

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil

Moisés Silveira Lobão

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2011**

Moisés Silveira Lobão
Engenheiro Florestal

Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

Orientador:
Prof. Dr. **MÁRIO TOMAZELLO FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2011**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Lobão, Moisés Silveira

Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil / Moisés Silveira Lobão. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. -- Piracicaba, 2011.

215 p. : il.

Tese (Doutorado) -- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Árvores florestais - Acre 2. Cedro 3. Dendrocronologia 4. Densimetria de raios X
5. Estrutura da madeira 6. Fenologia 7. Manejo florestal 8. Paleoclimatologia I. Título

CDD 634.9756
L796d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Raimunda I. S. Lobão e João Silvério Lobão, que mesmo com todas adversidades me proporcionaram uma educação pautada no caráter e na solidariedade.

Aos meus irmãos em especial ao Carlos (in memoriam) que sempre me incentivaram a continuar os meus estudos, e me auxiliaram a continuar firme no caminho dos meus objetivos.

A minha companheira Leila Priscila (Xiua) que nesse momento difícil, demonstrou compreensão, amor, carinho, paciência e sempre me deu força para que chegasse ao final de mais uma grande etapa de minha vida profissional.

Aos meus alunos do Acre que até hoje me incentivam a seguir essa profissão árdua, mas muito prazerosa da academia.

Ao povo brasileiro que possibilita a existência de escolas e universidades públicas com boa qualidade de ensino e que desenvolvem pesquisas relevantes para nosso país e para o mundo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Mario Tomazello Filho, que me deu a oportunidade de realização desse trabalho e abriu várias portas para que o mesmo se tornasse realidade.

Ao Prof. Dr. Ricardo Marius Della Lucia que foi meu primeiro grande mestre e ao Dr. Fidel Alejandro Roig que me indicou o caminho da dendrocronologia e me deu a grata oportunidade de percorrer essas trilhas tão fascinantes.

Aos demais pesquisadores Prof. Dr. Edson Vidal, Dr. Paulo Botosso, Dr. Claudio Lisi e a Dra Cátia Callado que muito contribuíram para minha formação e me ajudaram a desvendar esse mundo novo, cheio de novidades e enigmas interessantes que encontrei durante a realização desse trabalho.

Aos meus colegas professores e pesquisadores do Acre, Dr. Elder Morato, Dr. Marco Amaro, Prof^a Janaguassu de Oliveira, Prof^a Keiti Pereira, Dr. Marco Antônio Oliveira, Dr. Edmilson Cruz, o técnico florestal Givanildo, os engenheiros florestais Edson e Isaac, a empresária da Acre Brasil Verde Madeireira Sr^a. Adelaide de Fátima Oliveira e todos os demais que contribuíram para a concepção desse trabalho e que se esforçaram para que eu pudesse realizá-lo.

Todos os mateiros e pessoal de campo, em especial ao Sr. Raimundo (in memorian) e ao Sr. Portela que me auxiliaram nas coletas e identificação das árvores e que muito me ensinaram sobre a floresta, através de suas histórias (causos).

Aos dois futuros engenheiros florestais Arthur Cavalcanti e Daniel Costa que estiveram juntos comigo nessa empreitada e que me proporcionaram grandes trocas de conhecimento.

Ao Doutor por notório saber, reconhecido pela USP e várias outras instituições, Sr. Antônio do IPT, a Prof^a.Dr^a Celia Montes do NUPEGEL/Cena /USP, a Prof^a.Dr^a Beatriz Glória e a técnica Marly da Botânica/Esalq/USP que me ensinaram novas técnicas e me deram oportunidade de aprofundar nas análises de minha pesquisa.

A grande família do LAIM, em especial a Maria, nossa 2^a mãe, e os colegas (Jedi, Carlão, Matheus, Angel, Alberto, Mauro, Guilherme, Tarso, Ugo, Marta Leite, Mayra, Israel, Luis, Boris, Victor, Vinicius, Alisson, Marco Arizapana, Cláudio) e agregados (Marta Muniz, Aline, Celim, Philipe, Renata, Juliana) que estiveram sempre unidos, seja no trabalho árduo ou nas inúmeras ocasiões de descontração no nosso laboratório.

A todos os amigos da APG que me deram oportunidade de conhecer a fundo a Pós-graduação da Esalq/USP, bem como, a possibilidade de contribuir junto com meus pares para a melhoria das nossas condições de estudo e trabalho, e conseqüentemente, da nossa Pós graduação.

Aos amigos da Floresta, Biba, Saly, Angela, Filipe, Lauro, Fava, Sérgio, Alexandre, Vinicius, Geovana, Catarina e demais professores, funcionários e pós-graduandos que contribuíram para nossa mobilização e que consecutiu na melhoria de nosso Curso de Pós-graduação.

A turma de English Class, em especial ao Prof. Bianchi, que muito me motivou, com sua forma descontraída, a superar as minhas inúmeras dificuldades.

Aos demais colegas Manu, Paula, Marise, Sueli, Sâmala, Berenice, Buia, Chico, Luciana, GicKa, Pedrinho, entre vários outros, que se fizeram presentes em minha vida durante essa minha jornada em Piracicaba

Enfim, são muitas pessoas envolvidas na realização desse trabalho e que foram fundamentais para o nascimento dessa tese.....

EPÍGRAFE

O Vosso tanque *General*, é um carro forte
Derruba uma floresta, esmaga cem Homens,
Mas tem um defeito
Precisa de um motorista

O vosso bombardeiro, *general*, é poderoso:
Voa mais depressa que a tempestade
E transporta mais carga que um elefante
Mas tem um defeito
Precisa de um piloto.

O homem, meu *general*, é muito útil:
Sabe voar, e sabe matar
Mas tem um defeito
Sabe pensar

Berthold Brecht

SUMÁRIO

RESUMO.....	15
ABSTRACT	17
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Hipóteses e Objetivos	20
1.1.1 Hipóteses	20
1.1.2 Objetivo geral	21
1.1.3 Objetivos específicos	21
1.2 Revisão Bibliográfica.....	22
1.2.1 O estado do Acre	22
1.2.1.1 Aspectos sócio-econômicos.....	22
1.2.1.2 Fisiografia	24
1.2.1.3 Clima.....	24
1.2.1.4 Solos.....	25
1.2.1.5 Vegetação.....	26
1.2.2 O Gênero <i>Cedrela</i>	26
1.2.2.1 A espécie <i>Cedrela odorata</i>	27
1.2.2.2 A espécie <i>Cedrela fissilis</i>	29
1.2.3 A espécie <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	31
1.2.4 Relações da fenologia e atividade do câmbio	32
1.2.5 A dendrocronologia	34
1.2.5.1 A dendrocronologia nos trópicos.....	34
1.2.5.2 A dendroecologia e a dendroclimatologia	35
1.2.5.3 Potencialidade da dendrocronologia no manejo florestal.....	37
1.2.6 A importância do manejo florestal e os seus efeitos nas florestas tropicais	38
1.2.7 Qualidade da madeira e seu uso múltiplo	42
Referências	43
2 FENOLOGIA, CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO ANEL DE CRESCIMENTO E INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO DAS ÁRVORES DE <i>Cedrela fissilis</i> , <i>Cedrela odorata</i> E <i>Schizolobium parahyba</i> VAR. <i>amazonicum</i>	55
Resumo	55

Abstract.....	55
2.1 Introdução.....	56
2.2 Materiais e métodos	58
2.2.1 Caracterização do local	58
2.2.2 Identificação das árvores de <i>Cedrela fissilis</i> , <i>Cedrela odorata</i> e de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	60
2.2.3 Demarcação das parcelas experimentais e avaliação do incremento mensal na circunferência do tronco das árvores	61
2.2.4 Avaliação da fenologia das árvores	62
2.2.5 Marcação do câmbio e a formação dos anéis de crescimento	63
2.2.6 Análises estatísticas	63
2.3 Resultados e discussão.....	64
2.3.1 Identificação das árvores de <i>Cedrela fissilis</i> , <i>Cedrela odorata</i> e de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	64
2.3.2 Fenologia das árvores e as correlações com as variáveis climáticas.....	66
2.3.2.1 <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cedrela odorata</i>	66
2.3.2.2 <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	68
2.3.3 Incremento em circunferência do tronco das árvores	73
2.3.3.1 <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cedrela odorata</i>	73
2.3.3.2 <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	75
2.3.4 Marcação de câmbio e formação anatômica diferenciada do tecido e anuidade na formação dos anéis de crescimento das árvores.....	80
2.3.4.1 <i>Cedrela odorata</i> e <i>Cedrela fissilis</i>	80
2.3.4.2 <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	86
2.3.5 Caracterização dos anéis de crescimento falsos no lenho das árvores	89
2.3.5.1 <i>Cedrela odorata</i> e <i>Cedrela fissilis</i>	89
2.3.5.2 <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	92
2.4 Conclusões.....	94
Referências.....	94
3 DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cedrela fissilis</i> E <i>Schizolobium parahyba</i> VAR. <i>amazonicum</i> NO ESTADO DO ACRE, BRASIL	101

Resumo	101
Abstract	101
3.1 Introdução	102
3.2 Materiais e métodos	104
3.2.1 Caracterização do local de estudo	104
3.2.2 Caracterização do clima	105
3.2.3 Extração e preparo das amostras do lenho das árvores para a mensuração dos anéis de crescimento	107
3.2.4 Análise dendrocronológica	107
3.3 Resultados e discussão	108
3.3.1 Dendrocronologia de <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cedrela odorata</i>	108
3.3.2 Dendrocronologia de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	115
3.3.3 Dendroclimatologia de <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cedrela odorata</i>	117
3.3.4 Dendroclimatologia de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	121
3.3.5 Influência do El Niño na formação dos anéis de crescimento de árvores de <i>Cedrela</i> sp. e de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	122
3.4 Conclusões	125
Referências	125
4 DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE <i>C. odorata</i> , <i>C. fissilis</i> E DE <i>Schizolobium parahyba</i> VAR. <i>amazonicum</i> APLICADA NO MANEJO FLORESTAL SUSTENTADO NO ESTADO DO ACRE, BRASIL.....	131
Resumo	131
Abstract	131
4.1 Introdução	132
4.2 Materiais e métodos	134
4.2.1 Descrição dos sítios e caracterização das árvores selecionadas	134
4.2.2 Contagem e mensuração dos anéis de crescimento	134
4.2.3 Modelos de crescimento e idade técnica de corte e análise estatística dos dados.....	135
4.3 Resultados e Discussão.....	137
4.3.1 Distribuição dos diâmetros das árvores	137

4.3.2	Número e largura dos anéis de crescimento	137
4.3.3	Modelo de crescimento e idade técnica de corte (ITC) das árvores de <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cedrela odorata</i>	138
4.3.4	Modelo de crescimento e idade técnica de corte das árvores de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	144
4.3.5	Similaridade dendrocronológica entre as espécies e os ambientes	146
4.4	Conclusões e recomendações no manejo florestal sustentável	150
	Referências.....	151
5	CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO LENHO DE ÁRVORES DE <i>Cedrela fissilis</i> , <i>Cedrela odorata</i> E <i>Schizolobium parahyba</i> VAR. <i>amazonicum</i> DO ESTADO DO ACRE, BRASIL	153
	Resumo	153
	Abstract.....	153
5.1	Introdução.....	154
5.2	Materiais e métodos	155
5.2.1	Caracterização do local de estudo.....	155
5.2.2	Demarcação das árvores no campo	156
5.2.3	Extração das amostras do lenho das árvores.....	158
5.2.4	Avaliação da estrutura anatômica do lenho	158
5.2.5	Densitometria de raios X aplicada na análise do lenho e dos anéis de crescimento	159
5.2.6	Análises estatísticas	160
5.3	Resultados e discussão.....	161
5.3.1	Estrutura anatômica do lenho de <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cedrela odorata</i>	161
5.3.1.1	Descrição da estrutura anatômica do lenho	161
5.3.1.2	Caracterização do lenho de <i>Cedrela sp</i> na REC: fibras e vasos.....	162
5.3.1.3	Caracterização do lenho de <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cedrela odorata</i> na FSJ: fibras e vasos.....	164
5.3.2	Estrutura anatômica do lenho de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> ..	164
5.3.2.1	Descrição da estrutura anatômica do lenho	164

5.3.2.2	Caracterização do lenho de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> : fibras e vasos	167
5.3.3	Densitometria de raios X aplicada na análise dos anéis de crescimento e qualidade do lenho de <i>Cedrela</i> sp. na REC	176
5.3.4	Densitometria de raios X aplicada na análise dos anéis de crescimento e da densidade do lenho de <i>Cedrela</i> sp. na FSJ	178
5.3.5	Densitometria de raios X aplicada na análise dos anéis de crescimento e da densidade do lenho de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	178
5.3.6	Análise multivariada por análise de componentes principais para os parâmetros do lenho das árvores de <i>Cedrela</i> sp. da REC	182
5.3.7	Uso múltiplo do lenho das árvores de <i>Cedrela</i> sp. e de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	187
5.4	Conclusões e recomendações de uso múltiplo da madeira	190
	Referências	191
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	195
	ANEXOS	197

RESUMO

Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil

O estado do Acre possui uma vocação eminentemente florestal, devido a alta abundância natural de espécies madeireiras em um ecossistema caracterizado pela biodiversidade de espécies tropicais. Pesquisas em dendrocronologia nessa região tropical indicam que 35-50% das espécies arbóreas formam anéis de crescimento. Neste sentido, a dendrocronologia, método baseado na análise de anéis de crescimento anuais no lenho, torna-se importante ferramenta, fornecendo dados de longos períodos de crescimento e estimativas acuradas da idade das árvores, para o entendimento da dinâmica da floresta e desenvolvimento de sistemas de manejo florestal sustentados. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi o de estudar três espécies arbóreas de ocorrência natural no Acre, verificar a influência da quantidade total e distribuição sazonal de pluviosidade, temperatura e evapotranspiração, e os aspectos fenológicos apresentados por cada espécie, no seu crescimento em diâmetro e na qualidade do lenho produzido. O estudo foi realizado em três diferentes sítios, sendo que na Reserva Experimental Catuaba, havia três diferentes microsítios: floresta primária, borda de floresta e pastagem. Avaliou-se mensalmente o incremento em circunferência do tronco das árvores com dendrômetros e a fenologia com observações visuais das árvores das espécies selecionadas. Foram retiradas amostras de lenho no DAP do tronco para as avaliações dendrocronológicas, de densitometria de raios X e anatômicas do lenho. Verificou-se que a fenologia das árvores das espécies estudadas é regulada pela precipitação no mês corrente ou dos meses anteriores. Observou-se que a formação dos anéis de crescimento das árvores dessas espécies é regulada pela evapotranspiração, e pelas fenofases de queda e brotação de folhas nas diferentes estações sazonais do ano, indicando que possuem potencial para estudos paleoclimáticos. A análise da densitometria de raios X e anatômica do lenho mostrou ser possível separar seções de lenho juvenil e adulto no sentido radial do tronco das árvores. Houve diferença significativa no ritmo de crescimento do tronco das árvores entre as espécies, sítios e microsítios. Há grande potencial do uso da dendrocronologia aliada ao uso de parcelas de inventário permanente para a definição do ciclo de corte das árvores dessas espécies.

Palavras-chave: Anatomia da madeira; Densitometria de raios X; Dendrocronologia tropical; Manejo florestal; Amazônia; Câmbio vascular; Dendroclimatologia

ABSTRACT

Dendrochronology, phenology and cambium activity and quality of the wood trees of *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. and *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, in Acre state, Brazil

The state of Acre has an eminently forest asset due the high natural timber species abundance in an ecosystem characterized by the biodiversity of tree tropical species. Researches in dendrochronology in this tropical region indicate that 35-50% of species form tree rings. Therefore, dendrochronology, a method based on tree ring analysis becomes important tool, providing data for long growth periods and accurate estimates of trees age, to understanding the forest dynamics and the development of sustainable forestry management. Thus, the objective of this research was to study some tree species of natural occurrence in Acre, verify influence of total amount and seasonal distribution of rainfall, temperature and evapotranspiration, and phenological aspects presented by each species in their growth in diameter and quality of timber produced. The study was conducted at three different sites, and in the Catuaba Experimental Reserve in three different microsities: primary forest, pasture and forest edge. The increase in the circumference the trunk was assessed monthly with a dendrometer and phenology was evaluated with visual observations in selected tree species. Samples were collected from wood in the DBH of the trunk for dendrochronological, X-ray densitometry and wood anatomy assessments. It was found that the phenology of the trees species is regulated by rainfall in the current month or previous months. It was observed that the formation of growth rings of trees of these species is regulated by evapotranspiration, and by phenophases of fall and sprouting new leaf during the year, indicating that these species have potential for paleoclimate studies. The analysis of X-ray densitometry and anatomical of the wood allowed to separate portions of the juvenile and adult wood in radial section of the trunk. There were significant differences in the growth of the trunk of trees between species, sites and microsities. There is great potential for the use of dendrochronology combined with the use of permanent inventory plots to define cutting cycles for these species.

Keywords: Wood anatomy; X-ray densitometry; Tropical Dendrochronology; Forest management; Amazon; Vascular cambium; Dendroclimatology

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira concentra uma das maiores reservas de recursos naturais do planeta, representada por uma grande massa de ecossistemas aquáticos, alta biodiversidade e pela imensa riqueza florestal, sendo a exploração e o processamento industrial de madeira uma das principais atividades econômicas.

A importância dessa atividade justifica-se, principalmente, pela presença do setor madeireiro em praticamente todos os municípios da Amazônia, impulsionando de forma direta ou indireta as suas economias e gerando cerca de 400 mil empregos (5% da população economicamente ativa da região), com uma receita bruta de US\$ 2,3 bilhões (BRASIL; IMAZON, 2010).

A partir da década de 1970, a política do governo federal de ocupação da Amazônia brasileira promoveu a construção de rodovias para impulsionar o desenvolvimento, como a BR 364, interligando os estados de Rondônia e do Acre às regiões centro-oeste, sudeste e sul do país. A malha de rodovias proporcionou o desenvolvimento da exploração madeireira, como atividade de grande importância econômica, pelas extensas áreas de florestas ricas em árvores produtoras de madeira nobre, de baixo custo, pela ausência de legislação e fiscalização ambiental e fundiária, complementada pela alta demanda de madeira no país, face ao esgotamento das reservas florestais na região sul (LENTINI et al., 2005).

Atualmente, a atividade de exploração madeireira permanece como uma das principais indutoras do desenvolvimento econômico da região conhecida como “Arco de Fogo”. No estado do Acre, o setor florestal proporcionou em 2009, uma receita bruta de 181,96 milhões de reais, criando 4.641 empregos diretos e indiretos, havendo o empenho do Estado na organização e capacitação da cadeia produtiva visando promover a geração de benefícios econômicos e sociais e, ao mesmo tempo, a aplicação do manejo sustentável dos recursos florestais (BRASIL; IMAZON, 2010; ACRE, 2009).

