



Dinâmica do crescimento radial do lenho de *Paratecoma peroba* (Record)  
Kuhl. (Bignoniaceae) em floresta estacional semidecidual

**GLAZIELE CAMPBELL DA SILVA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF  
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MAIO DE 2018

Dinâmica do crescimento radial do lenho de *Paratecoma peroba* (Record)  
Kuhl. (Bignoniaceae) em floresta estacional semidecidual

GLAZIELE CAMPBELL DA SILVA

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia, área de concentração em Biologia Celular, linha de pesquisa Anatomia e Ultraestrutura Vegetal, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito para obtenção do título de Doutor em Biociências e Biotecnologia.

Orientadora: Dra. Maura Da Cunha

Coorientadora: Dra. Cátia Henriques Callado

**Campos dos Goytacazes – RJ**

**Mai de 2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do Centro de Biociências e Biotecnologia  
da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

749 / 2018

Silva, Glaziele Campbell da

Dinâmica do crescimento radial do lenho de *Paratecoma peroba*  
(Record) Kuhl. (Bignoniaceae) em floresta estacional semidecidual. /  
Glaziele Campbell da Silva. -- Campos dos Goytacazes, 2018.  
108, [3] f. : il.

Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia) – Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Biociências e  
Biotecnologia. Laboratório de Biologia Celular e Tecidual.

Área de concentração: Biologia Celular

Orientador: Cunha, Maura da

Bibliografia: f. 105-108

1. Sazonalidade 2. Anatomia vegetal 3. Madeira 4. Câmbio  
5. Bignoniaceae I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy  
Ribeiro II. Título

581.4  
S586i

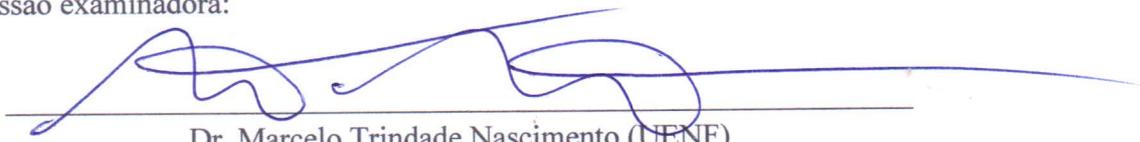
Dinâmica do crescimento radial do lenho de *Paratecoma peroba*  
(Record) Kuhl. (Bignoniaceae) em floresta estacional semidecidual

**GLAZIELE CAMPBELL DA SILVA**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia, área de concentração em Biologia Celular, linha de pesquisa Anatomia e Ultraestrutura Vegetal, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito para obtenção do título de Doutor em Biociências e Biotecnologia.

Aprovado em: 25 / 05 / 2018.

Comissão examinadora:



---

Dr. Marcelo Trindade Nascimento (UENF)



---

Dra. Tahysa Mota Macedo (UNIRIO)



---

Dra. Cláudia Franca Barros (JBRJ)



---

Dra. Cátia Henriques Callado (UERJ)

Coorientadora



---

Dra. Maura Da Cunha (UENF)  
(Orientadora)

Campos dos Goytacazes – RJ  
Maio – 2018

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, por proporcionar a oportunidade de concluir mais um objetivo.

Ao Programa de Pós-graduação em Biociências e Biotecnologia, por todos os docentes e funcionários que contribuíram fortemente na construção do conhecimento e na troca de sabedoria.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo. Ao CNPq e PPBio Mata Atlântica que também contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao INEA, pela autorização da pesquisa na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (autorização nº 020/2014).

Ao Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, em nome da professora Dra. Cláudia Franca Barros, pela possibilidade em executar de parte dos experimentos e proporcionar conhecimento.

À Vânia Coelho, gestora da EEEG e toda a sua equipe de funcionários e aos guarda-parques, pelo incentivo e apoio na realização desse trabalho, por contribuírem com as coletas de material botânico, proporcionando sempre um momento de descontração ao longo das saídas ao campo, além das amizades construídas.

Aos professores Dr. Fidel Alejandro e Dr. Mário Tommasiello Filho pelos ensinamentos e auxílios oferecidos com a dendrocronologia.

Aos professores da banca de defesa por terem aceitado o convite e pela contribuição para a melhoria do trabalho.

À Dra. Thaís Jorge de Vasconcellos que aceitou participar como revisora da tese, contribuindo para o enriquecimento e aprimoramento do trabalho.

À professora Dra. Maura Da Cunha, minha orientadora, por mais uma vez estar ao meu lado no encerramento de um ciclo, pelos ensinamentos e motivação, ajudando a construir a professora/pesquisadora que pretendo ser.

Aos colegas do grupo de pesquisa da professora Maura Da Cunha, que me ajudaram imensamente para a conclusão desse trabalho, pois sem os auxílios nas coletas e disponibilidade em me ajudar este trabalho não teria sido possível. Aos novos amigos do grupo que contribuem para os momentos alegres e pelos ensinamentos. Agradeço imensamente a todos vocês.

À professora Dra. Cátia Henriques Callado, por ter aceitado ser minha coorientadora, sendo também responsável por um grande ensinamento e amadurecimento científico.

Aos meus grandes eternos amigos Tássia, Maycow e Leyde, que estão sempre me apoiando e incentivando mesmo que a distância, mandando energias positivas.

Àos amigos Thalita e Dayvid, Nádia e Lucas pelos encontros quase que semanais para descontração e pelo apoio nos momentos difíceis.

A toda a minha família, em especial meus pais Emerson e Sylésia e minha irmã Gleyce, que apesar de todos os contratempos desses últimos anos conseguimos superá-los e amadurecer nossa união, apoio e amor.

Ao Luiz Fernando, pelo amor, paciência e fortaleza, me motivando a continuar e ser mais forte a cada dia, me mantendo firme para seguir meus sonhos.

À família “Souza”, Fernando, Eula e minhas irmãs de consideração Débora e Verônica que posso sempre contar e sei que estão sempre torcendo por mim.

Aos meus amados sobrinhos por me proporcionarem tanto amor, alegria e carinho.

À minha vovó pelos ensinamentos de vida, minha anciã guerreira e forte. Minhas tias, tios, primas, primos, madrinhas e padrinho que entendem a minha ausência, lembram e torcem por mim, me colocando em suas orações e pensamentos.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram e torceram pelo desenvolvimento e conclusão dessa pesquisa.

Às energias da natureza, em suas mais belas formas de se expressar, por me direcionarem nos caminhos corretos, permitindo desenvolver a SABEDORIA, o EQUILÍBRIO e o AMOR.

Agradeço a todos que se sentem parte dessa realização.

**OBRIGADA!**

## **A caminhada?**

Nem sempre foi fácil,

Planejei, mudei, planejei de novo;

Errei, corriji, aprendi e ensinei;

E quanto aprendido.

De cada situação, boa e algumas vezes nem tão boa assim, tentei retirar algum aprendizado.

As coisas que planejamos, na maioria das vezes não acontecem exatamente da forma que gostaríamos, é preciso ter sempre os planos b, c, d, ∞.

Alguns momentos foram dolorosos, mas suportei.

Não estamos preparados para passar por certas situações, mas somos capazes de superá-las.

Nem preparados para perder amigos na jornada, mas temos que aprender com os ensinamentos deixados por eles, para que nada seja em vão.

As lições da vida podem ser dolorosas, mas não acontecem por acaso.

Nos momentos difíceis, o melhor abraço vem de quem a gente menos espera.

Ser verdadeiro e pedir desculpas no momento certo deixa o espírito leve.

Todos possuem um lado bom, e é esse que devemos encontrar.

Assim, ao longo do caminho, me conheci, amadureci e melhorei em mim tudo que fui capaz.

Batalhei, busquei e alcancei.

Mas esse foi apenas mais um dos caminhos que pretendo percorrer ao longo da caminhada.

G.C.S.

## RESUMO

*Paratecoma peroba* é considerada como "Em perigo" segundo a Lista Vermelha de espécies da flora do Brasil. No estado do Rio de Janeiro esta espécie foi registrada na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG), localizada ao norte do estado uma Floresta Estacional Semidecidual. A marcada sazonalidade climática da região tem influência direta na dinâmica de crescimento radial das espécies, bem como no incremento de madeira e na fenologia vegetativa. Até o momento, contudo, não existem análises dessa natureza na região. Assim, o trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica de crescimento radial do lenho de *P. peroba* ocorrente na EEEG, a partir de análises de sazonalidade cambial, fenologia do ápice caulinar, anatomia do lenho e dendrocronologia. Amostras de xilema secundário e da zona cambial foram coletadas e submetidas a processamentos com técnicas de anatomia vegetal para observação em microscopia de luz e de fluorescência. Todos os indivíduos foram acompanhados mensalmente para analisar a intensidade de Fournier e o índice de atividade do ápice caulinar. Amostras radiais da casca até a medula também foram coletadas, para isso, utilizou-se Sonda Pressler. Os raios foram processados segundo técnicas em dendrocronologia. As análises mostram que o lenho da espécie apresenta anéis de crescimento distintos de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por parênquima marginal, espessamento da parede das fibras e as vezes com raios dilatados e com maior frequência de vasos no lenho inicial. Nos meses referentes ao inverno, a zona cambial apresentou características de dormência como: poucas camadas celulares, sem presença de divisão celular e o xilema adjacente com células completamente lignificadas. Neste período as árvores apresentavam folhas senescentes e queda foliar. Durante as outras estações climáticas, a zona cambial apresentou divisão celular e um aumento do número de células, caracterizando um período de atividade cambial. Neste período as árvores apresentavam principalmente folhas jovens e maduras. Esses resultados demonstram que *P. peroba* apresenta variação sazonal do câmbio e das fenologias do ápice apical caulinar, confirmando o caráter anual dos anéis de crescimento, o que permite a análise dendrocronológica da espécie. A análise dendrocronológica revelou que os indivíduos analisados apresentam uma faixa etária entre 31 a 77 anos, com uma taxa de incremento radial de 2 a 4 mm/ano. Sendo que a dinâmica de crescimento radial é influenciada pelo clima, tanto pela precipitação como pela temperatura da região da EEEG. Tendo em vista a importância da espécie e da EEEG, e dos poucos estudos desenvolvidos para a espécie com esse objetivo, os resultados auxiliam em prospecções positivas para a conservação, insentivando o uso da espécie em projetos de reflorestamento.

**Palavras-chave:** Sazonalidade; Anatomia Vegetal; Madeira, Câmbio; Bignoniaceae.

## **Dynamics of wood growth of *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. (Bignoniaceae) in semideciduous seasonal forest**

### **ABSTRACT**

*Paratecoma peroba* is considered as "Endangered" according to the Red List of species of Brazilian flora. In the state of Rio de Janeiro, this species was recorded at the Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba Guaxindiba (EEEG), located in the north of the state, a semideciduous seasonal forest. The marked climatic seasonality of the region has a direct influence on the dynamics of radial growth of the species, as well as on the increase of wood and vegetative phenology. So far, however, there are no such analyzes in the region. Thus, the objective of this work was to analyze the dynamics of *P. peroba* wood growth in the EEEG, based on analyzes of seasonality of cambium and shoot apex phenology, wood anatomy and dendrochronology. Samples of secondary xylem and the cambial zone were collected and submitted to processing with plant anatomy techniques for observation in light and fluorescence microscopy. All individuals were monitored monthly to analyze the intensity of Fournier and the activity index of the shoot apex. Radial samples from the bark to the medulla were also collected, using the Sonda Pressler. The rays were processed according to techniques in dendrochronology. The analyzes show that the wood of the species shows different growth rings with diffuse to semiporous porosity, demarcated by marginal parenchyma, thickening of the wall of the fibers and sometimes with dilated rays and with a higher frequency of vessels in the initial wood. In the winter months, the cambial zone presented characteristics of dormancy such as: few cell layers, with no cell division and adjacent xylem with completely lignified cells. During this period the trees had senescent leaves and leaf fall. During the other seasons, the cambial zone presented cell division and an increase in the number of cells, characterizing a period of cambial activity. During this period the trees presented mainly young and mature leaves. These results show that *P. peroba* presents a seasonal variation of the cambium and of the shoot apex phenology, confirming the annual character of the growth rings, which allows the dendrochronological analysis of the species. Dendrochronological analysis revealed that the individuals analyzed had an age range of 31 to 77 years, with a radial increase rate approximately of 2 to 4 mm/year. Since the dynamics of radial growth is influenced by the climate, both by precipitation and by the temperature of the EEEG region. Considering the importance of the species and the EEEG, and the few studies developed for the species with this objective, the results help in positive prospects for conservation, instituting the use of the species in reforestation projects.

**Keywords:** Seasonality; Plant anatomy; Wood, Cambium; Bignoniaceae.

## SUMÁRIO

<b>I. INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>11</b>
1.1. Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba	12
1.2. <i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlm (Bignoniaceae)	13
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1. Objetivo Geral	16
2.2. Objetivos Específicos	16
<b>III. ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM</b>	<b>17</b>
<b>IV. CAPÍTULO I – Anéis de crescimento em Bignoniaceae: estado atual e desafios futuros da anatomia da madeira, do câmbio e da dendrocronologia</b>	<b>18</b>
4.1. Introdução	20
4.2. Metodologia	21
4.3. Resultados e Discussão	22
4.3.1. Câmbio das Bignoniaceae	24
4.3.2. Anatomia da Madeira das Bignoniaceae	26
4.3.3. Dendrocronologia	28
4.3.4. Conservação	30
4.4. Conclusões	32
4.5. Referências Bibliográficas	54
<b>V. CAPÍTULO II – Dinâmica sazonal da atividade cambial e do ápice caulinar de <i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlm. (Bignoniaceae)</b>	<b>59</b>
5.1. Materials and Métodos	62
5.2. Results	65
5.3. Discussion	76

<b>5.4.</b>	<b>Literature Cited</b>	<b>78</b>
<b>VI.</b>	<b>CAPÍTULO III – Efeitos do clima sobre a dinâmica de crescimento do xilema secundário em <i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlm</b>	<b>83</b>
<b>6.1.</b>	<b>Introdução</b>	<b>85</b>
<b>6.2.</b>	<b>Material e Métodos</b>	<b>87</b>
	<b>6.2.1. Dendrocronologia</b>	<b>87</b>
	<b>6.2.2. Descrição Anatômica</b>	<b>88</b>
<b>6.3.</b>	<b>Resultados</b>	<b>89</b>
	<b>6.3.1. Descrição Anatômica</b>	<b>89</b>
	<b>6.3.2. Dendrocronologia</b>	<b>90</b>
<b>6.4.</b>	<b>Discussão</b>	<b>95</b>
<b>6.5.</b>	<b>Conclusões</b>	<b>97</b>
<b>6.6.</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>98</b>
<b>VII.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>104</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>105</b>

## I. INTRODUÇÃO GERAL

A diminuição das florestas tropicais é um problema socioambiental crescente, e a degradação das áreas florestadas tem consequências negativas mesmo para as áreas urbanas. Isto porque a natureza fornece benefícios ambientais que afetam diretamente a qualidade de vida humana, como regulação do clima, formação dos solos, armazenamento de carbono, ciclagem de nutrientes, provimento de recursos hídricos, manutenção dos ciclos de chuvas e proteção contra desastres naturais, além dos serviços culturais como de recreação, religioso e educacional (Guedes; Seehusen, 2011; MEA, 2005). As árvores são muito importantes nesses processos, as florestas cobrem 4 bilhões de hectares de terra, ou 31% da superfície terrestre da Terra (FAO, 2010) e dessa forma correspondem a grande parte da biodiversidade terrestre (Rémy; Hampe, 2006). Estima-se que 15 a 25% das plantas vasculares são de hábito arbóreo (Scotland; Wortley, 2003). Por isso, o aumento das informações sobre a dinâmica de crescimento das florestas é necessário para que se possa criar e implantar programas de proteção de áreas remanescentes, recuperação das áreas degradadas e uso sustentável dos recursos naturais (Guedes; Seehusen, 2011).

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ricos em biodiversidade do mundo, e encontra-se fragmentada (Murray-smith et al., 2008), sendo classificada entre os cinco “hotspots” em termos de prioridade de conservação (Eisenlohr et al., 2015; Myers et al., 2000). Este bioma se destaca como um dos mais ricos conjuntos de ecossistemas em termos de diversidade biológica do planeta (Scarano, 2002). A Mata Atlântica tem um grande índice de degradação e de fragmentação, resultando na diminuição da cobertura florestal e no aumento da preocupação com a necessidade de preservar as áreas remanescentes (Ribeiro et al., 2009; SOS Mata Atlântica, 2010). Assim, é fundamental que a flora ocorrente nos ecossistemas associados a este bioma seja conhecida e estudada, a fim de gerar novas informações a respeito das espécies da Mata Atlântica fornecendo subsídios para análises em estratégias ecológicas e de sobrevivência desenvolvidos pelas espécies.

O conhecimento da fenologia é de extrema importância para a compreensão da dinâmica complexa dos ecossistemas florestais e serve como indicador para análises de mudanças climáticas (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014; Rubim et al., 2010). Da mesma forma, conhecer o clima e a história climática da área em que vive uma espécie pode ter grande utilidade nas discussões a respeito da periodicidade de formação dos anéis de crescimento (Ogden, 1981). Os estudos com anéis de crescimento,

realizados pela dendrocronologia, contribuem expressivamente para ampliar a compreensão sobre a dinâmica de crescimento radial das espécies arbóreas, pois permite determinar a faixa etária de uma população, as taxas de incremento, a expectativa de vida e as respostas às variações ambientais e a diversidade de fatores que podem influenciar na ativação, redução ou dormência do câmbio (Roig, 2000; Schöngart, 2008; Worbes, 2002, 1995). Conseqüentemente, esses estudos fornecem dados sobre a ecologia das florestas, orientação para manejo florestal e práticas de conservação, além de avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre a formação do lenho (Fritts; Swetnam, 1989; Rozendaal; Zuidema, 2011). Entender como a floresta responde às variações ambientais permite compreender a sua dinâmica em novos ambientes, assim como a resposta do crescimento de cada planta em períodos de variações extremas, por exemplo, a seca (Martín-Benito et al., 2008).

O entendimento da dinâmica do crescimento radial também é relevante em um cenário de mudanças globais, pois permite estimar as respostas em relação à quantidade e distribuição da precipitação anual como o previsto para os próximos anos (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014). Nesse aspecto, as análises das cronologias permitem verificar as condições climáticas passadas de uma determinada região e até mesmo inferir o panorama futuro gerado pelas mudanças globais (Harley; Grissino-Mayer, 2012; Martinelli, 2004; Wimmer, 2002; Zhu et al., 2016)

### **1.1. Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba**

O bioma Mata Atlântica é representado principalmente por dois tipos florestais, as Florestas Ombrófilas e as Florestas Estacionais de Terras Baixas (Veloso et al., 1991). Dentre as florestas estacionais destacam-se as Matas de Tabuleiros, que se distribuem ao longo da costa brasileira desde Rio Grande do Norte até o Rio de Janeiro (RadamBrasil, 1983). Essas florestas se caracterizam por apresentar grande extensão de topografia plana ou tabuleiros costeiros, de origem terciária, com a presença de lagoas e brejos, não atingindo altitudes superiores a 200 m. Este tipo de floresta está condicionado principalmente por fatores edáficos e geológicos, com fisionomia e flora peculiares (Garay et al., 2003).

A Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG) está localizada na microrregião de Campos dos Goytacazes, na mesorregião do Norte Fluminense, no estado do Rio de

Janeiro, no Brasil. Floresta Estacional Semidecidual das terras baixa, que compõem o Módulo Guaxindiba/RJ do PPBio Mata Atlântica, localizada no município de São Francisco do Itabapoana. A estação constitui uma área de aproximadamente 3.260 hectares, sendo parte integrante do bioma Mata Atlântica e protegendo um dos maiores remanescentes de floresta estacional semidecidual do estado do Rio de Janeiro. A EEEG tem como característica marcante ser o último e maior remanescente de planície da Mata Atlântica localizado no domínio dos tabuleiros costeiros do Nordeste Fluminense (INEA – Instituto Estadual do Ambiente, 2018). A fitogeografia da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas ou como Mata de Tabuleiros, pois este tipo de vegetação é predominante (Garay et al., 2003). A Mata de Tabuleiro é uma floresta semidecidual na qual coexistem populações perenes semicaducifólias e caducifólias. Com a chegada do período invernal, a queda foliar se torna mais intensa, e os solos pobres e profundos são carregados em nutrientes e matéria orgânica pelo aporte da vegetação (Garay et al., 2003).

A EEEG foi criada em 2002, por meio do Decreto Estadual nº. 32.576, e tem como principal objetivo a preservação e conservação da natureza, sendo permitidas atividades de pesquisa científica e com finalidades educativas. É um remanescente internacionalmente conhecido como patrimônio da humanidade pelo programa “Homem e Biosfera” da UNESCO, estando caracterizado como Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (INEA – Instituto Estadual do Ambiente, 2018). Porém, teve grande parte da sua área reduzida devido ao corte seletivo para a agropecuária e a comercialização de madeiras, por exemplo, *Paratecoma peroba* (Record) Kuhlm, que é uma espécie com alto índice de importância dentro da EEEG e que realiza um importante papel na floresta como uma espécie secundária tardia (Silva; Nascimento, 2001). Essa área é também conhecida como “Mata do Carvão” devido a retirada de material lenhoso, entre 1960 e 1980, para a produção de carvão vegetal, o que reduziu drasticamente o dossel da floresta e os indivíduos de famílias botânicas bem representadas na estação (Nascimento; Silva, 2003).

## **1.2. *Paratecoma peroba* (Record) Kuhlm (Bignoniaceae)**

As espécies tropicais de Bignoniaceae possuem grande diversidade de fenologias em consequência das diferentes estratégias reprodutivas, o que permite compartilhamento de polinizadores (Gentry, 1974).

Entre as Bignoniaceae de porte arbóreo de Florestas Estacionais é possível destacar *Paratecoma peroba*, uma espécie endêmica do litoral brasileiro com alto risco de extinção e que ocorre do sul da Bahia ao norte do estado do Rio de Janeiro (Lohmann, 2014; Nascimento; Lima, 2008). Recentemente com o primeiro registro de ocorrência também na Ilha de Trindade, pertencente a Vitória no estado do Espírito Santo (Witovisk et al., 2017).

A *Paratecoma peroba* é uma espécie florestal nativa do Brasil de grande interesse econômico no passado com um histórico de intensa exploração devido ao seu potencial madeireiro, e um importante papel ecológico com características de típica de sucessional tardia, crescendo na sombra das pioneiras e eventualmente ultrapassando as pioneiras em altura. Popularmente conhecida como ipê-peroba, ipê-claro, peroba, peroba-amarela, peroba branca, peroba-de-campos, peroba-manchada, peroba-tigre, peroba-tremida, sendo uma espécie que chama a atenção na paisagem onde se encontra, possui admirável floração, embeleza as florestas e alimenta a fauna (Coradin et al., 2010; Lohmann, 2014; Lorenzi, 2002).

Devido uma exploração seletiva e ilegal de árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) maior que 20 cm, a espécie é considerada possivelmente extinta no Estado do Rio de Janeiro, classificada como “Em perigo” segundo a Lista Vermelha de espécies da flora do Brasil (CNFlora, 2017; Martinelli; Moraes, 2013). Possui em média 20 a 40 m de altura, tronco de 40 a 80 cm de diâmetro, folhas compostas digitadas e dispersão do fruto do tipo anemocórica. Sua madeira é dura e apresenta boa resistência e por isso foi muito explorada comercialmente (Coimbra Filho, 1951; Lins; Nascimento, 2010). A árvore é elegante e ornamental, podendo ser empregada no paisagismo de parques, praças e grandes jardins (Lorenzi, 2002). A madeira de *P. peroba* foi considerada a mais importante do estado do Rio de Janeiro em termos de exploração madeireira comercial, utilizada em construções comerciais e no acabamento de casas e em mobiliário de luxo (Lins; Nascimento, 2010). A espécie está entre as três mais importantes dentro da EEG, estando em segundo lugar com um índice de valor cobertura (IVC) de 11,48 %, junto com *Metrodorea nigra* var. *brevifolia* Engl., (IVC = 59,70 %) Rutaceae; *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima, (IVC = 10,23 %) Fabaceae (Nascimento and Lima, 2008; Villela et al., 2006).

Desta forma, este trabalho faz parte de um conjunto de pesquisas que visa aumentar a compreensão acerca do grupo taxonômico em questão e gerar dados importantes para a conservação de remanescentes florestais. Estes objetivos foram alcançados a partir da

avaliação da periodicidade do crescimento radial da espécie *Paratecoma peroba*, por meio de análises dos anéis de crescimento e da fenologia cambial da espécie em relação às condições ambientais às quais ela estava exposta. Os resultados obtidos permitiram compreender a dinâmica de crescimento e a faixa etária média da população dessa espécie ocorrente no último remanescente de Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas do norte do Estado do Rio de Janeiro, a EEEG. Diante do exposto as perguntas que nortearam o presente trabalho foram: As marcações de anéis de crescimento do lenho apresentam periodicidade anual? Quando são observados os períodos de atividade e dormência cambial? A fenologia cambial se correlaciona com a fenologia do ápice caulinar? Qual a faixa etária e a taxa de crescimento dos indivíduos analisados? Como a temperatura e a precipitação da região norte fluminense afetam a estrutura anatômica dos anéis de crescimento do lenho? Os dados poderão auxiliar nos estudos de conservação da área e da espécie em questão?

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a dinâmica de crescimento radial e apical de *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. (Bignoniaceae) ocorrente em Floresta Estacional Semidecidual do Norte Fluminense.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Realizar uma revisão a respeito dos estudos relacionados aos anéis de crescimento do xilema secundário na família Bignoniaceae;
- Investigar a sazonalidade da fenologia cambial e a sua correlação com registros da variação ambiental e da fenologia dos ápices caulinares;
- Caracterizar a estrutura anatômica dos anéis de crescimento de *P. peroba*;
- Analisar a estrutura etária dos indivíduos amostrados;
- Determinar as taxas de incremento médio radial acumulado e as taxas de incremento anual dos indivíduos.
- Verificar a influência das condições climáticas sobre o crescimento dos indivíduos de *P. peroba*.

### III. ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM

O trabalho foi desenvolvido na EEEG, no município de São Francisco de Itabapoana, na porção norte do estado do Rio de Janeiro (21°24' S e 41°04' W), abrange uma área total de 3.260 ha, sendo apenas 1.200 ha de floresta (INEA, 2011; Lins; Nascimento, 2010). O solo da região é classificado como argissolo amarelo-álco com textura arenosa, baixa capacidade de retenção de água e pobre em nutrientes (Villela *et al.*, 2006). O clima é sazonal, do tipo Aw (Alvares *et al.*, 2014), com um período seco de maio a setembro (inverno, precipitação menor que 60 mm) e chuvas concentradas no verão (Silva; Nascimento, 2001), sendo dezembro o mês mais úmido e agosto o mais seco (Villela *et al.*, 2006). A precipitação média anual é de aproximadamente 1000 mm e a temperatura média de 23 °C (RadamBrasil, 1983).

Indivíduos de *P. peroba* entre 21 a 47 cm de DAP e 10 a 30 m de altura foram identificados e marcados dentro da EEEG para coletas de acordo com os procedimentos desenvolvidos. Sendo que 16 indivíduos foram amostrados para a análise da fenologia cambial e acompanhamento fenológico do ápice caulinar, 22 para análise de dendrocronologia e cinco para identificação microscópica e macroscópica da anatomia do xilema secundário com confecção de lâminas permanentes que serão posteriormente depositadas no acervo da Xiloteca da UENF (HUENFw), Xiloteca Dr<sup>a</sup> Cecília Gonçalves Costa.

Assim, a partir dessas análises a presente tese foi dividida em três capítulos, em que cada um será destinado à publicação de um artigo.

- Capítulo I: Anéis de crescimento em Bignoniaceae, estado atual e desafios futuros da anatomia da madeira, do câmbio e da dendrocronologia: uma revisão. Este trabalho será submetido para a revista *Acta Botanica Brasilica*.
- Capítulo II: Dinâmica sazonal do câmbio e do ápice caulinar de *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. (Bignoniaceae). Este trabalho foi submetido para a revista *American Journal of Botany*.
- Capítulo III: Efeitos do clima sobre a dinâmica de crescimento do xilema secundário em *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. Este trabalho será submetido para a revista *Dendrochronologia*

#### **IV. CAPÍTULO I – Anéis de crescimento em Bignoniaceae, estado atual e desafios futuros da anatomia da madeira, do câmbio e da dendrocronologia: uma revisão**

Glaziele Campbell; Cátia Henriques Callado; Maura Da Cunha

\* Este trabalho será submetido para a revista *Acta Botanica Brasilica*

##### **RESUMO**

O crescimento radial envolve a formação da madeira pela xilogênese. Nesse processo, o câmbio sofre diversas etapas inter-relacionadas com a divisão e diferenciação celular para a produção de células do xilema e do floema secundários. A compreensão desse processo tem grande importância econômica e ecológica, visto que, a xilogênese determina a diversidade estrutural e funcional das madeiras e, conseqüentemente, suas diferentes aplicações para o uso. Além dos estudos xilogenéticos, os estudos dendrocronológicos permitem acrescentar uma análise temporal de longo prazo da formação das madeiras, pela análise dos anéis de crescimento. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta uma perspectiva do que foi feito em relação à compreensão da sazonalidade cambial, da estrutura anatômica da madeira e da dendrocronologia de espécies de Bignoniaceae e da interrelação dessas vertentes de investigação para a conservação desta importante família botânica, enfatizando as principais espécies estudadas e as possibilidades de trabalhos futuros nessas áreas de pesquisa. Na literatura levantada foram encontrados 44 trabalhos nos quais 232 espécies foram estudadas. Destas, 231 espécies foram descritas e analisadas quanto à estrutura anatômica da madeira e, 34 foram estudadas quanto ao câmbio, nove estudos apresentaram análises dendrocronológicas, treze apresentaram indicação de uso comercial das espécies e três apresentaram informações sobre conservação das mesmas. A maioria das espécies já descritas quanto à anatomia da madeira possui anéis de crescimento distintos (176), marcados principalmente pelo maior espessamento das paredes das fibras no lenho tardio e presença de parênquima marginal. O caráter anual de formação dos anéis de crescimento foi comprovado em espécies em que estudos dendrocronológicos foram realizados, mostrando a sazonalidade do câmbio. O gênero *Tabebuia* foi o mais estudado, seguido por *Handroanthus* e *Jacaranda*. Somente em lianas foi observado o padrão de câmbio variante, entretanto, quando investigadas quanto a atividade do câmbio, o padrão anual de formação dos anéis de crescimento foi evidenciado. Os resultados reunidos revelam a dinâmica de crescimento das Bignoniaceae lenhosas e sua importância para a compreensão dos ecossistemas em que ocorrem, indicando a necessidade de ampliar a investigação em novos táxons da família, bem como de novas áreas de sua distribuição geográfica.

