NATURAL VALE. Capturado da internet em <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/initiatives/natural-reserve/Paginas/default.aspx>. Obtido em 12 de maio de 2013.

RICKLEFS, R.E.; MILLER, G.L. *Ecology*, 4ª ed., W.H.Freeman & Co Ltd. 833 p., 1999

RIZZINI, C.M. & GARAY, I. A esclerofilia foliar como indicador funcional do status da biodiversidade em Floresta Atlântica de Tabuleiros. In: GARAY, I. & RIZZINI, C.M. *A Floresta Atlântica de Tabuleiros – Diversidade funcional da cobertura arbórea*. Petrópolis: Vozes, 2003. p. 50-53.

ROIG, F.A. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: _____ (org.). *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza, Argentina: EDIUNC, 2000. 434 p.

_____; OSORNIOB, J.J.J.; DIAZC, J.V.; LUCKMAND, B.; TIESSENE, H.; MEDINAF, A.; NOELLEMEYERF, E.J. Anatomy of growth rings at the Yucatan Peninsula. *Dendrochronologia*, v. 22, p. 187-193, 2005.

ROLIM, S.G.; COUTO, H.T.Z.; JESUS, R.M. Tree mortality and recruitment in the Atlantic Forest at Linhares (ES). *Scientia Forestalis*, v. 55, p. 49-69, 1999.

_____; CHIARELLO, A.G. Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v. 13, p. 2679-2694, 2004.

_____; JESUS R.M.; NASCIMENTO, H.E.M.; COUTO, H.T.Z.; CHAMBERS, J.Q. Biomass change in an Atlantic tropical moist forest: the ENSO effect in permanent sample plots over a 22-year period. *Oecologia*, v. 142, p. 238-246, 2005.

SASS, J.E. *Elements of Botanical Microtechnique*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1958. v. 2. 222 p.

SCARANO, F.R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. *Annals of Botany*, v. 90, p. 517-524, 2002.

SCHÖNGART, J.; ORTHMANN, B.; HENNENBERG, K.J.; POREMBSKI, S.; WORBES, M. Climate-growth relationships of tropical tree species in West Africa and their potential for climate reconstruction. *Global Change Biology*, v. 12, p. 1139-1150, 2006.

_____. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecology and Management*, v. 256, p.46-58, 2008

SCHWEINGRUBER, F.H. *Tree rings - basics and applications of dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers. ISBN.276 p. 1988.

SHIMAMOTO, C.Y., BOTOSSO, P.C., MARQUES, M.C.M., How much carbon is sequestered during the restoration of tropical forests? Estimates from tree species in the Brazilian Atlantic forest. *Forest Ecology and Management*, v. 329, p. 1-9, 2014.

SILVA, M.S.; SANTOS, F.A.R.; SILVA, C.R.A.; SILVA, L.B. Anatomia do lenho de quatro espécies arbóreas de Mata Atlântica, ocorrentes na Reserva Jequitibá, Serra da Jibóia, Elísio Medrado, Bahia, Brasil. In: SOARES, L.M.S.; ROSSINI, J.; LIRIO, E.J.; ALEDI, V.L. *Anais do I SIMBIOMA - Simpósio Sobre a Biodiversidade da Mata Atlântica*. Santa Teresa, Espírito Santo. 2012.

SOKPON N, BIAOU SH. The use of diameter distributions insustained-use management of remnant forests in Benin: case of Bassila forest reserve in North Benin. *Forest Ecology and Management*, v. 161, p. 13-25, 2002.

SOLIZ-GAMBOA, C.C.; ROZENDAAL, D.M.A.; CECCANTINI, G.; ANGYALOSSY, V.; BORG, K.; ZUIDEMA, P.A. Evaluating the annual nature of juvenile rings in Bolivian tropical rainforest trees. *Trees*, v. 25, n. 1, p. 17-27, 2011.

SOUZA, J.V. *Desenvolvimento inicial de leguminosas arbóreas nativas em várzea sob diferentes condições de drenagem na regeneração de matas ciliares*. 2008. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, 2008.

SOUZA, M.C.S. *Monitoramento de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas da Floresta Ombrófila Densa: caso Paraty – RJ*. 2009. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2009.

SPEER, J.H., 2010. *Fundamentals of Tree-Ring Research*. The University of Arizona Press., 324 pp.

STOKES, M., SMILEY, T., 1968. *An introduction to tree-ring dating*. The University of Chicago Press, Chicago and London, 73 pp.

SWAMY, V. *Fruit to sapling: an ontogenetically integrated study of tree recruitment in an amazonian rainforest*. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Duke University, Department of Environment, Durham. 2008

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, v. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance*. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 311 p, 1955.

TOMAZELLO-FILHO, M; BOTOSSO, P.C.; LISI, C.S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N.B; MARTOS, H.L.; BARRELLA, W. (orgs.). *Indicadores ambientais: conceitos e aplicações*. São Paulo: EDUC, 2001.

_____; LISI, C.S.; HANSEN, N.; CURY, G.. Los generos de Caesalpinioideae (Leguminosae) presentes en Sudamerica. *Scientia Florestalis*, v. 66, p. 46-55, 2004.

_____; ROIG, F.A.; POLLITO, P.A.Z. Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. *Ecología en Bolivia*, v. 44, n. 2, p. 73-82, 2009.

UOWOLO, A.L.; BINKLEY, D.; ADAIR, E.C. Plant diversity in riparian forests in northwest Colorado: Effects of time and river regulation. *Forest Ecology and Management*, v. 218, p. 107-114, 2005.

VASCONCELLOS, T.J. *Dinâmica de crescimento de Centrolobium robustum (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) na Floresta Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil*. 2012. 63 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2012.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA J.C.A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, Rio de Janeiro, Brazil. 1991.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S.; BORGES, J.D.; CASTRO, D.S.; SOUZA, D.M.; MONTEIRO, M.M.; CALIL, F.N. Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de Cerrado no Distrito Federal. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 1, p. 143-151, 2013

VERHEYDEN, A.; KAIRO, J.G.; BEECKMAN, H.; KOEDAM, N. Growth rings, growth ring formation and age determination in the mangrove *Rhizophora mucronata*. *Annals of Botany*, v. 94, p. 59-66, 2004.

WALTER, H.; HARNICKELL, E.; MUELLER-DOMBOIS, D. *Climatediagram maps*. Berlin: Springer Verlag, 1975

WIMBERLY, M.C.; SPIES, T.A. Influences of environment and disturbance on forest patterns in coastal Oregon watersheds. *Ecology*, v. 82, n.5, p. 1443-1459, 2001.

WORBES, M. Structural and other adaptations to long-term flooding by trees in Central Amazonia. *Amazoniana*, v. 9, n. 3, p. 459-484, 1985.

_____. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the neotropics. *IAWA Bulletin*, v. 10, n. 2, p. 109-122, 1989.

_____. How to measure growth dynamics in tropical trees - A review. *IAWA Journal*, v. 16, n. 4, p. 337-351, 1995.

_____. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*, v. 87, p. 391-403, 1999.

_____. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*, v. 20, n. 1-2, p. 217-231, 2002.

_____, STASCHEL, R.; ROLOFF A.; JUNK, W.F. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*, v. 173, p. 105-123, 2003.

WUNDER, S.; ENGEL S.; PAGIOLA S. Taking stock: a comparative analysis of payments forenvironmental services programs in developed and developing countries. *Ecological Economics*, v. 65, p. 834–852, 2008.

ZAR, J.H., 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey, 663 p.