Para isso, o conhecimento da idade e da taxa de crescimento das árvores, através da aplicação da dendrocronologia (análise dos anéis de crescimento no lenho do tronco das árvores) é fundamental no fornecimento de subsídios cientificamente embasados com vista à manutenção da biodiversidade, da utilização de práticas de

manejo florestal sustentável, avaliação do ciclo do carbono, do efeito do aquecimento global, etc.

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo estudar os mecanismos de formação dos anéis de crescimento no lenho das árvores, e sua aplicação na avaliação da idade, da dinâmica do crescimento radial do tronco e de parâmetros de qualidade do lenho das árvores. Visa, da mesma forma, avaliar a relação dos anéis de crescimento com as condições climáticas locais para subsidiar as práticas de manejo florestal contribuindo para o desenvolvimento sustentável do estado do Acre e da região.

A tese encontra-se dividida em cinco capítulos. O primeiro corresponde à introdução geral que descreve de uma forma sucinta, as características sócias, econômicas e ambientais do Estado do Acre, além de aspectos teóricos relacionados aos temas abordados nos demais capítulos. O segundo capítulo trata da fenologia, incremento radial e caracterização anatômica do anel de crescimento das espécies estudadas. O terceiro capítulo aborda a dendrocronologia das árvores dessas espécies dando ênfase a dendroclimatologia e dendroecologia das espécies. No capítulo 4 trata do uso da dendrocronologia aplicada no manejo florestal sustentável dessas espécies. E por fim o capítulo 5 faz uma caracterização da qualidade do lenho das árvores nos diferentes ambientes estudados.

1.1 Hipóteses e Objetivos

1.1.1 Hipóteses

1) As espécies arbóreas tropicais, como já comprovadas nas espécies de clima temperado, possuem uma sazonalidade em sua atividade cambial e em suas fenofases vegetativas e reprodutivas, o que pode auxiliar na identificação da periodicidade das zonas de crescimento e possibilitar a determinação exata de sua idade, bem como, as taxas de crescimento radial ocorrida ao longo do ciclo de vida das árvores da região do Acre, em particular das espécies de *Cedrela* e *Schizolobium* que apresentam anéis de crescimento anuais.

2) A existência de um sinal climático comum que influencia o incremento radial do tronco das espécies avaliadas serve como potencial para estudos dendroclimatológicos para reconstrução do clima e de estudos da freqüência de

eventos El Niño passados. O desenvolvimento dos anéis de crescimento das espécies de *Cedrela fissilis*, *C. odorata* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* respondem principalmente a variabilidade da precipitação. Os eventos climáticos extremos como as secas produzidas pelo El Niño, incidem negativamente sobre estas espécies.

3) Os conhecimentos sobre o crescimento e a idade das árvores, fornecem importantes informações sobre a massa de carbono fixado anualmente no lenho das árvores, a dinâmica de populações e determinação de perturbações recorrentes no ecossistema ao longo do tempo, o qual subsidiará as práticas de manejo florestal, visando o desenvolvimento sustentável da floresta.

4) A ocorrência de injúrias no lenho das espécies de *Cedrela fissilis*, *C. odorata* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* podem provocar alteração na formação do tecido lenhoso, induzindo a formação de camadas de crescimento diferenciadas e a formação de anéis falsos.

5) O uso da densitometria de raio X e a quantificação e caracterização dos elementos anatômicos do lenho das espécies arbóreas são as principais metodologias a serem utilizadas para determinar parâmetros de qualidade da madeira visando seu uso múltiplo. Além disso, a densitometria de raios X pode auxiliar na demarcação dos anéis de crescimento, devido à diferenciação anatômica e de densidade aparente que ocorre no lenho durante seu período de dormência.

1.1.2 Objetivo geral

Realizar estudos dendrocronológicos visando a determinação da idade das árvores, das taxas de crescimento radial e a definição de parâmetros de qualidade da madeira em três espécies arbóreas amazônicas, além de verificar o potencial dessas espécies para estudos paleoclimáticos no Estado do Acre.

1.1.3 Objetivos específicos

1. Analisar a fenologia, ritmo de crescimento radial e a formação dos anéis de crescimento formados no lenho das espécies de árvores estudadas e relacioná-la com a sazonalidade climática na região leste do Estado do Acre.

2. Verificar o potencial dendroclimatológico das espécies estudadas para reconstrução do clima e de efeitos climáticos globais como o El Niño.
3. Determinar as larguras dos anéis de crescimento anuais formados no lenho visando à determinação da idade e de taxas de crescimento radial das árvores para construção de modelos de crescimento diamétrico e de produção nas áreas estudadas.
4. Determinar os parâmetros de qualidade da madeira através da técnica de densitometria de raios X e análise microscópica (quantitativa e qualitativa) dos elementos anatômicos formadores do lenho das espécies arbóreas estudadas.

1.2 Revisão Bibliográfica

1.2.1 O estado do Acre

1.2.1.1 Aspectos sócio-econômicos

O estado do Acre, com uma extensão territorial de cerca de 164.000 km², está localizado no sudoeste da Amazônia, entre os meridianos 74° 04' e 66°05' W e os paralelos 7° 08' e 11° 38' S. A população do estado é de aproximadamente 732.793 habitantes, com cerca de 336.000 habitantes concentrados na sua capital, Rio Branco (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011).

O Acre é formado por 22 municípios, com atividades ligadas à exploração da borracha e agricultura de subsistência, sendo a sua indústria incipiente, com a maior parte dos produtos de consumo proveniente de outras regiões do país (ACRE, 2000).

O Acre atraiu grande número de colonos no século passado, no auge da atividade econômica de extração de látex e de produção de borracha natural. Atualmente, uma reduzida parcela da população garante a sua subsistência trabalhando na extração da borracha nos seringais da floresta Amazônica que permite, todavia, a obtenção de alimentos, medicamentos naturais, etc. (IBGE, 2000).

A partir dos anos 70, a expansão da fronteira agropecuária e madeireira no estado do Acre foi acompanhada por sérios conflitos sociais, com restrição de acesso a terra e a outros recursos naturais, resultando em alta taxa de desistência nos projetos de assentamento rural e, em conseqüência, o crescimento desordenado de Rio Branco e de outros municípios (SOARES-FILHO et al., 2005).

Na grande região da capital Rio Branco, o desmatamento é maior do que no restante do estado devido à rodovia BR 364, que interliga o estado do Acre a outros estados do país, com a pecuária e a exploração de madeiras sendo as principais atividades econômicas (FUNDAÇÃO TECNOLÓGICA DO ACRE- FUNTAC, 1990).

A atividade industrial no estado do Acre é voltada para a produção de alimentos, madeira, cerâmica e mobiliário, sendo parte exportada, com destaque no ano de 2007, para a madeira compensada (39,5%), serrada (25,65%) e sementes de castanha do Pará (19,19%) (ACRE, 2009).

O estado do Acre possui 6 milhões de hectares potencialmente aptos para o suprimento de matéria-prima para a indústria florestal, distribuídos em florestas comunitárias, florestas públicas e outros reservados ao manejo florestal empresarial (ACRE, 2006).

O governo do Estado do Acre tem realizado uma política de valorização do setor florestal, o que tem colocado o Acre em evidência nesse setor, sendo o único estado da região amazônica a registrar um aumento significativo na receita bruta do setor madeireiro entre 1998 e 2009; passando de R\$ 21 milhões para R\$ 182 milhões. Mesmo em plena crise econômica mundial, obteve um aumento na proporção de madeira beneficiada de 12% em 1998 e 2004, para 22% em 2009 (BRASIL; IMAZON, 2010).

De maneira geral, as indústrias madeireiras instaladas na Amazônia Legal, incluindo as do Acre, estão próximas às áreas de cobertura florestal (LENTINI et al., 2005; ROBERT et al., 2005; BRASIL; IMAZON, 2010). Porém, uma das grandes dificuldades é a falta de infraestrutura para o transporte da matéria-prima para o sul e sudeste do Brasil e para os países importadores, levando o governo brasileiro a investir na construção da estrada intra-oceânica, ligando o Brasil ao oceano Pacífico, tendo como acesso o estado do Acre (ROBERT et al., 2005, ZEVALLOS, 1993).

Tal fato justifica-se por hoje o Brasil ter a maior parte de suas transações comerciais com os países do sudeste asiático, destacando-se o comércio com a China, cujas exportações, principalmente de produtos agropecuários, cresceram mais de 300% entre 1996 e 2003, (BARROS, 2008). Em algumas empresas madeireiras do Acre, cerca de 50% da produção tem como destino os países asiáticos, e que atualmente são

escoados através do Porto de Paranaguá, distante mais de 3,7 mil quilômetros (ROBERT et al., 2005).

1.2.1.2 Fisiografia

A estrutura do relevo do Estado do Acre está representada pela Depressão Amazônica, pelo Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental e pela Planície Amazônica, caracterizados, respectivamente, por uma extensa superfície rebaixada, baixos platôs e grandes áreas alagadiças e lagos (IBGE, 2005).

O estado possui um relevo composto, predominantemente, por rochas sedimentares que formam uma plataforma regular ou planície Amazônica, que desce suavemente desde os 300 m em cotas da ordem de 200 m desde as fronteiras com a Bolívia e o Peru, para pouco mais de 100 m nos limites com o estado do Amazonas; possui também planícies aluviais margeando os rios e pelos níveis de terraços descontínuos, remanescentes de sedimentos desenvolvidos durante o Pleistoceno Superior (BRASIL, 1976).

Seu relevo, no geral, é dissecado em colinas e em formas tabulares sem áreas deprimidas na sua maior parte. O ponto mais elevado localiza-se na Serra do Divisor, de idade Terciária desenvolvida sobre a Formação Solimões, e uma ramificação da Serra Peruana de Contamana, apresentando uma altitude máxima de 600 a 650 m (IBGE, 2005).

1.2.1.3 Clima

De acordo com a Classificação de Köppen, o clima acreano é do tipo equatorial, quente e úmido com umidade relativa em torno de 80 a 90 % nos meses chuvosos e com temperaturas médias anuais variando entre 24,5°C e 32°C permanecendo uniforme em todo o estado, predominando em toda a região amazônica (IBGE, 2005).

Ocorrem duas estações climáticas distintas: uma seca e uma chuvosa. A estação seca inicia-se no mês de maio prolongando-se até outubro, sendo comuns as “friagens”, resultantes do avanço de frentes polares impulsionadas por Massa de Ar Polar Atlântica, que avança pela Planície do Chaco até a Amazônia Ocidental provocando queda de temperatura de até 10° C (ACRE, 2000, IBGE, 2005).

A principal característica da pluviosidade no estado do Acre é a diminuição progressiva da intensidade do período seco no sentido sudeste-noroeste, com 3 meses secos no setor sudeste e menos de 1 no noroeste. A precipitação anual média total é de 1973 mm, com maior e menor precipitação em janeiro e julho, com 298,6 e 25,2 mm, respectivamente (ACRE, 2000; MESQUITA; PAIVA 1995; MESQUITA, 1996)

A temperatura máxima é em torno do 32°C para todo o estado, já a temperatura mínima varia de local para local, sendo Cruzeiro do Sul em torno de 10°C, Brasiléia 17,4°, Rio Branco 20,2°C, Tarauacá: 19,9°C. Nota-se que, apesar das diferenças de temperatura, ela não se constitui em fator limitante para o desenvolvimento das plantas, com exceção da ocorrência de bambus que coincide com áreas cuja temperaturas são menos elevada (ACRE, 2000).

1.2.1.4 Solos

O estado do Acre apresenta significativa diversidade de solos, com relação aos aspectos físico, químico e mineralógico, com predominância de solos ácidos com alta saturação por bases, solos com alta reserva de potássio e baixa de fósforo (SILVA, 1999; WADT et al., 2003).

Desta forma, Wadt (2002) considera que os solos do estado do Acre apresentam propriedades diferenciadas em relação aos da Amazônia, pois a maior parte de seu território é constituída por solos com predominância de argila de alta atividade, alto teor de silte, teor médio a alto de alumínio trocável e, em alguns casos, associado a teor elevado de cálcio e magnésio trocável.

Segundo Ribeiro Neto (2001) e ACRE (2006), os principais solos do estado do Acre são classificados, em termos de expressão territorial, como os argissolos, cambissolos, luvissolos, gleissolos, latossolos, vertissolos, plintossolos e neossolos e nitossolos. Em termos regionais os solos podem ser classificados em Regional do Baixo Acre (metade de argissolos), Alto Acre (90% de argissolos), Purus (45% de cambissolos), Tarauacá/Envira (maior parte de cambissolos) e Juruá (65% de argissolos e 19% de luvissolos).

1.2.1.5 Vegetação

Segundo IBGE (2005), de acordo com o sistema de Classificação da Vegetação Brasileira adaptada ao Sistema Universal (RADAMBRASIL), as florestas do estado do Acre são classificadas em: (i) Floresta Aberta com Bambu Dominante, com 9,40% da área, com concentração de bambus que atingem o dossel e dominam a vegetação; (ii) Floresta Aberta com Bambu e Floresta Aberta com Palmeiras, com 26,20% da área e composta pelas fisionomias de floresta aberta com concentração de bambus, floresta aberta com palmeiras e pequenas manchas de floresta densa; (iii) Floresta Aberta com Palmeiras das Áreas Aluviais, com 5,48%, (iv) Floresta Aberta com Palmeiras, com 7,77%, (v) Floresta Aberta com Palmeiras e Floresta Densa, com 12,12%, (vi) Floresta Densa mais Floresta Aberta com Palmeiras, com 7,20%, (vii) Floresta Aberta com Palmeiras mais Floresta Aberta com Bambu, com 21,02%, (viii) Floresta Aberta com Bambu em Áreas Aluviais, com 2,04%, (ix) Floresta Densa, com 0,53%, (x) Floresta com Bambu mais Floresta Densa, com 0,36%, e (xi) Floresta Densa Submontana, com 0,47%.

O estado do Acre apesar de fazer parte do arco de desmatamento da Amazônia Legal apresenta os menores índices de desmatamento, pela concentração de unidades de conservação, abrangendo 48% da sua área (ACRE, 2000). Os dados do IBGE (2005) mostram um total de 7% de área desmatada, situada ao longo de estradas, ramais, rios, igarapés e no entorno das cidades, além das clareiras existentes no interior das florestas, concentradas na região leste.

1.2.2 O Gênero *Cedrela*

O gênero *Cedrela* é pertencente a família Meliaceae e compreende 7 espécies que se encontram distribuídas nos países da América Latina, porém no Brasil ocorrem naturalmente 3 espécies de *Cedrela*, (i) *C. odorata*, (ii) *C. fissilis* e (iii) *C. angustifolia* (TOMAZELLO FILHO et al., 2000).

Segundo Reitz (1984), as espécies do gênero *Cedrela* são heliófilas ou de luz difusa (REITZ, 1984), sendo essa classificação condizente com sua posição nos estratos superiores na floresta, retratando sua grande necessidade de luz. O mesmo autor descreve sua localização tanto no interior de florestas primárias úmidas, como

também com características de espécie pioneira, por serem encontradas nos capões dos campos do planalto, assim como na vegetação secundária, sobretudo em capoeirões.

As espécies são caducifólias, com a desfolha de junho a agosto, coincidindo com o período de dispersão das sementes. Em vários trabalhos de observações fenológicas de árvores de *Cedrela* verificou-se um padrão de associação entre a frutificação e variáveis climáticas (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992; BOECHERT, 1983; SANTOS; TAKAKI, 2005).

As árvores das espécies do gênero produzem frutos secos e sementes aladas anemocorias, e dispersa suas sementes na estação seca, por esta estação ser a mais favorável para a dispersão das sementes. A frutificação se inicia de setembro a outubro, com a maturação dos frutos até junho e julho quando as sementes são dispersas, favorecidas pela posição da copa, normalmente, no dossel na mata (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992; SANTOS; TAKAKI, 2005).

O brotamento das gemas vegetativas das árvores de *Cedrela* relaciona-se com a temperatura e a precipitação dos dois meses anteriores ao evento de queda das folhas, enquanto que a frutificação está normalmente relacionada com os fatores climáticos que ocorrem no mesmo período, concentrando-se na transição entre a época seca e a chuvosa (PENHALBER, 1995; FERRAZ, et al., 1999; ANDRADE et al., 2008).

Segundo Tomazello Filho et al. (2000), as árvores do gênero *Cedrela* mostram grande potencial para a dendrocronologia, pela (i) ampla diversidade ecológica em vários continentes; (ii) eventos fenológicos distintos; (iii) anel de crescimento de fácil distinção e comprovadamente anuais; (iv) alta taxa de crescimento radial e em altura do tronco; (v) facilidade de extração de amostras do lenho, de densidade média, com o uso do trado de Pressler e (vi) disponibilidade de informações sobre a taxonomia, dendrologia, silvicultura, propriedades da madeira, bem como, da fenologia, atividade do câmbio, etc.

1.2.2.1 A espécie *Cedrela odorata*

Conhecida popularmente como cedro, cedro-rosa, cedro-vermelho no Brasil; cedro colorado, cedro paraíso e cedro blanco na Argentina; cedro rojo, cedro, culche no

Mexico; cedro, cedro Colorado no Peru; cedro na Bolívia, Colômbia e Equador; “red cedar” na Guiana e cedro amargo na Venezuela (VERISSIMO et al., 1998; CAVERS et al., 2003). A *Cedrela odorata* é uma árvore da família das meliáceas, com uma ampla distribuição natural, ocorrendo do México até o norte da Argentina. No Brasil ocorre na Floresta Atlântica, na Amazônia e na Caatinga (TOMAZELLO FILHO et al., 2000).

É uma árvore caducifólia de grande porte, com tronco reto ou tortuoso com sapopemas quase sempre presentes, ocorrendo nos bosques tropicais perenifólios e caducifólios, com boa drenagem chegando a atingir até 35 m de altura em áreas de precipitação de 2500 a 4000 mm/ano, e com menor desenvolvimento em áreas mais secas (TOMAZELLO FILHO et al., 2000). Navarro et al. (2002) estudando 63 famílias de dez populações de árvores de *C. odorata* em habitat úmido e seco, na Costa Rica, verificaram que as plântulas *C. odorata* de áreas secas tendem a ser distintas morfologicamente, com as diferenças indicando incipiente especialização da espécie com o clima da região.

O tronco das árvores é recoberto por casca de cor avermelhada, com fissuras profundas, longas, espaçadas e bem visíveis, com cheiro forte e agradável; com a entre-casca de coloração rosado a amarelada, aspecto fibroso e a madeira de coloração avermelhada (DÁVILA et al., 2008).