**Palavras-chave:** Uso madeireiro; Conservação; Anatomia vegetal; Dendroecologia.

## **Growth rings in Bignoniaceae: current status and future challenges of wood anatomy, cambial and dendrochronology**

### **ABSTRACT**

Radial growth involves the formation of wood by xylogenesis. In this process, the cambium undergoes several stages interrelated with cell division and differentiation for the production of secondary xylem and phloem cells. The understanding of this process has been considered of great economic and ecological importance, since xylogenesis determines the structural diversity of the woods and, consequently, their diverse and specific functions and applications for the use. In addition to the xylogenetic studies, the dendrochronological studies allow to add a long term temporal analysis of the formation of the wood, by the analysis of the rings of growth. In this sense, the present study brings an inventory and a discussion about the works involving radial growth in the Bignoniaceae family. Although the family is well known for its high quality woods and multiple ways of harvesting, many gaps remain about the biology of its species whether in the natural environment or under cultivation. Thus, this work presents a perspective of what was done in relation to the understanding of the cambial activity, the anatomical structure of the wood and the dendrochronology of Bignoniaceae species and the interrelation of these research strands for the conservation of this important botanical family, emphasizing the main species future research in these areas of research. In the 44 studies surveyed, 232 species were studied. Of these, 231 species were described and analyzed for the anatomical structure of the wood and 34, were studied regarding cambium, nine studies presented dendrochronological analysis, thirteen indication of species use and three information on their conservation. Most of the species described for wood anatomy have distinct growth rings (176), marked mainly by the thickening of fiber walls in latewood and presence of marginal parenchyma. The annual formation of growth rings was confirmed in species in which dendrochronological studies were performed, showing the seasonality of the cambium. The genus *Tabebuia* was more studied, followed by *Handroanthus* and *Jacaranda*. Only in lianas was observed the variant cambium pattern, however, when investigated for cambial activity, the annual pattern of growth ring formation was evidenced. The results show the growth dynamics of woody Bignoniaceae and their importance for the understanding of the ecosystems in which they occur, indicating the need to extend the research in new taxa of the family, as well as new areas of their geographical distribution.

**Keywords:** Timber use; Conservation; Plant anatomy; Dendroecology.

#### 4.1. Introdução

A madeira é um dos recursos mais abundantes e importantes do mundo e representa uma fonte renovável de energia, fibras e material de construção (Fromm, 2013; Zhang et al., 2014). Além disso, a madeira em desenvolvimento representa um dos mais importantes sumidouros do excesso de CO<sub>2</sub> da atmosfera, contribuindo, portanto, para a redução do aquecimento global (Berenguer et al., 2014; Plomion et al., 2001)(Berenguer et al., 2014; Plomion et al., 2001). Sua formação é denominada xilogênese e, ainda, representa uma das maiores lacunas ao conhecimento da dinâmica de crescimento das espécies lenhosas em ambientes tropicais (Callado et al., 2013; Worbes, 2002).

A xilogênese tem início a partir do câmbio, um meristema responsável pela formação dos tecidos condutores secundários e que junto com o felogênio promovem o crescimento radial das espécies lenhosas (Evert, 2013; Fukuda, 1996; Rossi et al., 2006). O câmbio sofre diversas etapas inter-relacionadas com a divisão e diferenciação celular para a produção de células específicas do xilema e do floema secundários (Fukuda, 1996; Larson, 1994). A produção de novas células do xilema secundário pelo câmbio pode ocorrer de forma contínua ou intermitente. Neste último caso, o comportamento fenológico do câmbio dá origem aos anéis de crescimento, que funcionam como um verdadeiro banco de dados por registrarem as condições ambientais no momento em que a madeira é formada (Billings et al., 2015; Rossi et al., 2013; Sass-Klaassen et al., 2016; Scharnweber et al., 2013).

Inúmeros estudos têm investigado a formação do xilema secundário nas Angiospermas (p.ex. Catesson and Roland, 1981; Drew and Pammenter, 2007; Lachaud, 1989; Ridoutt and Sands, 1994; Roodt et al., 2017), com foco na estrutura e na atividade do câmbio (Costa et al., 2013; Farrar and Evert, 1997; Vasconcellos et al., 2017, 2016) ou os aspectos bioquímicos, biofísicos e moleculares relacionados (Drew and Downes 2015, Fromm, 2013; Harashima and Schnittger, 2010; Zhang et al., 2014), para melhor explicar as propriedades da madeira de espécies sob uma ampla gama de condições de crescimento. Esses estudos são de grande importância, tendo em vista a importância econômica da madeira para o uso humano, e também por subsidiarem uma melhor compreensão das características das espécies em condições naturais e de plantio (Campbell et al., 2016; Luchi, 2011).

Neste trabalho, nós inventariamos as pesquisas publicadas sobre madeiras da família Bignoniaceae, analisando os resultados sobre análises com o câmbio, anatomia da madeira e dendrocronologia, em uma discussão sobre a importância desses estudos para a conservação de espécies lenhosas de uso econômico e na prospecção de pesquisas futuras.

#### 4.2. Metodologia

A família Bignoniaceae foi selecionada para esta revisão por apresentar: ocorrência predominantemente neotropical (Olmstead et al., 2009); espécies lenhosas com diferentes formas de vida: lianescente, arbustivo e arbóreo (Ingrouille and Eddie, 2006); madeiras de alta qualidade e múltiplas formas de aproveitamento (Barros et al., 1997; Carvalho, 1994; ITTO, 2011; Jankowsky et al., 1990; Lins and Nascimento, 2010; Lorenzi, 2002, 1992); e por apresentar espécies ameaçadas segundo o status de conservação, muitas espécies com populações naturais drasticamente reduzidas, devido ao extrativismo indiscriminado e/ou fragmentação de suas áreas de ocorrência naturais (CNFlora, 2017; IUCN, 2017).

As análises foram realizadas a partir do inventário dos artigos publicados entre os anos de 1980 e 2017 e indexados diretamente nas bases bibliográficas *Scopus*, *Scielo*, *Web of Science<sup>TM</sup>*, além das buscas amplas nas bases referenciais disponíveis no *Portal de Periódicos da Capes*, somadas às próprias referências bibliográficas apresentadas em cada um dos artigos inventariados (Tab. 1). As palavras-chave utilizadas para busca dos artigos foram: “radial growth”, “cambial activity” and “cambial activity wood”, “cambium anatomy”, “cambial anatomy”, “xylogenesis”, “wood formation”, “xylem developmental dynamics”, “xylem”, “radial increment”, “wood anatomy”, “application wood”, “selective logging”, “growth ring”, “dendrochronology”, “dendroclimatology”, “dendroecology” e “tree-ring”, em combinações variadas com a palavra Bignoniaceae. A base de dados digital *Insidewood* também foi considerada neste estudo, tendo o inventário sido realizado até abril de 2018 (InsideWood, 2018; Wheeler, 2011).

Sob a denominação de estudo com o câmbio foram incluídas todas as referências bibliográficas relativas à fenologia do câmbio e xilogênese, até a formação dos elementos de vaso no alburno. Sob a denominação estudo dendrocronológico foram incluídas as referências bibliográficas relativas à dendroecologia e dendroclimatology.

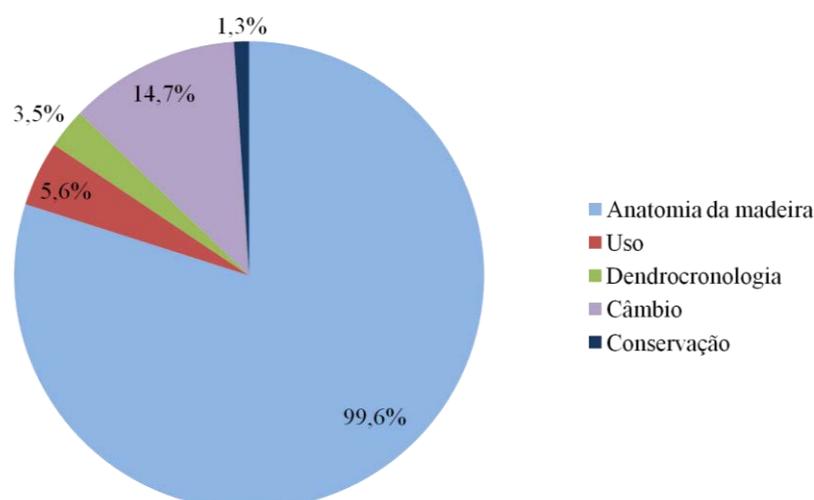
Para levantamento da categorização do *status* de conservação das espécies de Bignoniaceae foram analisadas as Listas Vermelhas de espécies ameaçadas desenvolvidas

pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNFlora, 2017) e pela União Internacional para a Conservação da Natureza – International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2017).

A nomenclatura botânica, bem como a forma de vida, foi atualizada segundo as bases de dados Tropicos® (Tropics.org, 2018) e Flora do Brasil (REFLORA, 2018).

### 4.3. Resultados e Discussão

Nesta pesquisa foram inventariados 44 trabalhos sobre as madeiras de Bignoniaceae (Tab. 1), abrangendo 232 espécies, em que 34 estudos são relacionados ao câmbio, 231 apresentam descrição e análise da estrutura anatômica da madeira, oito apresentaram estudos dendrocronológicos, treze fizeram indicação de uso e três destacaram informações sobre sua conservação (Fig. 1).



**Figura 1.** Distribuição dos tipos de pesquisas realizadas na família Bignoniaceae, dados em porcentagem em relação ao número total de 232 espécies analisadas em trabalhos publicados entre os anos de 1980 a 2017.

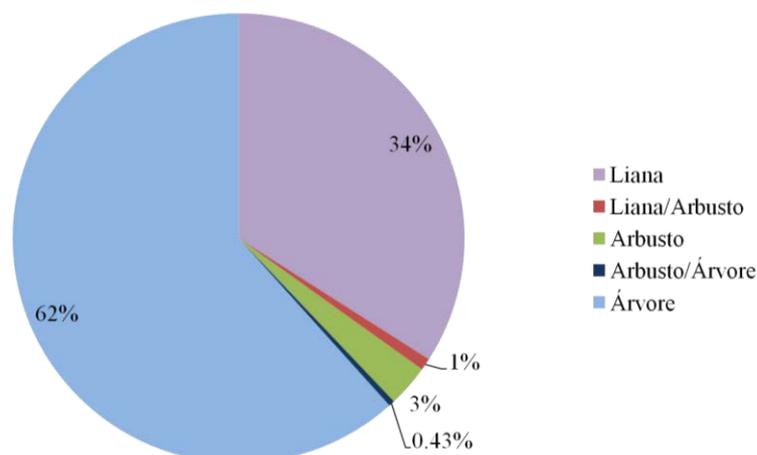
O gênero mais estudado foi *Tabebuia* Gomes ex DC., com 24 espécies citadas em 17 referências consultadas, seguido pelos gêneros *Handroanthus* Mattos (16 espécies em 26 referências) e *Jacaranda* Juss., (16 espécies em 12 referências). *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose, com dez referências inventariadas é a espécie mais estudada. Em seguida, *Handroanthus barbatus* (E.Mey.) Mattos, *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. and Hook. f. ex S. Moore e *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. são citadas em oito das referências consultadas. *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Paratecoma peroba* (Record) Kuhlm., e

*Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. são citadas em sete referências (Tab. 1). Essas oito espécies mais estudadas apresentam hábito arbóreo (REFLORA, 2018) e, devido a excelente qualidade, resistência e durabilidade, suas madeiras são utilizadas para fabricação de móveis, utensílios e instrumentos musicais e, também, em construções externas e internas (Barros et al., 1997; Carvalho, 1994; Lins and Nascimento, 2010; Lorenzi, 2002; Paula and Alves, 1997; Romagnoli et al., 2013). Todavia, apenas três dessas espécies figuram nas listas de espécies de interesse para conservação: *Handroanthus impetiginosus* categorizada em nível nacional como quase ameaçada (CNFlora, 2017) e como menos preocupante (IUCN, 2017), em nível internacional, e *Paratecoma peroba* e *Tabebuia cassinoides* categorizadas em perigo (CNFlora, 2017), em nível nacional (Tab. 1).

De acordo com as avaliações dos riscos e *status* de conservação para a família, 89 espécies já foram avaliadas, sendo 42 pela IUCN (2017) e 49 pela CNFlora (2017), as informações variam desde espécies com dados insuficientes até aquelas criticamente em perigo. Dentre as mais gravemente ameaçadas, a maioria é de ocorrência em áreas que já sofreram ou ainda sofrem com diversas formas de impacto em sua vegetação, como a perda de habitat para a agricultura, pecuária e corte seletivo de madeira, por exemplo, Mata Atlântica e Cerrado (CNFlora 2017). Muitas espécies foram intensamente exploradas pelas propriedades madeireiras e muitas ainda continuam sendo exploradas para diversos usos, por isso, estão consideradas ameaçadas. As espécies madeireiras necessitam de estudos específicos sobre o seu manejo e planos de ação para serem retiradas da lista de espécies ameaçadas de extinção (Lohmann et al., 2013).

Dentre as espécies listadas, 143 são arbóreas, 79 lianescentes, sete arbustivas, duas lianescentes ou arbustivas e uma arbustiva ou arbórea (Fig. 2). Das treze espécies citadas quanto ao tipo de uso, seis dessas são categorizadas quanto ao grau de conservação, sendo: duas em perigo, uma vulnerável, uma quase ameaçada ou menos preocupante e duas menos preocupantes (Tab. 1). É importante ressaltar, que dentre as 232 espécies listadas, apenas 27 espécies apresentam algum tipo de avaliação quanto ao grau de ameaça à sua conservação, incluindo as espécies fósseis. Esse dado é alarmante em face da importância econômica e ecológica da família Bignoniaceae (Gentry, 1992, 1974; Malerich et al., 2005). As espécies ameaçadas categorizadas como: vulnerável, em perigo e quase ameaçadas são representantes arbóreos com registros de uso principalmente madeireiro (Barros et al., 1997; Carvalho, 1994; Lins and Nascimento, 2010; Lorenzi, 1992; Schulze

et al., 2008). No entanto, as informações sobre uso ainda são pouco precisas, sendo que a maioria das toras de madeira é comercializada apenas com a identificação em nível de gênero.



**Figura 2.** Representação das formas de vida das espécies de Bignoniaceae encontradas nos trabalhos inventariados.

#### 4.3.1. Câmbio das Bignoniaceae

Os fatores ambientais podem influenciar a sazonalidade cambial, o que se reflete na diferenciação das células do xilema secundário, podendo modificar sua estrutura e, conseqüentemente, as propriedades e qualidades tecnológicas da madeira (Costa et al., 2012). Assim, o processo de formação da madeira é um resultado da interação entre os fatores genéticos das plantas e as variáveis ambientais (Aref et al., 2014; Arend and Fromm, 2013; Farrar and Evert, 1997).

Das espécies de Bignoniaceae inventariadas, 34 tiveram estudos relacionados com o câmbio, tanto a descrição do padrão de desenvolvimento quanto estudos de fenologia de atividade. Dessas 34 espécies inventariadas, 31 são lianas e três são árvores.

Na maioria das lianas, o câmbio forma quatro ou oito cunhas de floema como resultado da interrupção na produção de xilema secundário e manutenção da produção do floema, o que foi observado em todas as espécies da tribo Bignonieae analisadas por Gasson e Dobins (1991), nas espécies comparadas por Lima *et al.* (2010) e em *Tanaecium mutabile* (Bureau ex K.Schum.) L.G.Lohmann (Lopes et al., 2008). Quando o câmbio produz esse tipo de formação e diferenciação do xilema e floema ele é denominado como câmbio variante (Lima et al., 2010; Pace et al. 2009).

O câmbio variante na tribo Bignonieae tem o seu desenvolvimento inicial em modificação de quatro porções equidistantes, essas regiões reduzem a produção de xilema e aumentam a produção de floema. A partir disso, outras modificações anatômicas podem

ocorrer, resultando em seis diferentes arquiteturas anatômicas (Pace et al., 2009). A diversidade de diferentes padrões no caule das lianas pode ter surgido da necessidade de garantir a condução dos fotoassimilados e proporcionar flexibilidade ao caule de hábito trepador, influenciando grandemente na evolução da morfologia da tribo Bignonieae (Pace et al., 2009).

A sazonalidade cambial em lianas também pode ser observada em *Tynanthus cognatus* Miers, que possui o câmbio em fase de atividade nas cunhas do floema de aproximadamente dois meses, com início ao final da estação chuvosa, permanecendo ativo até o início do período seco (Lima et al., 2010). Em árvores e arbustos tropicais que se desenvolvem em solo drenado, a atividade cambial ocorre de modo geral no período mais úmido (Callado et al., 2014). Nas árvores, o câmbio possui um padrão de desenvolvimento regular, ou seja, o padrão de crescimento é de forma contínua e circular ao redor do caule, raiz e ramos (Pace et al., 2009). Dessa forma, para melhor investigar um padrão de fenologia cambial nas espécies de liana e poder embasar uma comparação entre as formas de vida é preciso o desenvolvimento de mais pesquisas na área e com diferentes espécies.

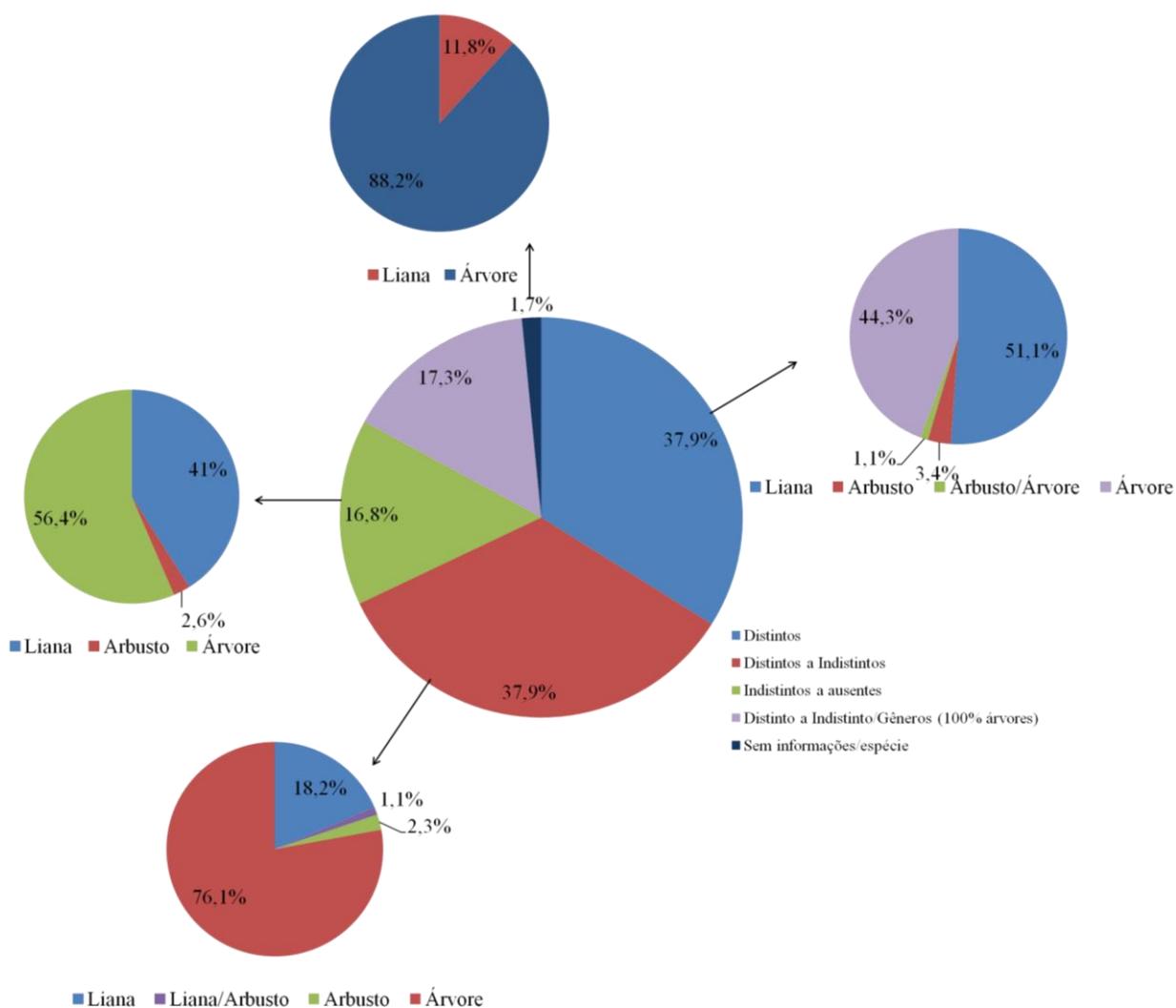
A comparação da sazonalidade cambial entre espécies que ocorrem em diferentes ambientes permite verificar a influência exercida pelos fatores abióticos sobre as células do câmbio. Uma comparação da fenologia cambial de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose em dois ambientes: floresta tropical montana e floresta seca do Equador, mostra que a atividade cambial variou entre os dois sítios estudados, sendo que na floresta tropical o período de atividade cambial variou entre 3 e 7 meses e na floresta seca de 2 a 4 meses, evidenciando que a precipitação tem um papel fundamental no desenvolvimento cambial (Volland-Voigt et al., 2011). O ritmo de fenologia cambial de *Handroanthus serratifolius* também possui marcada sazonalidade quando avaliado em indivíduos crescendo em regiões da Mata Atlântica do sul do Brasil (Shimamoto et al., 2015). Sendo que para a espécie *Handroanthus barbatus* ocorrente em várzeas da Amazônia, o ciclo de inundação é o que promove a dormência do câmbio por cerca de dois meses e, conseqüentemente, resulta na formação de anéis de crescimento anuais. Neste caso, o estresse hídrico é causado pela inundação das várzeas, que causam condições anaeróbicas nas raízes (Schöngart et al., 2002).

Assim, o entendimento da sazonalidade cambial e dos padrões de desenvolvimento do câmbio é relevante para os estudos em anatomia e produção de madeira e essencial para os estudos de dendrocronologia, pois permite melhor compreensão do processo de formação

dos anéis de crescimento e, consequentemente, as relações com ambiente (Callado et al., 2014, 2013; Fritts, 1976; Rossi et al., 2012).

### 4.3.2. Anatomia da Madeira das Bignoniaceae

Dentre as 232 espécies de Bignoniaceae, somente a espécie arbórea *Jacaranda duckei* Vattimo, não apresenta estrutura anatômica da madeira descrita na literatura (Tab. 1). Em relação a descrição dos anéis de crescimento, 88 espécies possuem anéis distintos, 88 anéis de distintos a indistintos, 39 com anéis indistintos a ausentes, 17 espécies com anéis distintos a indistintos a nível de descrição para o gênero e 17 sem informações encontradas sobre o tipo de anel nos trabalhos analisados. Cada grupo tendo a presença de espécies de determinada forma de vida (Fig. 3).



**Figura 3.** Distribuição dos grupos de distinção dos anéis de crescimento nas espécies de Bignoniaceae analisadas e suas formas de vida.

Cerca de um terço das espécies dos Neotrópicos possuem formação anual confirmada dos anéis de crescimento, sendo que a família Bignoniaceae está em segundo lugar com 15 espécies, sendo que os gêneros *Handroanthus* e *Tabebuia* são os que possuem maior número de espécies que já foram estudados quanto a anuidade de formação dos anéis de crescimento, 8 e 5 espécies respectivamente (Schöngart et al., 2017).

Outros estudos foram realizados com espécies fósseis, das quatro espécies descritas três possuem anéis de crescimento distintos: *Markhamia preobtusifolia* Bande, Dechamps, Lakhanpal, Prakash *Stereospermoxylon eoacuminatissimum* Prakash, Awasthi and Lemoigne e *Stereospermoxylon grambasti* Prakash, Awasthi and Lemoigne (InsideWood, 2018; Wheeler, 2011). As que possuem anéis são de regiões tropicais da África e ilhas adjacentes e ocorrentes principalmente no período do Mioceno. Enquanto que *Heterophragmoxylon indicum* Shete and Kulkani, que não possui anéis distintos é da região sul da Ásia Central e ocorre principalmente a partir do período Cretáceo. Das espécies fósseis *M. preobtusifolia* foi a única que apresentou anel semiporoso (Tab. 1).

O gênero *Markhamia* Seem. ex Baill. possui outras espécies ocorrentes atualmente e que fazem parte do presente trabalho: *M. lutea* (Benth.) K. Schum., *M. stipulata* (Wall.) Seem., *M. tomentosa* (Benth.) K. Schum. ex Engl e *M. zanzibarica* (Bojer ex DC.) K. Schum., todas arbóreas e com anéis de crescimento distintos a indistintos e com porosidade difusa a semiporosa (Tab. 1) (Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013).

Em Bignoniaceae, acredita-se que os anéis semiporosos tenham evoluído a partir de espécies com porosidade difusa que originalmente habitaram ambientes méxicos, mas migraram para ambientes sazonais (Gerolamo and Angyalossy, 2017; Pace and Angyalossy, 2013). Assim, alguns padrões evolutivos da anatomia da madeira para a família parecem ter sido modelados por aspectos ecofisiológicos devido a ocorrência em diferentes habitats e diferentes formas de vida entre as espécies (Pace and Angyalossy, 2013).

Dos quatro tipos básicos de descrições anatômicas dos anéis de crescimento revisados por Schöngart et al. (2017) a família Bignoniaceae se enquadra no segundo tipo, a saber: anéis de crescimento demarcados principalmente por parênquima marginal, e esse tecido parenquimático pode ser tanto de origem inicial como terminal (Wilczek et al., 2014). Essa característica foi observada em grande parte dos anéis descritos neste trabalho.

Das 176 espécies que apresentam anéis de crescimento distintos ou de distintos a indistintos, 11 não tinham descrição das características dos anéis. Das 17 com anéis distinção em nível de gênero, 13 também não tinham descrição nos trabalhos, sendo *Tabebuia heterophylla* (DC.) Britton com distinção em nível de espécie e de gênero. Assim, foi determinado um total de 169 descrições para os anéis de crescimento, incluindo todas as formas de vida analisadas.

As principais características anatômicas dos anéis de crescimento observadas em lianas, arbustos e árvores são: anéis de porosidade difusa, semiporoso e poroso, marcação com bandas e/ou linha de parênquima marginal; achatamento radial das fibras; maior espessamento da parede das fibras; raios dilatados e/ou com células radialmente mais curtas. Com a presença de anéis confluentes em algumas lianas (Tab. 1).

As espécies com anéis distintos são promissoras para trabalhos de acompanhamento da anuidade dos anéis crescimento e nas aplicações aos trabalhos de dendrocronologia, visto que muitas espécies possuem essa característica.

#### 4.4. Dendrocronologia

Oito espécies encontradas foram estudadas quanto a análise dendrocronológica: *Handroanthus barbatus*, *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos, *Handroanthus impetiginosus*, *Handroanthus serratifolius*, *Handroanthus umbellatus* (Sond.) Mattos, *Stereospermum tetragonum* DC., *Tabebuia cassinoides* e *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau ex Verl.—(Tab. 1). Sendo que todas possuem potencial para estudos de dendrocronologia, pois já foram analisadas quanto a comprovação da periodicidade anual de formação dos anéis de crescimento (Mattos et al., 2004; Mattos and Seitz, 2008; Nath et al., 2016; Schöngart et al., 2017).

*Tabebuia cassinoides* e *Handroanthus umbellatus* são espécies semidecídua e decídua, respectivamente, e foram descritas por Callado et al. (2001a) como espécies de anéis de crescimento anuais em florestas tropicais com inundações periódicas e permanentes. A dinâmica de crescimento radial dessas espécies foi associada principalmente com a fenologia, a temperatura, a precipitação, ao fotoperíodo e ao regime de inundação local (Callado et al., 2001b). *Handroanthus umbellatus* possui uma taxa de incremento radial médio de 6 mm ao ano, mas que pode variar ao longo das modificações climáticas locais e ao longo das alterações fenológicas da espécie (Callado et al., 2004). As duas espécies são

potenciais para trabalhos futuros de datação de árvores tropicais (Callado et al., 2001a, 2001b).

As outras espécies, *Handroanthus serratifolius* e *Zeyheria tuberculosa*, acompanhadas ao longo de sete anos apresentaram um incremento radial médio de 4,9 e 7,5 mm ao ano, respectivamente, sendo a primeira crescendo em área de plantio e a segunda em área de floresta nativa semidecidual. Essa taxa de incremento observada é esperada para árvores secundárias tardias e considerada lenta em comparação com espécie pioneira, p.ex. *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Fabaceae) com 19.6 mm ao ano. (Lisi et al., 2008). O incremento radial também está relacionado com o clima, reduzindo na estação seca de inverno, e retonando ao crescimento após as primeiras chuvas na primavera. Estudos como esse podem fornecer informações importantes para a gestão e conservação de florestas estacionais semidecíduais ameaçadas (Lisi et al. 2008).

A análise do crescimento radial em *Handroanthus heptaphyllus* também mostra uma correlação significativa com a precipitação quando em fitofisionomia de Pantanal (Mattos et al., 2004; Mattos and Seitz, 2008). A taxa de incremento radial médio de *Handroanthus impetiginosus* é de 5,5 mm ao ano com uma variação de 4,8 a 11,6 mm ao ano no diâmetro dos indivíduos (Mattos et al. 2008). Essas informações podem ser aplicadas na estimativa do período necessário para que uma espécie atinja um determinado diâmetro de interesse. No caso da *H. impetiginosus* o tempo médio para atingir 40 cm de diâmetro foi estimado em, no mínimo 55 anos. Nesse caso, é possível estimar o período mínimo de rotação necessário para gerenciar essa espécie em florestas naturais, sem pôr em perigo o uso contínuo desses recursos florestais (Mattos and Seitz, 2008).