As folhas das árvores de *Cedrela* sp. são compostas, alternas, com 6-12 pares de folíolos, opostos e sub-opostos e um folíolo terminal atrofiado. As flores são amarelo-pálidas, unisexuais, cálice em cúpula com sépalos muito pequenos e com córola livre. Os frutos são capsulares marrons-acizentados e com pequenas lenticelas (KLEIN, 1984; DÁVILA et al., 2008).

A árvore de *Cedrela* sp. apresenta porte alto, com madeira de fácil trabalhabilidade e acabamento, incluindo o polimento, ressaltando sua beleza, com possibilidade de substituir o mogno (*Swietenia macrophylla* King), com valor comercial muito elevado. Em virtude da excelente qualidade de sua madeira, o cedro está ameaçado de extinção resultante da exploração seletiva de sua espécie (ALMEIDA et al., 2010).

A madeira seca ao ar possui cor rosa claro no alburno e rosa escuro no cerne, com anéis de crescimento diferenciados por faixas claras, regulares, com concentração

de poros de maior diâmetro, associados ao parênquima marginal. A grã da madeira é reta, de textura média e com brilho; possui massa específica básica de 0,42 g/cm³ (AGUILAR CUMES; AGUILAR CUMES, 1992; MALLQUE; KIKATA, 1994).

Na seção transversal do lenho, a madeira é caracterizada pelos anéis de crescimento distintos, visíveis a olho nú, demarcados pelo parênquima marginal e pela disposição dos vasos em anéis semi-porosos, apresentando diferenças marcantes no diâmetro dos vasos do lenho inicial em relação ao tardio, com grande potencial para aplicação em estudos dendrocronológicos (TOMAZELLO FILHO et al., 2000; ROIG, 2000).

A madeira possui ampla utilização em marcenaria, laminados, carpintaria, construção naval e civil, acabamentos e divisões interiores, móveis de luxo, chapas decorativas, artigos torneados, gabinetes de primeira classe, portas e janelas, molduras; produz um óleo essencial utilizado em perfumaria. (KLEIN, 1984; DÁVILA et al., 2008).

1.2.2.2 A espécie *Cedrela fissilis*

As árvores de *Cedrela fissilis* têm como sinonímia botânica *C. brasiliensis* A.Juss., *Surenus fissilis* (Vell.) O. Kunt., *C. barbata* DC., *C. longiflora* DC., *C. reginelli* DC., *C. tubiflora* Bert., *C. macrocarpa* Ducke e *Cedrela huberi* Ducke (REITZ, 1984). Ocorre na Argentina, Bolívia, Colômbia, Costa Rica, Equador, Panamá, Paraguai, Peru, Venezuela e no Brasil (Klein 1984). No Brasil as principais regiões fitoecológicas de ocorrência da espécie são a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica e Floresta Amazônica), Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual (ANGELI, 2005; REITZ, 1984; TOMAZELLO FILHO et al., 2000).

As árvores de *Cedrela fissilis* ocorrem normalmente em áreas que apresentam precipitação média anual de 850-2200 mm com estação seca de 3-6 meses e temperatura média anual de 15-25⁰C e sobrevivem tanto na floresta primária, principalmente nas bordas da mata ou clareiras, como na floresta secundária, porém nunca em formações puras, possivelmente pelos ataques severos da broca-do-cedro e

pela necessidade de luz para desenvolver-se, dependendo, portanto, da formação de clareiras (REITZ, 1984; CARVALHO, 1994; TOMAZELLO FILHO et al., 2000).

É uma espécie secundária tardia, anemocoria, floresce normalmente de outubro a dezembro (pico em novembro), com um padrão supra-anual (bianual) de floração. Os seus frutos apresentaram um longo período de maturação, normalmente de dezembro a abril, estando maduros de maio a outubro (KLEIN, 1984; FERRAZ et al., 1999).

Possui baixa densidade de árvores adultas no interior da floresta, apresentando uma frequência de 1-3 árvores/ha; a baixa densidade deve-se, provavelmente, à estratégia de proteção do ataque da *Hypsipyla grandella*, seu principal predador natural, porém possivelmente pode ter também relação com sua necessidade por luminosidade, sendo necessária luz direta ou difusa para seu pleno desenvolvimento (CARVALHO, 1994; REITZ, 1984).

As árvores de *Cedrela* sp. apresentam como característica morfológica a altura de 20-30 m e diâmetro do tronco de até 150 cm, as folhas são compostas paripinadas de 25-65 cm de comprimento, com folíolos lanceolados em pares opostos ou subopostos (REITZ, 1984; SANTOS et al., 2006). Possui inflorescência lateral ou subterminal, com até 8 cm de comprimento, com flores unissexuais e fruto tipo cápsula oblonga com sementes aladas de até 4,5 cm de comprimento, incluindo as asas (REITZ, 1984; PAIVA et al., 2007).

A madeira das árvores de *Cedrela* sp. é considerada de leve-moderadamente pesada ($0,55 \text{ g/cm}^3$), com resistência natural em ambientes secos, com alburno branco ou rosado, distinto do cerne; odor característico e agradável com gosto ligeiramente amargo (MAINIERI; CHIMELO, 1989; LORENZI, 1992). No lenho os anéis de crescimento são distintos, caracterizados pelo parênquima marginal e poros em anéis semi-porosos, considerados anuais e aplicados na dendrocronologia (TOMAZELLO FILHO, 2000; MARCATI, 2000).

Esta espécie madeireira é muito apreciada comercialmente, pelas excelentes propriedades físico-mecânicas, considerada de múltiplos usos, na construção civil, naval e aeronáutica, empregada para a produção de compensados, contraplacados, móveis e na marcenaria em geral (REITZ, 1984; LORENZI, 1992).

1.2.3 A espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

O gênero *Schizolobium* Vogel, compreende 2 espécies, *S. parahyba* var. *parahyba* e *S. parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (CARVALHO, 2007). As árvores das 2 espécies são morfologicamente similares, diferenciando-se pelo florescimento sem caducifolia, pétalas orbiculares e pilosas e sementes maiores (2-3 cm de comprimento e 1,5-2 cm de largura) em árvores de *S. parahyba* var. *parahyba* em relação às de *S. parahyba* var. *amazonicum* (RIZZINI, 1971; PERNÍIA et al., 1998).

As árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* são, também, conhecidas como bandarra, pinho-cuiabano e paricá, e é uma essência florestal pertencente à Família das Leguminosae-Cesalpinoideae (LOCATELLI et al., 2007). Segundo Quevedo (2006) o *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* é uma espécie pioneira de vida longa e desenvolve regeneração abundante após distúrbios provados pela exploração madeireira.

As árvores ocorrem na Amazônia brasileira, venezuelana, colombiana, peruana e boliviana. No Brasil, as árvores são encontradas nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia, até 800 m de altitude, em solos argilosos de florestas primárias e secundárias de terra firme e de várzea alta (CARVALHO, 1994; FALESI; SANTOS, 1996).

As árvores podem alcançar de 15-40 m de altura e 50-100 cm de diâmetro do tronco, cilíndrico e reto, podendo ter sapopemas; com ramificação cimosa, copa ampla e umbeliforme. As árvores são hermafroditas, as panículas terminais medem até 30 cm de comprimento, com flores pequenas; o cálice possui coloração creme-esverdeada; as pétalas são glabras, de formato oblongo e coloração amarela. O fruto é um legume deiscente, obovado-oblongo, achatado, coriáceo ou sublenhoso, glabro, com coloração bege a marrom quando maduro, com 10-16 cm de comprimento (RONDON, 2002; SOUSA et al., 2005).

Os eventos reprodutivos ocorrem nas árvores em áreas abertas e em plantações aos 8-10 e 12 anos, respectivamente. A floração anual das árvores de *Schizolobium* ocorre, normalmente, de abril-maio, a frutificação de agosto-setembro, com dispersão

das sementes por anemocoria. Bianchetti et al. (1997) e Sousa et al. (2005) descrevem no estado do Pará, a floração das árvores ocorrendo de junho-julho e a frutificação de setembro-outubro; Rossi e Vieira (1998) indicam para o sul da Bacia Amazônica o florescimento no início da estação seca (junho-agosto) e a produção de sementes de agosto-outubro.

A madeira dessa espécie possui cerne/alburno indistintos; é bastante leve, com densidade básica de 0,24 g/cm³; textura média-grossa, grã direita-irregular; cerne creme-avermelhado distinto do alburno creme-claro; com anéis de crescimento distintos demarcados pelo achatamento radial das fibras de parede mais espessa no lenho tardio e pelo parênquima marginal em faixa (TOMAZELLO FILHO et al., 2004, LISI et al., 2008, MARCATI et al., 2008).

A madeira possui fácil trabalhabilidade, com bom acabamento, baixa durabilidade natural, suscetível ao ataque de fungos, cupins e insetos xilófagos; sendo empregada na fabricação de palito de fósforo, salto de calçados, brinquedos, maquetes, embalagens leves, canoas, forros, miolo de painéis e portas, formas de concreto, laminados, compensados, etc. (MALLQUE; KIKATA, 1994; LIMA et al., 2003; ALVINO et al., 2005; TEREZO; SZÜCS, 2010; SOUZA et al., 2005).

As árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* são indicada para plantações e sistemas agro-florestais, com potencial na reabilitação de áreas degradadas, pelo rápido crescimento, capacidade de produção e de dispersão de sementes, sendo importante na sucessão secundária da floresta tropical úmida (PIÑA-RODRIGUES et al., 2000; TONINI et al., 2005; MARQUES et al., 2006).

Por sua arquitetura e floração vistosa são recomendadas na arborização de praças e jardins amplos, e em plantações consorciadas propiciam o sombreamento das plantas de cacau e de cupuaçu; são tutores vivos para as plantas de pimenta do reino, além de componente em pastagens e outros sistemas de consórcio. A casca pode ser aplicada na curtição de couros e as folhas como antipirético por etnias indígenas (SOUSA, 2005; OHASHII et al., 2010).

1.2.4 Relações da fenologia e atividade do câmbio

A fenologia refere-se aos eventos biológicos vegetativos e reprodutivos das plantas (brotação e queda foliar, formação de botões, flores e frutos, etc.) e sua relação

com o ambiente biótico e abiótico (MORELLATO, 1990). As observações fenológicas das árvores constituem-se em método utilizado no estudo do ritmo sazonal, pelo registro visual das fenofases (VASCONCELOS, 2006).

Muitos estudos demonstram que o comportamento fenológico e o crescimento periódico de árvores de espécies tropicais são influenciados pelos fatores ambientais, como a precipitação, temperatura, comprimento do dia, etc. (RIVERA; BORCHERT, 2001; WITTMANN et al., 2002; HENRICH, 2004).

Breitsprecher e Bethel (1990) demonstraram a relação inversa entre a atividade cambial e o comprimento do dia e Rivera e Borchet (2001) que a redução no fotoperíodo de 30 minutos induz a floração de várias espécies de árvores tropicais

As árvores de cada espécie apresentam um comportamento fenológico distinto, que é a quebra de dormência no começo da estação chuvosa tornando-se visível quando a brotação após o período seco começa a se desenvolver e, paralelamente, inicie os processos bioquímicos internos resultando na reativação do câmbio (SAVIDGE, 2001).

Algumas espécies de árvores que iniciam a fenofase brotação das folhas no final da estação seca priorizam a chegada de chuva no período. Nas espécies de árvores com fenologia caracterizada pela fenofase brotação tardia das folhas, esta coincide com as primeiras chuvas, após o início da estação de crescimento. Nos dois exemplos, a reidratação do caule ocorre como consequência da redução na área foliar, resultando no restabelecimento do seu potencial hídrico similar ao previsto na estação úmida. Portanto, o comportamento fenológico parece ser controlado pelo estado interno da água nos tecidos das árvores, que são influenciadas pela umidade do solo, umidade relativa do ar, etc. (HENRICH, 2004).

Os métodos para a investigação dos anéis de crescimento e do ritmo de crescimento em diâmetro do tronco de árvores podem ser realizados aplicando-se as observações dos eventos fenológicos e avaliação do incremento em circunferência do tronco usando faixas dendrométricas, ou realizando injúrias cambiais (janelas de Mariaux) com posterior exame das cicatrizes no lenho através da coleta destrutiva (disco) ou não-destrutiva (sonda de Pressler) do lenho das árvores (BOTOSSO et al., 2000).

Segundo Worbes (1995), nas regiões tropicais onde em determinados períodos durante o ano os valores de precipitação pluviométrica são inferiores a 50mm por mês, observam-se que muitas espécies de árvores apresentam caducifólia, em resposta ao estresse hídrico, resultando em dormência ou diminuição do seu ritmo de crescimento e na formação dos anéis de crescimento.

Portanto, os estudos de dendrocronologia em árvores de espécies tropicais devem selecionar as que apresentam características potenciais, relacionadas com a fenologia e a estrutura do lenho. Dentre estas, as da família Meliaceae são uma das mais importantes pelo valor ecológico-econômico, mas, também, pela formação de anéis de crescimento distintos no lenho (TOMAZELLO FILHO et al., 2000).

1.2.5 A dendrocronologia

Dendrocronologia, do grego (dendron: árvore: kronos: tempo, logos: conhecimento), é definida como a ciência da datação das espécies de árvores através dos anéis de crescimento, tendo a sua fundamentação teórica apresentada pelo astrônomo A. E. Douglas, que observou a relação entre o ciclo da atividade solar, o clima terrestre e a formação dos anéis de crescimento (COOK; KAIRIUKSTIS, 1990).

A especialização e o aprofundamento das pesquisas em dendrocronologia transformaram-na em uma ciência pluridisciplinar, constituindo ramos como os da dendroclimatologia, dendroecologia, dendroquímica, etc. (TOMAZELLO FILHO et al., 1999). A aplicação da técnica da análise de anéis de crescimento no lenho das árvores é útil às ciências naturais, sendo feita através da dendroecologia e da dendroclimatologia, aplicando técnicas para a avaliação do efeito das variações ambientais no crescimento do tronco das árvores (NUTTO; WATZLAWICK, 2002).

1.2.5.1 A dendrocronologia nos trópicos

As florestas da região neotropical - pela sua extensão, biodiversidade e valor ecológico e comercial - constituem um reservatório genético e de regulação dos ciclos hidrológicos, do CO₂ e do O₂. As florestas tropicais amazônicas são considerados peças chave para a compreensão do sistema climático global, tornando os estudos dendrocronológicos em árvores de espécies com anéis de crescimento distintos e

sensíveis ao clima fundamentais para estabelecer modelos de variação climática (ROIG, 2000).

A dendrocronologia tropical, porém não teve o mesmo desenvolvimento ocorrido em regiões temperadas, pois durante muito tempo acreditava-se que somente as espécies de clima temperado apresentariam anéis de crescimento anuais, e que as espécies de clima tropical não possuíam sazonalidade anual e, conseqüentemente, não haveria formação de anéis de crescimento bem demarcados (JACOBY, 1989). Esta idéia prevaleceu até o começo do século XX, quando então, diversos pesquisadores anatomistas de madeira e dendrocronólogos demonstraram que nos ambientes tropicais, algumas espécies possuíam ciclos de crescimento diferenciados no lenho em resposta a variações estacionais do clima com a formação de anéis de crescimento anatomicamente distinguíveis (ROIG, 2000).

As incertezas quanto à presença de anéis de crescimento em plantas tropicais foi devido à ocorrência de pequena sazonalidade das chuvas nas regiões tropicais (WORBES, 1995). Roig (2000) resalta que um conjunto de elementos podem ter determinado um menor desenvolvimento dos estudos de anéis de crescimento nos trópicos em relação ao êxito alcançado nas regiões extratropicais. Dentre estes podemos mencionar: i) menor número de espécies com anéis de crescimento distintos; ii) árvores de menor longevidade; iii) a alta taxa de decomposição do lenho etc. Por isso para realizar estudos dendrocronológicos das espécies tropicais é necessário maior esforço para reconhecer a organização anatômica anual do tecido lenhoso.

No entanto, os estudos dendrocronológicos nos trópicos têm obtido êxito nessas últimas décadas, com a comprovação da formação de anéis de crescimento anuais e distintos no lenho das árvores de muitas espécies em determinadas regiões, onde o padrão ambiental é cíclico e definido (WORBES; JUNK, 1999; TOMAZELLO FILHO et al, 1999; ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; HEINRICH, 2004; MARCATI et al., 2006; ROSERO-ALVARADO, 2009).

1.2.5.2 A dendroecologia e a dendroclimatologia

A dendrocronologia é uma disciplina reconhecidamente importante para detectar as mudanças ambientais e climáticas ocorridas em épocas passadas, despertando o interesse na sua aplicação para estudos dendroecológicos e dendroclimatológicos

voltados à produtividade florestal, reconstrução da variabilidade climática, evolução do incremento do CO₂, poluição, etc., que influenciam no crescimento das árvores (ROIG, 2000).

Os estudos dendroecológicos são de grande utilidade na detecção dos processos e mudanças dos regimes ecológicos, considerando que a formação dos anéis de crescimento corresponde ao ano climático/calendário, com a sua análise assegurando o controle temporal dos processos de crescimento, do estabelecimento e da mortalidade das árvores, por integrarem os estímulos ambientais (SCHWEINGRUBER, 1988).

Já a dendroclimatologia fornece uma importante informação para entender a natureza da variabilidade climática e suas implicações para o manejo de recursos naturais. Padrões de variação na largura dos anéis anuais de crescimento têm sido usados como registros da variação climática passada (FRITTS, 1976; COOK; KAIRIUKSTIS, 1989).

O sucesso na detecção dos sinais climáticos pela análise dos anéis de crescimento depende do nível de influência destas variáveis no ritmo de crescimento radial da árvore e a alteração resultante na estrutura anatômica do lenho: a resposta do crescimento das árvores às oscilações climáticas varia com a sua fisiologia e com as características ambientais dentro e entre regiões (VILLALBA; VEBLEN, 1997).

A análise dendroclimatológica pode produzir importantes informações paleoclimáticas, fornecendo subsídios para o estudo das mudanças climáticas. A falta de pesquisas nas regiões tropicais e subtropicais cria uma demanda para a aplicação dos anéis de crescimento anuais das árvores na avaliação de mudanças climáticas - exemplo, verificar a frequência do El Niño-Oscilação do Sul (ENOS), que ocorre nas águas do Oceano Pacífico, alterando as condições climáticas de todo continente Sul americano. As alterações provocadas pelo ENOS resultam em mudanças drásticas na direção e velocidade dos ventos, com alterações no comportamento das massas de ar em várias regiões, por 12-18 meses e em intervalos de 2-7 anos, provocando secas prolongadas nas regiões norte e nordeste do Brasil e aumento das chuvas no sul do Brasil (INPE, 2011; FEARNSIDE, 2006).

Segundo Nobre et al. (2007) e INPE(2011), o aumento da frequência/intensidade do El Niño tem sido registrado (1982/1983, 1997/1998,1990/1993) sendo, portanto,

necessário verificar sua relação com a mudança dos ciclos e/ou com aquecimento global utilizando-se os anéis de crescimento das árvores como parâmetro indireto para detecção desses eventos climáticos.

1.2.5.3 Potencialidade da dendrocronologia no manejo florestal

Um dos grandes obstáculos na sustentabilidade do manejo das florestas tropicais consiste na obtenção de dados de crescimento e de produção de biomassa das árvores. Para isto, é necessário o manejo das árvores das espécies madeireiras, considerando as suas estratégias de crescimento, a variação das condições de sítio, etc. (NEBEL; MEILBY, 2005; SCHÖNGART, 2008).

A aplicação de critérios inadequados de manejo das árvores tropicais pela falta de informações sobre o seu crescimento e regeneração tem efeito negativo e irreversível na estrutura da população, principalmente, quando o crescimento do tronco das espécies é superestimado (FONSECA Jr. et al., 2009).

A formação dos anéis de crescimento segue um ritmo sazonal e geralmente é anual, o que possibilita o controle temporal do crescimento, do estabelecimento e da mortalidade da árvore, e essas informações são incorporadas na estrutura dos seus anéis de crescimento (SCHWEINGRUBER, 1988).

Portanto, a dendrocronologia pode ser utilizada para estudos de produtividade florestal, servindo como ferramenta para a tomada de decisões direcionadas ao manejo florestal, pela fácil acessibilidade de dados importantes, como a idade, a taxa de crescimento das árvores e outras informações importantes extraídas nos seus anéis de crescimento (TOMAZELLO FILHO et al., 2002, ROIG, 2000). Porém, segundo Roig (2000), a aplicação da dendrocronologia em ecossistemas tropicais necessita do apoio de outros métodos, a fim de alcançar dados precisos, como estudo sobre a periodicidade com que se formam os anéis de crescimento na madeira e as taxas de crescimento do tronco das árvores tropicais, utilizando-se parcelas de inventário permanente.

1.2.6 A importância do manejo florestal e os seus efeitos nas florestas tropicais

A dinâmica e a complexidade dos ecossistemas florestas tropicais precisam ser compreendidos, para a sua utilização racional e sustentada; nesse aspecto a fitossociologia, a dinâmica de crescimento é muito importante na tomada de decisões quanto ao melhor sistema silvicultural a ser empregado, com base na regeneração natural dessas espécies (CARVALHO, 2007).

Segundo Asquit et al. (2002), um nível intermédio de perturbação (p ex. a queda de uma árvore no meio da floresta com abertura de clareira) favorece a regeneração e crescimento de árvores de espécies pioneiras e das primárias suprimidas, resultando em um maior nível de diversidade em relação as florestas com dossel totalmente fechado.

A fragmentação dos ecossistemas florestais resulta no aparecimento do efeito de bordas, que provoca uma transição abrupta entre o bosque e a matriz adjacente, originando mudanças nas condições bióticas e abióticas, com consequência negativa e/ou positiva para determinadas espécies vegetais (KATTAN, 2002).

Segundo Murcia (1995), o efeito de borda pode ser classificado em (i) abiótico, com mudança na condição física pela proximidade da borda; e biológico (ii) direto, com mudança na distribuição e abundância de espécies ou recursos e (iii) indireto, com mudança na interação entre espécies (competição, dispersão de sementes, etc.) Por outro lado, as árvores podem se classificadas como (i) pioneira, de rápido crescimento; (ii) de sub-bosque; (iii); de sombra e (iv) generalista, que sobrevive em ambos ambientes, com alto grau de adaptabilidade à luz e grande amplitude ecológica (FERRETTI et. al., 1995).

As árvores presentes na borda e na área inalterada da floresta podem apresentar diferenças na densidade e área basal dos indivíduos (KATTAN, 2002). Welden et al (1991) e Lieberman et al. (1987) compararam árvores de uma espécie de diferentes classes de tamanho, em termos de requerimento de luz de cada árvore, observando diferenças notórias, concluindo que existe uma relação entre o tamanho do individuo e o ambiente em que se desenvolve.

Um dos fatores que mais explicam o efeito de borda é a idade, as bordas recentes podem apresentar efeitos pronunciados, devido ao fato de se encontrarem em condições abióticas muito diferentes da sua matriz. No entanto, com o tempo essas diferenças podem desaparecer devido ao crescimento e desenvolvimento da vegetação (MURCIA, 1996).

A sucessão secundária, processo pelo qual a vegetação lenhosa volta a crescer em um sítio desflorestado, constitui-se em processo contínuo que inicia-se pela colonização do sítio (queda e presença de sementes viáveis no solo, presença de rebrotos, etc.) até chegar a etapas mais avançadas em que a habilidade competitiva das espécies e sua tolerância às condições ambientais, determinadas pela taxa de crescimento, longevidade, grau de tolerância à sombra, entre outros, serão determinantes no padrão de regeneração da espécie (WALKER; CHAPIN, 1987).

Assim, verifica-se que muitos bosques primários tropicais são produto de sucessões secundárias centenárias, que ocorreram após o abandono dos campos agrícolas (BUSH e COLINVAUX, 1994). As florestas secundárias são, desta forma, importantes fornecedores de madeira, provedores de serviços ambientais, protegendo o solo contra a erosão e com alta taxa de fixação de carbono (FEARNSIDE, 2009).

O rápido crescimento das árvores das espécies da floresta secundária lhe confere um enorme potencial de manejo, ainda pouco explorado, face à pressão sobre as florestas primárias. Desta forma, para a sua utilização é importante o manejo florestal, o atendimento dos aspectos legais, as estratégias técnico-políticas e o conhecimento dos processos ecológicos de sucessão secundária (KITZBERGER et al., 2000).

A estrutura, a abundância e a disposição das árvores de uma mesma espécie em diferentes idades e tamanhos são representadas pelos estágios, juvenil e adulto, e pela distribuição da frequência por classe de idade, inferindo-se sobre o estado de regeneração dessa espécie no ecossistema. A variabilidade na produção e a viabilidade das sementes e as condições do seu estabelecimento para maioria das espécies torna o recrutamento pouco provável. Portanto, os mecanismos e a efetividade de sua reprodução são fatores cruciais para avaliar a persistência de diferentes espécies, com efeito na estrutura etária das populações maduras (ASQUITH et al., 2002).

É importante salientar que a vegetação secundária foi parte integral da vida das comunidades da Amazônia (índios, ribeirinhos, seringueiros) há milhares de anos, como fonte de alimento, medicina e matéria prima de vários produtos (GUARIGUATA ; OSTERTAG, 2001). Porém, a Amazônia sofreu nas últimas décadas um desflorestamento predatório e não sustentável da floresta primária, pela crescente demanda de madeiras tropicais. A mobilização mundial contra a ameaça de extinção das florestas levou as instituições governamentais e não governamentais a preconizar o manejo florestal como fundamental para o desenvolvimento sustentável na região (HUMMEL, 2001).

A Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei 11.284/2006), em seu artigo 3º, inciso VI: define como “manejo florestal sustentável a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômico-sociais, através de produtos madeireiros e não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços naturais da floresta, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema”. O manejo florestal no Brasil foi instituído pela Lei nº 4.771, de 15/09/65, com a regulamentação da exploração de florestas na Bacia Amazônica estabelecida Decreto 1.282, de 1994, determinando que ela poderá ser realizada em observância aos planos manejo elaborados por profissionais, com o corte seletivo e restrito aos exemplares adultos com Diâmetro Mínimo de Corte (DMC), propiciando o desenvolvimento das árvores das espécies remanescentes.

As incorporações instituídas pela Instrução Normativa MMA 05 (11/12/2006) e Decreto 5.975 (30/11/2006) estabelecem o DMC de 50 cm para árvores de todas as espécies e não o DMC específico. O mesmo artigo determina que o diâmetro deverá ser estabelecido considerando o ambiente predominante (floresta de terra-firme ou de várzea) e o estado natural da floresta manejada (primária ou secundária).

Apesar do avanço da legislação, há uma lacuna de informações científicas e técnicas para estabelecer o DMC das árvores de centenas de espécies comercializadas. Há necessidade de metodologia que estabeleça o DMC e outros parâmetros relacionados com a dinâmica da floresta, como o crescimento das árvores (produção volumétrica), a mortalidade e o ingresso de novas plantas pela regeneração natural (HUMMEL, 2001; BRIENEN, 2005; ROZENDAAL, 2010).

Sem a intervenção na floresta (ex.: corte de árvores para a extração da madeira) há um complexo e milenar equilíbrio biológico. A atividade de extração induz alteração na composição florística e crescimento das árvores baseado na dinâmica de clareiras, afetando o tempo necessário para o retorno às condições iniciais. Menciona-se, ainda, que o ciclo de corte das árvores entre 20-30 anos é questionado quanto à quantidade (retorno a biomassa inicial) e qualidade (composição da floresta no futuro) do ecossistema remanescente (HUMMEL, 2001).

Para a aplicação bem sucedida do manejo florestal sustentado na produção de benefícios econômicos-sócio-ambientais existe escassez de informações de importantes tópicos, bem como, os impactos da exploração na biodiversidade precisam ser entendidos (BARRETO et. al., 1998). Kageyama e Gandara (1993) observam que não se pode ignorar o processo de sucessão natural da floresta, como a forma da regeneração das espécies, após a ocorrência das clareiras, tornando imprevisível prever as características e a sustentabilidade das próximas gerações.

Outro aspecto que deve ser levantado é que a exploração seletiva é o método comum na floresta tropical úmida na Amazônia, essa seleção de árvores pode afetar a sustentabilidade genética das espécies exploradas, portanto essas informações deveriam ser necessárias para as tomadas de decisões do Manejo Florestal Sustentável, uma vez que o sistema de reprodução de muitas espécies é complexo, tornando-se estas espécies altamente suscetíveis à extinção (EMBRAPA/CPATU, 2000).

Outro ponto importante para estudar a dinâmica das florestas é a determinação da idade das árvores das espécies tropicais. Worbes e Junk (1999) sugerem para estimar a idade das árvores tropicais a (i) medição contínua do diâmetro do tronco por alguns anos e a extrapolação para o diâmetro das arvores; (ii) datação radiocarbônica; (iii) estimativa da idade das árvores com base na taxa de mortalidade aplicando modelo confirmado por outras fontes de dados e (iv) contagem dos anéis de crescimento, sendo considerada a mais precisa.

A dendrocronologia aliada a outros métodos (ex.: monitoramento em parcelas permanente; técnica de modelagem de simulação da sucessão florestal e inferência dos padrões de desenvolvimento, baseados na análise de distintos sítios em diferentes

estágios de desenvolvimento) pode ser aplicada no estudo da dinâmica das florestas que são exploradas pelo manejo florestal (GLENN-LEVIN et al., 1992).

Outro aspecto que deve ser explorado é aliar o manejo florestal sustentável ao uso múltiplo dos produtos florestais, sendo necessários investimentos em pesquisas científicas de técnicas apropriadas de extração dos produtos madeireiros e não-madeireiros, com benefício econômico-ambiental. Isso poderá representar, igualmente, desenvolvimento social, com melhores condições de vida para a população regional, hoje e no futuro, já que se essa atividade, se tornar mais rentável, não continuará itinerante e, conseqüentemente, a área de extração seletiva das árvores será restringida (GARRIDO FILHA, 2002).

1.2.7 Qualidade da madeira e seu uso múltiplo

Um tema relevante e pouco discutido para a viabilização do manejo florestal sustentável é a melhoria na eficiência e otimização da exploração madeireira. Isto envolve os fatores, desde a fase da exploração minimizando o desperdício de madeira na derrubada da árvore, no seu transporte, armazenamento, desdobro e transformação. Recomenda-se para diminuir o desperdício, a melhoria da qualidade da madeira, definindo o manejo e a silvicultura das espécies florestais em função do produto. Além disso, estudos de novos produtos e de espécies alternativas são importantes, para agregar maior valor, tornando o manejo florestal economicamente viável para o desenvolvimento sócio-ambiental (BARRETO et al., 1998; BARBOSA et al., 2001).

A indústria de processamento primário deve produzir madeira serrada de qualidade, com maior aproveitamento a matéria-prima e maior rentabilidade. Gerwing et. al. (2000) reportaram que o aproveitamento de uma tora em madeira serrada nas madeiras da Amazônia alcança em média 34%; nos países industrializados, ex. EUA atinge cerca de 60%, com o aproveitamento dos 40% dos resíduos. O rendimento no processamento da madeira, de acordo com Silva (2003), é resultado de variáveis inerentes à madeira (densidade, grã, composição química, umidade, fator de forma, conicidade do tronco, proporção de madeira juvenil/adulta), equipamento e processo. A estrutura anatômica e a densidade da madeira dependem do crescimento da árvore, da

genética e de manejo, influenciando na sua qualidade e utilização (BRASIL e FERREIRA, 1972; SILVA, 2003).

Segundo Tomazello Filho (1987), o aumento do comprimento das fibras no lenho das árvores é em função da sua idade; as células iniciais fusiformes do câmbio aumentam em comprimento até estabilização iniciando, assim, a formação da madeira adulta. Portanto, a madeira juvenil localiza-se ao redor da medula, com anéis de crescimento mais largos e formados no período inicial de desenvolvimento; a madeira adulta, na porção mais externa do tronco com o câmbio é fisiologicamente maduro; a madeira adulta apresenta valores de densidade e comprimento de fibra maiores e mais estáveis em relação a juvenil (JANKOWSKY, 1979; TOMAZELLO FILHO et al., 1999).

A formação do cerne implica em alterações na qualidade da madeira, pela maior durabilidade natural, pela morte das células do parênquima, o desenvolvimento de tiloses, deposição de extrativo no lume das células, alteração do pH, etc. O processo de secagem da madeira do cerne é mais propício às contrações e colapso (JANKOWSKY, 1979). Desta forma, há necessidade do uso múltiplo da madeira de acordo com a qualidade e as dimensões do fuste das espécies, o que poderia trazer maior ganho no rendimento no processamento da tora e maior agregação de valor nos produtos produzidos (BARBOSA et. al., 2006).

Referências

- ACRE. **Atlas geográfico ambiental do Acre**. Rio Branco: secretaria do meio ambiente do Acre, 1991. 48p.
- Acre ZEE - **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Rio Branco: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. 2000 v.1.
- ACRE. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre**. Zoneamento Ecológico-Econômico fase II. Rio Branco: SEMA, 2006. 354p.
- ACRE, Governo do Estado. **Acre em números 2007/2008**. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico Sustentável – SEPLANDS / Gerência de Estudos e Pesquisas Aplicadas a Gestão – GEPAG, Rio Branco, 2009.181p.
- AGUILAR CUMES, J.M.E,; AGUILAR CUMES, M.A. **Arboles de la biosfera maya petén, guía para las especies del parque nacional Tikal**. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). 1992. 272 p.

ALMEIDA, A.N.; ANGELO, SILVA, J.G.L.; HOEFLICH, V.A. Mercado de madeiras tropicais: substituição na demanda de exportação **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40 n.1 p. 119 – 126. 2010

ALVES, E.S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 21, n.1, p. 3–30.,2000.

ALVINO, F.O.; da SILVA, M.F.F.; RAYOL, B.P. Potencial de uso das espécies arbóreas de uma floresta secundária, na Zona Bragantina, Pará, Brasil – **Acta Amazônica**, Manaus, v.35, n.4, p.413 – 420, 2005.

AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* pela técnica de microdensitometria de raios X. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v. 6, n. 11/12, p.17-23, 1998.

ANDRADE, A.C.O.; LOBÃO, M.S.; MORATO, E.F. Fenologia de árvores de *Cedrela odorata* L. e *Cedrela fissilis* Vell. no estado do Acre In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. 9., 2009. São Lourenço. **Anais ...São Lourenço, 2009 - set. de 2009.** 1 CD-ROM.

ANGELI, A.; BARRICHELO, L.E.G. E MULLER, P.H. ***Cedrella fissilis* (Cedro) Identificação de Espécies Florestais** Piracicaba IPEF – ESALQ-USP SP,2005. 5p.

ASQUITH, N.M. La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. In: GUARIGUATA, M.; KATTAN, E.G. (Ed.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago: Libro Universitario Regional, 2002. p. 377-406

BARBOSA, A.P.; VIANEZ, B.F.; VAREJÃO, M.J.; DE ABREU, R.L.S. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central: In biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia. Brasília set. 2001. 421p. (Parcerias Estratégicas, 12.).

BARRETO, P.; AMARAL, P.; VIDAL, E; UHL, C. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 108, p. 9-26, 1998.

BARROS, L.C.M. Um novo futuro – São Paulo:CEBRAP, Jul. 2008 (Novos Estudos:81).

BIANCHETTI, A.; TEIXEIRA, C.A.D.; MARTINS, E.P. **Épocas de floração e frutificação de espécies florestais nativas da Amazônia Ocidental**. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia. 1997. 2 p. (EMBRAPA Comunicado Técnico, 133).

BORCHERT, R. Phenology and control of flowering in tropical trees. **Biotropica** Washington, v.15, p.81-89, 1983.

BOTOSSO, P.C.; VETTER R.E; TOMAZELLO FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareuba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijiga* Mart. ex Benth, Leg. Caesalpinioideae) de floresta de terra firme, em Manaus-AM. In: ROIG, F.A. (Ed.) - **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 357–380.

BRASIL (Serviço Florestal Brasileiro) E IMAZON (Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia) **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita**

e mercados / Amazônia. Belém, PA Serviço Florestal Brasileiro, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2010. 20p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM-BRASIL, folha sc. 19 - **Rio Branco**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976. 458p.

BREITSPRECHER, A.; BETHEL, J.S. Stem-growth periodicity of trees in a tropical wet forest of Costa Rica. **Ecology**, New York, v. 71, n.3, p. 1156-1164, 1990

BRIENEN, R.J.W. **Tree rings in the tropics**: a study on growth and ages of Bolivian rain forest trees Riberalta. Bolivia: PROMAB, 2005. 40p. (Scientific Series, 10)

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P.A. **Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis**, Bolivia: Programa Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana; Riberalta: PROMAB, 2004. 25p.

BRIENEN, R.J.W.; ZUIDEMA, P.A. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management** Amsterdam, v. 226, p. 256–326, 2006.