No trabalho de Schöngart (2008), as amostras de *Handroanthus barbatus* em sucessão tardia (fase intermediária – 125 anos e clímax – 240 anos) coletadas em área de planícies de várzeas da Amazônia Central, foram submetidas à análise dendrocronológica para obtenção de dados relacionados a faixa etária e incremento radial. Por apresentar uma alta densidade ( $0.87 \text{ g.cm}^{-3}$ ) a espécie apresenta um crescimento em diâmetro mais lento. Portanto, os modelos mostraram que a espécie possui um ciclo de corte de 21,5 a 32,1 anos com um diâmetro mínimo para corte de 54 cm. Esses dados são de extrema importância para saber em qual idade e diâmetro uma espécie atinge seu crescimento ótimo, podendo ser utilizado para progressões de corte seletivo e manejo florestal sustentável (Schöngart, 2008).

Outra análise de dendrocronologia realizada para *Handroanthus barbatus*, com indivíduos ocorrentes em áreas de várzea (rica em nutrientes) e de igapó (pobre em nutrientes) não apresentou variação significativa de densidade nem de faixa etária entre as populações nas diferentes áreas (Fonseca Júnior et al., 2009). Mas a idade foi correlacionada negativamente com a taxa de incremento radial e a densidade nos indivíduos do igapó; ou seja, quanto maior a idade e a densidade, menor a taxa de incremento. Enquanto que o inverso ocorre na várzea. Isso mostra a influência da variação das áreas, principalmente do *status* de nutrientes na água da inundação, para a taxa de incremento do lenho. Em média na várzea, a espécie atinge o diâmetro limite para corte de 50 cm em 117 anos, enquanto que no igapó, a espécie precisa de mais de 270 anos para atingir este limite (Fonseca Junior et al. 2009). Segundo os autores os ciclos de corte podem variar de 23,4 anos na várzea e 55,6 no igapó. Assim, a idade mínima que uma espécie atinge o diâmetro possível para corte é fortemente influenciado pelo tipo de floresta (Fonseca Junior et al. 2009).

Os estudos com anéis de crescimento e a comprovação de sua periodicidade anual de formação podem ser investigados a partir de análises da ordenação multivariada das variáveis que se relacionam com a distinção dos anéis, como foi feito para *Stereospermum tetragonum* por Nath et al. (2016). As variáveis utilizadas nas análises envolveram principalmente características de história de vida e traços funcionais, variáveis ambientais e dados filogenéticos. Este fato resultou na comprovação dos anéis anuais nessa espécie e sua aplicação em estudos dendrocronológicos (Nath et al., 2016). Análises como essas podem ter aplicadas em outras espécies.

A compreensão dos mecanismos de crescimento radial nas árvores auxilia em esforços para melhorar e aumentar a exploração de madeiras comerciais e, conseqüentemente, permite o desenvolvimento de uma política florestal eficaz que possa ajudar na mitigação da degradação das florestas tropicais e entendimento das mudanças climáticas (Begum et al., 2013; Costa et al., 2015).

#### **4.3.4. Conservação**

No levantamento bibliográfico realizado, apenas três espécies inventariadas possuem algum tipo de estudo voltado para as análises de conservação através de estudos com a madeira: *Handroanthus umbellatus*; *Jacaranda copaia* e *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda (Tab. 1).

A família Bignoniaceae possui uma importância econômica relacionada às suas espécies arbóreas com aplicação madeireira e ornamental. A importância dos estudos com anéis de crescimento está relacionada com o conhecimento dos fatores ambientais que influenciam a taxa de incremento radial, a produção e qualidades da madeira, no intervalo de rotação e nas taxas de reposição. Essas informações são de grande relevância para a elaboração dos planos de corte e plantio, e de grande valor prático para a conservação, restauração e manejo florestal (Costa et al., 2015; Jacoby, 1989; Mariaux, 1995; Mattos et al., 2004; Priya and Bhat, 1999).

Uma vez que a diversidade de espécies arbóreas vem sendo impactada pela ação humana, a silvicultura tem sido uma importante alternativa para conter essa ação, inserindo o manejo de regeneração natural, os plantios agrossilviculturais e as plantações heterogêneas e homogêneas. No Brasil, a silvicultura evoluiu visando principalmente a produção de matéria prima para indústrias baseadas na utilização de madeiras e fibras. No entanto, existem poucas informações silviculturais a respeito de espécies nativas, o que torna fundamental o desenvolvimento de técnicas de manejo florestal e o incentivo ao cultivo dessas espécies, preferencialmente aquelas com maior potencial para atender a indústria (Martins, 2011).

*Handroanthus umbellatus* é uma espécie bastante tolerante a inundações e muito usada em reflorestamento, os dados obtidos nas análises de dinâmica de crescimento radial servem como base para estudos voltados também para a conservação de outras espécies ocorrentes em ambientes semelhantes (Callado et al., 2004). *Roseodendron donnell-smithii* também é uma espécie de grande importância madeireira que atinge ótimos preços, e conseqüentemente, redução dos indivíduos devido ao corte excessivo. Por isso, os programas de plantios bem manejados permitem aumentar disponibilidade da quantidade dessa madeira (Francis, 1989; ITTO, 2011). Os estudos de conservação para *Jacaranda copaia* estão relacionados com a compreensão dos processos genéticos e ecológicos que sustentam a sobrevivência das espécies arbóreas e a sua resposta aos regimes de gestão florestal, a partir de estudos genéticos populacionais. As análises buscam avaliar o impacto da exploração seletiva no fluxo genético e na estrutura genética antes e depois da exploração madeireira (Vinson et al., 2008). As informações provenientes dos estudos genéticos, juntamente com dados ecológicos e demográficos podem ser positivamente utilizadas para promover um programa de gestão sustentável, complementando, assim, as análises das taxas crescimento radial.

#### 4.4. Conclusões

Práticas de gestão florestal, com base em sistemas de corte seletivo, seguidas por regeneração natural ou artificial, pode ter um impacto na estrutura da população e nos padrões de cruzamento, assim como, no fluxo de genes e na diversidade genética (Ratnam et al., 2014). Por isso, devem ser bem desenvolvidos, levando em consideração as variáveis específicas da espécie e da área. Segundo Vinson et al., (2015), cada espécie está sujeita a diferentes impactos e períodos de recuperação.

Portanto, a dendrocronologia é de grande importância tanto para as Ciências Florestais como para a Ecologia. A determinação dos ciclos de corte, do regime de desbastes e da estimativa dos cortes e dos volumes admissíveis para uma exploração consciente é baseada nesse conhecimento. Para a Ecologia, estes aspectos são básicos para os estudos de dinâmica de população, desenvolvimento e produtividade de ecossistemas. Assim, os conhecimentos adquiridos pelo estudo dos anéis de crescimento são de suma importância para aprimorar o uso da floresta. Neste sentido, o estudo sobre o passado das florestas pode fornecer informações indispensáveis sobre como utilizar, manejar e conservar esse recurso para o futuro (Botosso and Mattos, 2002).

Isso mostra a importância da continuação de trabalhos nessas áreas correlatas, a fim de melhorar o conhecimento a respeito da família e subsidiar trabalhos de conservação. Os resultados evidenciam o potencial da família para estudos de dinâmica de crescimento em árvores, arbustos e lianas de ecossistemas naturais e de silvicultura, tendo em vista o regaste de informações ambientais que esses estudos podem fornecer para o uso e a conservação das essências florestais.

**Tabela 1.** Lista das Bignoniaceae lenhosas estudadas em artigos científicos, suas formas de vida, tipo de estudo, distinção dos anéis de crescimento, características dos anéis distintos a indistintos, o *status* de conservação atual e referências bibliográficas consultadas. Forma de vida: L = Vine/ Liana (Liana). T = Tree (Árvore). S = Shrub (Arbusto). Tipos de estudos: WA = Wood Anatomy (Anatomia da Madeira). CA = Cambial Analyses (Análise do Câmbio). DC = Dendrochronology (Dendrocronologia). US= Indication of Use (Indicação de uso). CS = Conservation (Conservação). Grau de distinção dos anéis de crescimento: D = Distinct (Distinto e Pouco Distinto), I = Indistinct or absent (Indistinto ou Ausente). *Status*: CR = Critically Endangered (Criticamente em Perigo). EM = Endangered (Em Perigo). VU = Vulnerable (Vulnerável). NT = Near Threatened (Quase Ameaçada). LC= Least Concern (Menos Preocupante). DD = Data Deficient (Dados Insuficientes). EX = Extinct (Extinta). NE= Not Evaluated (Não Avaliada). CNCFlora = Centro Nacional de Conservação da Flora. IUCN = International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. \*\* Distinção e/ou descrição dos anéis de crescimento em nível de gênero.

Espécies	Forma de Vida	Tipo de Estudo	Grau de distinção dos anéis de crescimento das espécies	Características do anel de crescimento	Status de Conservação	Referências
<i>Adenocalymma bracteatum</i> (Cham.) DC.	L	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal no lenho inicial, achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras e células de raio radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Gerolamo and Angyalossy, 2017; Lima et al., 2010)
<i>Adenocalymma comosum</i> (Cham.) DC.	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados por banda de parênquima marginal no lenho inicial; achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras no lenho tardio.	NE	(Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Adenocalymma divaricatum</i> Miers	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados por linha de parênquima marginal no lenho inicial; achatamento radial da fibras e raios dilatados no lenho tardio.	EN (CNCFlora)	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace et al., 2011; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Adenocalymma flaviflorum</i> (Miq.) L.G. Lohmann	L	WA/CA	D	Anéis confluentes e semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal no lenho inicial.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; Lima et al., 2010).

<i>Adenocalymma nodosum</i> (Silva Manso) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados por achatamento radial das fibras no lenho inicial, raios dilatados e com células radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Lima et al., 2010)
<i>Adenocalymma patulum</i> (Miers) L.G.Lohmann	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Adenocalymma pedunculatum</i> (Vell.) L.G. Lohmann	S	WA	D	Anéis demarcados pelo achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras no lenho tardio.	NE	(Gerolamo and Angyalossy, 2017)
<i>Adenocalymma peregrinum</i> (Miers) L.G. Lohmann	S	WA	I	.....	NE	(Gerolamo and Angyalossy, 2017)
<i>Adenocalymma salmoneum</i> J.C. Gomes	L	WA	.....	.....	NE	(Lima et al., 2010)
<i>Amphilophium crucigerum</i> (L.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	D	Anéis semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal no lenho inicial; achatamento radial das fibras e raios dilatados com células radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Araque et al., 2007; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Amphilophium dolichooides</i> (Cham.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Amphilophium dusenianum</i> (Kraenzl.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Amphilophium elongatum</i> (Vahl) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados por linha de parênquima no lenho inicial e achatamento radial das fibras.	NE	(Lima et al., 2010)
<i>Amphilophium lactiflorum</i> (Vahl) L.G.Lohmann	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Amphilophium magnoliifolium</i> (Kunth) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados por banda de parênquima marginal no lenho inicial e achatamento radial das fibras, células de raio radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Lima et al., 2010)

<i>Amphilophium paniculatum</i> (L.) Kunth	L	WA	I	.....	NE	(Lima et al., 2010)
<i>Amphilophium pulverulentum</i> (Sandwith) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Amphitecna donnell-smithii</i> (Sprague) L.O. Williams	T	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Amphitecna latifolia</i> (Mill.) A.H.Gentry	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Amphitecna regalis</i> (Linden) A.H.Gentry	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Amphitecna tuxtlenensis</i> A.H.Gentry	T	WA	I	.....	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Anemopaegma chamberlaynii</i> (Sims) Bureau and K.Schum.	L	WA	D	Anéis pouco distintos, demarcados por achatamento radial das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Anemopaegma chrysoleucum</i> (Kunth) Sandwith	L	WA	D	Anéis com porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras.	NE	(Araque et al., 2007)
<i>Anemopaegma karstenii</i> Bureau and K.Schum.	L	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Anemopaegma puberulum</i> (Seibert) Miranda	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Anemopaegma robustum</i> Bureau and K. Schum.	S	WA/CA	D	Anéis pouco distintos, demarcados por achatamento radial das fibras no lenho tardio.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Bignonia aequinocialis</i> L.	L	WA/CA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras.	NE	(Araque et al., 2007; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)

<i>Bignonia binata</i> Thunb.	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados pelo achatamento radial das fibras no lenho inicial e raios com células radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010)
<i>Bignonia callistegioides</i> Cham.	L	WA	D	Não apresentou descrição do anel	NE	(Jain and Singh, 1980)
<i>Bignonia campanulata</i> Cham.	L	WA	D/I	Anéis demarcados pelo achatamento radial das fibras no lenho inicial e células de raio radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010)
<i>Bignonia capreolata</i> L.	L	WA	D	Anéis porosos, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Bignonia corymbosa</i> (Vent.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras.	NE	(Araque et al., 2007; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Bignonia hyacinthina</i> (Standl.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Bignonia magnifica</i> W.Bull	L	WA/CA	D/I	Anéis confluentes, difuso, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras no lenho inicial e raios dilatados e com células radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Bignonia microcalyx</i> G.Mey.	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Bignonia priurei</i> DC.	L	WA	D	Anéis com porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal, achatamento radial das fibras e raios dilatados.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Callichlamys latifolia</i> (Rich.) K. Schum.	L	WA/CA	D/I	Anéis confluentes, demarcados por linha de parênquima marginal e achatamento radial das fibras no lenho inicial e raios com células radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Campsis grandiflora</i> (Thunb.) K. Schum	L	WA	D	Não apresentou descrição do anel	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; Jain and Singh, 1980)

Tab. 1. Cont.

<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem.	L	WA	D	Anéis porosos a semiporosos, demarcados pelo achatamento das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	T	WA	D	Anéis semiporosos a porosos, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Catalpa bungei</i> C.A. Mey.	T	WA	D	Anéis semiporosos.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Catalpa longissima</i> (Jacq.) Dum.Cours.	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Catalpa macrocarpa</i> (A.Rich.) Ekman ex Urb.	T	WA	D/I	Não apresentou descrição do anel	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Catalpa ovata</i> G. Don	T	WA	D	Anéis porosos.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Catalpa purpurea</i> Griseb.	T	WA	D	Não apresentou descrição do anel	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Catalpa speciosa</i> (Warder ex Barney) Warder ex Engelm.	T	WA	D	Anéis semiporosos a porosos, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Catophractes alexandri</i> D. Don	T	WA	D	Anéis semiporoso a poroso, demarcados por parênquima aliforme confluyente.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Chilopsis linearis</i> (Cav.) Sweet	T	WA	D	Anéis semiporosos a porosos, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Crescentia alata</i> Kunth	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Crescentia amazonica</i> Ducke	S	WA	D	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e maior espessamento da parede das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; León, 2007)
<i>Crescentia cujete</i> L.	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)

<i>Cuspidaria convoluta</i> (Vell.) A.H. Gentry	L	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras no lenho inicial e raio com células radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018; Lima et al., 2010)
<i>Cuspidaria lateriflora</i> (Mart.) DC.	L	WA	I	.....	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Cuspidaria pulchra</i> (Cham.) L.G.Lohmann	S	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	T	WA/US	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e maior espessamento da parede das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; InsideWood, 2018; Lorenzi, 1992)
<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Deplanchea bancana</i> (Scheff.) Steenis	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Deplanchea tetraphylla</i> (R.Br.) F.Muell. ex Steenis	T	WA	I	.....	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Digomphia densicoma</i> (Mart. ex DC.) Pilg.	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	VU (CNCFlora)	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Dolichandra uncata</i> (Andrews) L.G.Lohmann	L	WA	D	Anéis com porosidade difusa, demarcados por espessamento da parede das fibras.	NE	(Araque et al., 2007)
<i>Dolichandra unguiculata</i> (Vell.) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis com porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial das fibras.	NE	(Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G. Lohmann	L	WA/CA	D/I	Anéis semiporosos, demarcados por linha de parênquima marginal e achatamento radial da fibras no lenho inicial e células de raio radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Araque et al., 2007; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)

Tab. 1. Cont.

<i>Dolichandrone atrovirens</i> (Roth) K.Schum.	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por raios dilatados.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Dolichandrone falcata</i> Seem.	T	WA	D/I	Não apresentou descrição do anel, quando distinto	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Dolichandrone heterophylla</i> (R. Br.) F. Muell.	T	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Dolichandrone serrulata</i> (Wall. ex DC.) Seem.	T	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Dolichandrone spathacea</i> (L.f.) Seem.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e raios dilatados.	LC (IUCN)	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Ekmanianthe actinophylla</i> (Griseb.) Urb.	T	WA	D/I	Anéis semiporosos, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Ekmanianthe longiflora</i> (Griseb.) Urb.	T	WA	D	Anéis semiporosos a difusos, demarcados por parênquima marginal.	EN (IUCN)	(Dos Santos and Miller, 1992; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Fernandoa adenophylla</i> (Wall. ex G.Don) Steenis	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal, achatamento das fibras e raios dilatados.	NE	(InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Fernandoa coccinea</i> (Scott-Elliot) A.H. Gentry	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Fernandoa ferdinandi</i> (Welw.) Baill. ex K.Schum.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal.	VU (IUCN)	(InsideWood, 2018)
<i>Fernandoa macroloba</i> (Miq.) Steenis	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Fernandoa madagascariensis</i> (Baker) A.H. Gentry	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Fernandoa magnifica</i> Seem.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)

<i>Fridericia candicans</i> (Rich.) L.G.Lohmann	L	WA	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal e maior espessamento da parede das fibras	NE	(Araque et al., 2007)
<i>Fridericia caudigera</i> (S. Moore) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis semiporosos a porosos, demarcados por achatamento radial da parede das fibras no lenho tardio.	LC (CNCFlora)	(Carvalho et al., 2015)
<i>Fridericia chica</i> (Bonpl.) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal no lenho inicial; maior espessamento da parede das fibras no lenho tardio.	NE	(Carvalho et al., 2015; Gerolamo and Angyalossy, 2017; Lima et al., 2010)
<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Fridericia dispar</i> (Bureau ex K. Schum.) L.G. Lohmann	L/ S	WA/CA	D/I	Anéis semiporosos a porosos, demarcados por achatamento radial da parede das fibras no lenho tardio.	NE	(Carvalho et al., 2015; Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Fridericia mollissima</i> (Kunth) L.G.Lohmann	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Fridericia patellifera</i> (Schltdl.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	D/I	Anéis semiporosos e pouco distintos.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Fridericia platyphylla</i> (Cham.) L.G. Lohmann	L/S	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Fridericia podopogon</i> (DC.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Fridericia pubescens</i> (L.) L.G. Lohmann	L	WA/CA	D/I	Não apresentou descrição do anel.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Fridericia samydoides</i> (Cham.) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial da fibras no lenho inicial e raios dilatados e células de raio radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Fridericia schumanniana</i> (Loes) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal e maior espessamento da parede das fibras	NE	(Araque et al., 2007)

<i>Fridericia speciosa</i> Mart.	S/L	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados pelo achatamento das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Fridericia triplinervia</i> (Mart. ex DC.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	D/I	Não apresentou descrição do anel.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Godmania aesculifolia</i> (Kunth) Standl	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	T	WA	D/I	Não apresentou descrição do anel.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Handroanthus barbatus</i> (E.Mey.) Mattos	T	WA/CA/DC	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Fonseca Júnior et al., 2009; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013; Schöngart, 2008; Schöngart et al., 2002; Worbes, 2002)
<i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau and K.Schum.) S.O.Grose	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; InsideWood, 2018)
<i>Handroanthus capitatus</i> (Bureau and K.Schum.) Mattos	T	WA	I	.....	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	T	WA/CA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; León, 2007; Volland-Voigt et al., 2011)
<i>Handroanthus chrysanthus</i> subsp. <i>meridionalis</i> (A.H.Gentry) S.O.Grose	T	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	T	WA/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Lorenzi, 1992; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Handroanthus coralibe</i> (Standl.) S.O.Grose	T	WA	D/I	Não apresentou descrição do anel.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Handroanthus guayacan</i> (Seem.) S.O.Grose	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)

<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	T	WA/DC/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal, achatamento radial e maior espessura da parede das fibras.	LC (CNCFlora)	(Dos Santos and Miller, 1992; Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018; Lorenzi, 1992; Mattos et al., 2004, 2003)
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	T	WA/DC/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados pelo achatamento radial das fibras.	NT (CNCFlora); LC (IUCN)	(Carvalho, 1994; Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; León, 2007; Mattos et al., 2003; Mattos and Seitz, 2008; Schulze et al., 2008)
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal, achatamento radial e maior espessura da parede das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018; Mattos et al., 2003)
<i>Handroanthus pedicellatus</i> (Bureau and K.Schum.) Mattos	T	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Handroanthus pulcher rimus</i> (Sandwith) S.O.Grose	T	WA	D/I	Não apresentou descrição do anel.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	T	WA/CA/DC/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal, achatamento radial das fibras e raios dilatados.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; León, 2007; Lisi et al., 2008; Pace and Angyalossy, 2013; Romagnoli et al., 2013; Schulze et al., 2008; Shimamoto et al., 2015; Suzuki et al., 2008)
<i>Handroanthus umbellatus</i> (Sond.) Mattos	T	WA/DC/CS	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Barros et al., 2006, 1997, Callado et al., 2004, 2001a, 2001b)
<i>Heterophragma quadriculare</i> (Roxb.) K. Schum.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Heterophragma sulfureum</i> Kurz	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Heterophragmoxylon indicum</i> Shete and Kulkani <sup>(f)</sup>	T	WA	I	.....	EX	(InsideWood, 2018)
<i>Jacaranda arborea</i> Urb.	T	WA	D/I**	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.**	VU (IUCN)	(Dos Santos and Miller, 1997, 1992)

Tab. 1. Cont.

<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1997; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Jacaranda caerulea</i> (L.) J.St.-Hil.	T	WA	D/I**	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1997, 1992; InsideWood, 2018)
<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.	T	WA	D/I**	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1997)
<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	T	WA/CS	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1997, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; León, 2007; Pace and Angyalossy, 2013; Vinson et al., 2008)
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	T	WA	I - D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1997; Gasson and Dobbins, 1991; Jain and Singh, 1980)
<i>Jacaranda duckei</i> Vattimo	T	US	.....	.....	NE	(Costa et al., 2006)
<i>Jacaranda glabra</i> (A. DC.) Bureau and K. Schum.	T	WA	I - D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1997; Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Jacaranda hesperia</i> Dugand	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e maior espessamento das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1997; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Dos Santos and Miller, 1997; Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal, achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras.	VU (IUCN)	(Dos Santos and Miller, 1997; Gasson and Dobbins, 1991; Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018)
<i>Jacaranda obtusifolia</i> Bonpl.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1997; Gasson and Dobbins, 1991; León, 2007; Pace and Angyalossy, 2013)

<i>Jacaranda poitaei</i> Urb.	T	WA	D/I**	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1997)
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	T	WA/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	LC (CNFlora)	(Barros et al., 2006, 1997; Dos Santos and Miller, 1997; InsideWood, 2018)
<i>Jacaranda ulei</i> Bureau and K. Schum.	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal, achatamento radial das fibras e raios dilatados.	LC (CNFlora)	(Dos Santos and Miller, 1997; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	T	WA/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; Grace and Davis, 2002; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Lundia cordata</i> (Vell.) DC.	L	WA	D	Anéis confluentes e semiporosos, demarcados por linha de parênquima marginal e maior espessamento da parede das fibras no lenho inicial.	NE	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010)
<i>Lundia damazii</i> C. DC.	L	WA	D	Anéis confluentes e semiporosos, demarcados por vasos largos e achatamento das fibras no lenho inicial e raios dilatados.	VU (CNFlora)	(Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Lundia virginalis</i> DC.	L	WA	D	Anéis confluentes e semiporosos, demarcados por linha de parênquima marginal e espessamento radial da parede das fibras no lenho inicial.	NE	(Lima et al., 2010)
<i>Manaosella cordifolia</i> (DC.) A.H. Gentry	L	WA	D/I	Anéis semiporosos, demarcados por parênquima e achatamento das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H.Gentry	L	WA/CA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal e maior espessamento da parede das fibras	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980)
<i>Mansoa difficilis</i> (Cham.) Bureau and K. Schum.	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados pelo achatamento radial da parede das fibras no lenho inicial e células de raio radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)

<i>Mansoa onohualcoides</i> A.H. Gentry	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados pelo achatamento radial da parede das fibras no lenho inicial, vasos estreitos e células de raio radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Lima et al., 2010)
<i>Mansoa verrucifera</i> (Schltdl.) A.H. Gentry	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Markhamia lutea</i> (Benth.) K. Schum.	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial da parede das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Markhamia preobtusifolia</i> Bande, Dechamps, Lakhanpal, Prakash <sup>(f)</sup>	T	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por bandas e linhas de parênquima marginal.	EX	(InsideWood, 2018)
<i>Markhamia stipulata</i> (Wall.) Seem.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporososa, demarcados por banda de parênquima marginal e maior achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Markhamia tomentosa</i> (Benth.) K. Schum. ex Engl.	T	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Markhamia zanzibarica</i> (Bojer ex DC.) K. Schum.	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Martinella obovata</i> (Kunth) Bureau and K. Schum.	L	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Mayodendron igneum</i> (Kurz) Kurz	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Millingtonia hortensis</i> L. f.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Neojobertia mirabilis</i> (Sandwith) L.G.Lohmann	L	WA	D	Anéis com porosidade difusa, demarcados pelo achatamento das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)

Tab. 1. Cont.

<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seem.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Ophiocolea comorensis</i> H. Perrier	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Ophiocolea floribunda</i> (Bojer ex Lindl.) H. Perrier	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Oroxylum indicum</i> (L.) Kurz	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal, achatamento radial das fibras e raios dilatados.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Pachyptera kerere</i> (Aubl.) Sandwith	L	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Pajanelia longifolia</i> (Willd.) K. Schum.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Pandorea jasminoides</i> (Lindl.) K. Schum.	L	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por parênquima e achatamento das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlm.	T	WA/US	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados pelo parênquima marginal, achatamento radial das fibras e raios fracamente dilatados.	EN (CNFlora)	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Lins and Nascimento, 2010; Lorenzi, 2002; Pace and Angyalossy, 2013; Witovisk et al., 2017)
<i>Parmentiera cereifera</i> Seem.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal.	EN (IUCN)	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Parmentiera macrophylla</i> Standl.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Perianthomega vellozoi</i> Bureau	S	WA	D/I	Anéis confluentes e semiporosos, demarcados pelo achatamento radial das fibras no lenho inicial, células de raio dilatadas e radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace et al., 2011; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Phyllarthron bojeranum</i> DC.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)

<i>Phyllarthron madagascariense</i> (Bojer) K. Schum.	T	WA	I	.....	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Phylloctenium bernieri</i> Baill.	L	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Pleonotoma clematis</i> (Kunth) Miers	L	WA/CA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Pleonotoma melioides</i> (S. Moore) A.H. Gentry	L	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal, raios dilatados e achatamento das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Pleonotoma tetraquetra</i> (Cham.) Bureau	L	WA	D	Anéis confluentes e semiporosos, demarcados pelo espessamento radial da parede das fibras no lenho inicial e células de raio radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(Lima et al., 2010)
<i>Podranea ricasoliana</i> (Tanfani) Sprague	L	WA	D	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	L	WA/CA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por linha de parênquima marginal e achatamento das fibras no lenho inicial, vasos estreitos e raios dilatados no lenho tardio.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Radermachera gigantea</i> (Blume) Miq.	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Radermachera glandulosa</i> (Blume) Miq.	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Radermachera pinnata</i> (Blanco) Seem.	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Radermachera ramiflora</i> Steenis	T	WA	I	.....	LC (IUCN)	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Radermachera sinica</i> (Hance) Hemsl.	T	WA	D/I	Anéis com porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Radermachera</i>	T	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991;

<i>xylocarpa</i> (Roxb.) Roxb. ex K.Schum.						InsideWood, 2018; Nath et al., 2016)
<i>Rhigozum madagascariense</i> Drake	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Rhodocolea telfairiae</i> (Bojer ex Hook.) H.Perrier	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Romeroa verticillata</i> Dugand	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosas, demarcados por parênquima marginal.	VU (IUCN)	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Roseodendron chryseum</i> (S.F.Blake) Miranda	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; León, 2007)
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	T	WA/CS	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Francis, 1989; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal, achatamento das fibras e raios dilatados.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal, achatamento radial e maior espessura da parede das fibras	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Sphingiphila tetramera</i> A.H.Gentry	L	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal no lenho inicial e achatamento radial das fibras no lenho tardio.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Spirotecoma spiralis</i> (C. Wright ex Griseb.) Pichon	S/ T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcado por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Stereospermoxylon eoacuminatissimum</i> Prakash, Awasthi and Lemoigne <sup>(f)</sup>	T	WA	D	Anéis porosos, demarcados pelo achatamento radial e maior espessura da parede das fibras.	EX	(InsideWood, 2018; Wheeler et al., 2007)
<i>Stereospermoxylon grambasti</i> Prakash,	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima	EX	(InsideWood, 2018)

Awasthi and Lemoigne (f)				marginal.		
<i>Stereospermum chelonoides</i> (L.f.) DC.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Stereospermum euphorioides</i> DC.	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Stereospermum fimbriatum</i> (Wall. ex G.Don) DC.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, pouco distintos, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018)
<i>Stereospermum neuranthum</i> Kurz	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Stereospermum tetragonum</i> DC.	T	WA/DC	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Nath et al., 2016)
<i>Stereospermum zenkeri</i> K.Schum. ex De Wild.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por banda de parênquima marginal.	CR (IUCN)	(InsideWood, 2018)
<i>Stizophyllum riparium</i> (Kunth) Sandwith	L	WA	D	Anéis confluentes de porosidade difusa, demarcados por linha de parênquima marginal, achatamento radial das fibras no lenho inicial e raio dilatado e células radialmente mais curtas no lenho tardio.	NE	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tabebuia angustata</i> Britton	T	WA	I		NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. and Hook. f. ex S. Moore	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal, achatamento radial e maior espessura da parede das fibras.	NE	(Dória et al., 2016; Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; Gerolamo and Angyalossy, 2017; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Mattos et al., 2003; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tabebuia berteroi</i> (DC.) Britton	T	WA	.....	.....	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)