BUSH, MARK B.; PAUL, E.; COLINVAUX, A. Tropical forest disturbance: paleoecological records from Darien, Panama. **Ecology**, New York, v.75, p.1761–1768, 1994.

CALDEIRA, S.F.; LIMA, M.F.E.; BEZERRA, R.G. **Desenvolvimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke** Disponível em: www.ufmt.br/agtrop/revista8/doc/07.doc acesso em: 10 dez. 2010.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 639p.

CARVALHO, P.E.R. **Paricá: *Schizolobium amazonicum***. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 2007, 8p. (Circular Técnica,142).

CAVERS, S.; NAVARRO, C.; LOWE, A.J. Chloroplast DNA phylogeography reveals colonization history of a Neotropical tree, *Cedrela odorata* L.in Mesoamerica. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 12, p. 1451–1460, 2003.

CHAGAS, M.P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP**. - 2009. 113 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CHRISTENSEN, K. Tree-rings and insects - the influence of cockchafers on the development of growth rings in oak trees. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECOLOGICAL ASPECTS OF TREE RING ANALYSIS. 1986. New York **Proceedings...** New York: Marymount College Tarrytown, Aug.1986. 17-21p.

COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L. **Methods of dendrochronology**: application on the environmental sciences. Dordrecht: Kluwer Academic, 1989. 394 p.

COSTA, F.H.S.; SILVA, J. R.T.; RIBEIRO NETO, M.A. Caracterização morfológica, física e química e classificação dos principais solos de ocorrência na Fazenda

Experimental Catuaba. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2003.

Anais... Rio Branco: PIBIC, 2003. 1 CD-ROM

DÁVILA, N.; HONORIO, E.; BAKER, T.; RAMIREZ, J.; SALAZAR, A.; VASQUEZ, H.; IRARICA, J.; SAAVEDRA, N.; TELLO, A. **Fichas de identificación de espécies maderables de Loreto – Peru**. Loreto: Instituto de Investigaciones de La Amazônia Peruana, 2008. p. 12-13.

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

FALESI, I.C.; SANTOS, J.C. dos. **Produção de mudas de paricá *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação. 1996. 16p. (Informe Técnico, 20).

FEARNSIDE, P.M. Estoque e estabilidade do carbono nos solos na Amazônia brasileira. pp. 259–262. In: TEIXEIRA, W.; KERN, D.C.; MADARI, B.C.; LIMA, H.N.; WOODS, W.I. (Ed.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 416 p. 1 CD-BOOK

FEARNSIDE, P.M. A vazante na Amazônia e o aquecimento global. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 39, n.231,p. 76-78, 2006.

FERRAZ, D.K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L.M. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia** [online]., v.59, n.2, p. 305-317, 1999

BRASIL, M.A.M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do DAP. **IPEF**, Piracicaba, v.4, p. 81-90, 1972.

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

FINGER, C.A.G.; ELEOTÉRIO, J.R.; BERGER, R.; SCHNEIDER, P.R. Crescimento diamétrico do pau ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no Município de São Sepé, RS., **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.101-108, 1996.

FONSECA JR, S.F.; PIEDADE, M.T.F.; SCHÖNGART, J. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in central amazonian black-water (igapo´) and white-water (várzea) floodplain forests. **Trees - Structure and Function**, Berlin, v.23, n.1, p.127-134, 2009.

FRITTS, H.C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976. 567 p.

FUNTAC. **Monitoramento da cobertura florestal do estado do Acre: Desmatamento e Uso Atual da Terra**. Rio Branco: Secretária de indústria e Comércio; Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, 1990. 214p.

GARRIDO FILHA, I. Manejo florestal: questões econômico-financeiras e ambientais, **Estudos Avançados**, Sao Paulo, v.16, n.45, p.91-106, 2002.

GERWING, J.; VIDAL, E. VERÍSSIMO, D.E.; UHL, C. **Rendimento no processamento de madeira no Estado do Pará.** Belém: Imazon, 2000. 38 p.(Série Amazônia, 18),

GLENN-LEWIN, D.C.; VAN DER MAAREL, E. Patterns and processes of vegetation dynamics. In: GLENN-LEWIN, D.C.; PEET, R.K.; VEBLEN, T.T.(Ed.). **Plant succession: theory and prediction.** Washington: Chapman & Hall, 1992. p. 11-44.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management** Amsterdam, v.148, p.185-206, 2001.

HEINRICH, I. **Dendroclimatology of *Toona ciliata*.** 2004. 235 p. Thesis (PhD in Management Resources and Environmental Science) - School of Resources, Environment and Society, Australian National University, Canberra, 2004.

HUMMEL, A.C. **Normas de acesso ao recurso florestal na amazônia brasileira: o caso do manejo florestal madeireiro.** 2001.101 p. Dissertação (Mestrado na área de de Biologia Tropical e Recursos Naturais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico sócio ambiental e econômico:** área de influência da BR 364 trecho Porto Velho/Rio Branco. Rio de Janeiro, 1992. 132 p.

_____. **Censo Demográfico.** Rio de Janeiro, 2000.

_____. **Potencial florestal do estado do Acre.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005. 10 p. (Relatório Técnico)

_____. **Censo Demográfico 2000.** Brasília, 2001.

_____. **Censo Demográfico 2010,** disponível em <www.ibge.gov.br> Acesso em: 02 fev. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível no: [http:// www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em: 20 maio 2009.

INPE/CPTEC **CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE,** São José dos Campos-SP, 2011. Disponível em: enos.cptec.inpe.br/ acesso em: 10 jan. 2011.

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

JANKOWSKY, I. **Madeira juvenil formação e aproveitamento industrial.** IPEF, Piracicaba, 1979. 15p. (CIRCULAR TÉCNICA, 81.).

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Dinâmica de populações de espécies arbóreas: implicações para o manejo e conservação: In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA,3., 1993. Serra Negra. **Anais....** Serra Negra. 1993. v.2 p. 2-9.

KATTAN, G.H. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En: GUARIGUATA, M.; KATTAN, E.G. (Ed.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales.** Cartago:Libro Universitario Regional, , 2002. p. 561-590.

KITZBERGER, T.; VEBLEN, T.; VILLALBA, R. Métodos dendroecológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. In: ROIG, F.A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina** Mendoza: Ediunc, 2000. p.17-78.

KLEIN, R.M. **Meliáceas. Flora Ilustrada Catarinense**. MELI. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1984. 138p.

LENTINI, M.; PEREIRA, D.; CELENTANO, D.; PEREIRA, R. **Fatos florestais da Amazônia**, Belém: Imazon, 2005. 141 p.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of tropical ecology**, Cambridge, v.3, p.347-358, 1987.

LIMA, S.F; CUNHA, R.L.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, C.A. Comportamento do paricá (*Schizolobium amazonicum* herb.) submetido à aplicação de doses de boro, Lavras **Cerne**, v. 9, n. 2, p. 192-204, jul./dez. 2003.

LISI, C.S., TOMAZELLO FILHO, M., BOTOSSO, P.C.; ROIG, F.A.; MARIA, V.R.B., FERREIRA-FEDELE, L. ;VOIGT, A.R.A.. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous Forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 29, p.189-207, 2008.

LOCATELLI, M.; MELO, A.S.; DE LIMA, L.M.; VIEIRA, A.H. Deficiências nutricionais em mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 648-650, jul. 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F.; ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus-AM: CNPq/INPA, 1979. 169 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2.ed. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MAINIERI, C.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**. São Paulo: IPT, 1983. 241 p.

MALLQUE, M.A.;KIKATA, Y. **Atlas of peruvian woods**, National Agrarian University La Molina – Lima- Peru;Nagoya University Japan, dez.1994. 118p.

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R.F. Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **IAWA Journal**, Utrecht, v.27, n.2, p. 199–211, 2006.

MARCATI, C.R.; MILANEZ, C.R.D.; MACHADO, S.R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). **Trees**, Santa Monica, v. 22, p. 3-12, 2008.

MARCATI, C.R. **Sazonalidade cambial em espécies tropicais**. 2000.147 p. Tese de (Doutorado em Ciências na área de Botânica) - Universidade de São Paulo, 2000.

MARQUES, L.C.T; YARED, J.A.; SIVIERO, M.A.A. **Evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no Estado do Pará**. Belém: EMBRAPA Pará, jun., 2006. 5p.

- MEDEIROS, J.G.S. **Anéis de crescimento de árvores de *Araucaria columnaris* Hook.**: caracterização anatômica, densitométrica e aplicação no monitoramento ambiental. 2005. 85 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- MELO, C.F.M. de. **Relatório ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal sobre a Viabilidade do aproveitamento madeireiro do Paricá (*Schizolobium amazonicum*)**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1973. 6 p.
- MESQUITA, C.C. de. **O Clima do Estado do Acre**. Rio Branco: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA), 1996. 53p.
- MESQUITA, C.C.; PAIVA, R.A. **Estudos básicos das precipitações do Acre**. Rio Branco: SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, 1995. 148p.
- MORATO, E.F. **Efeito da sucessão florestal sobre a nidificação de vespas e abelhas solitárias**. 2004. 128p. Tese (Doutorado em Ecologia, Manejo e Conservação de Vida Silvestre) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.
- MORELLATO, L.P.C. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiá, **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.50, p. 149-162, 1990.
- MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. **Padrões de frutificação e dispersão na serra do Japi**. In: MORELLATO, L.P.C. (Org.) **História natural da serra do Japi**. Ecologia e preservação de uma área de floresta no sudeste do Brasil. Campinas: Ed. Unicamp/Fapesp, 1992. p.112-140.
- MURCIA, C. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. In: (SCHELLOS, J. ; GREENBERG, R. (Ed.). **Forest patches in tropical landscapes** Washington: Island Press, 1996. p.19-36.
- NAVARRO, C.; WARD, S.; HERNÁNDEZ, M. The tree *Cedrela odorata* (Meliaceae): a morphologically subdivided species in Costa Rica. **Revista Biología Tropical**, San Jose, v.50, n.1, p. 21-29, mar. 2002.
- NEBEL, G.; MEILBY, H. Growth and population structure of timber species in Peruvian flood plains. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 215, p. 196–211, 2005.
- NOBRE, A.C.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.59, n.3, p. 22-27, 2007
- NUTTO, L.; WATZLAWICK, L.F. Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na Região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, jul./dez.p 41-55,2002.
- OHASHII, S.T.; YARED, J.A.G.; DE FARIAS, NETO J.T. Variabilidade entre procedências de paricá *Schizolobium parahyba* var *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby plantadas no município de Colares – Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v.40, n.1,p. 81-88, 2010.

- OLIVEIRA, R.S. **Características pedológicas e estrutura de vegetação de floresta primária e secundária no estado do Acre.** 2008. 107 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2008.
- PAIVA, E.A.S.; BUONO, R.A.; DELGADO, M.N. Distribution and structural aspects of extrafloral nectaries in *Cedrela fissilis*(Meliaceae) flora - morphology, distribution, **Functional Ecology of Plants**, London, v. 202, n.6, 31 Aug. p.455-461, 2007.
- PENHALBER, E.F. **Fenologia, chuva de sementes e estabelecimento de plântulas em um trecho de mata em São Paulo, SP.** 1995. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- PERNÍA, N.E. de; ARAQUE, O.; LEÓN, W. Cristales en La madera de *Schizolobium amazonicum* y *S. parahybum* (Caesalpinoideae, Leguminosae). **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 42, n. 1, p. 9-13, 1998.
- PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; LELES, P.S.S.; FERRAZ, C.; SANTOS, E.M. Comportamento silvicultural de paricá (*Schizolobium amazonicum*) e virola (*Virola surinamensis*) em plantios puros e mistos na Amazônia. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS – FOREST, 6., 2000, Porto Seguro: **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000, p. 73-74.
- QUEVEDO, L. **Ecology and silviculture of long-lived pioneer timber species in a Bolivian tropical forest,** 2006. 91 p. tese (Doutorado em Filosofia) - Turrialba, Costa Rica, 2006.
- REIS, M.S. **A indústria baseada em madeiras duras no Brasil. mesa redonda internacional:** oportunidades e limitações para o desenvolvimento da indústria baseada em madeiras tropicais na América Latina. 20-23/OUT, Brasília/DF, 1989. p. 46.
- REITZ, J.R. **Meliaceae.** Itajaí:Flora Ilustrada Catarinense, 1984. 103p.
- RESENDE, A.V.; KONDO, M.K. **Uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas.**2003.Disponível em:
http://www.agrocasa.com.br/Arquivos_Artigos/Artigos/leguminosa.htm .Acesso: 22 jun.2010.
- REYNEL, C.; PENNINGTON, R.T.; PENNINGTON, T.D.; FLORES, C.; DAZA, A. **Árboles útiles de la Amazonía Peruana:** un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies - Lima- Peru, 2003. 50p.
- RIBEIRO NETO, M.A. **Caracterização e gênese de uma topossequência de solos do município de Sena Madureira.** 2001. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2001.
- RIVERA, G.; BORCHERT, R. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium specimens. **Tree Physiology**, Oxford, v. 2, p. 201–212, 2001.
- RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil:** manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Edgard. Blücher, 1971. 292p.

- ROBERT, R.C.G.; TOMASELLI, I.; SIMONETTI, R.A.; MAIA, M.J.C. A perspectiva de exportação de produtos florestais pela costa do pacífico baseada no desempenho logístico ds rodovias que ligam o Acre ao sul do Brasil. **T&C Amazônia**, Belém, v.8, n 18, p.64-68, 2010.
- ROIG, F.A. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: ROIG, F.A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza:EDIUNC, 2000. p 381–431.
- RONDON, E.V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.5, p.573-576, 2002
- ROSERO-ALVARADO, J. **Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru**. 2009.129p. Dissertação (Mestrado na área de Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- ROSSI, L.M.B.; VIEIRA, A.H. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência em sementes de *Schizolobium amazonicum* (Hub.) Ducke. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 4., 1998, Belém. **Resumos...** Belém: FCAP, 1998. p. 541.
- SANTOS, D.L.; TAKAKI, M. Fenologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 19, p.625-632, 2005.
- SANTOS, D.L.; RAKOCEVIC, M.; TAKAKI, M.;RIBASKI, M. Morphological and physiological responses of *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) seedlings to light - **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba vl.49 n., p. 171-18 Jan. 2006.
- SAVIDGE, R.A. Intrinsic regulation of cambial growth. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 20, n. 1, p 301 - 328 Mar., 2001.
- SCHÖNGART, J. Growth-orientated logging (GOL): a new concept towards sustainableforest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v.256, p.46–58, 2008.
- SCHWEINGRUBER, F.H. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology**. Dordrecht: D. Reidel, 1988. 276 p
- SILVA, J.C. Eucalipto: pesquisa amplia usos – perspectivas do setor florestal brasileiro. **Revista da Madeira**, Curitiba, v.13, n.75, p.4-6, 2003.
- SILVA, J.R.T. **Solos do Acre: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 117p

SOARES-FILHO, B.S.; NEPSTAD, D.C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C.A.; VOLLE.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; MCGRATH D. Cenários de desmatamento para a Amazônia **Estudos Avançados**, São Paulo, v.19, n.54, p. 138-152, May/Aug. 2005.

SOUSA, D.B. de; CARVALHO, G.S.; RAMOS, E.J.A. **Paricá, *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. Rede de Sementes da Amazônia, 2005. 2p. (Informativo Técnico - INPA, Manaus, 13).

TERBORGH, J. ; LOPEZ, L ; TELLO, J.; YU; D. BRUNI, A.R. In: LAURANCE, W.F. ; BIERREGAARD JR., R.O.(Ed.). **Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1997. p. 256-274.

TEREZO, R.F.E.; SZÜCS, C.A. Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 471-480, set. 2010.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenoides*. **IPEF**, Piracicaba, v.36, p. 35-42, 1987

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C.S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.; LESJAK; BARRELA, W. (Org.) **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 1999 p. 117-144.

TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S.; HANSEN, N.; CURY, G. Anatomical features of increment zones in different tree species in the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.66, p.46-55, 2004.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, S.C. Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. In: ROIG, F.A. **Dendrocronologia em América Latina**. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2000. p.381 – 431.

TONINI, H.; PEREIRA, M.R.N.; ARCO-VERDE, M.F.; OLIVEIRA JUNIOR, M.M. de. **Seleção de equações para o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), no estado de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 20p.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F.; SCHWENGBER, D.; MOURÃO JUNIOR, M. Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 8-18, jan./mar. 2006.

VASCONCELOS, S.F. **Fenologia e síndromes de dispersão de espécies arbustivas e arbóreas ocorrentes em uma área de carrasco no planalto da Ibiapaba-Ceará**. 2006. 61 p. Dissertação (Mestrado na área de Ciências Florestais.) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

VERISSIMO, A.; JUNIOR, C.S.; STONE, S.; UHL, C.. Zoning of timber extraction in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, Boston, v.12, p. 128–136, 1998.

- VETTER, R.; BOTOSSO, P.C. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. Manaus, **Acta Amazônica**, v. 18, n. 1/2, p. 189-196, 1988.
- VILLALBA, R.; VEBLEN, T.T. Spatial and temporal variation in *Austrocedrus* growth along the forest-steppe ecotone in northern Patagonia. **Canadian Journal Forest Research**, Ottawa, v.27, p.580-597, 1997.
- WADT, P.G.S. **Manejo de solos ácidos no estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 28 p. (Documentos, 79)
- WADT, P.G.S.; PEREIRA, J.E.S.; GONÇALVES, R.C.; SOUZA, C.B. C. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco, EMBRAPA Acre, 2003. 29 p. (Documentos, 90).
- WALKER, L.R.; CHAPIN, F.S. Interactions among process controlling successional change., AR. **Oikos**, Buenos Aires, v. 50, p. 131-135, 1987.
- WELDEN, C.W.; HEWETT, S.W.; HUBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Sapling survival, growth and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest. **Ecology**, New York, v.71, p.35-50, 1991.
- WITTMANN, F.; ANHUF, D.; JUNK, W.J. Tree species distribution and community structure of Central Amazonian várzea forests by remote sensing techniques. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, p. 805–820, 2002.
- WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review.. **IAWA Journal**, Utrecht, n. 16, p. 337-351, 1995.
- WORBES, M.; JUNK, W.J. How old are tropical trees? The persistence of a myth. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 20, n. 3, p. 255-260, 1999.
- ZEEVALLOS, E.A. Da Amazônia ao Pacífico: cruzando os Andes 1. **Estudos Avançados**, São Paulo v.7, n.17, p.117-169, Jan./Apr. 1993.

2 FENOLOGIA, CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO ANEL DE CRESCIMENTO E INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO DAS ÁRVORES DE *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata* E *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum*

Resumo

Para estudos de dendrocronologia é fundamental entender o processo de dormência do câmbio, que possibilita a formação dos anéis de crescimento anuais no lenho das árvores das espécies florestais. Para isso, é necessário determinar o ritmo de crescimento radial do tronco e a sua relação com a sazonalidade climática e seus ciclos fenológicos. Portanto, o objetivo desse trabalho foi o de estudar a fenologia, o ritmo de crescimento radial do tronco e a anatomia dos anéis de crescimento de árvores de *Cedrela odorata*, *C. fissilis* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* no estado do Acre, visando sua aplicação em estudos dendrocronológicos. O estudo foi realizado na Reserva Experimental Catuaba (REC-UFAC) sendo, primeiramente, feita a identificação das espécies em campo, confirmada através de comparação de exsicatas do herbário do Parque Zoobotânico. Foram instalados dendrômetros nas árvores para determinar o incremento do tronco e as diferentes fenofases através de observações mensais, sendo os resultados obtidos correlacionados com os dados climáticos da Estação Meteorológica de Rio Branco- Acre. Paralelamente, foram feitas incisões na casca para induzir injúrias nas células da camada cambial e, após 2 anos, procedeu-se a extração das amostras do lenho nessa região do tronco para a identificação das cicatrizes no lenho e verificação da anuidade dos anéis de crescimento. As observações fenológicas e de crescimento radial do tronco possibilitaram verificar a influência da sazonalidade climática nas diferentes fenofases ocorridas durante o ano, sendo possível comprovar pela diminuição do incremento radial (atividade do câmbio) e a formação do anel de crescimento anual pelos dendrômetros e janela de Mariaux, que induziu a formação de anéis de crescimento falsos nas árvores de *Cedrela* sp. e a deformação do tecido xilêmico e, conseqüentemente, alteração da espessura dos anéis de crescimento. Foi feita a caracterização dos tipos de anéis de crescimento falsos e ausentes no lenho das árvores para auxiliar futuros estudos dendrocronológicos dessas espécies.

Palavras-chave: Queda foliar; Anéis de crescimento falsos; Atividade do câmbio; Dendrômetros

Abstract

For study of tree rings, it is crucial to understand the process of dormancy cambium that enables the formation of annual growth rings in tropical forest species, therefore, it is necessary to determine the radial growth rhythm and its relationship with seasonal climate, and their phenological cycles. Thus, the objective is to study the phenology, the the radial growth rhythm and the anatomy of growth rings of trees of *Cedrela odorata*, *C. fissilis* and *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* in Acre State, for their application in dendrochronological studies. The study was conducted at the Experimental Reserve Catuaba (REC-UFAC), First, the species were identified in the field with the help of a botanist identifier. This was confirmed by comparing existing

specimens in the herbarium of Zoobotanic Park. Dendrometers were installed in trees to determine the increment of the trunk and the different phenological phases of trees through monthly observations. The data were correlated with climatic data from the meteorological station of Rio Branco-Acre. Parallel incisions were made in the bark to cause injuries in the exchange layer cells, after two years, we proceeded to the extraction of wood samples in this region of the trunk for identification of scars in the wood and verify if growth rings are annual. The observations phenological and of radial growth showed that have influence of climatic seasonality in different phenological phases during the year. It was possible to confirm the dormancy of cambium and the formation of annual growth ring through he use of dendrometers and the Mauriaux window which induced the formation of false rings in *Cedrela* sp., and caused the deformation of xylem tissue in the studied species, and, therefore, error in measuring the width of the rings. Types of false rings and missing rings in the wood were characterized to help future dendrochronological studies of these species.

Keywords: Leaf fall; False tree-rings; Cambium activity; Dendrometers

2.1 Introdução

Os estudos de fenologia e de anatomia do lenho de árvores de significativo número de espécies florestais tropicais indicam que a variação climática tem íntima relação com a formação e estrutura dos anéis de crescimento. Portanto a sazonalidade da precipitação e da temperatura, além do fotoperíodo, constitui efeito indutor da dormência e da ativação do meristema cambial no tronco das árvores tropicais (JACOBY, 1989; SCHONGART et al., 2002; DUNISH et al., 2003). A análise da estrutura anatômica do lenho fornece informação sobre a periodicidade da formação dos anéis de crescimento e do incremento do tronco, possibilitando correlacionar com as diferentes fases do ritmo de crescimento radial com as variáveis ambientais (CALLADO et al., 2001, OLIVEIRA et al., 2007; LISI et al., 2008).

A formação dos anéis de crescimento anuais no lenho das árvores depende da dormência e da ativação do câmbio em resposta às estações de crescimento (HEINRICH & BANKS, 2006). Nos trópicos, acredita-se que muitas espécies de árvores apresentam crescimento contínuo, porém algumas famílias, como a das Meliaceas, as árvores de *Cedrela odorata*, perdem as folhas na estação seca, cessa o crescimento em diâmetro do tronco e, com a brotação e formação das novas folhas, reiniciam a ritmo de crescimento radial (TOMAZELLO F^o et al., 2000, BOTOSSO e TOMAZELLO F^o, 2001). Os anéis de crescimento são identificados no lenho das árvores pelas

características da sua estrutura anatômica ocorrendo, também, anéis de crescimento falsos ou ausentes, especialmente nas regiões tropicais resultado de uma fraca sazonalidade (NASH, 2002; WIMMER et al., 2000; HIENRICH, 2004).

Rosero-Alvarado (2009) caracterizou os anéis de crescimento anuais no lenho de árvores de *Swietenia macrophylla*, verificando, da mesma forma, anéis de crescimento falsos formando (i) parênquima marginal de faixa fina a muito fina seguindo-se uma faixa espessa, sem interrupção da porosidade difusa e (ii) anéis de crescimento muito estreitos e com vasos de mesmo diâmetro na faixa de parênquima podendo ser até menores ou simplesmente ausentes. Dünisch et al. (2003) verificaram que além dos anéis de crescimento delimitados pelo parênquima marginal são, também, características as camadas de crescimento distinguíveis pela seqüência de vasos e pelos canais de resina dispostos tangencialmente. Os estudos de formação do lenho são fundamentais na interpretação do ritmo e taxa de crescimento das árvores tropicais (ROIG, 2000). Estudos realizados por Marcati et al. (2006b); Oliveira et al. (2007) e Dünisch et al. (2002) mostram que no lenho das árvores tropicais as condições ambientais afetam a largura dos anéis de crescimento, a freqüência, diâmetro e distribuição dos vasos, o parênquima, etc.

A detecção de camadas de incremento distintas constitui-se requisito para o estudo da periodicidade e da taxa de formação dos anéis de crescimento no lenho das árvores tropicais (TOMAZELLO F^o et al, 2004; ROIG, 2000). Vários métodos têm sido aplicados isolamente e em conjunto - faixas dendrométricas, injúrias cambiais, datação por radiocarbono, etc. - na determinação da sazonalidade da ritmo de crescimento radial de árvores de espécies tropicais e subtropicais. Os estudos fenológicos de árvores tropicais são relativamente numerosos, porém poucos deles tratam a relação entre os ciclos fenológicos, a atividade de câmbio e a presença de anéis de crescimento, sendo este estudo comparativo uma interessante ferramenta para interpretar a natureza periódica na formação dos anéis de crescimento (WORBES, 1995; TOMAZELLO FILHO et al., 2000; ROIG, 2000; DÜNISCH et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2007).

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivos estudar a fenologia, o incremento radial do tronco e a determinar anatomicamente os anéis de crescimento

verdadeiros e falsos de árvores de *Cedrela odorata*, *C. fissilis* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* no estado do Acre.

2.2 Materiais e métodos

2.2.1 Caracterização do local

O estudo foi realizado na Reserva Experimental Catuaba (REC), da Universidade Federal do Acre-UFAC, com área de 2.111 ha, localizada no município de Senador Guiomard, AC, no entroncamento das rodovias BR-364 e 317 (Figura 1). A REC é caracterizada como floresta tropical de terra firme, incluindo a floresta aberta com bambus e palmeiras (forma predominante), floresta densa, floresta secundária (capoeira) e pastagens (FUNTAC, 1990; IMAC, 2000).

A temperatura média anual varia de 22 a 24 °C, sendo que nos períodos de “friagem” (em geral, agosto) a temperatura pode variar de 12 a 14°C. O clima é caracterizado por períodos do ano de maior e de menor quantidade de precipitação, com os meses de junho e fevereiro, o mais seco e o mais chuvoso, respectivamente. De acordo com Mesquita e Paiva (1995), a estação chuvosa se estende de outubro-abril, com o mês de maio de transição entre a estação chuvosa e a seca (junho-agosto), e setembro entre a estação seca e a chuvosa. A precipitação pluviométrica reduz-se a 52 mm/mês, de fevereiro a junho (5 meses) e aumentam a razão de 36 mm/mês de julho a janeiro (7 meses). A estação seca inicia-se rapidamente, enquanto o início da estação chuvosa se estabelece gradualmente; (Figura 2).

A Reserva Experimental Catuaba possui áreas de relevo suave a fortemente ondulado quando próximos as redes de drenagem dos 9 igarapés, com solos ácidos, pobres em nutrientes, profundos e com baixo teor de húmus (COSTA et al., 2003).

Oliveira (2008) estudando as características pedológicas e a estrutura da vegetação das florestas primária e secundária na Reserva Experimental Catuaba verificou que, do estágio de sucessão inicial para o mais avançado (floresta 2^a), ocorreu uma diminuição nos teores de potássio trocável no solo, na profundidade de 0-10 cm, não constituindo fator limitante ao desenvolvimento da vegetação, devido à maior concentração de nutrientes estar retida na matéria orgânica e não nas cargas negativas da argila do solo.

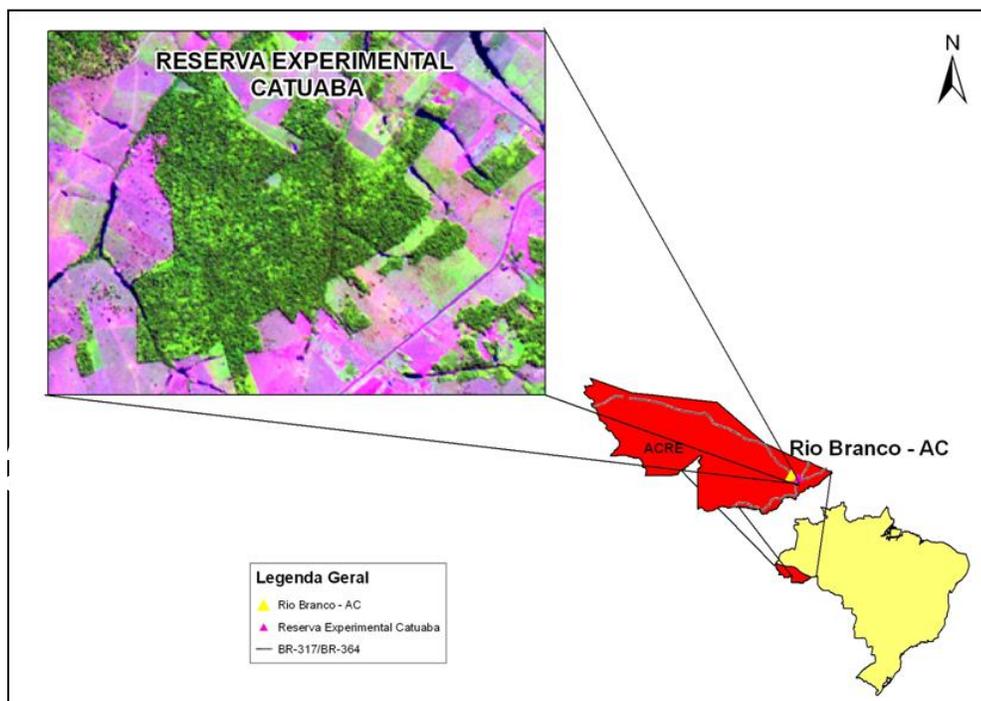


Figura 1 – Localização da Reserva Experimental Catuaba-REC da Universidade Federal do Acre, Brasil (Google Earth, 2010)

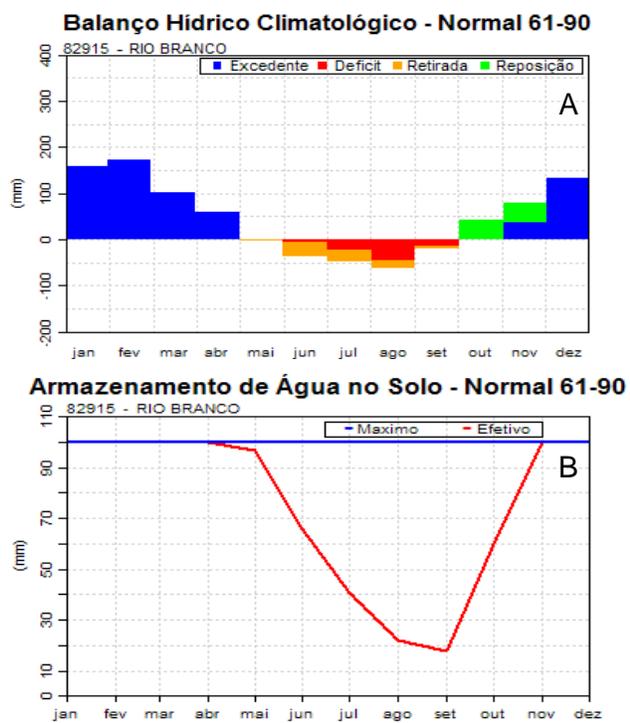


Figura 2 – (A) Balanco hídrico e (B) armazenamento de água no solo de 1961-1990 da Estação Meteorológica de Rio Branco, Acre (INMET, 2009)

No entorno da Reserva Experimental Catuaba (REC) grande parte das áreas já foi desmatada, ocorrendo, porém, uma grande mancha de floresta de formato semi-triangular com o contorno oeste (ao longo do seu percurso de floresta primária, pastagem e capoeira); leste (por um maciço de floresta primária) e norte e sul (maciço de floresta primária). O subbosque é muito fechado e possui predomínio de cipós e bambus. O dossel é aberto e possui altura variando de 20-40 m, com árvores de *Bertholettia excelsa* (castanheira) compondo o dossel e *Tetragastris altíssima* (breu vermelho), *Switenia macrophylla* (mogno) e *Torresea acreana* (cerejeira) compondo o extrato médio (MORATO, 2004).

2.2.2 Identificação das árvores de *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata* e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

As árvores de *Cedrela fissilis*, *C. odorata* e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* foram identificadas por taxonomistas e comparadas com as exsicatas nos Herbários do Jardim Zoobotânico, da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre e da Universidade Nacional Agrária La Molina, Lima, Peru (Figura 3).



Figura 3 - Exsicatas de plantas de *C. odorata* e de *C. fissilis* depositadas no Herbário da Universidade Nacional Agrária La Molina, Lima, Peru

2.2.3 Demarcação das parcelas experimentais e avaliação do incremento mensal na circunferência do tronco das árvores

Na REC foram demarcadas e selecionadas as árvores de *Cedrela odorata*, *C. fissilis* e de *Schizolobium amazonicum*, com diâmetro do tronco >10 cm, nas áreas de capoeira, de floresta e nas áreas adjacentes ao ramal principal da reserva, em junho/2007. Com base na circunferência do tronco das árvores selecionadas foram confeccionados os dendrômetros de aço inoxidável, conforme especificações descritas por Vetter e Botosso (1988), Détienne (1989) e Botosso e Tomazello-Filho (2001) (Figura 4). Os dendrômetros foram instalados no tronco de 16 árvores de *Cedrela odorata*, 9 de *C. fissilis* e 12 de *Schizolobium amazonicum* (Figuras 11,12A,B). A avaliação do incremento da circunferência do tronco foi mensal e relacionada com o incremento do tronco do mês anterior. Para reduzir o efeito da variação da idade e das dimensões das árvores de *C. odorata*, expressa pela diferença significativa do incremento em circunferência do tronco, procedeu-se à sua estratificação em 4 classes de diâmetro do tronco (presumindo-se que são de diferentes idades) e, em seguida, correlacionadas com as variáveis climáticas e fenofases. As árvores de *C. fissilis* não foram separadas em classes de diâmetro, pelo número insuficiente de árvores com DAP do tronco acima de 30 cm.

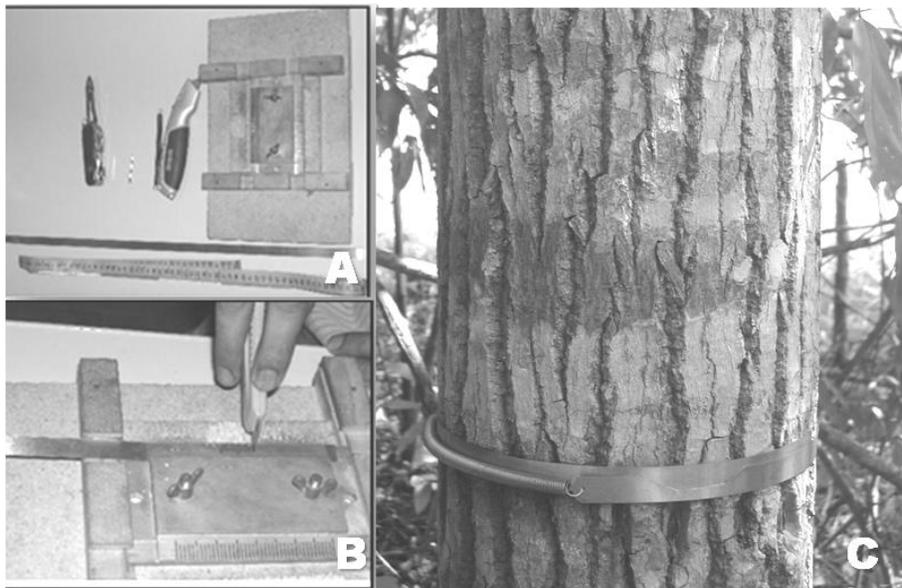


Figura 4 - Dendrômetros de fita de aço. (A, B) confecção e marcação de escala do nônio, (C) instalação no tronco de árvore de *Cedrela fissilis*

2.2.4 Avaliação da fenologia das árvores

Os estudos fenológicos foram realizados nas árvores com dendrômetros, de diferentes classes de diâmetro, a cada 30 dias, por 36 meses (agosto de 2007-junho de 2010). A fenofase foi registrada pela observação visual de botões florais e flores, frutos (novos, verdes e maduros), folhas na copa das árvores, com binóculos quando necessário (TABELA 1).

Determinou-se, também, uma escala de valores em porcentagem da área da copa na fenofase, sendo: [A]: pequena manifestação da fenofase, correspondendo a 33% da área da copa; [B]: manifestação parcial da fenofase, correspondendo a 66% da área da copa; [C]: manifestação total da fenofase, correspondendo a 100% da copa; com (-) indicativo da ausência da característica = 0%.