<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) DC.	T	WA/DC/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	EN (CNFlora)	(Barros et al., 2006, 1997, Callado et al., 2004, 2001a, 2001b; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tabebuia dubia</i> (C.Wright ex Sauvalle) Britton ex Seibert	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	VU (IUCN)	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tabebuia fluviatilis</i> (Aubl.) DC.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento radial das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tabebuia haemantha</i> (Bertol. ex Spreng.) DC.	T	WA	I	.....	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton	T	WA	D - D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; InsideWood, 2018; Worbes, 2002) f
<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith	T	WA	I - D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Tabebuia lepidophylla</i> (A.Rich.) Greenm. ex Combs	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tabebuia leptoneura</i> Urb.	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tabebuia maxonii</i> Urb.	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tabebuia myrtifolia</i> (Griseb.) Britton	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tabebuia nodosa</i> (Griseb.) Griseb.	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tabebuia obtusifolia</i> (Cham.) Bureau	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	LC (CNFlora)	(Dos Santos and Miller, 1992; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tabebuia orinocensis</i> (Sandwith) A.H. Gentry	T	WA	I	.....	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; InsideWood, 2018)
<i>Tabebuia pallida</i> (Lindl.) Miers	T	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Tabebuia revoluta</i> (Urb.) Britton	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tabebuia rigida</i> Urb.	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)

<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	T	WA/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal, algumas vezes associados com o achatamento radial das fibras e zonas ausentes de vaso.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; León, 2007; Lorenzi, 2002; Paula and Alves, 1997)
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	T	WA/US	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal e achatamento das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Lorenzi, 1992; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tabebuia sauvallei</i> Britton	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tabebuia stenocalyx</i> Sprague and Stapf.	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial das fibras.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; León, 2007)
<i>Tabebuia trachycarpa</i> (Griseb.) K. Schum.	T	WA	D/I**	Não apresentou descrição do anel.**	NE	(Dos Santos and Miller, 1992)
<i>Tanaecium bilabiatum</i> (Sprague) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis confluentes, demarcados por banda de parênquima marginal, vasos largos e maior espessamento da parede das fibras no lenho inicial.	NE	(Lima et al., 2010)
<i>Tanaecium jaroba</i> Sw.	L	WA/CA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Tanaecium mutabile</i> (Bureau ex K.Schum.) L.G.Lohmann	L	WA/CA	.....	.....	NE	(Lopes et al., 2008)
<i>Tanaecium pyramidatum</i> (Rich.) L.G. Lohmann	L	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal e maior espessamento da parede das fibras.	NE	(Araque et al., 2007; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tanaecium tetragonolobum</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	L	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras.	NE	(Araque et al., 2007)
<i>Tecoma castaneifolia</i> (D. Don) Melch.	T	WA	I	.....	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Tecoma cochabambensis</i> (Herzog) Sandwith	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tecoma capensis</i> (Thunb.) Lindl.	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados pelo achatamento das	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018;

				fibras		Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tecoma fulva</i> (Cav.) G. Don	T	WA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados achatamento das fibras	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tecoma fulva subsp. garrocha</i> (Hieron.) J.R.I.Wood	T	WA	I	.....	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Tecoma leucoxyton</i> Mart. ex DC.	T	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018)
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	T	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tecomanthe dendrophila</i> (Blume) K.Schum.	L	WA	I	.....	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tecomella undulata</i> (Sm.) Seem.	T	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por parênquima marginal, achatamento radial das fibras no lenho e células de raio dilatadas.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Jain and Singh, 1980; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tynanthus cognatus</i> (Cham.) Miers	L	WA/CA	D	Anéis confluentes e semiporosos, demarcados por banda de parênquima marginal, vasos largos e achatamento radial das fibras no lenho inicial e células de raio mais curtas no lenho tardio.	NE	(InsideWood, 2018; Lima et al., 2010; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Tynanthus elegans</i> Miers	L	WA/CA	D	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Tynanthus micranthus</i> Corr. Méllö ex K. Schum	L	WA/CA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por banda de parênquima marginal.	NE	(Gasson and Dobbins, 1991)
<i>Xylophragma pratense</i> (Bureau and K. Schum.) Sprague	L	WA	D/I	Anéis de porosidade difusa, demarcados por parênquima marginal.	NE	(InsideWood, 2018; Pace and Angyalossy, 2013)
<i>Xylophragma seemannianum</i> (Kuntze) Sandwith	L	WA	D	Anéis de porosidade difusa a semiporosa, demarcados por bandas de parênquima marginal.	NE	(Araque et al., 2007)
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	T	WA	D	Anéis semiporosos, demarcados por parênquima marginal.	LC (CNFlora)	(Dos Santos and Miller, 1992; InsideWood, 2018; Pace and

<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	T	WA/DC/US	D	Anéis de demarcados marginal.	porosidade por	difusa, parênquima	VU (IUCN; CNFlora)	(Dos Santos and Miller, 1992; Gasson and Dobbins, 1991; InsideWood, 2018; Lisi et al., 2008; Lorenzi, 1992; Pace and Angyalossy, 2013)
--	---	----------	---	-------------------------------	----------------	--------------------	--------------------	--

#### 4.5. Referências Bibliográficas

- Araque, O.Z., León, W.J.H., Hernández, C.P., 2007. Anatomía xilemática de lianas de la familia Bignoniaceae en la Reserva Forestal de Caparo ( Barinas , Venezuela)/ Wood anatomy of lianas of the Bignoniaceae family in Caparo Forest Reserve. *Acta Botánica Venezuéllica* 30, 191–215.
- Aref, I.M., Khan, P.R., Al-Mefarrej, H., Al-Shahrani, T., Ismail, A., Iqbal, M., 2014. Cambial periodicity and wood production in *Acacia ehrenbergiana* Hayne growing on dry sites of Saudi Arabia. *J. Environ. Biol.* 35, 301–310. doi:10.1177/1077546311404269
- Arend, M., Fromm, J., 2013. Concomitant analysis of cambial abscisic acid and cambial growth activity in poplar. *Trees - Struct. Funct.* 27, 1271–1276. doi:10.1007/s00468-013-0875-z
- Barros, C.F., Callado, C.H., Costa, C.G., Pugialli, H.R.L., Da Cunha, M., Marquete, O., 1997. Madeiras da Mata Atlântica - Anatomia do lenho de espécies ocorrentes nos remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Barros, C.F., Marcon-ferreira, M.L., Callado, C.H., Regina, H., Lima, P., Cunha, M., Marquete, O., Costa, C.G., 2006. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil.
- Begum, S., Nakaba, S., Yamagishi, Y., Oribe, Y., Funada, R., 2013. Regulation of cambial activity in relation to environmental conditions: Understanding the role of temperature in wood formation of trees. *Physiol. Plant.* 147, 46–54. doi:10.1111/j.1399-3054.2012.01663.x
- Berenguer, E., Ferreira, J., Gardner, T.A., Aragão, L.E.O.C., De Camargo, P.B., Cerri, C.E., Durigan, M., Oliveira Junior, R.C. de, Vieira, I.C.G., Barlow, J., 2014. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Glob. Chang. Biol.* 20, 3713–3726. doi:10.1111/gcb.12627
- Billings, S.A., Glaser, S.M., Boone, A.S., Stephen, F.M., 2015. Nonlinear tree growth dynamics predict resilience to disturbance. *Ecosphere* 6, 1–13. doi:10.1890/ES15-00176.1
- Botosso, P.C., Mattos, P.P., 2002. Conhecer a idade das árvores: importância e aplicação, Embrapa Florestas. Colombo.
- Callado, C.H., Da Silva Neto, S.J., Scarano, F.R., Costa, C.G., 2004. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the Atlantic forest swamps in Brazil. *IAWA J.* 25, 175–183. doi:10.1163/22941932-90000359
- Callado, C.H., de Vasconcellos, T.J., Costa, M.S., Barros, C.F., Roig, F.A., Tomazello-Filho, M., 2014. Studies on cambial activity: Advances and challenges in the knowledge of growth dynamics of Brazilian woody species. *An. Acad. Bras. Cienc.* 86, 277–283. doi:10.1590/0001-3765201320130033
- Callado, C.H., Roig, F.A., Tomazello-Filho, M., Barros, C.F., 2013. Cambial growth periodicity studies of south american woody species-a review. *IAWA J.* 34, 213–230. doi:10.1163/22941932-00000019
- Callado, C.H., Silva Neto, S.J., Scarano, F.R., Barros, C.F., Costa, C.G., 2001a. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *IAWA J.* 22, 29–42.
- Callado, C.H., Silva Neto, S.J., Scarano, F.R., Costa, C.G., 2001b. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees - Struct. Funct.* 15, 492–497. doi:10.1007/s00468-001-0128-4
- Campbell, G., Rabelo, G.R., da Cunha, M., 2016. Ecological significance of wood anatomy of *Alseis pickelii* Pilg. & Schmale (Rubiaceae) in a tropical dry forest. *Acta Bot. Brasilica* 30, 124–130. doi:10.1590/0102-33062015abb0267
- Carvalho, E.C.D., Martins, F.R., Soares, A.A., Oliveira, R.S., Muniz, C.R., Araújo, F.S., 2015. Hydraulic architecture of lianas in a semiarid climate: efficiency or safety? *Acta Bot. Brasilica* 29, 198–206. doi:10.1590/0102-33062014abb3754
- Carvalho, P.E.R., 1994. Espécies florestais brasileiras recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília.

- Catesson, A.M., Roland, J.C., 1981. Sequential Changes Associated With Cell Wall Formation and Fusion. *Iawa Bull.* 2, 151–162.
- CNFlora, 2017. Bignoniaceae In.: Lista Vermelha [WWW Document]. Cent. Nac. Conserv. da Flora. URL <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha/BIGNONIACEAE> (accessed 11.11.17).
- Costa, C.G., Callado, C.H., Coradin, V.T.R., Carmello-Guerreiro, S.M., 2012. Xilema, in: Apezatto-da-Glória, B., Carmello-Guerreiro, S.M. (Eds.), *Anatomia Vegetal*. Editora UFV, Viçosa, pp. 129–141.
- Costa, L.C. do B., Rocha, E.A., Silva, L.A.M., Jardim, J.G., Silva, D. da C., Gaião, L. de O., Moreira, R. de C.T., 2006. Levantamento Preliminar das Espécies Vegetais com Potencial Econômico no Parque Municipal da Boa Esperança, Ilhéus, Bahia, Brasil. *Acta Farm. Bonaer.* 25, 184–191.
- Costa, M.S., de Vasconcellos, T.J., Barros, C.F., Callado, C.H., 2013. Does growth rhythm of a widespread species change in distinct growth sites? *IAWA J.* 34, 498–509. doi:10.1163/22941932-00000040
- Costa, M.S., Ferreira, K.E.B., Botosso, P.C., Callado, C.H., 2015. Growth analysis of five Leguminosae native tree species from a seasonal semideciduous lowland forest in Brazil. *Dendrochronologia* 36, 23–32. doi:10.1016/j.dendro.2015.08.004
- Dória, L.C., Podadera, D.S., Batalha, M.A., Lima, R.S., Marcati, C.R., 2016. Do woody plants of the Caatinga show a higher degree of xeromorphism than in the Cerrado? *Flora Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants* 224, 244–251. doi:10.1016/j.flora.2016.09.002
- Dos Santos, G., Miller, R.B., 1997. Wood anatomy of Jacaranda (Bignoniaceae): Systematic relationships in sections Monolobos and Dilobos as suggested by twig and stem wood rays. *IAWA J.* 18, 369–383.
- Dos Santos, G., Miller, R.B., 1992. Wood anatomy of tecomeae. *Flora Neotrop.* 25, 336–358.
- Drew, D.M., Pammenter, N.W., 2007. Developmental rates and morphological properties of fibres in two eucalypt clones at sites differing in water availability. *South. Hemisph. For. J.* 69, 71–79. doi:10.2989/SHFJ.2007.69.2.1.287
- Evert, R.F., 2013. Câmbio vascular, in: *Anatomia Das Plantas de ESAU*. Blusher, p. 728.
- Farrar, J.J., Evert, F.R., 1997. Seasonal changes in the ultrastructure of the vascular cambium of *Robinia pseudoacacia*. *Trees* 11, 191–202.
- Fonseca Júnior, S.F., Piedade, M.T.F., Schöngart, J., 2009. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. *Trees - Struct. Funct.* 23, 127–134. doi:10.1007/s00468-008-0261-4
- Francis, J.K., 1989. *Tabebuia donnell-smithii* Rose Bignoniaceae Familia de las bignonias. Dep. Agric. For. Serv. South. For. Exp. Stn. 510–513.
- Fritts, H.C., 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press. doi:10.1038/scientificamerican0572-92
- Fromm, J., 2013. Cellular Aspects of Wood Formation. doi:10.1007/978-3-642-36491-4
- Fukuda, H., 1996. XYLOGENESIS: INITIATION, PROGRESSION, AND CELL DEATH. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47, 299–325.
- Gasson, P., Dobbins, D.R., 1991. WOOD ANATOMY OF THE BIGNONIACEAE, WITH A COMPARISON OF TREES AND LIANAS. *IAWA Bull.* 12, 389–417.
- Gentry, A.H., 1992. Bignoniaceae: Part II (Tribe Tecomeae). Organization for Flora Neotropica, New York.
- Gentry, A.H., 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6, 64–68.
- Gerolamo, C.S., Angyalossy, V., 2017. Wood anatomy and conductivity in lianas, shrubs and trees of Bignoniaceae. *IAWA J.* 38, 412–432. doi:10.1163/22941932-20170177
- Grace, O.M., Davis, S.D., 2002. *Kigelia africana* (Lam.) Benth. Record from PROTA4U. [WWW Document]. Oyen, L.P.A. Lemmens, R.H.M.J. PROTA (Plant Resour. Trop. Africa)

- Wageningen, Netherlands. URL <http://www.prota4u.org/search.asp%3E> (accessed 1.15.17).
- Harashima, H., Schnittger, A., 2010. The integration of cell division, growth and differentiation. *Curr. Opin. Plant Biol.* 13, 66–74. doi:10.1016/j.pbi.2009.11.001
- Ingrouille, M., Eddie, B., 2006. *Plants: Evolution and Diversity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- InsideWood, data base, 2018. InsideWood. 2004-onwards [WWW Document]. Publ. Internet. URL <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search> (accessed 1.16.18).
- ITTO, 2011. *Sustaining Tropical Forests -Annual Report 2010*. Yokohama.
- IUCN, 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-2 [WWW Document]. Int. Union Conserv. Nat. URL [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) (accessed 11.11.17).
- Jacoby, G.C., 1989. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. *IAWA J.* 10, 99–108.
- Jain, D.K., Singh, V., 1980. Studies in Bignoniaceae. VII. Wood Anatomy. *Proc. Indian Acad. Sci. Sci.* 89, 443–456.
- Jankowsky, I.P., Chimelo, J.P., Cavalcante, A.A., Galina, I.C.M., Nagamura, J.C.S., 1990. *Madeiras brasileiras*. Spectrum, Caxias do Sul.
- Lachaud, S., 1989. Participation of auxine and abscisic acid in the regulation of seasonal variations in cambial activity and xylogenesis. *Trees* 3, 125–137.
- Larson, P.R., 1994. *The Vascular Cambium: Development and Structure*, Springer series in wood science. Springer-Verlag.
- León, W.J.H., 2007. Wood anatomy of ten species of the Bignoniaceae family from Venezuela. *Acta Botánica Venezuéllica* 30, 361–384.
- Lima, A.C., Pace, M.R., Angyalossy, V., 2010. Seasonality and growth rings in lianas of Bignoniaceae. *Trees* 24, 1045–1060. doi:10.1007/s00468-010-0476-z
- Lins, B., Nascimento, M., 2010. Fenologia de Paratecoma peroba (Bignoniaceae) em uma floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. *Rodriguésia - Inst. Pesqui. Jard. Botânico do Rio Janeiro* 61, 559–568.
- Lisi, C.S., Tomazello Fo., M., Botosso, P.C., Roig, F.A., Maria, V.R.B., Ferreira-Fedele, L., Voigt, A.R.A., 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. *IAWA J.* 29, 189–207. doi:10.1163/22941932-90000179
- Lohmann, L. G., Sfair, J.C., Monteiro, N.P., F., S.F.L.A., 2013. Bignoniaceae, in: Martinelli, G., Moraes, M.A. (Eds.), *Livro Vermelho Da Flora Do Brasil*. CNCFlora (Centro Nacional de conservação da Flora), Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Lopes, W.A.L., Souza, L.A., Moscheta, I.M., Albiero, A.L.M., Mourão, K.S.M., 2008. A comparative anatomical study of the stems of climbing plants from the forest remnants of Maringa. *Gayana Bot.* 65, 28–38. doi:10.4067/S0717-66432008000100005
- Lorenzi, H., 2002. *Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*, Vol. 01 – ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- Lorenzi, H., 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Instituto Plantarium, São Paulo.
- Luchi, A.E., 2011. Quantitative features of *Cedrela odorata* L. wood (Meliaceae). *Rev. Bras. Botânica* 34, 403–410. doi:10.1590/S0100-84042011000300013
- Malerich, J.P., Maimone, T.J., Elliott, G.I., Trauner, D., 2005. Biomimetic synthesis of antimalarial naphthoquinones. *J. Am. Chem. Soc.* 127, 6276–6283. doi:10.1021/ja050092y
- Mariaux, A., 1995. Growth periodicity in tropical. *IAWA J.* 16, 327–328.
- Martins, M.C., 2011. *Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica*. *Espécies Nativ. da Mata Atlântica* 2, 1–21.
- Mattos, P.P., Seitz, R.A., Salis, S.M., 2004. Potencial Dendroecológico de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo. *Bol. Pesq. Fl.* 93–103.
- Mattos, P.P., Teixeira, L.L., Seitz, R.A., Salis, S.M., Botosso, P.C., 2003. *Anatomia de Madeiras do Pantanal Mato-Grossense*. Colombo: Embrapa Florestas.
- Mattos, P.P. de, Seitz, R.A., 2008. Growth dynamics of *Anadenanthera colubrina* var. *Cebil* and

- Tabebuia impetiginosa from Pantanal Mato-Grossense, Brazil. *Ciência Florest.* 18, 427–434.
- Nath, C.D., Munoz, F., Péliissier, R., Burslem, D.F.R.P., Muthusankar, G., 2016. Growth rings in tropical trees: role of functional traits, environment, and phylogeny. *Trees - Struct. Funct.* 30, 2153–2175. doi:10.1007/s00468-016-1442-1
- Olmstead, R.G., Zjhra, M.L., Lohmann, L.G., O., S.G., Eckert, A.J., 2009. A molecular phylogeny and classification of Anisoptera (Odonata). *Am. J. Bot.* 96, 1731–1743. doi:10.3732/ajb.0900004
- Pace, M.R., Angyalossy, V., 2013. Wood Anatomy and Evolution: A Case Study in the Bignoniaceae. *Int. J. Plant Sci.* 174, 1014–1048. doi:10.1086/670258
- Pace, M.R., Lohmann, L.G., Angyalossy, V., 2011. Evolution of disparity between the regular and variant phloem in Bignoniaceae (Bignoniaceae). *Am. J. Bot.* 98, 602–618. doi:10.3732/ajb.1000269
- Pace, M.R., Lohmann, L.G., Angyalossy, V., 2009. The rise and evolution of the cambial variant in Bignoniaceae (Bignoniaceae). *Evol. Dev.* 11, 465–479. doi:10.1111/j.1525-142X.2009.00355.x
- Paula, J.E., Alves, J.L.H., 1997. Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso. Fundação Mokiti Okada, Brasília.
- Plomion, C., Leprovost, G., Stokes, A., 2001. Wood Formation in Trees. *Plant Physiol.* 127, 1513–1523. doi:10.1104/pp.010816.1
- Priya, P.B., Bhat, K.M., 1999. Influence of rainfall, irrigation and age on the growth periodicity and wood structure in teak (*Tectona grandis*) 20, 181–192.
- Ratnam, W., Rajora, O.P., Finkeldey, R., Aravanopoulos, F., Bouvet, J., Vaillancourt, R.E., Kanashiro, M., Fady, B., Tomita, M., Vinson, C., 2014. Genetic effects of forest management practices : Global synthesis and perspectives. *For. Ecol. Manage.* 333, 52–65. doi:10.1016/j.foreco.2014.06.008
- REFLORA, 2018. Flora do Brasil 2020 em construção [WWW Document]. Jard. Botânico do Rio Janeiro. URL <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB128482> (accessed 3.16.18).
- Ridoutt, B.G., Sands, R., 1994. Quantification of the processes of secondary xylem fibre development in *Eucalyptus globulus* at two height levels. *IAWA J.* 15, 417–424.
- Romagnoli, M., Segoloni, E., Luna, M., Margaritelli, A., Gatti, M., Santamaria, U., Vinciguerra, V., 2013. Wood colour in Lapacho (*Tabebuia serratifolia*): Chemical composition and industrial implications. *Wood Sci. Technol.* 47, 701–716. doi:10.1007/s00226-013-0534-y
- Roodt, D., Van de Peer, Y., Mizrachi, E., 2017. The evolution of secondary xylem in angiosperms and its loss in monocots. *South African J. Bot.* 109. doi:10.1016/j.sajb.2017.01.170
- Rossi, S., Anfodillo, T., Cufar, K., Cuny, H.E., Deslauriers, A., Fonti, P., Frank, D., Gricar, J., Gruber, A., King, G.M., Krause, C., Morin, H., Oberhuber, W., Prislán, P., Rathgeber, C.B.K., 2013. A meta-analysis of cambium phenology and growth: Linear and non-linear patterns in conifers of the northern hemisphere. *Ann. Bot.* 112, 1911–1920. doi:10.1093/aob/mct243
- Rossi, S., Deslauriers, A., Anfodillo, T., 2006. Assessment of cambial activity and xylogenesis by microsampling tree species: an example at the alpine timberline. *IAWA J.* 27, 383–394. doi:10.1163/22941932-90000161
- Rossi, S., Morin, H., Deslauriers, A., 2012. Causes and correlations in cambium phenology: Towards an integrated framework of xylogenesis. *J. Exp. Bot.* 63, 2117–2126. doi:10.1093/jxb/err423
- Sass-Klaassen, U., Fonti, P., Cherubini, P., Gričar, J., Robert, E.M.R., Steppe, K., Bräuning, A., 2016. A Tree-Centered Approach to Assess Impacts of Extreme Climatic Events on Forests. *Front. Plant Sci.* 7, 1–6. doi:10.3389/fpls.2016.01069
- Scharnweber, T., Manthey, M., Wilmking, M., 2013. Differential radial growth patterns between beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on periodically waterlogged soils. *Tree Physiol.* 33, 425–437. doi:10.1093/treephys/tpt020
- Schöngart, J., 2008. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *For. Ecol. Manage.* 256, 46–58. doi:10.1016/j.foreco.2008.03.037

- Schöngart, J., Bräuning, A., Carolina, A., Campos, M., Lisi, C.S., Oliveira, J.M. De, 2017. Dendroecological studies in the Neotropics: History, status and future challenges, in: *Dendroecology, Ecological Studies*. Springer International Publishing AG, pp. 35–73. doi:10.1007/978-3-319-61669-8
- Schöngart, J., Piedade, M.T.F., Ludwigshausen, S., Horna, V., Worbes, M., 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *J. Trop. Ecol.* 18, 581–597. doi:10.1017/S0266467402002389
- Schulze, M., Grogan, J., Uhl, C., Lentini, M., Vidal, E., 2008. Evaluating ipê (*Tabebuia*, Bignoniaceae) logging in Amazonia: Sustainable management or catalyst for forest degradation? *Biol. Conserv.* 141, 2071–2085. doi:10.1016/j.biocon.2008.06.003
- Shimamoto, C.Y., Botosso, P.C., Amano, E., Marques, M.C.M., 2015. Stem growth rhythms in trees of a tropical rainforest in Southern Brazil. *Trees* 30, 99–111. doi:10.1007/s00468-015-1279-z
- Suzuki, R., Matsushita, Y., Imai, T., Sakurai, M., Henriques De Jesus, J.M., Ozaki, S.K., Finger, Z., Fukushima, K., 2008. Characterization and antioxidant activity of Amazonian woods. *J. Wood Sci.* 54, 174–178. doi:10.1007/s10086-007-0913-9
- Vasconcellos, T.J., Da Cunha, M., Callado, C.H., 2017. A comparative study of cambium histology of *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae) under urban pollution. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 12049–12062. doi:10.1007/s11356-015-6012-3
- Vasconcellos, T.J. de, Costa, M.S., Barros, C.F., Da Cunha, M., Callado, C.H., 2016. Growth dynamics of *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) in the Atlantic Forest. *Rev. Bras. Bot.* 39, 925–934. doi:10.1007/s40415-016-0292-9
- Vinson, C.C., Kanashiro, M., Sebbenn, A.M., Williams, T.C.R., Harris, S.A., Boshier, D.H., 2015. Long-term impacts of selective logging on two Amazonian tree species with contrasting ecological and reproductive characteristics: inferences from Eco-gene model simulations. *Heredity* (Edinb). 115, 130–139. doi:10.1038/hdy.2013.146
- Vinson, C.C., Sampaio, I., Ciampi, A.Y., 2008. Eight variable microsatellite loci for a Neotropical tree, *Jacaranda copaia* (Aubl.) D.Don (Bignoniaceae). *Mol. Ecol. Resour.* 8, 1288–1290. doi:10.1111/j.1755-0998.2008.02353.x
- Volland-Voigt, F., Bräuning, A., Ganzhi, O., Peters, T., Maza, H., 2011. Radial stem variations of *Tabebuia chrysantha* (Bignoniaceae) in different tropical forest ecosystems of southern Ecuador. *Trees - Struct. Funct.* 25, 39–48. doi:10.1007/s00468-010-0461-6
- Wheeler, E.A., 2011. InsideWood - a web resource for hardwood anatomy. *IAWA J.* 32, 199–211.
- Wheeler, E.A., Wiemann, M.C., Fleagle, J.G., 2007. Woods from the Miocene Bakate Formation, Ethiopia. Anatomical characteristics, estimates of original specific gravity and ecological inferences. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 146, 193–207. doi:10.1016/j.revpalbo.2007.04.002
- Wilczek, A., Miodek, A., Gizińska, A., 2014. Terminal Xylem and Initial Parenchyma in Anatomical Investigations – a Review of Definitions. *Nat. J.* 47, 31–44.
- Witovisk, L., Alves, R.J.V., Guimarães, A.R., da Silva, N.G., 2017. The dead forest on Trindade Island was not monospecific, says the wood. *IAWA J.* 0, 1–11. doi:10.1163/22941932-20170183
- Worbes, M., 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia* 20, 217–231. doi:10.1078/1125-7865-00018
- Zhang, J., Nieminen, K., Serra, J.A.A., Helariutta, Y., 2014. The formation of wood and its control. *Curr. Opin. Plant Biol.* 17, 56–63. doi:10.1016/j.pbi.2013.11.003

**V. CAPÍTULO II - Dinâmica sazonal do câmbio e do ápice caulinar de *Paratecoma peroba*  
(Record) Kuhl. (Bignoniaceae)**

\*Este artigo foi submetido para a revista *American Journal of Botany*

**Seasonal dynamics in shoot apex and cambium of *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. (Bignoniaceae)**

Glaziele Campbell<sup>1</sup>, Cátia H. Callado<sup>2</sup>, Saulo Pireda<sup>1</sup>, Jonas B. C. Marques<sup>3</sup>, Cláudia F. Barros<sup>4</sup>, Maura Da Cunha<sup>1,5</sup>

1 Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, 28013-602, Brasil.

2 Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Departamento de Botânica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Boulevard 28 de Setembro, 87, Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ, 20511-010, Brasil.

3 Instituto Federal do Amapá, Rod. BR-210, Km 03, S/n - Brasil Novo, Macapá, AP, 68909-398, Brasil.

4. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rua Jardim Botânico, 1008, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ, 22470-180, Brasil.

Manuscript received \_\_\_\_\_; revision accepted \_\_\_\_\_.

**Short title:** Shoot apex and cambial activity of *Paratecoma peroba*

**PREMISE OF THE STUDY:** Phenology knowledge allows evaluating of different phases of biological events and is of extreme importance for understanding of the growth dynamics of the plants. We aimed to analyze variations in shoot apex and cambial activity of *Paratecoma peroba* at Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG) throughout the seasons and to investigate the relationship between phenological behavior and climatic factors. *Paratecoma peroba* is a species of great importance in the tropical dry forest at EEEG.

<sup>5</sup>author for correspondence  
E-mail: maurauenf@gmail.com

**METHODS:** Individuals of *P. peroba* were monitored monthly to record their phenology. The shoot apex according to Fournier analyses. Cambium samples were obtained using non-destructive methods and processed according to standard techniques for studying in wood anatomy.

**KEY RESULTS:** The phenology of *P. peroba* has a seasonal pattern. Only vegetative phenophases were observed. The production of new leaves occurs mainly at the end of winter and during of spring and autumn, while leaf fall intensity is greatest during the winter. In spring the cambium increases in size as does the number of cells of the cambial zone, followed by an increase in the width of the zone of elongation and xylem differentiation in the summer and fall. In winter, zone of elongation decreases in width, the cambial zone possesses few cells, and differentiation is reduced, thereby characterizing dormancy. Cambium phenology of *P. peroba* is related to vegetative phenology, both of which are influenced by climate.

**CONCLUSION:** The results provide a basis for dendrochronology since they define the growth rings formed in wood as annual.

**KEYWORDS:** Atlantic Forest; phenology; plant anatomy; tropical seasonality.

A very enlightening approach to the study of terrestrial ecosystems involves morphology and phenological behavior of its component species. Expressed as peculiar characteristics to external morphology and general organization and by the sequential development of structures during each annual cycle (Sarmiento and Monasterio, 1983; Hughes, 2000; Ishii and Asano, 2010; Willis et al., 2017).

Phenological studies investigate repetitive biological events and their causes in relation to biotic and abiotic selective forces (Talora and Morellato, 2000), and serve as markers of vegetative growth and reproductive processes within the course of a single year and among different years (Chen, 2017).

Phenological study allows the evaluation of the interrelationships among phases that characterize the biological events (Talora and Morellato, 2000). The association between a phenological event and a given period of time (i.e., month or season) determines the seasonality of phenophases. When the same phenophases occur simultaneously in all or most of the analyzed individuals, it gives rise to a synchrony of events that provides information about the distinct periods of growth and reproduction of organisms, such as plants (Frankie et al., 1974; Andreis et al., 2005; Reys et al., 2005).