Tabela 1 – Classificação das observações fenológicas de acordo com os tipos de fenofases (Adaptação de Santos e Takaki, 2005)

Fenofases	Tipos	Característica	Código
Mudança foliar	Folhas novas	Brotamento de pequenas folhas no ápice dos ramos	A1
	Folhas maduras	As folhas possuem coloração verde e dimensão normal	A2
	Desfolhadas	As folhas mudam de cor e caem, ocasionando espaços vazios na copa	A3
Floração	Botões florais	Na região apical dos ramos, as gemas reprodutivas e flores iniciam a abertura (antese)	B1
	Com flores	Flores em antese na copa	B2
	Floração concluída	As flores caem	B3
Frutificação	Frutos imaturos	Frutos pequenos após a fecundação e maturação	C1
	Frutos maduros	Início da deiscência dos frutos e dispersão das sementes	C2
	Frutos caindo	Quando desprende do pedúnculo	C3

Os dados das fenofases (figura 7) foram transferidos para tabela do programa Excel, de acordo com método de Fournier (1974), citado por Bencke e Morellato (2002), com o valor estimativo para as fenofases. De acordo com a categoria e a escala de valores de % de intensidade de Fournier estimou-se a intensidade das fenofase, correlacionadas com os dados mensais de temperatura média, precipitação acumulada e incremento em CAP do tronco, através da correlação de Pearson.

2.2.5 Marcação do câmbio e a formação dos anéis de crescimento

No tronco das árvores das 3 espécies foram feitas incisões na casca e injúrias na camada cambial em diferentes períodos do ano (Figura 5), de acordo com Mariaux (1967). Após 2 anos, as amostras do lenho da região das injúrias foram extraídas por método não destrutivo (sonda de Pressler) e destrutivo (corte do tronco com motosserra). As amostras do lenho foram identificadas, acondicionadas em tubos ou em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Anatomia e Identificação e Madeiras do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP e preparadas de acordo com as normas da IAWA (IAWA COMMITTEE, 1989). No preparo dos corpos de prova do lenho para a descrição macro e microscópica dos anéis de crescimento e obtenção das imagens da seção transversal no local da marcação cambial foi utilizada a técnica de resina de poliestireno (BARBOSA et al., 2010). A seção transversal do lenho sadio e com cicatrizes das árvores foi examinada com auxílio de um estereomicroscópio, microscópio de luz e por microscopia eletrônica de varredura analisando os anéis de crescimento, o processo de cicatrização e a demarcação da posição das cicatrizes no lenho.



Figura 5 – Incisão na casca das árvores de *Cedrela odorata* (A) e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (B) induzindo injúrias na camada cambial

2.2.6 Análises estatísticas

Os dados climáticos (temperatura mensal, precipitação acumulada mensal) de Rio Branco, as observações fenológicas e os valores de incremento em circunferência do tronco das árvores das espécies foram utilizados nas correlações aplicando-se a matriz de correlação de Pearson e o seu índice de significância estatística ($p < 0,05$).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Identificação das árvores de *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata* e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

Após a separação e identificação das espécies de *C. odorata* e *C. fissilis* elaborou-se alguns parâmetros morfológicos para auxiliar no reconhecimento e separação das duas espécies no campo, estes parâmetros vêm listados na Tabela 2 e são mostrados na Figura 6. Após coleta do material de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* este foi comparado ao existente no Herbário do Parque Zoobotânico da UFAC, e elaborou-se uma ficha com as principais características botânicas da espécie a fim de identificá-la corretamente no campo (tabela 3):

Tabela 2- Principais diferenças entre os órgãos vegetativos e reprodutivos entre *C. odorata* e *C. fissilis*

Órgãos vegetativos e reprodutivos	<i>C. odorata</i>	<i>C. fissilis</i>
Longitude das folhas	20-35 cm	35-50 cm
Nº de folíolos	5-10 pares	10-15 pares
Formato dos folíolos	Oblongo-lanc.	Elíptico-lanc.
Dimensão dos folíolos	9-12; 3,5- 5cm	12-16; 3,5-4,5 cm
Base do folíolo	Aguda obtusa	Redonda
Ápice do folíolo	Agudo, curto	Agudo acuminado
Pedúnculos dos frutos	Curtos	Compridos
Casca	fissura rasa	fissura profunda
Odor ao retirar a casca	aromático forte	aromático suave
Sapopema	Pouco desenvolvida	Bastante desenvolvida

Tabela 3 - Descrição de características morfológicas da espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

Características	Morfologia: <i>S. parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>
Hábito de cresc.	Crescimento monopodial
Tronco	Reto, com coloração verde acentuada (jovem) e com cicatrizes de desrrama (adulta)
Casca	Externa é lisa (cinza clara) mais velha fica esbraquiçada e esfoliada
Ramificação	Dicotômica formando uma abóbada perfeita
Folhas	Longiecioladas, bipinadas, grande com 15 a 20 pares de folíolos oblongos e pecíolo viscoso
Flores (inflorescências);	Panículas terminais vistosas na ponta dos ramos; flores amarelo claro; aroma adocicado
Frutos;	Em forma de espatulada oblanceolada aberta ate o ápice com uma ou duas sementes
Sementes.	Anátropa, aplanada, ovalada com ápice arredondado cor de café com bordo mais escuro

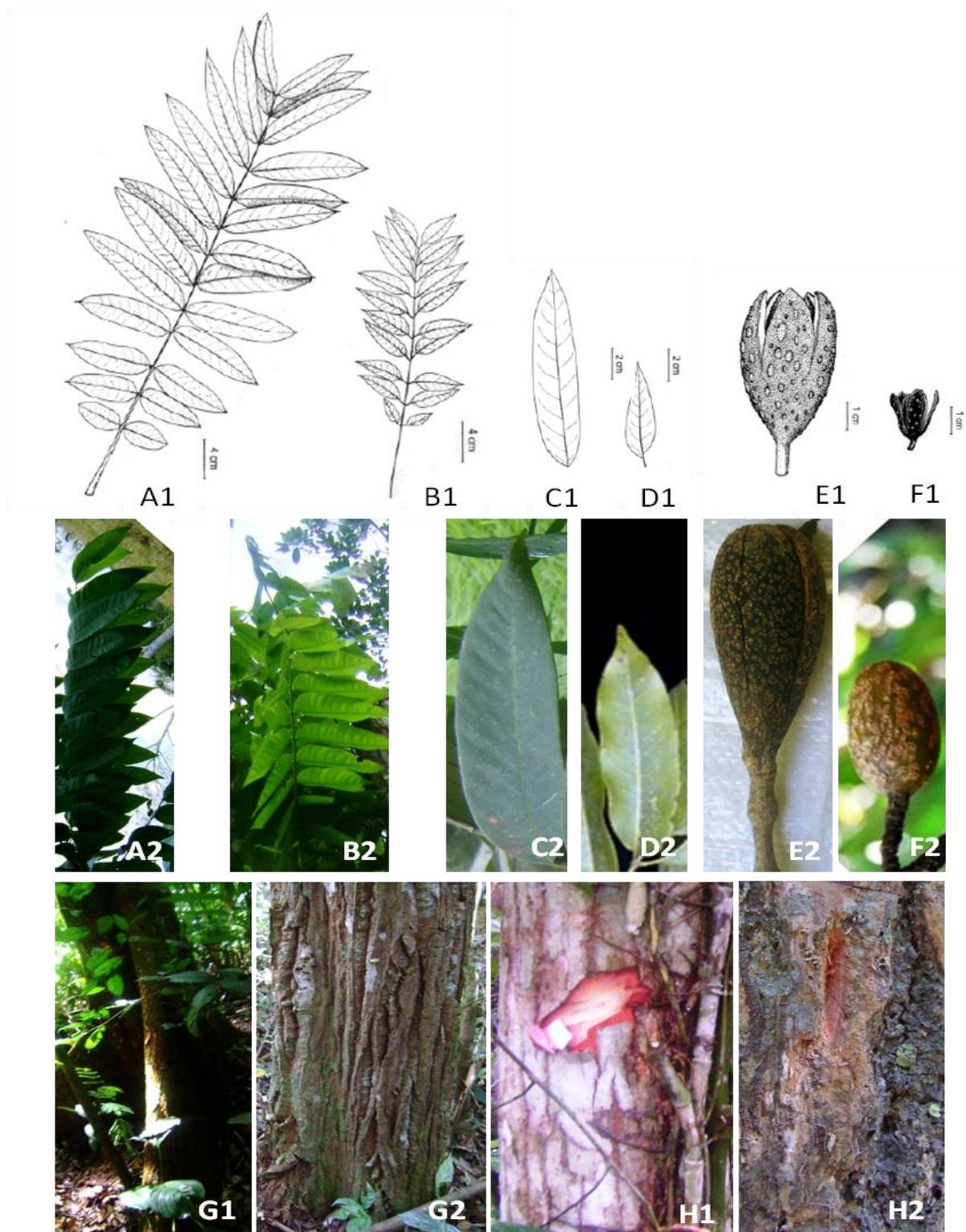


Figura 6 - Diferenças entre as árvores de *C. fissilis* e *C. odorata*: folhas compostas de folíolos (A1,2), (B1,2); folíolos (C1,2) e (D1,2); frutos (E1,2), (F1,2); sapopema (G1, G2) tronco e casca (H1, 2) respectivamente. Adap. Zapater et al, (2004)

2.3.2 Fenologia das árvores e as correlações com as variáveis climáticas

2.3.2.1 *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*

Nas árvores de *C. fissilis* verificou-se uma queda gradual de folhas entre junho e setembro de 2007, de maio a agosto de 2008, de abril a julho de 2009 e de maio a junho de 2010 com maior intensidade de maio a julho na maioria dos anos analisados (Figura 8A), já para as árvores de *C. odorata* a queda de folhas ocorreu entre junho e julho de 2007, de abril a julho de 2008, de abril a agosto de 2009 e de abril a julho de 2010 com maior intensidade de maio a julho na maioria dos anos analisados (Figura 8B).

Essa queda foliar é induzida para as árvores se adaptarem à perda de água por transpiração. Esse evento fenológico de queda de folhas em *Cedrela* sp. em relação ao período de estiagem foi verificado por Reich e Borchet (1984) em floresta tropical seca da Costa Rica, Ferraz et al. (1999) em um fragmento de mata na cidade de São Paulo, Santos e Takaki (2005) em uma floresta na região rural de Itirapina - São Paulo; Marcati (2000) em uma floresta sub-tropical de Botucatu- São Paulo; Ferreira-Fedele, et. al. (2002) em florestas estacionais semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo e Tomazello F^o et al. (2004) em sete diferentes locais (cerrado e mata atlântica) do Estado de São Paulo.

Foi verificada uma correlação negativa e significativa entre a precipitação pluviométrica e a queda de folhas no mês corrente e no 2^o e 3^o meses anteriores ao evento fenológico para as árvores de *C. fissilis* e *C. odorata*, o mesmo foi verificado entre a temperatura média mensal e a queda de folhas (tabela 4).

Nas árvores de *Cedrela fissilis* o desenvolvimento das folhas novas (brotação) concentrou-se de julho-outubro de 2007, junho-novembro/2008, julho-setembro/2009 com maior intensidade entre julho e setembro na maior parte dos anos analisados (Figura 8A). Nas árvores de *C. odorata* esta fenofase ocorreu de julho-outubro de 2007, junho-outubro de 2008, junho a agosto de 2009 e junho de 2010 com pico da brotação das folhas novas entre julho e agosto na maior parte dos anos analisados, logo em seguida a perda de folhas (Figura 8B).

Nas árvores de *C. fissilis* houve correlação negativa significativa entre a temperatura média mensal e a brotação das folhas no mês corrente e a 2 meses

anteriores. Já para *C. odorata* houve correlação negativa próxima a significância entre a precipitação e a brotação das folhas no mês anterior e a temperatura média mensal e brotação das folhas no mês corrente (Tabela 4). A brotação de folhas novas nas árvores de *C. fissilis* concentrou-se na transição da época seca e úmida (agosto-setembro), o mesmo foi verificado por Ferraz et al. (1999) em árvores de *C. fissilis* em um fragmento de mata em São Paulo. Nas árvores de *Cedrela fissilis* e *C. odorata*, observou-se que a fenofase da formação das gemas florais ocorreu com a presença das folhas maduras, sendo que Borchert (1983) indica que o meristema apical de árvores de *Cedrela*, *Tabebuia*, *Cordia*, etc. podem se desenvolver da fase vegetativa para a reprodutiva e essa transição pode ocorrer ontogeneticamente. As árvores de *Cedrela fissilis* e de *C. odorata* mostraram comportamento supra-anual, ou seja, o período entre as fases reprodutivas de uma mesma árvore é superior a 12 meses.

As árvores de *Cedrela fissilis* floresceram de julho-agosto/2008, em agosto/2009 seguindo-se a fenofase de brotação foliar, já as árvores de *Cedrela odorata* floresceu de julho-agosto/2007, maio-junho/2008, maio-julho/2009, respectivamente (Figuras 8A e 8B). A correlação entre a floração e a precipitação não se mostrou significativa, mas foi negativa no mês corrente e nos 2 meses anteriores nas árvores de *C. fissilis*, já nas árvores de *C. odorata* houve correlação negativa e significativa no mês corrente e nos 2 meses anteriores a fenofase de floração (Tabela 4). A correlação entre a temperatura média mensal e a fenofase de floração foi significativa no mês corrente para as árvores de *C. fissilis* e no mês anterior e corrente para as árvores de *C. odorata* (Tabela 4). Reich e Borchert (1984) observaram em árvores de espécies decíduas que a antese pode ser induzida pela reidratação temporária pela incidência de chuva isolada na estação seca, depois da fenofase de queda das folhas

Os resultados evidenciam a influência das condições climáticas dos meses anteriores na fenofase reprodutiva das árvores de *Cedrela*, controlando a produção de frutos e sementes, conforme observado por Ferraz et al. (1999) e Pedroni et al. (2002).

A fenofase da frutificação indicou um período de 5-12 meses de maturação dos frutos, com os frutos verdes de março-novembro de 2008, dezembro/2008-julho de 2009 e de dezembro/2009-junho/2010 para as árvores de *C. fissilis* e de fevereiro-agosto de 2008 e de novembro de 2008 a abril de 2009, fevereiro-junho/2010 para as

de *C. odorata*. Nas árvores de *C. fissilis* a frutificação inicia-se após o 2º mês do início da estação chuvosa mostrando correlação significativa e positiva com a presença de frutos imaturos e a precipitação do mês corrente e do mês anterior (Tabela 4). Esse período corresponde à transição do período seco para o chuvoso, onde no qual ocorre o suprimento de água necessária para a maturação dos frutos e para o incremento em diâmetro do tronco, conforme apresentado por Ferraz et al. (1999). A fenofase frutificação das árvores de *Cedrela fissilis* e de *C. odorata* está relacionada com a precipitação, a temperatura e outros fatores climáticos sendo, desta forma, complexa. Foster (1992) sugere que a frutificação é controlada por condições ambientais favoráveis a germinação das sementes e ao desenvolvimento das plântulas, que ocorrem normalmente no final da estação seca e início da úmida. As árvores de *Cedrela fissilis* e de *C. odorata* produzem frutos do tipo cápsula, deiscentes e secos e sementes aladas anemocóricas, normalmente dispersadas na estação seca do ano seguinte ao florescimento.

2.3.2.2 *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

Nas árvores de *Schizolobium*, diferentemente das de *Cedrela fissilis* e *C. odorata*, verificou-se uma queda abrupta de folhas em junho de 2008, em julho e agosto de 2009 e maio de 2010 (Figura 9). Este período de queda de folhas serve de indução para a planta iniciar sua floração, o que a diferencia do *S. parahyba* var. *parahyba* que floresce sem perder suas folhas (CARVALHO, 2007). Foi verificada uma correlação negativa e significativa entre a precipitação pluviométrica e a queda de folhas no mês corrente ao evento fenológico, e com a temperatura média mensal no mês corrente e anterior ao evento fenológico para as árvores de *Schizolobium* (tabela 5). A brotação de folhas novas ocorreu no mês seguinte à ocorrência da queda foliar, tendo seus picos em julho/2008, agosto-setembro/2009 e junho/2010 (Figura 9). Houve uma correlação negativa e significativa com a temperatura média mensal no mês corrente anterior a esse evento fenológico (Tabela 5). A floração ocorreu em junho/2008, agosto/2009 e maio/2010, entre as fenofases de queda e brotação foliar (Figura 9). A correlação entre a floração e a precipitação não se mostrou significativa, mas foi negativa no mês corrente e nos 2 meses anteriores, o mesmo ocorreu em relação a temperatura média mensal (Tabela 5).



Figura 7 – Aspecto geral das fenofases de desenvolvimento foliar, floração e frutificação das árvores de *Cedrela fissilis* (A-E), *C. odorata* (F-J) e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (K-O)

Tabela 4 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as fenofases das árvores de *Cedrela fissilis* e *C. odorata* com a precipitação mensal acumulada e temperatura média mensal no mês e nos 2 meses anteriores a ocorrência do evento

Espécie	Fator climático	Período/ Fenofase	desfolha	folhas novas	floração	frutos imaturos	Frutos maduros	Frutos caindo
<i>Cedrela fissilis</i>	Matriz de correlação precipitação	Mês Atual	-0,47*	-0,16	-0,20	0,57*	-0,39*	-0,22
		Mês anterior	-0,45*	-0,17	-0,29	0,58*	-0,48*	-0,24
		2 Meses anteriores	-0,41*	-0,03	-0,16	0,20	-0,48*	-0,15
	Matriz de correlação temperatura média mensal	Mês Atual	-0,68*	-0,33**	-0,40*	0,20	-0,28	-0,42*
		Mês anterior	-0,71*	0,01	-0,05	0,29	-0,44*	-0,04
		2 Meses anteriores	-0,39*	-0,39*	0,27	0,42*	-0,52*	0,06
<i>Cedrela odorata</i>	Matriz de correlação precipitação	Mês Atual	-0,39*	-0,30	-0,41*	0,27	0,11	-0,20
		Mês anterior	-0,46*	-0,32**	-0,38*	0,08	0,14	-0,22
		2 Meses anteriores	-0,39*	-0,17	-0,32**	0,06	0,02	-0,10
	Matriz de correlação temperatura média mensal	Mês Atual	-0,46*	-0,57*	-0,56*	0,09	0,05	-0,15
		Mês anterior	-0,68*	-0,18	-0,40*	-0,03	0,18	0,19
		2 Meses anteriores	-0,52*	0,22	-0,06	-0,10	0,07	0,30

*Correlação significativa $p < 0,05$. ** Correlação muito próxima a significância $p < 0,05$.