Phenological knowledge is extremely important for understanding the complex dynamics of forest ecosystems (Frankie et al., 1974). It allows associating the natural dynamics of a landscape with seasonal and interannual scales, which are controlled mainly by several environmental factors, but especially temperature, water availability, and photoperiod (Chen, 2017). Recent global warming has been implicated in changes to phenological patterns, such as the time and duration of the growing season, in a wide variety of ecosystems (Rossi et al., 2013). Meteorological variables are subject to fluctuations over various periods of time, but particularly throughout a year, and are closely linked to forest dynamics (Alencar, 1994).

Phenological knowledge can be used to address the requirements of forest management plans (Mantovani et al., 2003). However, even when species grow side by side under the same climatic conditions they can develop distinct phenological behaviors – different strategies of adaptation to the conditions of growth – which are directly expressed as differences in the rhythm of cambium activity (Aljaro et al., 1972). In addition, knowledge of the climate and the climatic history of the area in which a species lives can be very useful in discussions about the periodicity of growth ring formation (Ogden, 1981; Callado et al., 2001; Oliveira et al., 2010; Costa et al., 2013; Vasconcellos et al., 2016).

The cambium plays an important role in diameter growth of roots and stems of Gymnosperms and Angiosperms woody, particularly with regard to wood production. Cambial activity assures the perennial life of trees through the regular renewal of xylem and functional phloem. The cambium consists of only one layer of undifferentiated cells called initial cells, which together with their immediately derived cells, mother cells of xylem and the secondary phloem – shape the cambial zone (Plomion et al., 2001).

The daughter cells produced from the cambial initial cells, give rise to a great variety of wood cells (secondary xylem), whose unique characteristics and three-dimensional associations define the intrinsic structure of the wood (Plomion et al., 2001). A full understanding of the structure and function of the cambium is a prerequisite for understanding growth and development of woody plants. Thus, to better understand the information recorded in wood structure, it is important to understand how the cambium captures environmental information during its formation and defines the period of time when cells develop and how this is relates to environmental conditions (Callado et al., 2004; Callado, 2010; Čufar et al., 2011).

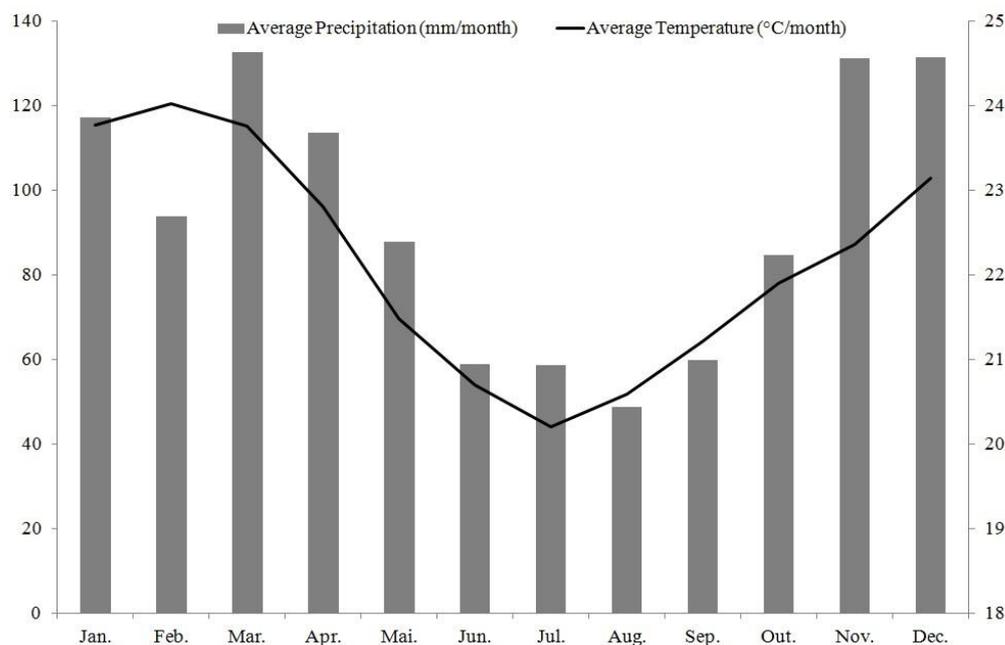
Thus, we aimed to analyze variation in the phenology of the shoot apex and cambium of *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. (Bignoniaceae), and investigate the relationship between phenological comporment and regional climatic factors.

## **MATERIALS AND METHODS**

The study involved specimens of *P. peroba* at Estação Ecológica Estadual de (EEEG). Shoot apex phenology was recorded monthly from August 2014 to September 2016, while the cambium was sampled for analysis from October 2014 to September 2016. Due to selective and illegal exploitation of trees with diameter at breast height (DBH) greater than 20 cm, the species is classified as "Endangered" according to the Red List of Brazilian flora species (Martinelli and Moraes, 2013).

The Estação Ecológica Estadual de (EEEG) is located in the São Francisco do Itabapoana district (21°24'S, 41°04'W) of northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Paratecoma peroba* is of great importance at EEEG, which is in an area of tropical seasonally dry forest characterized by well-defined seasonality, with dry winters and concentrated rainfall in the summers (Fig. 1). According to Lins and Nascimento (2010), the species is deciduous, with the formation of new leaves soon after the beginning of the rainy season and their maintenance until the ending of summer, when the leaves become senescent at the beginning of the dry

season and fall subsequently fall for the rest of the season. Flowering occurs in early spring after most of the leaves have fallen.



**Figure 1.** Climatic data of average monthly of precipitation and temperature for the Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco de Itabapoana, RJ, Brazil, for the period of 1948 to 2017. (Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) weather database (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/timeseries/timeseries1.pl>) (NCEP/NCAR Global, KALNAY et al. 1996).

For characterizing the climate of the area, data on accumulated monthly precipitation and average monthly temperature were obtained from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) weather database, NCEP/NCAR Global (Kalnay et al., 1996). The climatic seasons were delimited according to SIMEPAR (2014) and sampling was performed at the beginning, middle and end of each season. Thus, spring samples were taken from October to December, summer samples from January to March, autumn samples from April to June, and winter samples from July to September.

**Soot apex phenology** – The phenologies of 16 specimens of *P. peroba* were monitored monthly from August 2014 to September 2016 to understand the relation between cambium phenology and the climatic variables (temperature and precipitation). To evaluate the intensity of phenophases in each individual selected, quantitative analyses was performed according to Fournier Intensity (Fournier, 1974; Bencke and Morellato, 2002; D’Eça-Neves and Morellato, 2004), with phenophase analyses were being performed for periods with

values above 50%. From frequency data for each phenophase, the Activity Index was calculated to evaluate the percentage of individuals that were expressing each phenophases and to classify the degree of synchrony among individuals (Augspurger, 1983).

Data were acquired by field observation with the aid of binoculars and the following information recorded in a spreadsheet: individual number, DBH, height, and observed phenophases. The nine phenophases are described for the study species, four of which were vegetative (budding, mature leaf, senescent leaf and leaf fall) and five reproductive (floral bud, senescent flowers, immature fruit, ripe fruit and senescent fruit) (Lins and Nascimento, 2010). The budding phenophase is considered to encompass the emission of new leaves and the renewal of leaves after the period of leaf fall (Lins and Nascimento, 2010), and thus was denominated as “young leaves” in the present study.

***Cambium phenology*** – For analysis of cambium phenology of the 16 individuals, five were selected for subsampling for processing and analysis. The samples were collected monthly for a total of 24 months, from October 2014 to September 2016, from individuals with DBH ranging from 21 to 47 cm. Two samples were collected from each tree in a non-destructive manner from an incision in stem using a 100mm (3thread) Increment Borer (SUUNTO, EUA). Samples were collected in a zigzag pattern above and below the level of 1.30 m DBH to decrease the effects of wounds on subsequent analyses (Forster et al., 2000; Harley et al., 2012). Each sample generally contained newly formed secondary xylem with the cambial zone and the adjacent phloem. The collected material was fixed at the moment of sampling in 2.5% glutaraldehyde and 4.0% formaldehyde and sodium cacodylate buffer at 0.05 M and pH 7.3 (Klein et al., 2004).

The selected samples were subsequently dehydrated in ascending alcoholic series (70% to 95%), and included in Histoiresina® for the transverse sectioning at an average thickness of 4 µm with a rotary microtome (SM 2010R, LEICA, Germany). The histological sections were stained with Toluidine Blue O (Johansen, 1940; Sass, 1940; Feder and O'Brien, 1968) and mounted on permanent slides. Lignification was identified by a color change from violet to blue, with complete color change of the entire cell wall and cell-free lumen indicating the end of lignification and the maturation of the newly formed cells; this step was complemented with the use of fluorescence microscopy. Permanent slides were visualized under a light microscope (Axioplan, ZEISS, USA) with a digital camera (Moticam Pro 282A, MOTIC®, Asia) for capturing images.

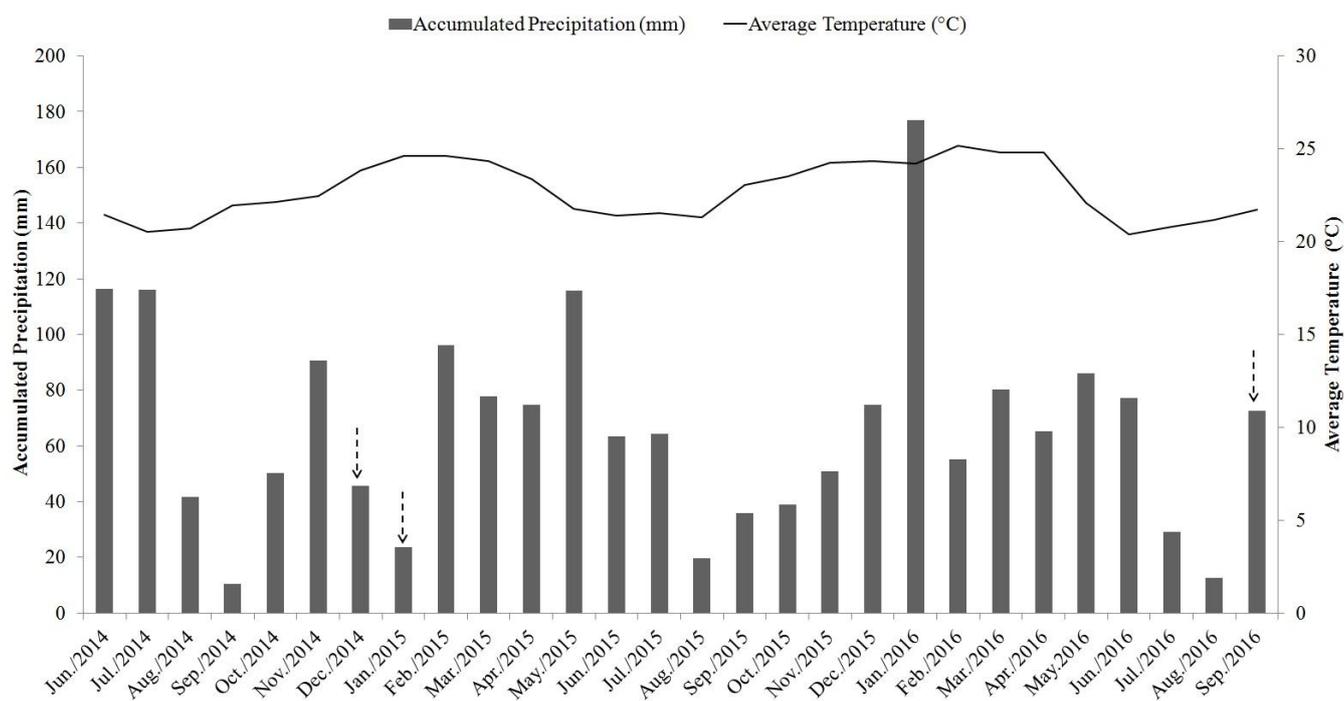
The digital images of the cambial zone were used for quantitative analysis, for which a total of 25 fields of measurement were selected per individual sampled in each sampling season. Five parameters were analyzed within each field of measurements: number of cells in the cambial zone; width of the cambial zone; width of the zone of elongation and differentiation of the secondary xylem; and radial and tangential diameters of the fusiform initial cells. Measurements were performed using the software Image-Pro Plus 4.0.

Histological sections without staining were used for fluorescence microscopy analysis. The sections were washed in 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2) and stained with the fluorochromes Auramine O 0.05% (excitation: 470-490 nm, emission: 515-565 nm), to label lignified cell walls, and Calcofluor White (excitation: 350-355 nm, emission: 420- 433 nm) to label cellulosic cell walls. The sections were analyzed using a fluorescence confocal microscope (Confocal Laser Scanning Microscope – TCS SP5, LEICA, Germany) (Callado, 2010; Costa et al., 2013; Vasconcellos et al., 2016).

**Statistical analyses** – After verifying of the normality of the data by the Kolmogorov-Smirnov test, a Pearson correlation analysis was performed. Correlations were assessed between shoot apex phenological behavior and climatic information, anatomical characteristics of the cambium and climatic information, and shoot apex phenological data and cambium phenological data. All correlations were performed with data from the month of collection and from the previous two months (Ferraz et al., 1999). Analyses were performed in IBM SPSS Statistics 20 software.

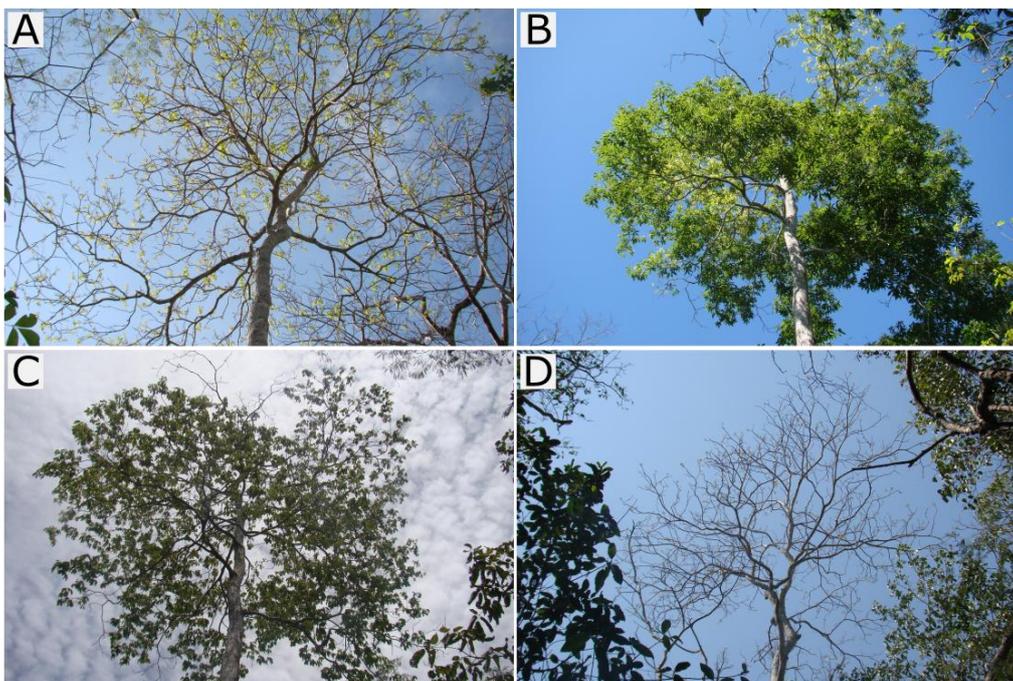
## RESULTS

The climate at EEG during the experimental period varied with peaks of accumulated precipitation in spring, summer and autumn, and with drier periods in winter (Sep./2014, Aug./2015 and Aug./2016). However, some atypical events, of greater or lesser intensity, occurred throughout the study period, such as low precipitation in December 2014 and January 2015 and high precipitation in September 2016 (Fig 2).



**Figure 2.** Accumulated monthly precipitation and average monthly temperature during the study period for the Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco de Itabapoana, RJ, Brazil. Arrows indicate some events, of greater or lesser intensity, during the years of study in comparison to average annual for EEG. Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) weather database (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/timeseries/timeseries1.pl>) (NCEP/NCAR Global, KALNAY et al. 1996).

No reproductive phenophases were observed during the two-years of observation of *P. peroba*, and only the following vegetative phenotypic phases were observed: young leaves, mature leaves, senescent leaves and leaf fall (Fig. 3).



**Figure 3.** The general appearance of the phenophases observed in *Paratecoma peroba* from August 2014 to September 2016 at Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco de Itabapoana, RJ, Brazil. (A) Young leaves. (B) Mature leaves. (C) Senescent leaves. (D) Leaf fall.

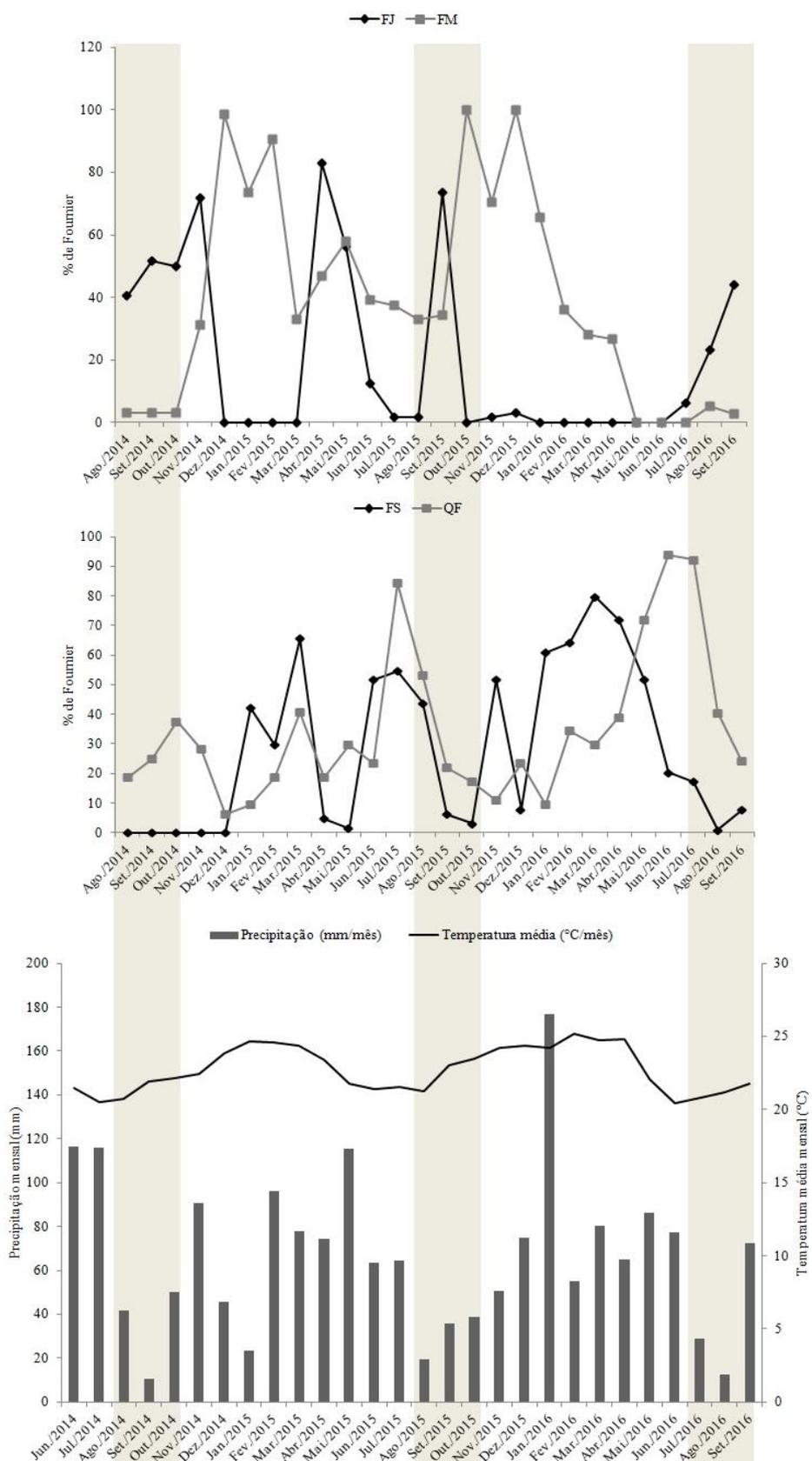
Phenophase analyses of the shoot apex were performed for periods with Fournier Intensity values above 50% (Tab. 1). Thus, the trees lost leaves throughout the observation period, but with greater intensity in the months of July to August 2015 (84% and 53%, respectively) and of May, June and July 2016 (72%, 94%, and 92%, respectively). Some individuals were not observed completely without leaves, while the phenophase of young leaves was most frequent in the months of September, October and November 2014 (51.56%, 50%, and 71.88%, respectively) and April, May and September 2015 (82.81%, 56.25% and 73.44% respectively). Analysis of the Activity Index for the phenophases showed to be quite synchronous for all phenophases observed, which is in agreement with the periods of greater Fournier Intensity values (Tab. 1). Foliar renewal may have occurred quickly between a few months during intervals between samplings, and therefore was not observed, mainly in the period from December 2015 to June 2016, or was delayed until July 2016. During December 2015 to July 2016 the leaves were mainly in the phenophases of maturation and senescence in advance of the phenophase of leaf fall.

**Table 1.** Fournier Intensity and Activity indexes for individuals in the various phenophases (%) calculated for the vegetative phenophases of *Paratecoma peroba* from August 2014 to September 2016, at Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco do Itabapoana, RJ, Brazil.

Period	Fournier Intensity (%)				Activity indexes (%)			
	YL	ML	SL	LF	YL	ML	SL	LF
Aug/ 14	40.63	3.13	0	18.75	100	12.5	0	18.75
Sep/ 14	51.56	3.13	0	25	81.25	12.5	0	25
Oct/ 14	50	3.13	0	37.5	81.25	12.5	0	37.5
Nov/ 14	71.88	31.25	0	28.13	93.75	43.75	0	75
Dec/ 14	0	98.44	0	6.25	0	100	0	25
Jan/ 15	0	73.44	42.19	9.38	0	87.5	75	37.5
Feb/ 15	0	90.63	29.69	18.75	0	100	81.25	75
Mar/ 15	0	32.81	65.63	40.63	0	68.75	93.75	100
Apr/ 15	82.81	46.88	4.69	18.75	93.75	81.25	18.75	62.5
May/ 15	56.25	57.81	1.56	29.69	93.75	81.25	6.25	81.25
Jun/ 15	12.5	39.06	51.56	23.44	31.25	81.25	87.5	75
Jul/ 15	1.56	37.5	54.69	84.38	6.25	62.5	93.75	87.5
Aug/ 15	1.56	32.81	43.75	53.13	6.25	56.25	93.75	100
Sep/ 15	73.44	34.38	6.25	21.88	81.25	62.5	18.75	81.25
Oct/ 15	0	100	3.13	17.19	0	100	12.5	68.75
Nov/ 15	1.56	70.31	51.56	10.94	6.25	93.75	100	37.5
Dec/ 15	3.13	100	7.81	23.44	12.5	100	31.25	93.75
Jan/ 16	0	65.63	60.94	9.38	0	100	100	37.5
Feb/ 16	0	35.94	64.06	34.38	0	81.25	100	100
Mar/ 16	0	28.13	79.69	29.69	0	81.25	100	87.5
Apr/ 16	0	26.56	71.88	39.06	0	68.75	100	100
Mai/ 16	0	0	51.56	71.88	0	0	100	100
Jun/ 16	0	0	20.31	93.75	0	0	68.75	100
Jul/ 16	6.25	0	17.19	92.19	25	0	43.75	100
Aug/ 16	23.28	5.17	0.86	40.52	81.25	18.75	6.25	93.75
Sep/ 16	43.97	2.59	7.76	24.14	93.75	18.75	37.5	93.75

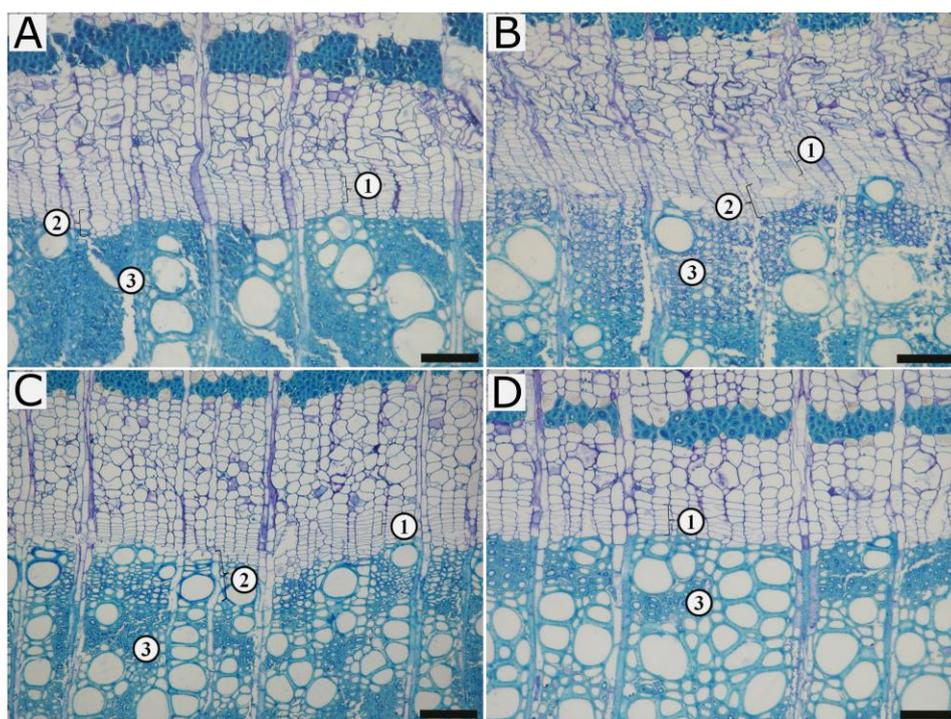
Vegetative phenophases: YL = young leaves; ML = mature leaves; SL = senescent leaves; LF = leaf fall.

Although phenological variation was also observed between the two years of analysis (Fig. 4A and B), the seasonal pattern of vegetative phenology of *P. peroba* was established. In the period from September 2015 to September 2016, the young leaves phenophases was most intense only in September 2015, while the greatest intensity of the other phenophases occurred subsequently and with a longer durations (August 2014 to August 2015) (Tab. 1).



**Figure 4.** Vegetative phenology of *Paratecoma peroba* (n = 16). A-B. Fournier Intensity throughout the seasons. (C) Climate data for comparison. Grey bars represent periods of lower precipitation and mean temperature. Vegetative phenophases: YL = young leaves; ML = mature leaves; SL = senescent leaves; LF = leaf fall.

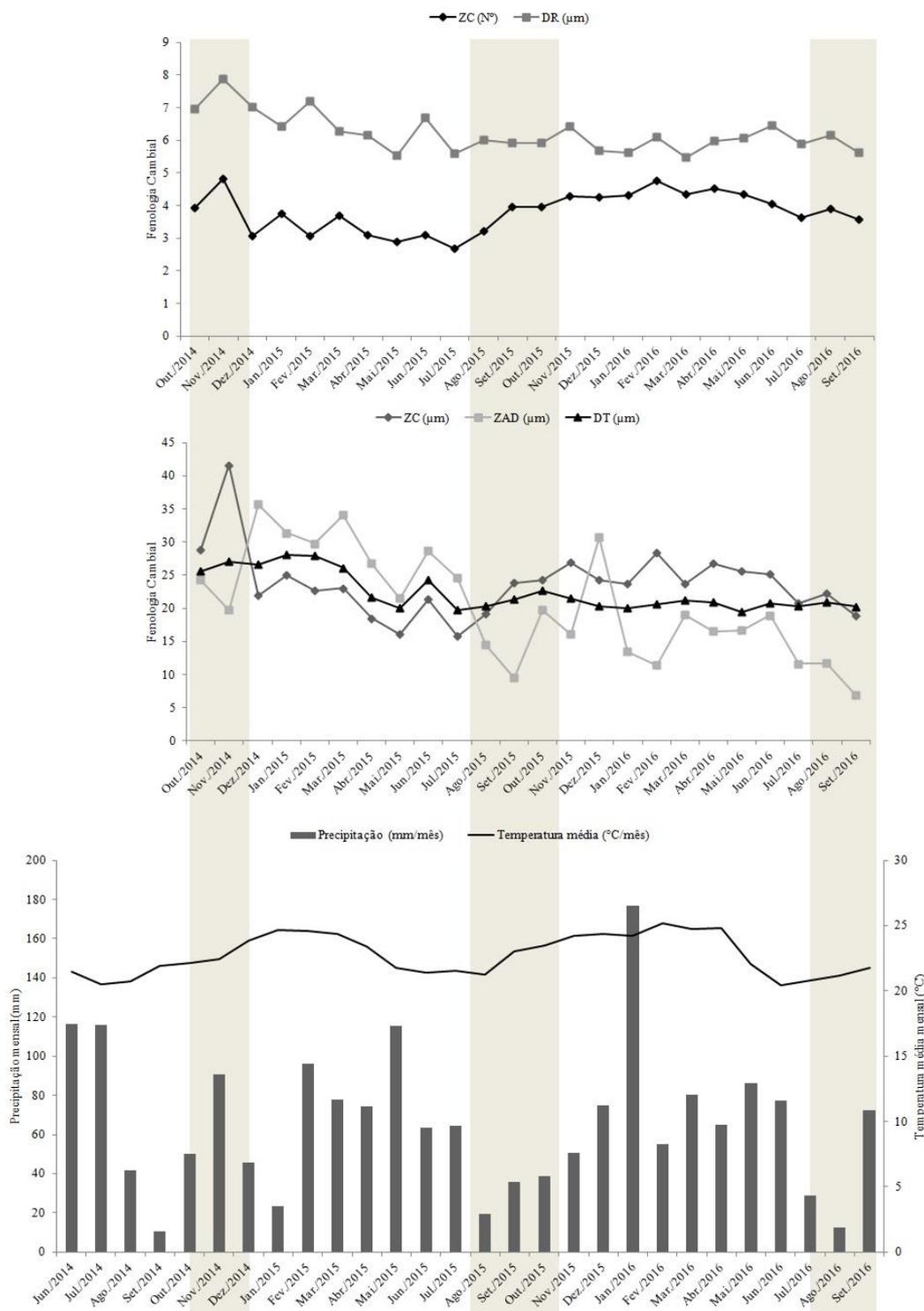
The analysis of cambium phenology distinguished three regions according to cellular distinctions in the transversal sections, being: (1) a region that corresponds to the cambial zone with cells with thin walls and small diameters; (2) a region in which the cells are shown to be larger than the previous region, corresponding zone of initiation of the processes of elongation, differentiation, and lignifications; and (3) a region in which the cells of the secondary xylem are already completely lignified (Fig.5).



**Figure 5.** Cambium anatomy of *Paratecoma peroba* (n = 05). in the different seasons of the year under light microscopy. (A-D) Transversal section. (A) Spring. (B) Summer. (C) Autumn. (D) Winter. Bars: 100  $\mu$ m. (1) Cambial zone; (2) zone of elongation, differentiation, and lignification; (3) Secondary xylem region already completely lignified.

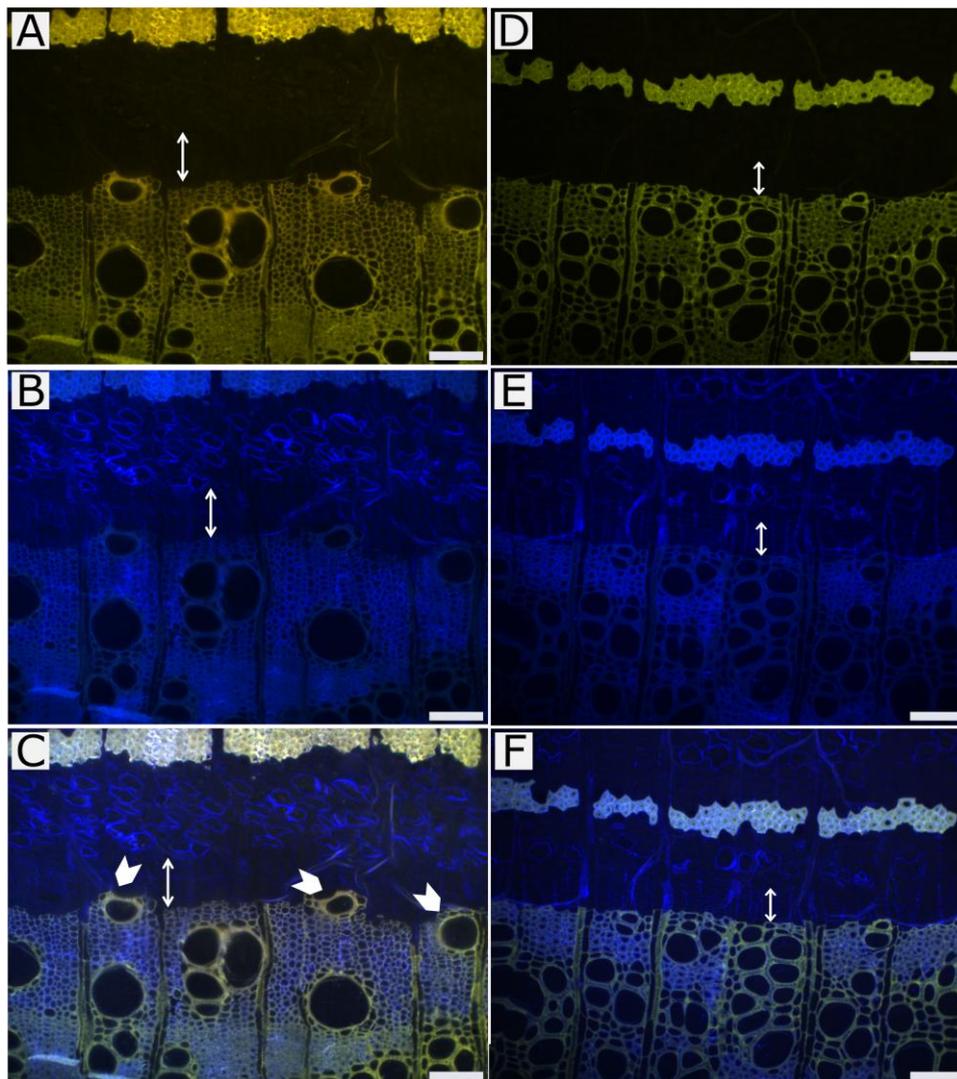
During one year, cambium development of *P. peroba* exhibited distinct periods of growth. The differences varied between the evaluated seasons and repeated in the two years, which characterized seasonality (Fig. 5). In the spring months, the region of the cambial zone began to show an increase in width and number of cells, while there was greater development of the zone of elongation and differentiation of the xylem in the final months of each growing season (December, March, and June). Spring, summer, and autumn can be considered as the cambium activity. Later, a reduction in cellular development was observed in the months of winter, with a decrease in the number and size of the cells of the cambial zone in July (2015 and 2016), followed by a reduction in the width of the zone of elongation and differentiation in September

(2015 and 2016), indicating a period of dormancy. Even if no total disruption of cell activity was observed, the width of this zone reduced to an average of less than 10  $\mu\text{m}$  (Fig. 6).



**Figure 6.** Cambium phenology of *Paratecoma peroba*. (A-B) Cambium throughout the seasons. (C) Climate data for comparison. Grey bars represent periods of lower precipitation and mean temperature. Guaxindiba Ecological Station, São Francisco de Itabapoana, RJ. Anatomical characteristics of cambium: CZ = cambial zone; ZED = zone of elongation and differentiation; RD = radial diameter of cambial fusiform cell initials; TD = tangential diameter of cambial fusiform cell initials.

Fluorescence microscopy confirms the pattern of variation in cambial activity (Fig. 7). During the summer, the cambial zone exhibited an increase in the cell number and the onset of gradual lignin deposition in the cell walls of xylem undergoing differentiation. In the winter months, the cambial zone possessed few cells, and the region experienced reduced or almost no differentiation, which characterizes the dormancy period, as seen by the fluorescence of Auramine. Auramine marked only the completely lignified walls of the secondary xylem and fibers of secondary phloem, while the undifferentiated cells of the cambial zone remained marked only by Calcofluor White.



**Figure 7.** Confocal fluorescence microscopy for confirmation of the cambial phenology of *Paratecoma peroba*. (A-C) Summer: increase of the width cambial zone (white arrow) and the zone of elongation, differentiation and deposition of lignin (arrow head), characterizing activity period. (D-F) Winter: cambial zone (white arrow) with few cells; and reduced or almost absent region of differentiation, characterizing the dormancy period. (A and D) Marking with Auramine O; (B and E) marking of Calcofluor White; (C and F) both markings together. Bars 100  $\mu\text{m}$ .

The analyses showed a response to climatic variations in the area (Fig. 4 and 6). Apical vegetative and cambium phenological behaviors changed according to climate, which also changes throughout the year and may result in variation in the patterns of development among individuals of *P. peroba*. The observed vegetative phenological responses were significant and positively related to temperature (Tab. 2), while for cambial phenological responses, precipitation had a significant effect on the radial diameter of the fusiform initial cells (Tab. 3). The observed responses were influenced by the climatic factors of the current month of analysis, by of the previous months, or by both.

The interactions between the vegetative and cambial phenological characteristics of *P. peroba* are strongly correlated (Tab. 4). Thus, investment in young leaf growth and maintenance of mature leaves is directly correlated with increased diameter of cambial cells in the zone of elongation and differentiation, as previously observed (Fig. 4 and 6). On the other hand, the greater presence of senescent leaves and foliar fall is negatively correlated to cambial zone development. Thus, it can be hypothesized that vegetative and cambial phenological behaviors interfere in the development of each other, as expected, with both responding to climatic variation.

**Table 2.** Pearson correlation matrix between the phenophases of *Paratecoma peroba* and the climatic factors of the region (accumulated monthly precipitation and average monthly temperature for the current month and the previous two months). Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco de Itabapoana, RJ, Brazil.

	Period	Fournier intensity (%)				Activity index (%)			
		YL	ML	SL	LF	YL	ML	SL	LF
Accumulated precipitation (mm)	Current month	-0.045	0.218	0.284	-0.098	-0.134	0.312	0.294	0.076
	1 previous month	-0.262	-0.055	0.371	0.132	-0.257	0.110	0.303	0.111
	2 previous months	0.003	-0.324	0.224	0.192	0.043	-0.167	0.120	-0.080
Average temperature (° C/month)	Current month	-0.301	0.623**	0.459*	-0.549**	-0.478*	0.751**	0.363	-0.079
	1 previous month	-0.357	0.465*	0.567**	-0.251	-0.531**	0.592**	0.523**	0.158
	2 previous months	-0.319	0.178	0.585**	0.102	-0.472*	0.345	0.587**	0.334

Vegetative phenophases: YL = young leaves; ML = mature leaves; SL = senescent leaves; LF = leaf fall. \* Significant correlation at 0.05 level. \*\* Significant correlation at 0.01 level.

**Table 3.** Pearson correlation matrix between the anatomical characteristics of the cambium of the *Paratecoma peroba* and regional climatic factors. (accumulated monthly precipitation and average monthly temperature for the current month and the two previous months). Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco de Itabapoana, RJ, Brazil.

	Period	Anatomical characteristics of cambium				
		CZ (N°)	CZ (µm)	ZED (µm)	RD (µm)	TD (µm)
Accumulated precipitation (mm)	Current month	0.101	0.046	0.057	-0.096	-0.112
	1 previous month	0.071	-0.017	0.111	-0.052	-0.133
	2 previous months	-0.181	-0.394	-0.046	-0.439*	-0.317
Average temperature (°C)	Current month	0.363	0.257	0.294	0.013	0.302
	1 previous month	0.308	0.144	0.344	-0.093	0.098
	2 previous months	0.182	0.004	0.227	-0.133	-0.135

Anatomical characteristics of cambium: CZ = cambial zone; ZED = zone of elongation and differentiation; RD = radial diameter of cambial fusiform cell initials; TD = tangential diameter of cambial fusiform cell initials. \* Significant correlation at 0.05 level.

**Table 4.** Pearson correlation matrix between the anatomical characteristics of the cambium of the *Paratecoma peroba* and Fournier Intensity and Activity indexes for the current month and the two previous months. Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco de Itabapoana, RJ, Brazil.

Fenophases - Fournier Intensity (%) (%)		Anatomical characteristics of cambium				
		CZ (N°)	CZ (µm)	ZED (µm)	RD (µm)	TD (µm)
Period						
YL	Current month	-0.095	0.116	-0.160	0.175	0.051
	1 previous month	-0.292	0.027	0.253	0.266	0.284
	2 previous months	-0.179	0.199	0.368	0.469*	0.464*
ML	Current month	-0.177	-0.061	0.539**	0.089	0.344
	1 previous month	0.003	-0.078	0.372	-0.104	0.204
	2 previous months	-0.008	-0.160	0.299	-0.222	-0.064
SL	Current month	0.232	-0.018	-0.024	-0.274	-0.153
	1 previous month	0.160	-0.118	-0.119	-0.336	-0.441*
	2 previous months	0.164	-0.197	-0.412*	-0.511*	-0.555**
LF	Mês corrente	-0.063	-0.152	-0.250	-0.18	-0.424*
	1 mês anterior	-0.058	-0.150	-0.512*	-0.098	-0.372
	2 meses anteriores	-0.047	-0.204	-0.587**	-0.252	-0.317
Fenophases – Activity indexes (%)						
YL	Current month	-0.137	0.029	-0.251	0.114	-0.019
	1 previous month	-0.294	0.027	0.150	0.277	0.260
	2 previous months	-0.191	0.224	0.339	0.494*	0.482*
ML	Current month	-0.128	-0.099	0.453*	-0.045	0.257
	1 previous month	-0.017	-0.166	0.340	-0.277	0.024
	2 previous months	0.013	-0.185	0.221	-0.310	-0.214
SL	Current month	0.152	-0.092	-0.066	-0.255	-0.204
	1 previous month	0.128	-0.189	-0.150	-0.406*	-0.480*
	2 previous months	0.154	-0.267	-0.499*	-0.593**	-0.615**
LF	Current month	0.111	-0.135	-0.367	-0.359	-0.487*
	1 previous month	-0.098	-0.428*	-0.453*	-0.489*	-0.596**
	2 previous months	-0.006	-0.364	-0.526**	-0.559**	-0.662**

Vegetative phenophases: YL = young leaves; ML = mature leaves; SL = senescent leaves; LF = leaf fall.

Anatomical characteristics of the cambium: CZ = cambial zone; ZED = Zone of elongation and differentiation; RD = radial diameter of cambial fusiform cell initials; TD = tangential diameter of cambial fusiform cell initials. \* Significant correlation at 0.05 level. \*\* Significant correlation at 0.01 level.

## DISCUSSION

Being in a tropical seasonally dry forest, a markedly seasonal climate is expected for EEEG (Veloso et al., 1991; Alvares et al., 2013). However, some events of the study period were atypical when compared to precipitation rates recorded for other years of monitoring and in relation to local historical averages (Villela et al., 2006). This seasonal climate may influence the cellular dynamics of the meristems of the shoot apex and the cambium.

The vegetative phenological data for *P. peroba* are in accordance with previously studies in EEEG in showing seasonal phenological behavior (Lins and Nascimento, 2010). Lins and Nascimento (2010) also found that only individuals with DBH greater than 16 cm form floral buds, moreover, even among size classes above 30 cm DBH it is possible to find individuals that are not yet reproductive in EEEG. In our study, individuals with DBH greater than 16 cm also did not show reproductive phenophases. The last monitored flowering for this population was in 2005 and the fruiting until 2006 (Lins and Nascimento, 2010). Another reproductive period occurred 2009, (G. Rabelo, Universidade Estadual do Norte Fluminense, personal observation). Our results confirm a supra-annual reproductive behavior for this species since no trees with DBH from 21 to 47 cm possesses flowers or fruits during the two years of observation. Phenophases expressed themselves in a combined form in individuals of *P. peroba*, as has been observed for other species (e.g. Alencar, 1994; Martin-Gajardo and Morellato, 2003; Pilon et al., 2015).

The formation of new leaves occur in spring and autumn – the transitions between dry and rainy seasons – while the fall of leaves occurred in the driest and coldest months (Pilon et al., 2015). Vegetative phenological rhythms may vary slightly between years of observation, and studies have indicated that climatic seasonality is not the only limiting factor for phenological behavior, with other environmental factors potentially inducing of phenophases (Sarmiento and Monasterio, 1983; Pilon et al., 2015). Nonetheless, the anticipation of some phenological events may occur (Vasconcellos et al., 2016), as observed in *P. peroba*.

Cambium phenology of *P. peroba* also exhibited seasonality, with an active period in spring, summer and autumn and a dormancy period in winter. Costa et al., (2013) and Vasconcellos et al. (2016, 2017) also observed cambial activity to be characterized by increased number and width of cell layers in the cambial zone and by the occurrence of cellular divisions, and cambial dormancy to be characterized mainly by decreased number and width of cell layers in the cambial zone and by cambial cell with thicker walls in

species of the Atlantic Forest in Southeast Brazil. This seasonality of cambial activity indicates a periodicity of wood production and demonstrates that the formation of growth rings follows an annual rhythm (Fritts, 1976; Larson, 1994).

The use of fluorochromes in the study of vascular cambium phenology of species of the Atlantic Forest has been shown to be a very effective tool for determining of periods of cambial activity and dormancy (Callado, 2010; Costa et al., 2013; Vasconcellos et al., 2016). Fluorescence microscopy allows the verification of lignification of secondary xylem cells adjacent to the cambial zone, which are completely lignified in the latewood at the end of the period of activity (Costa et al., 2013; Vasconcellos et al., 2016).

When related to climatic data, only the diameter of the initial fusiform cells was significantly correlated with precipitation. In some other species, the cambial activity of populations was also found to increase from hot and dry to humid and cold periods, even without exhibiting significant responses, but individuals of these populations/species possess characteristics that differ from those observed in the studied *P. peroba* population (Morel et al., 2015). These differences, due to the microclimatic variation in the environment of each individual, result in specific development strategies (Rabelo et al., 2013). Climatic variation over time, as shown by drought records for Southeast Brazil during 2014-2015 (Nobre et al., 2016; Marengo et al., 2017), may affect the development of individuals and explain the observations found at EEEG.

Vegetative and cambial phenological behaviors are closely related in *P. peroba*. Such interactions observed in *P. peroba* are in agreement with that observed for other species, in particular the association between the presence of mature leaves and an increase in cambium activity, which decreases along with the presence of senescent leaves and foliar fall (Costa et al., 2013; Morel et al., 2015; Vasconcellos et al., 2016).

Our results corroborate previous report of seasonal variation of the vegetative phenology of *P. peroba* and confirm that the species possess a deciduous behavior and supra-annual reproduction in the tropical dry forest of the Atlantic Forest biome. The cambium phenology of *P. peroba* also has a seasonal rhythm and, consequently, a periodic formation of wood. The cambium phenology of *P. peroba* is related to its vegetative shoot apex phenology, and both are influenced by the climate of the region. These results offer a basis for dendrochronological analyses since they define the growth rings formed in the wood of *P. peroba* as annual, and serve to increase knowledge about the species that will contribute to its conservation.

**Acknowledgments**

We acknowledge Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), PPBio Mata Atlântica Módulo Guaxindiba and Coordenação de Aperfeiçoando de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for financial support, and scholarships during this research. We also thank Instituto Estadual do Ambiente (INEA) for authorizing the collection of plants (Authorization n°: 020/2014). The manager of EEEG, Vânia Coelho, and all her staff, generously encouraged and supported the research and collection of material. We thank Thaís J. de Vasconcellos and Igor C. Gomes for support with processing samples; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro for providing the opportunity to perform this research as part of the doctoral thesis of GC in the graduate program of Biosciences and Biotechnology.

**Data Accessibility Statement**

None

**LITERATURE CITED**

- Alencar, J.C. 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na reserva Ducke, Manaus, AM. *Acta Amazônica* 24: 161–182.
- Aljaro, M.E., G. Avila, A. Hoffmann, and J. Kummerow. 1972. The Annual Rhythm of Cambial Activity in Two Woody Species of the Chilean “Matorral.” *American Journal of Botany* 59: 879–885.
- Alvares, C.A., J.L. Stape, P.C. Sentelhas, J.L.D.M. Gonçalves, and G. Sparovek. 2013. Köppen’s climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711–728.
- Andreis, C., S.J. Longhi, E.J. Brun, J.C. Wojciechowski, A.A. Machado, S. Vaccaro, and C.Z. Cassal. 2005. Estudo fenológico em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no município de Santa Tereza, RS, Brasil. *Revista Árvore* 29: 55–63.
- Augspurger, C.K. 1983. Phenology, Flowering Synchrony, and Fruit Set of Six Neotropical Shrubs. *Biotropica* 15: 257–267.
- Bencke, C.S.C., and L.P.C. Morellato. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da

- fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasil. Bot.* 25: 269–275.
- Callado, C.H. 2010. Os anéis de crescimento no estudo da dinâmica populacional na Floresta Atlântica. In M. L. Absy, F. D. A. Matos, and I. L. Amaral [eds.], *Diversidade Vegetal Brasileira: Conhecimento, Conservação e Uso*, 227–231. SBB, Manaus.
- Callado, C.H., S.J. Da Silva Neto, F.R. Scarano, and C.G. Costa. 2004. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the Atlantic Forest swamps in Brazil. *IAWA Journal* 25: 175–183.
- Callado, C.H., S.J.S. Silva Neto, F.R. Scarano, and C.G. Costa. 2001. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees - Structure and Function* 15: 492–497.
- Chen, X. 2017. *Spatiotemporal Processes of Plant Phenology: Simulation and Prediction*. Springer Briefs and Geography, Beijing.
- Costa, M.S., T.J. de Vasconcellos, C.F. Barros, and C.H. Callado. 2013. Does growth rhythm of a widespread species change in distinct growth sites? *IAWA Journal* 34: 498–509.
- Čufar, K., M. Cherubini, J. Gričar, P. Prislan, S. Spina, and M. Romagnoli. 2011. Xylem and phloem formation in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) during the 2008 growing season. *Dendrochronologia* 29: 127–134.
- D’Eça-Neves, F.F., and L.P.C. Morellato. 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Botanica Brasilica* 18: 99–108.
- Feder, N., and T.P. O’Brien. 1968. Plant microtechnique: some principles and new methods. *American Journal of Botany* 55: 123–142.
- Ferraz, D.K., R. Artes, W. Mantovani, and L.M. Magalhães. 1999. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Biologia* 59: 305–317.
- Forster, T., F.H. Schweingruber, and B. Denneler. 2000. Increment puncher - A tool for extracting small cores of wood and bark from living trees. *IAWA Journal* 21: 169–180.
- Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en

árboles. *Turrialba* 24: 422–423.

- Frankie, G. rdon W., H.G. Baker, and P. a Opler. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal Of Ecology* 62: 881–919.
- Fritts, H.C. 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press.
- Harley, G.L., H.D. Grissino-Mayer, J.A. Franklin, C. Anderson, and N. Köse. 2012. Cambial activity of *Pinus elliottii* var. *densa* reveals influence of seasonal insolation on growth dynamics in the Florida Keys. *Trees - Structure and Function* 26: 1449–1459.
- Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Tree* 15: 56–61.
- Ishii, H., and S. Asano. 2010. The role of crown architecture, leaf phenology and photosynthetic activity in promoting complementary use of light among coexisting species in temperate forests. *Ecological Research* 25: 715–722.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, et al. 1996. NCAR 40-year reanalysis project. *Bull Amer Meteor Soc* 77: 437–471.
- Klein, D.E., V.M. Gomes, S.J. Da Silva-Neto, and M. Da Cunha. 2004. The structure of colleters in several species of *Simira* (Rubiaceae). *Annals of Botany* 94: 733–740.
- Larson, P.R. 1994. *The Vascular Cambium: Development and Structure*. Springer-Verlag.
- Lins, B., and M. Nascimento. 2010. Fenologia de *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) em uma floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. *Rodriguésia - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro* 61: 559–568.
- Mantovani, M., A.R. Ruschel, M.S. Dos Reis, Â. Puchalski, and R.O. Nodari. 2003. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica. *Revista Árvore* 27: 451–458.
- Marengo, J.A., L.M. Alves, R.C.. Alvala, A.P. Cunha, S. Brito, and O.L.L. Moraes. 2017. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da*

*Academia Brasileira de Ciências* 1–13.

Martin-Gajardo, I.S., and L.P.C. Morellato. 2003. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasil. Bot.* 26: 299–309.

Martinelli, G., and M.Á. Moraes. 2013. Livro Vermelho da Flora do Brasil. CNCFLORA - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Morel, H., T. Mangenet, J. Beauchêne, J. Ruelle, E. Nicolini, P. Heuret, and B. Thibaut. 2015.

Seasonal variations in phenological traits: leaf shedding and cambial activity in *Parkia nitida* Miq. and *Parkia velutina* Benoist (Fabaceae) in tropical rainforest. *Trees - Structure and Function* 29: 973–984.

Nobre, C.A., J.A. Marengo, M.E. Seluchi, A. Cuartas, and L.M. Alves. 2016. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection* 8: 252–262.

Ogden, J. 1981. Dendrochronological studies and the determination of tree ages in the Australian tropics. *Journal of Biogeography* 8: 405–420.

Oliveira, J.M., F.A. Roig, and V.D. Pillar. 2010. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. *Austral Ecology* 35: 134–147.

Pilon, N.A.L., R.G. Udulutsch, and G. Durigan. 2015. Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. *Hoehnea* 42: 425–443.

Plomion, C., G. Leprovost, and A. Stokes. 2001. Wood Formation in Trees Wood Formation in Trees. *Plant physiology* 127: 1513–1523.

Rabelo, G.R., Â.P. Vitória, M.V.A. da Silva, R.A. Cruz, E.I.B. Pinho, D.R. Ribeiro, A. V. Freitas, and M. Da Cunha. 2013. Structural and ecophysiological adaptations to forest gaps. *Trees - Structure and Function* 27: 259–272.

Reys, P., M. Galetti, L.P.C. Morellato, and J. Sabino. 2005. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotropica* 5: 1–10.

- Rossi, S., T. Anfodillo, K. Cufar, H.E. Cuny, A. Deslauriers, P. Fonti, D. Frank, et al. 2013. A meta-analysis of cambium phenology and growth: Linear and non-linear patterns in conifers of the northern hemisphere. *Annals of Botany* 112: 1911–1920.
- Sarmiento, G., and M. Monasterio. 1983. Life forms and phenology. In F. Bourliere [ed.], *Ecosystems of the World XIII. Tropical Savannas*, 79–108. Elsevier, Amsterdam.
- Sass, J.E. 1940. *Elements of Botanical Microtechnique*. McGraw. Hill Book Company Inc., New York.
- SIMEPAR. 2014. Estações do ano. *Sistema Meteorológico do Paraná*. Available at: <http://www.simepar.br/site/> [Accessed May 15, 2014].
- Talora, D.C., and P.C. Morellato. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 13–26.
- Vasconcellos, T.J., M. Da Cunha, and C.H. Callado. 2017. A comparative study of cambium histology of *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae) under urban pollution. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 12049–12062.
- Vasconcellos, T.J. de, M.S. Costa, C.F. Barros, M. Da Cunha, and C.H. Callado. 2016. Growth dynamics of *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) in the Atlantic Forest. *Revista Brasileira de Botânica* 39: 925–934.
- Veloso, H.P., A.L.R. Rangel Filho, and J.C.A. Lima. 1991. *Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal*.
- Villela, D.M., M.T. Nascimento, L.E.O.C. Aragao, and D.M. da Gama. 2006. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Biogeography* 33: 506–516.
- Willis, C.G., E.R. Ellwood, R.B. Primack, C.C. Davis, K.D. Pearson, A.S. Gallinat, J.M. Yost, et al. 2017. Old Plants, New Tricks: Phenological Research Using Herbarium Specimens. *Trends in Ecology and Evolution* 32: 531–546.

## VI. Capítulo III – Efeitos do clima sobre a dinâmica de crescimento do xilema secundário em *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl

Glaziele Campbell; Cátia Henriques Callado; Jonas Brito Campolina Marques; Saulo Pireda;  
Maura Da Cunha

\* Este trabalho será submetido para a revista *Forest Ecology and Management*

### RESUMO

O clima sazonal tem forte influência na dinâmica de crescimento radial do xilema secundário e resulta em marcações estruturais no lenho. As marcações anuais podem ser sinalizações importantes para a identificação de eventos regionais a partir das análises dendrocronológicas. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência das condições climáticas sobre o crescimento radial do lenho de indivíduos de *Paratecoma peroba* ocorrentes na Estação Ecológica Estadual Guaxindiba (EEEG) a partir da dendrocronologia e caracterização da estrutura anatômica dos anéis de crescimento. Amostras foram coletadas e analisadas seguindo técnicas usuais em dendrocronologia. As análises climáticas mostram que a região da EEEG está sofrendo uma variação climática ao longo do tempo, com uma tendência ao aumento da temperatura média. *Paratecoma peroba* possui anéis de crescimento distintos e anuais com porosidade difusa a semiporosa, parênquima marginal, achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras no lenho tardio e podendo algumas vezes apresentar raios fracamente dilatados e maior frequência de vasos no lenho inicial. Os indivíduos analisados apresentam uma faixa etária entre 31 a 77 anos, com uma taxa de incremento radial de 2 a 4 mm/ano. As variações da precipitação acumulada e da temperatura média influenciam o desenvolvimento dos anéis de crescimento ao longo dos anos na dinâmica de crescimento da *P. peroba* na EEEG. Tendo em vista a importância da espécie e da área, resultados como esses auxiliam em prospecções positivas para a conservação, insentivando na aplicação da espécie em projetos de reflorestamento da área em questão.

**Palavras-chave:** Floresta Atlântica; sazonalidade; anéis de crescimento, anatomia da madeira.

**Effects of the climate on the growth dynamics of the secondary xylem in *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl.**

**ABSTRACT**

The seasonal climate has a strong influence on the dynamics of radial growth of the secondary xylem and results in structural markings on the wood. The annual markings can be important signs for the identification of regional events from the dendrochronological analyzes. The objective of this work was to verify the influence of climatic conditions on the growth of *Paratecoma peroba* specimens occurring in the Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG) from the dendrochronology and characterization of the anatomical structure of the growth rings. Samples were collected and analyzed following standard techniques in dendrochronology. Climate analyzes indicate that the EEEG region is experiencing a climatic variation over time, with a tendency to increase the average temperature. *Paratecoma peroba* has distinct and annual growth rings with diffuse porous to semi-porous, marginal parenchyma, radial flattening and thickening of the wall of the fibers in the latewood and may sometimes present with lightly dilated rays and a greater frequency of vessels in the initial wood. These results highlight their potential for dendrochronological studies. The individuals analyzed have an age range between 31 until 77 years, with a radial increase rate of 2 to 4 mm/year. Climatic variations, cumulative precipitation and average temperature influence the development of growth rings over the years. The results allow the diagnosis of the climatic variations that affect the growth dynamics of *P. peroba* in the EEEG and which are recorded over the years. Given the importance of the species and the area, results such as these assist in positive prospects for conservation, encouraging the application of the species in reforestation projects in the area in question.

**Keywords:** Atlantic Forest; seasonality; growth rings, wood anatomy.

## 6.1. Introdução

A dendrocronologia estuda os anéis de crescimento formados no xilema secundário de espécies lenhosas (Ogden, 1981). A análise desses anéis de crescimento formam cronosequências que são utilizadas para compreender a relação entre o crescimento radial de populações vegetais e a diversidade de fatores que influenciam a ativação ou dormência do câmbio ao longo do tempo (Worbes, 1995). Isto porque a intermitência sazonal do câmbio deixa marcas na estrutura da madeira que podem ser reconhecidas por características específicas que constituem os anéis de crescimento anuais. Assim, o tipo e a quantidade de células formadas, bem como as diferenças nas larguras de anéis anuais de crescimento podem, por exemplo, ser correlacionadas com as variações ambientais (Angyalossy and Marcati, 2006; Callado et al., 2013; Dickison, 2000; Tardif and Conciatori, 2006) revelando, entre outros aspectos períodos de incêndios (Poljanšek et al., 2015; Rother and Grissino-Mayer, 2014; Veblen et al., 2007) e de inundações (Ballesteros et al., 2010), isótopos de carbono (Fichtler et al., 2010; Robertson et al., 2004; Worbes and Junk, 1989), estoque de carbono (Locosselli and Buckeridge, 2017; Schöngart et al., 2011), dentre outros.

Os estudos do crescimento radial de espécies lenhosas pela análise dos anéis de crescimento ampliam a compreensão sobre a dinâmica de crescimento de espécies florestais e de uso econômico, pois permitem determinar as taxas de incremento, a expectativa de vida e as respostas às variações ambientais de uma espécie, das populações e até mesmo de um remanescente florestal (Schöngart, 2008; Worbes et al., 2003). O entendimento da dinâmica do crescimento radial é relevante em um cenário de mudanças globais (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014). Nesse aspecto, as análises dos anéis de crescimento podem revelar condições climáticas do passado que possibilitem prever como as árvores e as florestas vão responder às mudanças na quantidade e distribuição da precipitação que estão previstas para os próximos anos (Locosselli, 2017; Martinelli, 2004; Shi et al., 2010; Wimmer, 2002; Zhang, 2015; Zhu et al., 2016). Embora o tipo e o tempo de resposta a fatores ambientais extremos variem de espécies para espécie (Jacoby and D'Arrigo, 1997; Locosselli et al., 2016; Matezán and Valladares, 2014), acredita-se que a combinação de menor precipitação e maior temperatura ocasionará redução das florestas e de sua produtividade, bem como

modificações na composição das espécies (Martín-Benito et al., 2008; Rodrigo et al., 1999).

*Paratecoma peroba*, ocorre nas florestas tropicais do sul de São Paulo ao sul da Bahia e somente em florestas semidecíduas das Bacias do Paraíba do Sul e do Rio Doce (Santos et al., 2011) com principal ocorrência nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro, em até 50 m de altitude. Apesar de protegida em algumas unidades de conservação e utilizada em plantios de restauração florestal, *P. peroba* é uma espécie com histórico de intensa exploração devido ao seu alto potencial madeireiro, principalmente para a confecção de móveis finos (Lohmann, 2014). Além do apelo econômico, esta espécie florestal possui grande interesse ecológico, com características típicas do estágio sucessional tardio, crescendo a sombra das pioneiras e, eventualmente, ultrapassando as copas dessas pioneiras em altura. A espécie possui magnífica floração, embeleza as florestas e alimenta a fauna. Popularmente é conhecida como ipê-peroba, ipê-claro, peroba, peroba-amarela, peroba branca, peroba-de-campos, peroba-manchada, peroba-tigre, peroba-tremida (Coradin et al., 2010; Lohmann, 2014).

Devido a uma exploração seletiva e ilegal de árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) maior que 20 cm, a espécie foi considerada possivelmente extinta no estado do Rio de Janeiro, mas classificada como “Em perigo” segundo a Lista Vermelha de espécies da flora do Brasil (Martinelli and Moraes, 2013). Possui em média 20 a 40 m de altura, tronco de 40 a 80 cm de diâmetro, folhas compostas digitadas e dispersão do tipo anemocórica. Sua madeira é dura e apresenta boa resistência e por isso foi muito explorada comercialmente (Coimbra Filho, 1951; Lins and Nascimento, 2010). Segundo Lins e Nascimento (2010) a madeira de *P. peroba* foi considerada a mais importante do estado do Rio de Janeiro, sendo utilizada em construções comerciais no estado e no acabamento de casas e em mobiliário de luxo.

Em função da população remanescente de *P. peroba* encontrada na EEEG, no estado do Rio de Janeiro (Lins e Nascimento 2010), este trabalho buscou responder: Qual a estrutura etária dos indivíduos amostrados? Qual é a taxa de crescimento radial de madeira dos indivíduos de *P. peroba* crescendo nesta região? Como a formação estrutural dos anéis de crescimento da espécie responde aos períodos de variações de temperatura e precipitação?

## 6.2. Material e Métodos

De acordo com a literatura, *P. peroba* possui grande importância dentro da EEEG, compõe parte do dossel como uma espécie secundária tardia (Silva and Nascimento, 2001). Nesse sentido é possível encontrar indivíduos variando de 4 a 50 cm de diâmetro na altura do peito (DAP), (Lins e Nascimento 2010). Para o presente estudo, 22 indivíduos de *P. peroba* foram selecionados para a coleta de amostras destinadas ao preparo da dendrocronologia.

Os parâmetros climáticos de precipitação e temperatura para a região foram obtidos a partir do banco de dados do tempo do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) para um período de 70 anos (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/timeseries/timeseries1.pl>) (NCEP/NCAR Global Kalnay et al., 1996).

### 6.2.1. Dendrocronologia

Dos 22 indivíduos de *P. peroba* estudados, foram coletadas duas amostras radiais do lenho por método não destrutivo, com auxílio de Increment Borer (SUUNTO, EUA), todas em uma altura em torno de 1,30 m do solo.

As amostras radiais foram orientadas e coladas transversalmente em suportes de madeira e desidratadas a temperatura ambiente. Posteriormente, foram polidas com auxílio de lixadeira (SS1000, Black & Decker, EUA), usando lixas de granulometria decrescente de 80 a 2000 grãos/cm<sup>2</sup>, e limpas com ar comprimido (Roig, 2000; Worbes, 1995). Em seguida, o material foi analisado em microscópio estereoscópico para a demarcação das camadas de crescimento, partindo da medula em direção ao câmbio.

Posteriormente, as amostras foram digitalizadas utilizando scanner de mesa (Epson XP-214) com uma resolução de 2400 dpi e as imagens obtidas foram utilizadas para aferição da largura das camadas de crescimento, com auxílio do software Image-Pro Plus 4.0.

Para o controle da qualidade das medidas dos anéis de crescimento, com a identificação dos anéis falsos e/ou ausentes realizou-se a datação cruzada das séries cronológicas obtidas entre amostras da mesma árvore e de árvores diferentes, utilizando o software COFECHA (Holmes, 1983). As amostras que apresentaram os melhores resultados de intercorrelação entre as séries medidas foram selecionadas para a construção da cronologia da espécie, utilizando o software ARSTAN (Cook and Peters, 1981; Grissino-Mayer, 2001). Neste método, as séries de largura dos anéis de crescimento foram padronizadas aplicando um

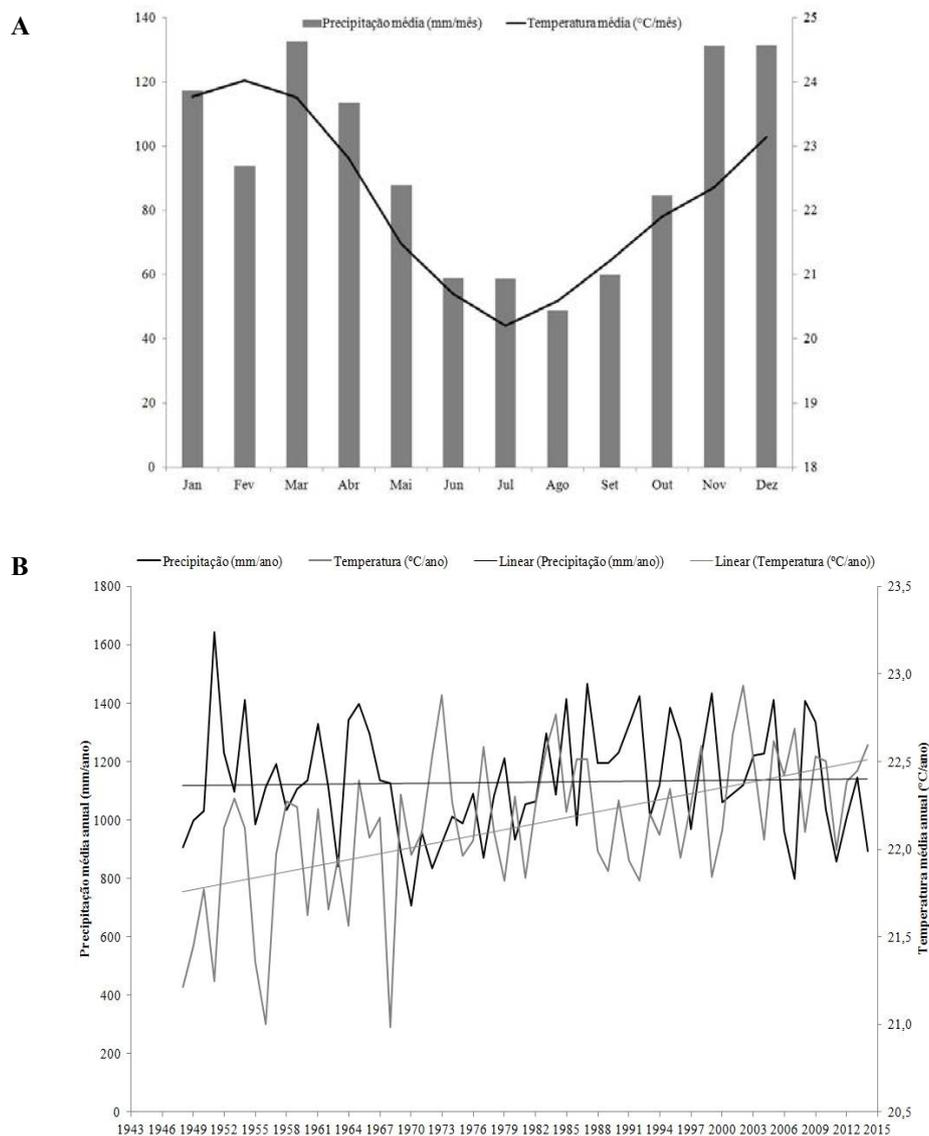
spline cúbico, com porcentagem de longitude de 50 %, gerando três versões de cronologias, considerando a maximização do sinal comum e a minimização da quantidade de ruído. Para melhor desenvolvimento das correlações e cronologias, inicialmente as amostras medidas foram divididas em dois grupos de acordo com o número de anéis medidos: (I) indivíduos variando de 30 a 45 anéis, 12 indivíduos; (II) indivíduos variando de 60 a 95 anéis, sete indivíduos. Testes de correlação de Pearson (Brienen, 2005) foram utilizados para verificar a influência dos parâmetros climáticos no crescimento anual dessas árvores em relação à cronologia arstan. Essa cronologia foi a que apresentou os melhores resultados de correlação até o momento. Dessa forma, foram realizadas as seguintes comparações: idade e DAP; cronologia e precipitação e, cronologia e temperatura.

### **6.2.2. Descrição Anatômica**

Os indivíduos foram caracterizados anatomicamente por meio de análises microscópicas e macroscópicas para investigar o grau de distinção dos anéis de crescimento, assim como corroborar as características peculiares já descritas para a espécie (Coradin et al., 2010; InsideWood, 2018; Pace et al., 2015; Witovisk et al., 2017). Para a análise das características anatômicas do lenho de *P. peroba*, amostras do alburno de seis indivíduos também foram obtidas com o auxílio da Sonda Pressler. A partir das amostras foram confeccionados corpos de prova, que foram orientados nos sentidos transversal e longitudinal (radial e tangencial) e submetidos a processo de amolecimento físico e químico para posterior seccionamento em micrótomo de deslize (SM2010 R, LEICA, Alemanha). As seções histológicas foram obtidas a uma espessura média de 15 µm; submetidas a processos de clarificação, desidratação e dupla coloração em Azul de Astra e Safranina hidroalcoólica e montadas em lâminas permanentes (Burger and Richter, 1991). Para a confecção de lâminas de macerado, o corpo de prova foi reduzido a amostras menores e submetido o procedimento de Franklin (1945) modificado (Kraus and Arduin, 1997), seguido por coloração em Safranina aquosa 1% para confecção de lâminas semi-permanentes. As lâminas foram observadas em microscópio óptico (Axioplan, ZEISS, EUA) com câmera acoplada (PowerShot A640, CANON, EUA) para captura de imagens. Todas as descrições e análises celulares do lenho seguiram as normas do IAWA Committee (1989).

### 6.3. Resultados

As análises climáticas confirmam a sazonalidade da região, como meses mais secos no inverno, julho, agosto e setembro, e período mais chuvoso de novembro a março (Fig. 1A). Além disso, a região da EEG está sofrendo uma variação climática ao longo do tempo, com uma tendência ao aumento da temperatura média (Fig. 1B)

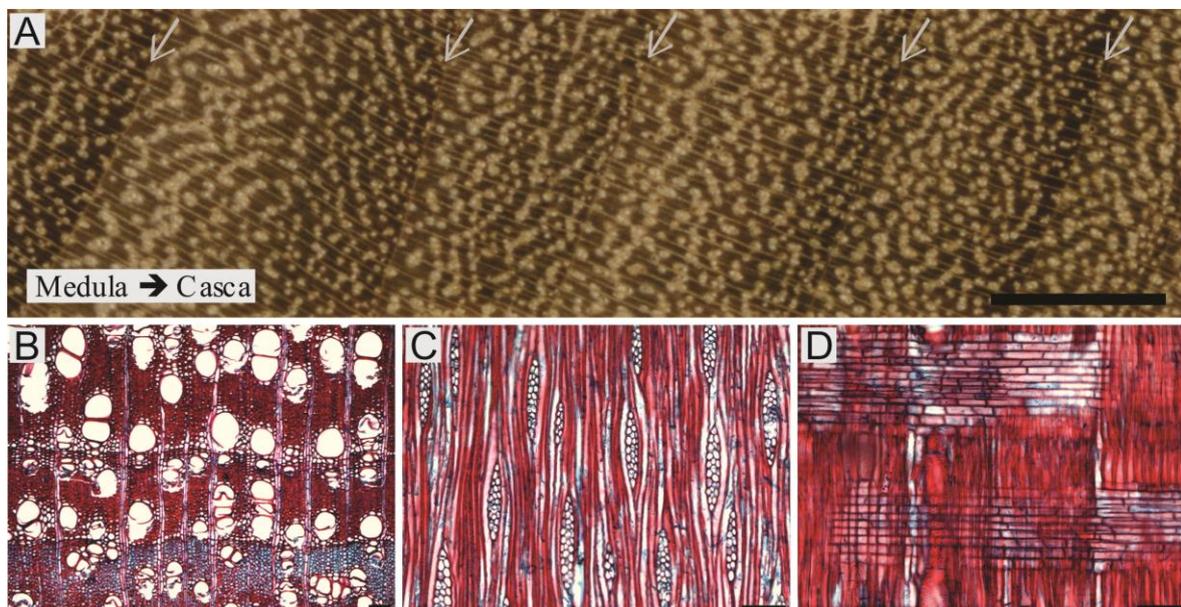


**Figura 1.** A. Dados climáticos de precipitação e temperatura média mensal para a Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba. B. Dados climáticos de precipitação e temperatura média anual para a EEG, São Francisco de Itabapoana, RJ. Período levantado de 1948 a 2015, linhas de tendências (Fonte: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/timeseries/timeseries1.pl> NCEP/NCAR Global, (Kalnay et al., 1996).

#### 6.3.1. Descrição anatômica

*P. peroba* possui anéis de crescimento distintos na madeira das árvores crescendo na EEG. Os anéis são demarcados por maior espessamento da parede das fibras no lenho

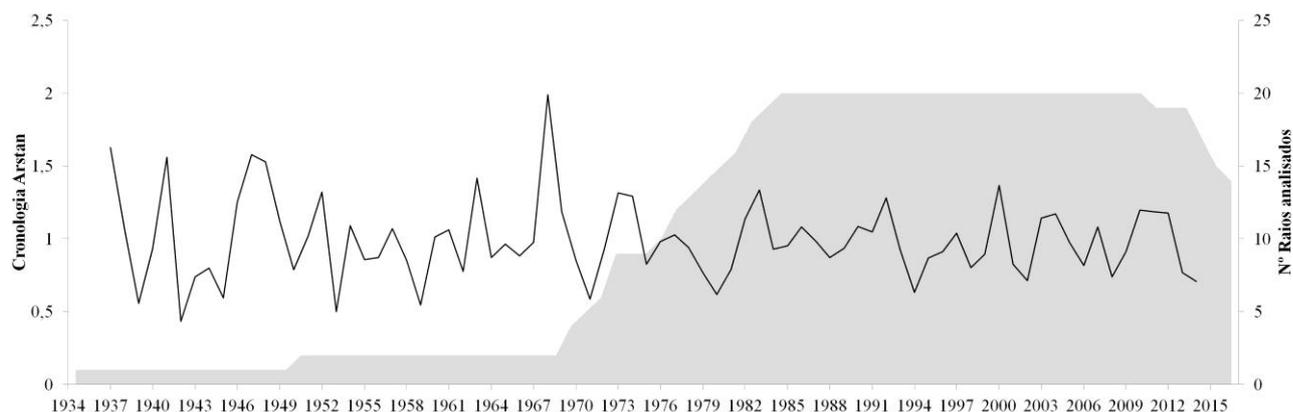
tardio e parênquima marginal, e algumas vezes raios fracamente dilatados e anéis de crescimento semiporosos (Fig. 2), com maior frequência de vasos no lenho inicial que no lenho tardio. Sua madeira é caracterizada pela presença de: elementos de vasos de formato circular a oval, agrupados em cachos ou em agrupamento radial de 4 ou mais elementos, com placas de perfuração simples e pontoações intervasculares areoladas, circulares e alternas; parênquima axial paratraqueal vasicêntrico ou em faixas; raios de 1 a 3 células de largura e formados por células procumbentes na região central e com células quadradas nas margens; fibras não septadas; depósitos de goma/ resina de cor marrom ocorrem frequentes nos vasos e cristais prismáticos, ocasionalmente, ocorrem em células de parênquima axial radial (Fig. 2).



**Figura 2.** Anatomia do lenho de *Paratecoma peroba*. A. Amostra polida e digitalizada, orientação sentido medula a esquerda e casca a direita, setas indicando delimitação dos anéis. B-D: Microscopia óptica. B. Seção transversal, demonstrando distribuição e formato dos elementos de vaso e parênquima axial. C. Seção Longitudinal tangencial, demonstrando o parênquima radial bisseriado. D. Seção longitudinal radial, demonstrando os raios heterogêneos. Barras: A: 2.5 mm. B-D: 100  $\mu$ m.

### 6.3.2. Dendrocronologia

Dos grupos analisados para a cronologia, 11 indivíduos do grupo I (30 a 45 anéis) e um indivíduo do grupo II apresentaram as melhores datações cruzadas. Os indivíduos desses grupos foram combinados para a confecção da cronologia, assim, com base em doze indivíduos de *P. peroba*, totalizando 20 raios. O valor de intercorrelação entre as séries de melhor combinação foi de 0.315 e o valor de médio de sensibilidade foi de 0.543. A cronologia obtida equivale ao período de 1937 a 2014 (Fig. 3).



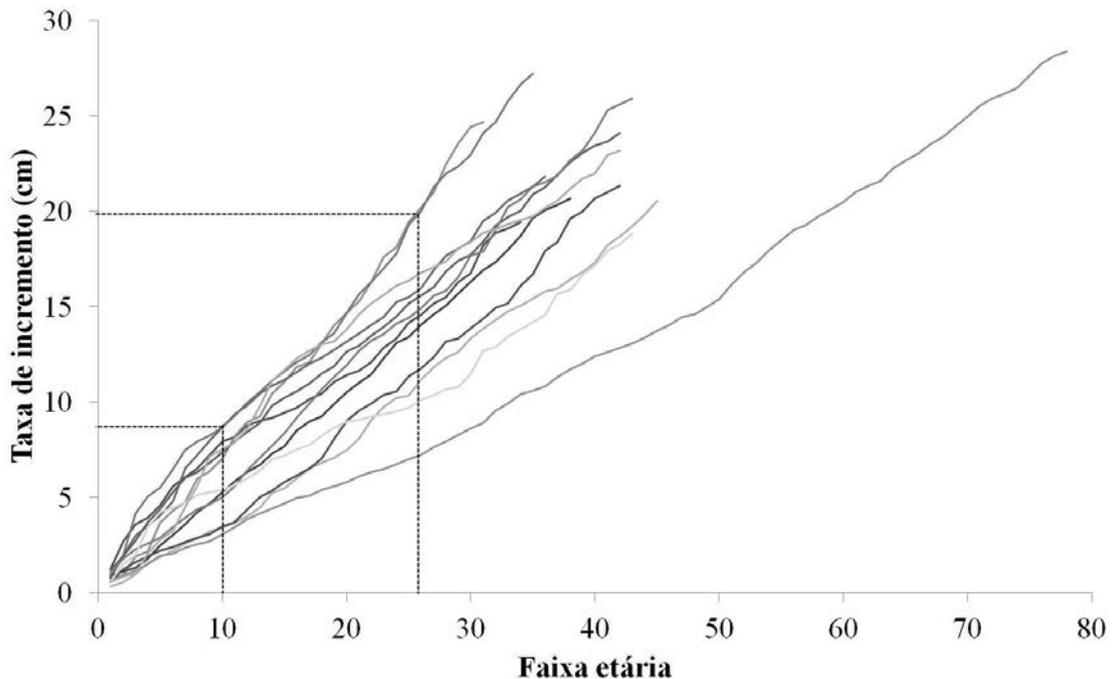
**Figura 3.** Índices da cronologia Arstan dos anéis de crescimento de *Paratecoma peroba* na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco do Itabapoana, RJ. Em cinza a região correspondente ao número de raios das amostras utilizados em cada período.

Os indivíduos que incluíram as análises das séries cronológicas variam de 30 a 77 anos, com um incremento radial médio variando de 2 a 4 mm por ano (Tab. 1).

**Tabela 1.** Resultado da análise dendrocronológica de *Paratecoma peroba* na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba. Amostras usadas na confecção das séries cronológicas com spline de 50 % e intercorrelação de 0.315. Dados dos indivíduos: circunferência à altura do peito (CAP), diâmetro a altura do peito (DAP) e altura estimada (Altura). Dados referentes a cronologia: número de raios coletados (NR), número de raios utilizados na dendrocronologia (NRD), indivíduos usados na confecção das série nos estudo de dendrocronologia (ID), intervalo dos anos analisados em cada indivíduo (Intervalo), número de anéis encontrados (NA), incremento radial médio (IRM) e taxa de crescimento acumulado (TCA).

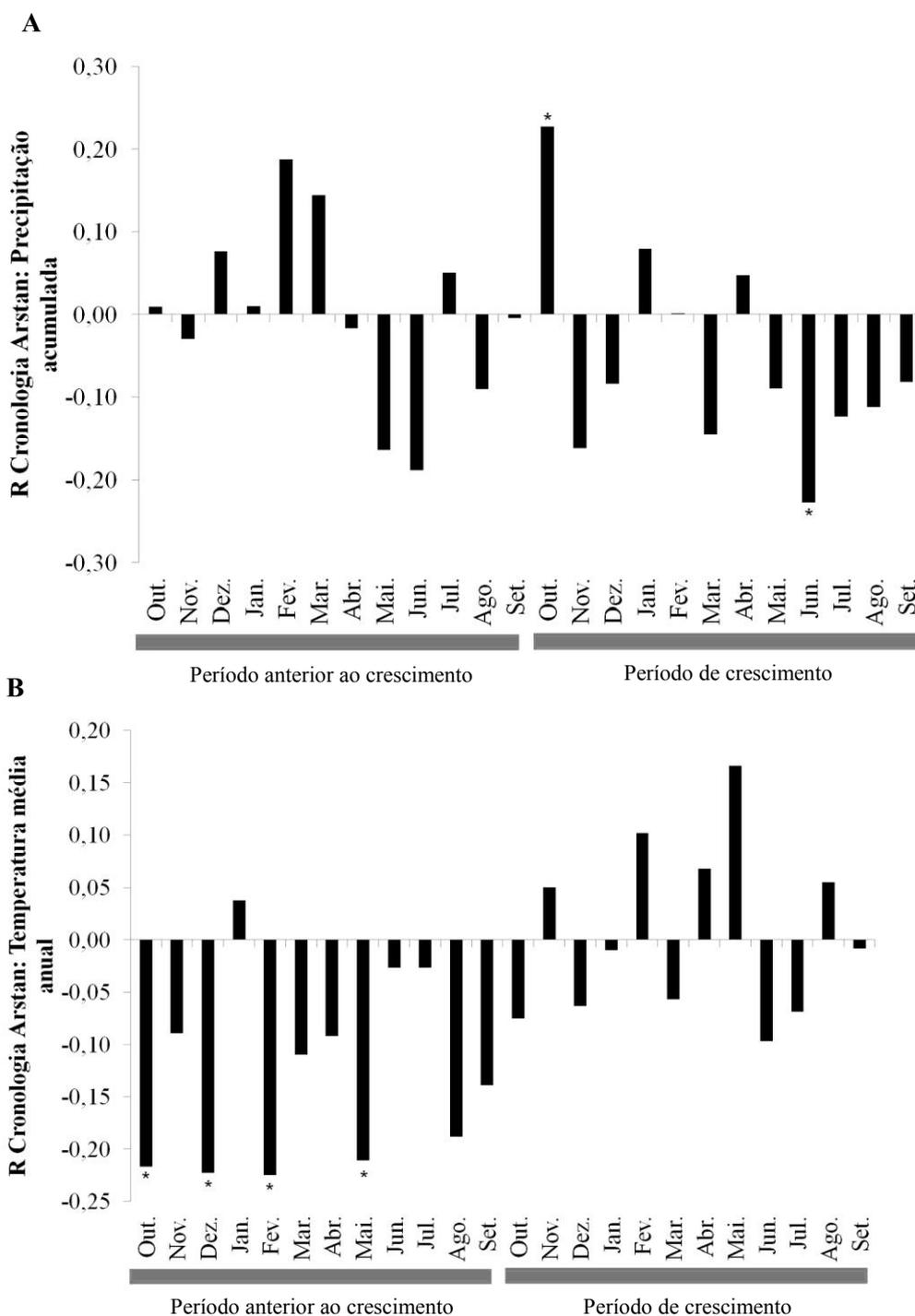
Indivíduos	CAP (cm)	DAP (cm)	Altura (m)	NR	NRD	ID	Intervalo	NA	IRM (mm/ano)	TCA (cm)
Ind. 03	110	35.03	15	2	2	x	1937-2014	77	1.82	28.39
Ind. 06	126	40.13	23	2						
Ind. 08	122	38.85	25	2						
Ind. 10	96	30.57	22	2						
Ind. 13	130	41.40	26	2	1	x	1970-2011	42	2.76	23.19
Ind. 18	76	24.20	21	2						
Ind. 19	100	31.85	23	2	2	x	1977-2012	36	3.03	21.82
Ind. 22	149	47.45	26	2						
Ind. 23	107	34.08	28	2	1	x	1970-2014	45	2.28	20.56
Ind. 25	116	36.94	20	2						
Ind. 27	98	31.21	28	2						
Ind. 33	78	24.84	22	2						
Ind. 34	96	30.57	25	2	1	x	1978-2008	31	3.98	24.66
Ind. 35	98	31.21	26	2						
Ind. 36	129	41.08	28	2	2	x	1973-2014	42	2.87	24.12
Ind. 39	72	22.93	22	2	2	x	1977-2014	38	2.72	20.67
Ind. 40	127	40.45	25	2	2	x	1972-2014	43	3.01	25.90
Ind. 43	95	30.25	28	2	1	x	1971-2013	43	2.19	18.84
Ind. 47	135	42.99	28	2	2	x	1980-2014	35	3.89	27.21
Ind. 49	79	25.16	22	2	2	x	1981-2014	34	2.86	19.43
Ind. 50	76	24.20	20	2	2	x	1973-2014	42	2.54	21.32
Ind. 61	112	35.67	30	2						
<b>Total</b>	<b>22</b>			<b>44</b>	<b>20</b>	<b>12</b>				

De acordo com os resultados acerca da relação entre DAP e a faixa etária das árvores, seria preciso um período maior que 30 anos para que os indivíduos possam atingir um DAP acima de 20 cm (Fig. 4).



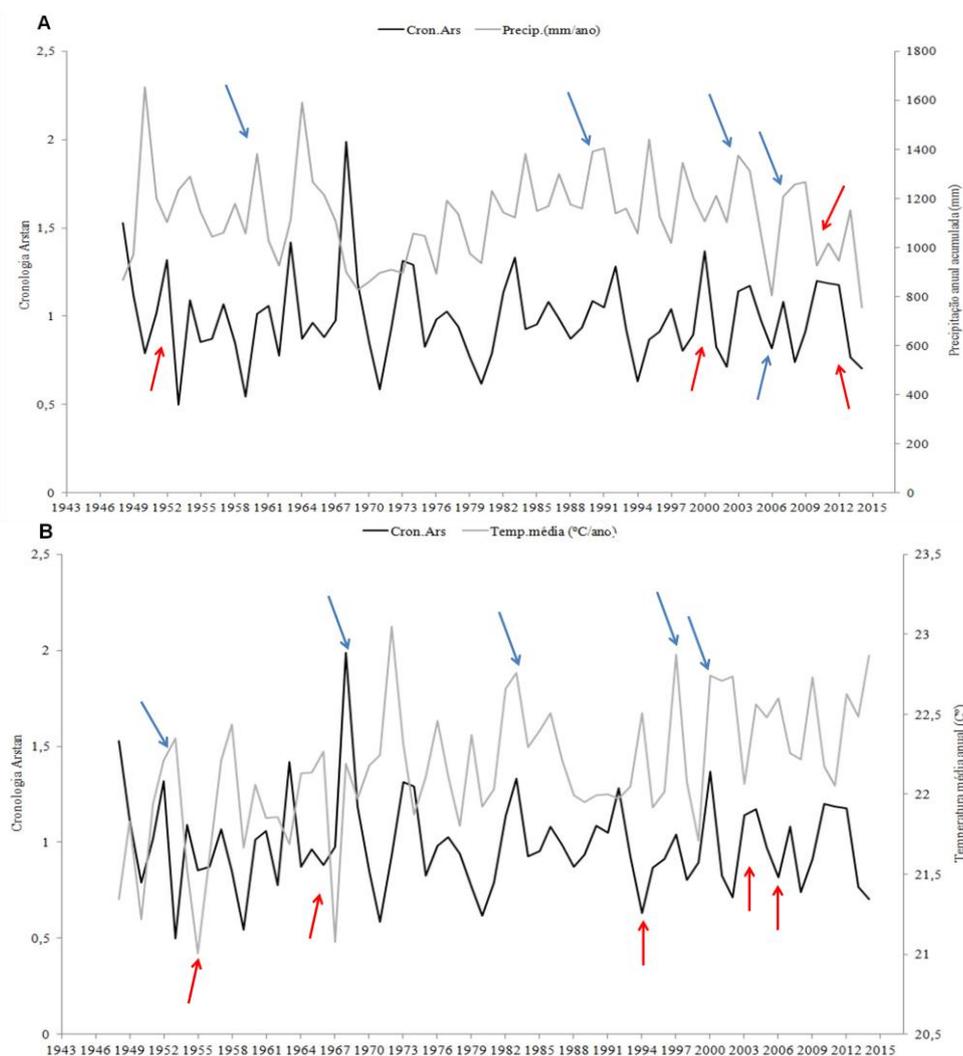
**Figura 4.** Taxa de crescimento e faixa etária de *Paratecoma peroba* na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco do Itabapoana, RJ. Cada linha representa um indivíduo analisado e as linhas tracejadas o incremento necessário para a faixa etária de 10 anos e 20 cm.

O período de 1949 a 2014 da cronologia Arstan foi correlacionado com os dados de precipitação anual acumulada e temperatura média anual (Fig. 5), pois foi o período de abrangência do levantamento climático. Assim, apenas a cronologia referente a esse período foi correlacionada. As análises mostram que a espécie é sensível às características climáticas da região de coleta, tendo influência tanto do clima do ano corrente como do ano anterior ao crescimento. A precipitação influencia no crescimento do anel durante o ano de sua formação, principalmente de forma positiva no mês de outubro quando o anel começa a se formar, e de forma negativa no mês de junho, quando os índices de precipitação estão em declínio. Enquanto que os índices de temperatura do período anterior ao crescimento do anel são os que mais influenciam no desenvolvimento do mesmo, sendo outubro, dezembro, fevereiro e maio meses com correlações significativamente negativas. Assim, em todas as amostras foram observadas regiões com anéis de crescimento mais estreitos em resposta a períodos de seca, e também regiões com anéis mais largos relacionados aos períodos de aumento na precipitação anual.



**Figura 5.** Correlações entre a cronologia e os dados climatológicos da área da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, São Francisco do Itabapoana, RJ. A. Correlação da cronologia Arstan com a precipitação anual acumulada (mm/mês). B. Correlação da cronologia Arstan com a temperatura média anual (°C/mês). \* Correlação significativa com nível de significância de 0,2.

Os resultados estatísticos obtidos ficam claros nos gráficos contendo as curvas da cronologia e das variações climáticas ao longo de todos os anos das árvores estudadas (Fig. 6). É possível observar os anos em que o crescimento do anel acompanha a disponibilidade hídrica, como por exemplo: nos anos de 1960, 1990, 2003, 2006 e 2007 (Fig. 6A) e a temperatura como observado em 1952, 1968, 1983, 1997 e 2000 (Fig. 6B). Contudo, em alguns pontos a cronologia não acompanha os dados climáticos como em 1950, 1953, 1998, 2008 e 2013 para a precipitação, e em 1953, 1966, 1994, 2003 e 2014 para a temperatura, por exemplo. Ou seja, mesmo em um período aparentemente favorável para o crescimento a planta investiu pouco em crescimento radial.



**Figura 6.** Comparação entre índice da cronologia Arstan com os dados climáticos da área ao longo da série de 67 anos. A. Cronologia Arstan com a precipitação anual acumulada (mm/ano), setas azuis indicam crescimento acompanhando a precipitação, enquanto setas vermelhas indicam o contrário. B. Cronologia Arstan com a temperatura média anual (°C/ano), setas azuis indicam crescimento acompanhando a temperatura, enquanto setas vermelhas indicam o contrário.

#### 6.4. Discussão

As descrições observadas no lenho de *P. peroba* corroboram os dados encontrados na literatura para a espécie (Coradin et al., 2010; InsideWood, 2018; Pace et al., 2015; Witovisk et al., 2017), outros dados observados foram presença de variação na porosidade e diâmetro dos elementos de vaso e raios dilatados. O caráter anual de formação dos anéis de crescimento de *P. peroba* na EEEG foi evidenciado pelo acompanhamento da atividade cambial (veja Capítulo 2) e permitiram reconhecer indivíduos de 30 a 80 anos na população remanescente nesta região. A distribuição etária com o maior número de indivíduos adultos entre 30 a 45 anos na área pode ser atribuída à grande exploração da espécie nesta região, principalmente durante as décadas de 60 e 70 (Silva and Nascimento 2001; Villela et al. 2006). Provavelmente esses indivíduos analisados eram mais jovens no momento da exploração e não possuíam DAP suficientes para corte, provavelmente ainda com um crescimento não estabilizado.

Os dados de taxa de crescimento são de extrema importância para o entendimento e da dinâmica de crescimento e são aplicados para o aproveitamento madeireiro. De acordo com estudos de Coimbra Filho (1951), *P. peroba* aos 10 anos teria de 10 a 15 metros de altura e 20 cm de DAP, podendo ser aproveitada aos 50 anos e em ciclos de 30 anos (Coimbra Filho, 1951; Martins, 2011). No entanto, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, *P. peroba* aos 10 anos ainda não havia atingido 10 cm de diâmetro. A partir de informações das taxas de crescimento de uma determinada espécie torna-se possível um melhor desenvolvimento de critérios de manejo de espécies em sistemas agroflorestais e de recursos florestais, bem como, para fins de reflorestamento da EEEG. Nesse sentido, resultados similares já estão sendo utilizados para o melhor manejo de espécies da Amazônia como *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm., *Cedrela odorata* L., *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, *Peltogyne* cf. *heterophylla* M.F.Silva (Brienen and Zuidema, 2006), *Ficus insipida* Willd. (Schöngart et al., 2007) e *Malouetia tamaquarina* (Aubl.) (Leoni et al., 2011).

A taxa incremento radial médio de *P. peroba* pode ser considerada lenta quando comparada com outras espécies. Em ambientes de floresta sazonal semidecidual as espécies *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose e *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau ex Verl., (Bignoniaceae) apresentam uma taxa de incremento anual de 4.9 em área

de plantio e de 7.5 em reserva nativa, respectivamente, quando acompanhadas por meio de bandas dendrométricas permanentes (Lisi et al., 2008).

Nas espécies de ambiente temperado a maioria das cronologias tem valores de intercorrelação nas séries entre 0,550 e 0,750, sendo os valores mais altos geralmente mais desejáveis, entretanto, árvores de algumas espécies e em algumas regiões terão valores mais altos que outras. Por exemplo, uma correlação de 0,600 seria considerada alta para uma cronologia de *Picea engelmannii* Parry ex Engelm. no Canadá, mas o mesmo valor seria considerado baixo para uma cronologia de *Pinus edulis* Engelm do Arizona (ITRDB, 2005). Para espécies de regiões tropicais é esperada uma maior variação nas intercorrelações e alta sensibilidade dos indivíduos. Segundo Grissino-Mayer (2001), os fatores que mais podem influenciar nessas variações são a localização geográfica, a homogeneidade do ambiente, o grau de competição e os distúrbios locais enfrentados pela espécie ou até mesmo por cada indivíduo em particular. A espécie *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae), por exemplo, ocorrente em Floresta Ombrófila Densa apresentou uma intercorrelações dos indivíduos de 0.290 (Vasconcellos et al., 2016), enquanto que outras espécies de regiões sazonais podem apresentar correlações variando de 0.36 a 0.38 (Soliz-Gamboa et al., 2011), ou de 0,42 a 0,56 em Floresta Estacional Semidecidual das terras baixas (Costa et al., 2015). É possível que uma cronologia com uma baixa intercorrelação nas séries possa conter um sinal climático muito útil (ITRDB, 2005). No presente estudo, a correlação encontrada entre as árvores de *P. peroba* foi de e 0,315, sendo a primeira análise de dendrocronologia realizada na EEG, abrindo a possibilidades de ampliar e aprimorar os estudos com a espécie que se mostrou promissora para esses estudos, além de insentivar análises com outras espécies ocorrentes na área.

As correlações entre a largura dos anéis de crescimento e o clima também variam de acordo com a resposta específica de cada espécie. A espécie *Clarisia racemosa* Ruiz and Pavón (Moraceae) responde negativamente à precipitação média mensal e acumulada do ano corrente de crescimento, *Peltogyne* cf. *heterophylla* M.F. Silva (Leguminosae) responde positivamente à precipitação acumulada do ano anterior, enquanto que *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Leguminosae) responde negativamente apenas à precipitação acumulada de até dois anos anteriores (Soliz-Gamboa et al., 2011). A resposta do crescimento radial de *P. peroba* também pode estar relacionada as variações climáticas observadas em anos anteriores ao crescimento ou ainda com a característica supra-anual observada no comportamento reprodutivo da espécie. Em 2006, foi observado baixo

incremento radial e, coincidiu com o registro de um período de frutificação para a espécie (Lins and Nascimento, 2010), que, por sua vez, pode ter sido estimulado pelo aumento da precipitação dos anos anteriores. Quando isso repete em outros períodos pode resultar em marcação da ocorrência do estágio reprodutivo, conferindo o seu comportamento supra-anual. De 2005 para 2006 foi o período de menor registro de precipitação dentro da série analisada.

## 6.5. Conclusões

Os resultados permitiram compreender a dinâmica de crescimento radial de *P. peroba* se desenvolvendo na EEEG a partir da análise dos seus anéis de crescimento. Foi possível concluir que os indivíduos analisados apresentam uma faixa etária entre 30 a 80 anos, com uma taxa de incremento radial de 2 a 4 mm/ano. As variações climáticas, na precipitação acumulada e na temperatura média influenciam o desenvolvimento dos anéis de crescimento ao longo dos anos. Tendo em vista a importância da espécie e da área, resultados como esses auxiliam em prospecções positivas para a conservação e manejo consciente dos recursos florestais e agroflorestais, podendo ser utilizados para conhecimento da espécie em projetos de reflorestamento de áreas nativas, o que inclui a própria área da EEEG. No entanto, melhores ajustes nas análises ainda se fazem necessários futuramente, visando incluir mais indivíduos do grupo II nas séries cronológicas.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), o PPBio Mata Atlântica Módulo Guaxindiba e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e bolsas durante a realização desta pesquisa. Ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA) que autorizou a coleta (Autorização nº: 020/2014). Vânia Coelho gestora da EEEG e toda a sua equipe pelo apoio a pesquisa e as coletas de material. Igor C. Gomes pelo suporte com o processamento das amostras. Aos professores Fidel A. Roig e Mário Tommasiello Filho pelos ensinamentos em dendrocronologia. A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro por proporcionar a realização da pesquisa como parte da tese de doutorado

### **6.6. Referências Bibliográficas**

- Angyalossy, V., Marcati, C.R., 2006. Câmbio, in: Appezzato-da-Glória, B., Carmello-Gerreiro, S.M. (Eds.), *Anatomia Vegetal*. Viçosa, pp. 205–235.
- Ballesteros, J. a., Stoffel, M., Bodoque, J.M., Bollschweiler, M., Hitz, O., Díez-Herrero, a., 2010. Changes in Wood Anatomy in Tree Rings of *Pinus pinaster* Ait. Following Wounding by Flash Floods. *Tree-Ring Res.* 66, 93–103. doi:10.3959/2009-4.1
- Brienen, R.J.W., 2005. Tree rings in the tropics: a study on growth and ages of Bolivian rain forest trees, PROMAB Scientific Series; 10.
- Brienen, R.J.W., Zuidema, P.A., 2006. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. *For. Ecol. Manage.* 226, 256–267. doi:10.1016/j.foreco.2006.01.038
- Burger, L.M., Richter, H.G., 1991. *Anatomia da madeira*. Nobel, São Paulo.
- Callado, C.H., Roig, F.A., Tomazello-Filho, M., Barros, C.F., 2013. Cambial growth periodicity studies of south american woody species-a review. *IAWA J.* 34, 213–230. doi:10.1163/22941932-00000019
- Coimbra Filho, A.F., 1951. Contribuição para o estudo do desenvolvimento inicial da *Peroba-de-campos*. *Revista de Agronomia* 10(3), 187-192, 1951. *Rev. Agronomia* 10, 187–192.
- Cook, E.R., Peters, K., 1981. The smoothing spline: a new approach to standartization forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bull.* 41, 45–53.

- Coradin, V.T.R., Camargos, J.A.A., Pastore, T.C.M., Christo, A.G., 2010. Madeiras Comerciais do Brasil.
- Costa, M.S., Ferreira, K.E.B., Botosso, P.C., Callado, C.H., 2015. Growth analysis of five Leguminosae native tree species from a seasonal semideciduous lowland forest in Brazil. *Dendrochronologia* 36, 23–32. doi:10.1016/j.dendro.2015.08.004
- Dickison, W.C., 2000. Integrative Plant Anatomy. Academic Press, London.
- Fichtler, E., Helle, G., Worbes, M., 2010. Stable-Carbon Isotope Time Series from Tropical Tree Rings Indicate a Precipitation Signal. *Tree-Ring Res.* 66, 35–49. doi:10.3959/2008-20.1
- Grissino-Mayer, H.D., 2001. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Res.* 57, 205–221.
- Holmes, R.L., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bull.* 43, 69–78.
- InsideWood, data base, 2018. InsideWood. 2004-onwards [WWW Document]. Publ. Internet. URL <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search> (accessed 1.16.18).
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. Climate Change 2014. Clim. Chang. 2014 Impacts, Adapt. Vulnerability - Contrib. Work. Gr. II to Fifth Assess. Rep. 1–32. doi:10.1016/j.renene.2009.11.012
- ITRDB, M., 2005. International Tree-ring Data Bank correlation statistics.
- Jacoby, G.C., D'Arrigo, R.D., 1997. Tree rings, carbon dioxide, and climatic change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 94, 8350–8353. doi:10.1073/pnas.94.16.8350
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D., 1996. NCAR 40-year reanalysis project. *Bull Amer Meteor Soc* 77, 437–471.
- Kraus, J.E., Arduin, M., 1997. Manual básico em morfologia vegetal. Editora Universidade Rural (EDUR), Seropédica.
- Leoni, J.M., da Fonseca, S.F., Schöngart, J., 2011. Growth and population structure of the tree species *Malouetia tamaquarina* (Aubl.) (Apocynaceae) in the central Amazonian floodplain forests and their implication for management. *For. Ecol. Manage.* 261, 62–67. doi:10.1016/j.foreco.2010.09.025
- Lins, B., Nascimento, M., 2010. Fenologia de *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) em uma

- floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. *Rodriguésia - Inst. Pesqui. Jard. Botânico do Rio Janeiro* 61, 559–568.
- Lisi, C.S., Tomazello Fo., M., Botosso, P.C., Roig, F.A., Maria, V.R.B., Ferreira-Fedele, L., Voigt, A.R.A., 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. *IAWA J.* 29, 189–207. doi:10.1163/22941932-90000179
- Locosselli, G.M., 2017. The cambium activity in a changing world. *Trees - Struct. Funct.* 32, 0. doi:10.1007/s00468-017-1616-5
- Locosselli, G.M., Buckeridge, M.S., 2017. Dendrochemistry, a missing link to further understand carbon allocation during growth and decline of trees. *Trees - Struct. Funct.* 31, 1745–1758. doi:10.1007/s00468-017-1599-2
- Locosselli, G.M., Schöngart, J., Ceccantini, G., 2016. Climate/growth relations and teleconnections for a *Hymenaea courbaril* (Leguminosae) population inhabiting the dry forest on karst. *Trees - Struct. Funct.* 30, 1127–1136. doi:10.1007/s00468-015-1351-8
- Lohmann, L.G., 2014. Bignoniaceae [WWW Document]. List. Espécies da Flora do Bras. Jard. Botânico do Rio Janeiro. URL <http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB112305> (accessed 9.6.14).
- Martín-Benito, D., Cherubini, P., Del Río, M., Cañellas, I., 2008. Growth response to climate and drought in *Pinus nigra* Arn. trees of different crown classes. *Trees - Struct. Funct.* 22, 363–373. doi:10.1007/s00468-007-0191-6
- Martinelli, G., Moraes, M.Á., 2013. Livro Vermelho da Flora do Brasil. CNCFLORA - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Martinelli, N., 2004. Climate from dendrochronology: Latest developments and results. *Glob. Planet. Change* 40, 129–139. doi:10.1016/S0921-8181(03)00103-6
- Martins, M.C., 2011. Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica. *Espécies Nativ. da Mata Atlântica* 2, 1–21.
- Matezans, S., Valladares, F., 2014. El papel de la plasticidad fenotípica en la respuesta de la vegetación mediterránea al cambio global, in: Herrero, A., Zavala, M.A. (Eds.), *Impactos, Vulnerabilidades Y Adaptación de Los Bosques Y La Biodiversidad de España Frente Al Cambio Climático*. MAGRAMA, Madrid, pp. 1–8.
- Ogden, J., 1981. Dendrochronological studies and the determination of tree ages in the Australian tropics. *J. Biogeogr.* 8, 405–420. doi:10.2307/2844759

- Pace, M.R., Lohmann, L.G., Olmstead, R.G., Angyalossy, V., 2015. Wood anatomy of major Bignoniaceae clades. *Plant Syst. Evol.* 301, 967–995. doi:10.1007/s00606-014-1129-2
- Poljanšek, S., Levanič, T., Ballian, D., Jalkanen, R., 2015. Tree growth and needle dynamics of *P. nigra* and *P. sylvestris* and their response to climate and fire disturbances. *Trees - Struct. Funct.* 29, 683–694. doi:10.1007/s00468-014-1146-3
- Robertson, I., Froyd, C.A., Walsh, R.P.D., Newbery, D.M., Woodborne, S., Ong, R.C., 2004. The dating of dipterocarp tree rings: Establishing a record of carbon cycling and climatic change in the tropics. *J. Quat. Sci.* 19, 657–664. doi:10.1002/jqs.885
- Rodrigo, F.S., Esteban-Parra, M.J., Pozo-Vázquez, D., Castro-Díez, Y., 1999. A 500-year precipitation record in Southern Spain. *Int. J. Climatol.* 19, 1233–1253. doi:10.1002/(SICI)1097-0088(199909)19:11<1233::AID-JOC413>3.0.CO;2-L
- Roig, F.A., 2000. *Dendrocronología en América Latina*. EDIUNC: Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- Rother, M.T., Grissino-Mayer, H.D., 2014. Climatic influences on fire regimes in ponderosa pine forests of the Zuni Mountains, NM, USA. *For. Ecol. Manage.* 322, 69–77. doi:10.1016/j.foreco.2014.02.034
- Santos, M.F., Serafim, H., Sano, P.T., 2011. An analysis of species distribution patterns in the atlantic forests of Southeastern Brazil. *Edinburgh J. Bot.* 68, 373–400. doi:10.1017/S0960428611000254
- Schöngart, J., 2008. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *For. Ecol. Manage.* 256, 46–58. doi:10.1016/j.foreco.2008.03.037
- Schöngart, J., Arieira, J., Felfili Fortes, C., Cezarine De Arruda, E., Nunes Da Cunha, C., 2011. Age-related and stand-wise estimates of carbon stocks and sequestration in the aboveground coarse wood biomass of wetland forests in the northern Pantanal, Brazil. *Biogeosciences* 8, 3407–3421. doi:10.5194/bg-8-3407-2011
- Schöngart, J., Wittmann, F., Worbes, M., Piedade, M.T.F., Krambeck, H.-J., Junk, W.J., 2007. Management criteria for *Ficus insipida* Willd. (Moraceae) in Amazonian white-water floodplain forests defined by tree-ring analysis. *Ann. For. Sci.* 64, 657–664. doi:10.1051/forest:2007044
- Shi, C., Masson-Delmotte, V., Daux, V., Li, Z., Zhang, Q. Bin, 2010. An unstable tree-growth response to climate in two 500 year chronologies, North Eastern Qinghai-

- Tibetan Plateau. *Dendrochronologia* 28, 225–237. doi:10.1016/j.dendro.2009.12.002
- Silva, G.C., Nascimento, M.T., 2001. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão). *Rev. Bras. Botânica* 24, 51–62. doi:10.1590/S0100-84042001000100006
- Soliz-Gamboa, C.C., Rozendaal, D.M.A., Ceccantini, G., Angyalossy, V., van der Borg, K., Zuidema, P.A., 2011. Evaluating the annual nature of juvenile rings in Bolivian tropical rainforest trees. *Trees - Struct. Funct.* 25, 17–27. doi:10.1007/s00468-010-0468-z
- Tardif, J.C., Conciatori, F., 2006. Influence of climate on tree rings and vessel features in red oak and white oak growing near their northern distribution limit, southwestern Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.* 36, 2317–2330. doi:10.1139/x06-133
- Vasconcellos, T.J. de, Costa, M.S., Barros, C.F., Da Cunha, M., Callado, C.H., 2016. Growth dynamics of *Centroplobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) in the Atlantic Forest. *Rev. Bras. Bot.* 39, 925–934. doi:10.1007/s40415-016-0292-9
- Veblen, T.T., Kitzberger, T., Villalba, R., Donnegan, J., Monographs, E., Feb, N., 2007. Fire History in Northern Patagonia: The Roles of Humans and Climatic Variation 69, 47–67. doi:10.1890/0012-9615(1999)069
- Villela, D.M., Nascimento, M.T., Aragao, L.E.O.C., da Gama, D.M., 2006. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. *J. Biogeogr.* 33, 506–516. doi:10.1111/j.1365-2699.2005.01453.x
- Wimmer, R., 2002. Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change. *Dendrochronologia* 20, 21–36. doi:10.1078/1125-7865-00005
- Witovisk, L., Alves, R.J.V., Guimarães, A.R., da Silva, N.G., 2017. The dead forest on Trindade Island was not monospecific, says the wood. *IAWA J.* 0, 1–11. doi:10.1163/22941932-20170183
- Worbes, M., 1995. How to measure growth dynamics in Tropical Trees. *IAWA J.* 16, 337–351. doi:10.1163/22941932-90001424
- Worbes, M., Junk, W., 1989. Dating tropical trees by of <sup>14</sup>C from bomb test. *Ecology* 70, 503–507.
- Worbes, M., Staschel, R., Roloff, A., Junk, W.J., 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *For. Ecol. Manage.* 173, 105–123. doi:10.1016/S0378-1127(01)00814-3

- Zhang, Z., 2015. Tree-rings, a key ecological indicator of environment and climate change. *Ecol. Indic.* 51, 107–116.
- Zhu, L., Zhang, Y., Li, Z., Guo, B., Wang, X., 2016. A 368-year maximum temperature reconstruction based on tree-ring data in the northwestern Sichuan Plateau (NWSP), China. *Clim. Past* 12, 1485–1498. doi:10.5194/cp-12-1485-2016

## VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A família Bignoniaceae é representada por muitas espécies de grande importância ecológica e econômica, algumas delas possuem com potencial para estudos relacionados a dinâmica de crescimento radial, voltados para conservação e manejo. Embora o grande número de espécies na família e a quantidade de espécie com importância para a conservação, ainda existem poucos estudos desenvolvidos nessa área. De acordo com o levantamento bibliográfico, *Paratecoma peroba* possuía apenas trabalhos relacionados com a descrição anatômica do lenho.

Assim, os resultados obtidos pelas análises da fenologia do câmbio, mostram que a espécie responde de forma sazonal para o crescimento radial do lenho, formando anéis de crescimento anuais. Além de ter grande influência da fenologia vegetativa e dos fatores climáticos (precipitação e temperatura) da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba. Essa comprovação serviu de base para as análises de dendrocronologia, que resultou em uma série com indivíduos em uma faixa etária entre 31 e 77 anos. A taxa de incremento radial para a espécie pode ser considerada lenta em comparação a outras espécies da família também de ambientes de floresta estacional semidecidual ou quando comparado para outros ambientes. O índice de crescimento também sofre influência do clima, conferindo maior ou menor incremento ao longo dos anos.

Todos os dados obtidos são de extrema importância para o melhor conhecimento dessa espécie tão importante para a EEEG e servem de base para a manutenção e conservação da sua população remanescente.

## VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., De Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift* 22, 711–728. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507
- CNFlora, 2017. Bignoniaceae In.: Lista Vermelha [WWW Document]. Cent. Nac. Conserv. da Flora. URL <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha/BIGNONIACEAE> (accessed 11.11.17).
- Coimbra Filho, A.F., 1951. Contribuição para o estudo do desenvolvimento inicial da Peroba-de-campos. *Revista de Agronomia* 10(3), 187-192, 1951. *Rev. Agronomia* 10, 187–192.
- Coradin, V.T.R., Camargos, J.A.A., Pastore, T.C.M., Christo, A.G., 2010. *Madeiras Comerciais do Brasil*.
- Eisenlohr, P. V., de Oliveira-Filho, A.T., Prado, J., 2015. The Brazilian Atlantic Forest: new findings, challenges and prospects in a shrinking hotspot. *Biodivers. Conserv.* 24, 2129–2133. doi:10.1007/s10531-015-0995-4
- FAO, 2010. *Global forest resources assessment 2010*, FAO Forestry Paper.
- Fritts, H.C., Swetnam, T.W., 1989. Dendroecology: A Tool for Evaluating Variations in Past and Present Forest Environments. *Adv. Ecol. Res.* Vol. 19 111–188.
- Garay, I., Rizzini, C.M., Kindel, A., Agarez, F.V., Louzada, M.A.P., Santos, R.D. dos, Vincens, R.S., 2003. *A Floresta Atlântica de Tabuleiros-Diversidade Funcional da Cobertura Arbórea*, Editora Vozes Ltda. Petrópolis.
- Gentry, A.H., 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6, 64–68.
- Guedes, F.B., Seehusen, S.E. (Eds.), 2011. *Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica*. Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Biodiversidade e Florestas., Brasília.
- Harley, G.L., Grissino-Mayer, H.D., 2012. Tree Rings as Environmental Indicators. *Berksh. Encycl. Sustain.* 6, 359–361.
- INEA – Instituto Estadual do Ambiente, 2018. *Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba* [WWW Document]. URL [http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/UnidadesdeConservacao/INEA\\_008607](http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/UnidadesdeConservacao/INEA_008607) (accessed 3.1.18).
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. *Climate Change 2014*. *Clim.*

- Chang. 2014 Impacts, Adapt. Vulnerability - Contrib. Work. Gr. II to Fifth Assess. Rep. 1–32. doi:10.1016/j.renene.2009.11.012
- Lins, B., Nascimento, M., 2010. Fenologia de *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) em uma floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. *Rodriguésia - Inst. Pesqui. Jard. Botânico do Rio Janeiro* 61, 559–568.
- Lohmann, L.G., 2014. Bignoniaceae [WWW Document]. List. Espécies da Flora do Bras. Jard. Botânico do Rio Janeiro. URL <http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB112305> (accessed 9.6.14).
- Lorenzi, H., 2002. *Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*, Vol. 01 – ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- Martín-Benito, D., Cherubini, P., Del Río, M., Cañellas, I., 2008. Growth response to climate and drought in *Pinus nigra* Arn. trees of different crown classes. *Trees - Struct. Funct.* 22, 363–373. doi:10.1007/s00468-007-0191-6
- Martinelli, G., Moraes, M.Á., 2013. *Livro Vermelho da Flora do Brasil*. CNCFLORA - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Martinelli, N., 2004. Climate from dendrochronology: Latest developments and results. *Glob. Planet. Change* 40, 129–139. doi:10.1016/S0921-8181(03)00103-6
- MEA, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC. doi:10.1196/annals.1439.003
- Murray-smith, C., Brummitt, N.A., Oliveira-filho, A.R.Y.T., Bachman, S., Moat, J., Lughadha, E.M.N.I.C., Lucas, E.V.E.J., 2008. Plant Diversity Hotspots in the Atlantic Coastal Forests of Brazil. *Conserv. Biol.* 23, 151–163. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.01075.x
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nat. Commun.* 403, 853–858.
- Nascimento, M., Lima, H., 2008. Floristic and structural relationships of a tabuleiro forest in northeastern Rio de Janeiro, Brazil. *Atl. Coast. For. Brazil. ...* 389–410.
- Nascimento, M.T., Silva, F.L., 2003. Avaliação da taxa de desmatamento no período de 1986 a 2002 na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (Mata do Carvão), São Francisco do Itabapoana, RJ, in: *Anais Do VI Congresso de Ecologia Do Brasil*. Fortaleza, pp. 127–128.
- Ogden, J., 1981. Dendrochronological studies and the determination of tree ages in the Australian tropics. *J. Biogeogr.* 8, 405–420. doi:10.2307/2844759
- RadamBrasil, 1983. *Legenda de identificação das unidades do Mapa exploratório de*

- solos, in: RadamBrasil (Ed.), Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro/Vitória. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro.
- Rémy, J.P., Hampe, A., 2006. Some Evolutionary Consequences of Being a Tree. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37, 187–214.  
doi:10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110215
- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J., Hirota, M.M., 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.* 142, 1141–1153.  
doi:10.1016/j.biocon.2009.02.021
- Roig, F.A., 2000. *Dendrocronología en América Latina*. EDIUNC: Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- Rozendaal, D.M.A., Zuidema, P.A., 2011. Dendroecology in the tropics: A review. *Trees - Struct. Funct.* 25, 3–16. doi:10.1007/s00468-010-0480-3
- Rubim, P., Nascimento, H.E.M., Morellato, L.P.C., 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 24, 756–762. doi:10.1590/S0102-33062010000300019
- Scarano, F.R., 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Ann. Bot.* 90, 517–524. doi:10.1093/aob/mcf189
- Schöngart, J., 2008. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *For. Ecol. Manage.* 256, 46–58. doi:10.1016/j.foreco.2008.03.037
- Scotland, R.W., Wortley, A.H., 2003. How Many Species of Seed Plants Are There? *Taxon* 52, 101–104.
- Silva, G.C., Nascimento, M.T., 2001. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão). *Rev. Bras. Botânica* 24, 51–62. doi:10.1590/S0100-84042001000100006
- SOS Mata Atlântica, F., 2010. Relatório de Atividades 2010.
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R., Lima, J.C.A., 1991. *Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal*, Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. doi:ISBN 85-240-0384-7
- Villela, D.M., Nascimento, M.T., Aragao, L.E.O.C., da Gama, D.M., 2006. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. *J. Biogeogr.* 33, 506–516. doi:10.1111/j.1365-

2699.2005.01453.x

- Wimmer, R., 2002. Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change. *Dendrochronologia* 20, 21–36. doi:10.1078/1125-7865-00005
- Witovisk, L., Alves, R.J.V., Guimarães, A.R., da Silva, N.G., 2017. The dead forest on Trindade Island was not monospecific, says the wood. *IAWA J.* 0, 1–11. doi:10.1163/22941932-20170183
- Worbes, M., 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia* 20, 217–231. doi:10.1078/1125-7865-00018
- Worbes, M., 1995. How to measure growth dynamics in Tropical Trees. *IAWA J.* 16, 337–351. doi:10.1163/22941932-90001424
- Zhu, L., Zhang, Y., Li, Z., Guo, B., Wang, X., 2016. A 368-year maximum temperature reconstruction based on tree-ring data in the northwestern Sichuan Plateau (NWSP), China. *Clim. Past* 12, 1485–1498. doi:10.5194/cp-12-1485-2016