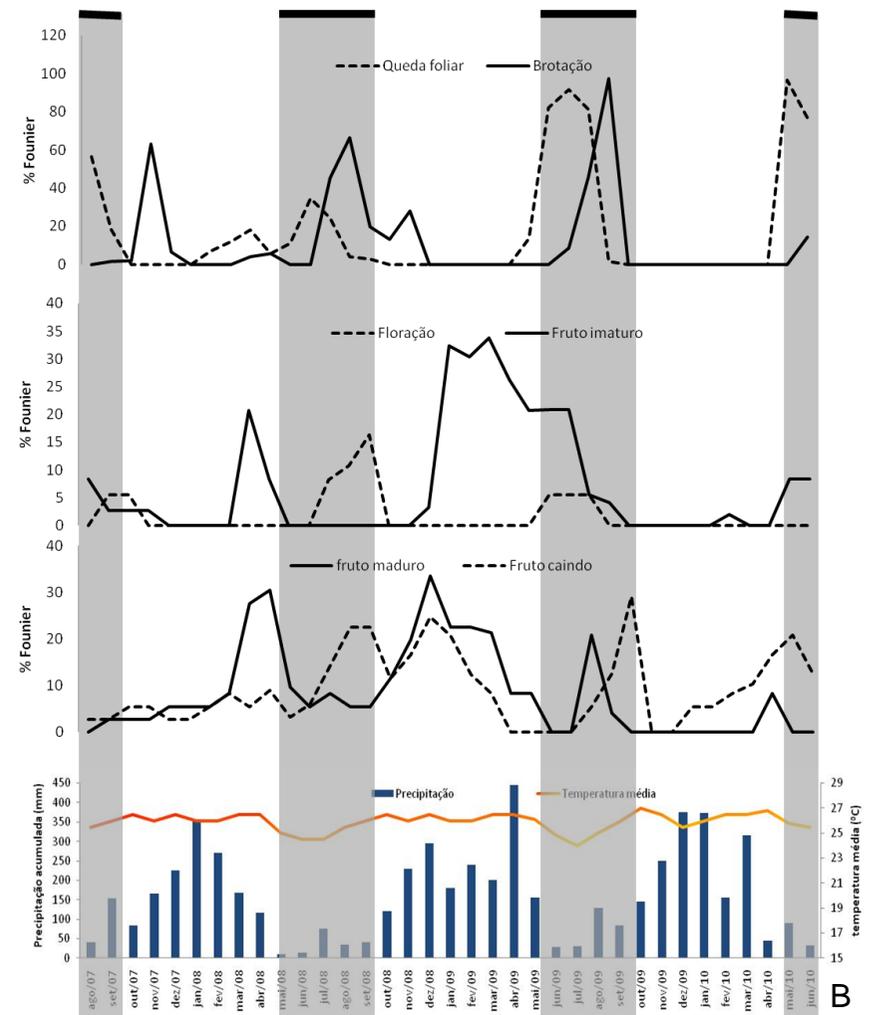
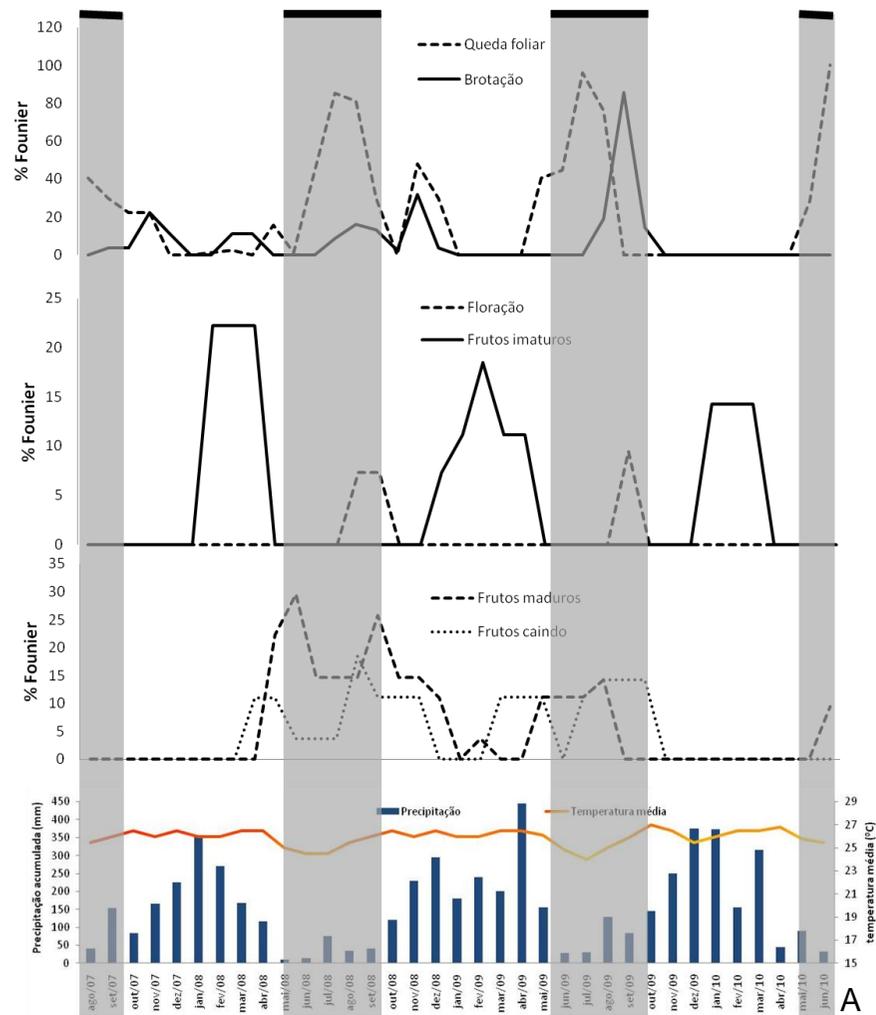


Figura 8 - Eventos fenológicos (% Founier) de árvores de *C. fissilis* (A) e de *C. odorata*.(B) dados de precipitação acumulada mensal e temperatura média mensal de agosto de 2007-junho de 2010. Barra cinza representa os meses de menores índices pluviométricos e de temperaturas médias.

Tabela 5 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as fenofases de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* com a precipitação mensal acumulada e temperatura média mensal no mês e nos 2 meses anteriores a ocorrência do evento

Espécie	Fator climático	Período/ Fenofase	desfolha	folhas novas	floração	frutos imaturos	frutos maduros	frutos caindo
			Mês Atual	-0,42*	-0,28	-0,23	-0,38*	-0,31
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	Precipitação Acumulada	Mês anterior	-0,31	0,26	-0,29	-0,21	-0,34**	0,15
		2 Meses anteriores	-0,22	-0,09	-0,16	0,08	-0,26	0,30
	Temperatura média mensal	Mês Atual	-0,69*	-0,40*	-0,25	-0,12	-0,51*	0,19
		Mês anterior	-0,39*	0,06	-0,23	0,20	-0,32	0,09
		2 Meses anteriores	0,08	0,22	0,11	0,22	0,08	0,13

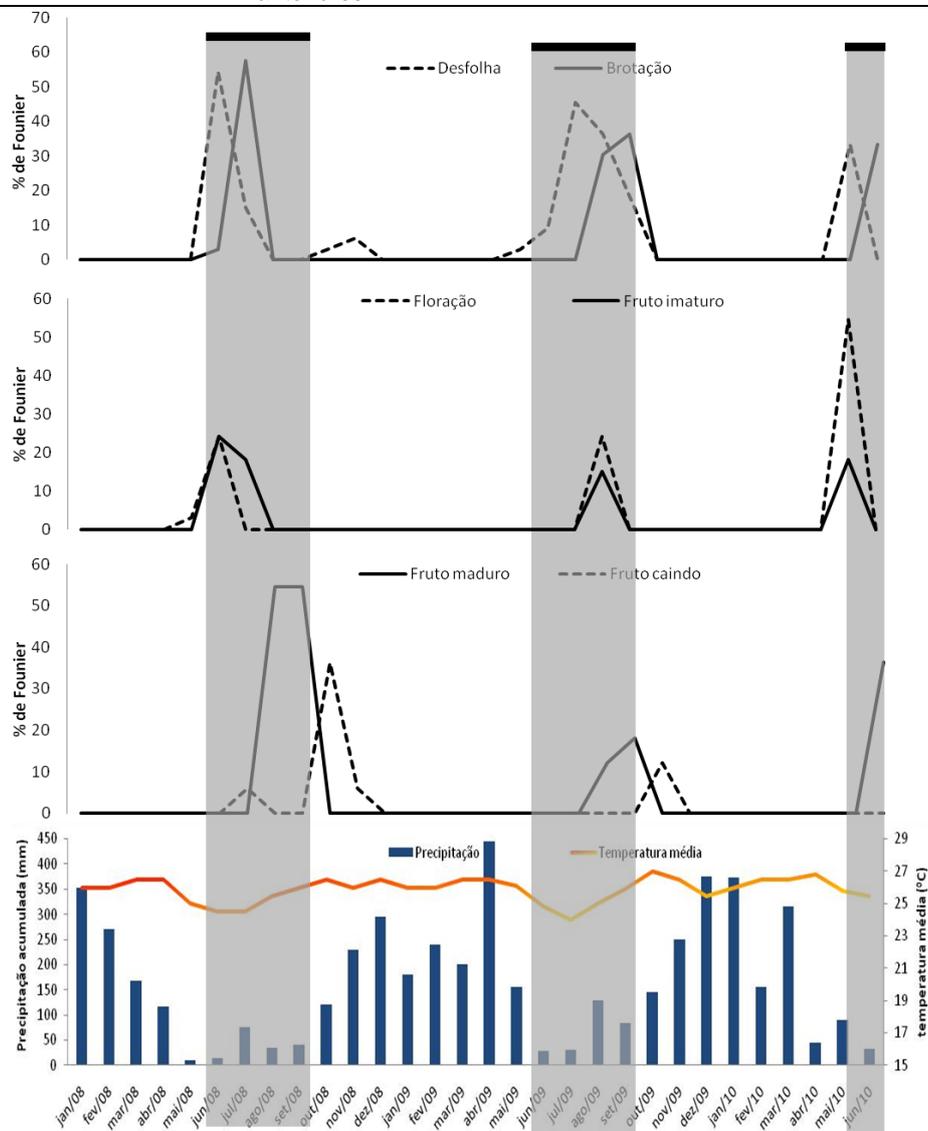


Figura 9 - Eventos fenológicos (% Fournier) de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e dados de precipitação acumulada mensal e temperatura média mensal de janeiro de 2008-junho de 2010. Barra cinza representa os meses de menores índices pluviométricos e de temperaturas médias

2.3.3 Incremento em circunferência do tronco das árvores

2.3.3.1 *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*

A avaliação contínua dos incrementos em circunferência do tronco das árvores das 2 espécies de *Cedrela* sp., pela leitura dos dendrômetros por um período de 35 meses, possibilitou a determinação do ritmo de crescimento, como resposta da variação do crescimento radial, formação de xilema e floema secundário e o efeito dos fatores climáticos (Tabela 6).

As árvores de *C. fissilis* apresentaram o início do crescimento do tronco, após a fase de paralisação do incremento radial, nos meses de setembro-novembro/2007 (transição do período seco-chuvoso) atingindo alta taxa de crescimento até março/2008. Em seguida, houve progressiva redução do crescimento do tronco devido, provavelmente, ao excesso de água no solo, até a fase de dormência, em resposta ao período seco, permanecendo paralisado o incremento radial até agosto/2008, quando então foi formado o lenho tardio do anel de crescimento referente ao ano de 2007. Novamente, altas taxas de crescimento foram retomadas de setembro/2008-março/2009, permanecendo paralisado até agosto/2009 formando-se o lenho tardio do anel de crescimento referente ao de 2008 (Figura 12A).

O incremento em circunferência do tronco das árvores apresentou correlação significativa e positiva com o índice de precipitação do mês corrente e dos 2 meses anteriores (Tabela 6).

As árvores de *Cedrela odorata* apresentaram retomada do incremento radial de setembro/2007-final de abril/2008, com incremento máximo de diâmetro no início de abril-maio, referente ao período seco, seguido de progressiva diminuição da taxa de crescimento, coincidente com a senescência e queda das folhas e formação do anel de crescimento do ano de 2007. No período seco, com a ocorrência de precipitação pluviométrica observou-se a renovação das folhas. O incremento radial foi reativado em setembro/2008, após a fase de dormência, com a retomada do crescimento em diâmetro do tronco das árvores até março/2009, formando o anel de crescimento referente ao ano de 2008 e assim sucessivamente (Figura 11).

Conforme observado por diversos autores como Dunisch et al. (2003); Ferreira-Fedele et al. (2004) e Brienens e Zuidema (2005) as árvores de *Cedrela* apresentam um padrão de sensibilidade a precipitação, com o crescimento em

diâmetro de tronco dependente da quantidade de precipitação pluviométrica do período de transição do mês anterior ao início das chuvas. Explica-se esse padrão de crescimento pela necessidade das árvores armazenarem a reserva de compostos orgânicos, nos meses de transição do período chuvoso para o seco, para a sua utilização na estação de crescimento seguinte, proporcionando maior incremento do seu tronco.

A correlação entre a precipitação pluviométrica do período de crescimento corrente e o incremento em diâmetro do tronco das árvores de *Cedrela odorata* foi significativa e positiva nos 2 meses anteriores ao crescimento e bem próxima do índice de significância ($p=0,056$) com o mês corrente (Tabela 6). Dünisch et al. (2003) verificaram que a dormência do câmbio em árvores de *Cedrela* sp. inicia-se no período moderadamente seco, com as divisões das células cambiais limitadas aos meses mais úmidos. Demonstra-se que, nos meses intermediários aos dos períodos chuvoso-seco, a precipitação tem maior influência no incremento em diâmetro do tronco das árvores de *Cedrela* sp., em comparação com as demais fases sazonais de crescimento.

As árvores de *C. fissilis* e de *C. odorata* apresentaram ritmo de crescimento anual caracterizado pela sazonalidade do incremento radial no período chuvoso e seco, sendo que a correlação significativa da precipitação (final da temporada anterior) e a largura do anel de crescimento têm sido apresentadas por Dünisch et al. (2003), Brienen e Zuidema (2004) e Marcati e Angyalossy (2006b). As árvores de *C. fissilis* e de *C. odorata* devem, provavelmente, extrair e armazenar a água e sais minerais, bem como os compostos orgânicos que são mobilizados para a retomada da atividade fisiológica na estação de crescimento seguinte (HÖLL, 1985; SAUTER, 2000). Porém como observado por Mäkinen et. al. (2008), os dendrômetros indicaram um incremento radial do lenho de árvores de *Picea abies* e *Pinus sylvestris* no início da primavera, enquanto os métodos de “pinning” e “microcoring” não detectaram formação de xilema nesse período. Portanto o incremento inicial detectado pelos dendrômetros pode ser devido à reidratação do xilema e floema, indicando ser necessário, o uso de outros métodos de estudos, como o pinning, para comprovação do início da atividade cambial do caule dessas árvores.

Verificou-se para as árvores de *Cedrela* sp. das classes de diâmetro de 10-20, 20-30, 30-40 e acima de 40 cm, valores de crescimento anual de CAP do tronco de 1,59, 1,90, 1,80 e 1,99 cm, respectivamente, porém essas diferenças não se mostraram significativas ($p < 0,05$) (Figura 10).

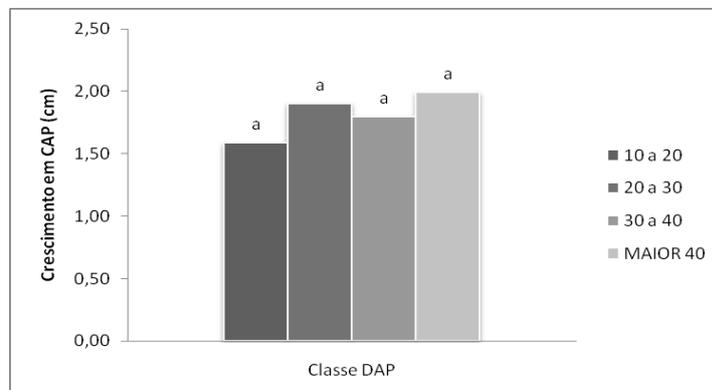


Figura 10 – Incremento médio anual em CAP de agosto de 2007 a junho de 2010 nas diferentes classes diamétricas das árvores de *C. odorata*

*Letras iguais mostram não haver diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste T-students.

As maiores taxas de incremento do CAP do tronco ocorreram nas árvores de *Cedrela* sp. das maiores classes de DAP (>40, 20-30 e 30-40 cm, respectivamente) e a menor taxa nas de classe de DAP 10-20 cm. Isto deve-se, provavelmente, a influência do meristema apical em relação ao cambial, favorecendo o maior crescimento em altura do que o do diâmetro das árvores, embora, com diferenças não significativas ($p < 0,05$) (Figura 10).

O modelo de crescimento do tronco das árvores de *C. odorata* e de *C. fissilis* indica elevada reação de sensibilidade à precipitação pluviométrica, em função do sistema radicular superficial (NOLDT et al., 2001), em comparação com as árvores de outras espécies tropicais que têm a capacidade de retirar grande quantidade de água nas camadas mais profundas do solo (NEPSTAD et al., 1994).

2.3.3.2 *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

A avaliação contínua dos incrementos em circunferência do tronco das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* por 30 meses, através da leitura dos dendrômetros, possibilitou, da mesma forma, a determinação do ritmo e taxa de crescimento, resultado da variação no crescimento radial, formação de xilema e floema secundário e do efeito da variação climática no período (Tabela 6).

As árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* apresentaram elevada taxa de crescimento do tronco de janeiro-abril/2008 devido, provavelmente, a grande disponibilidade de água no solo. A partir de maio/2008 iniciou-se um decréscimo no crescimento do tronco em resposta ao período de transição chuvoso-seco, taxa nula de crescimento em junho/2008, permanecendo dormente até setembro/2008 quando, então, foi formado o anel de crescimento referente ao ano de 2007, novamente foram iniciadas altas taxas de crescimento de outubro/2008-maio/2009, permanecendo dormente até outubro/2009, formando-se o anel de crescimento referente ao ano de 2008 e assim sucessivamente (Figura 12B).

O incremento em circunferência do tronco das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* apresentou correlação significativa e positiva com o índice de precipitação do mês corrente e do mês anterior (Tabela 6). A temperatura não apresentou correlação significativa, embora seja positiva em todos os meses.

No período de dormência do câmbio das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* observou-se a renovação das folhas (senescência, queda e brotação das folhas novas), coincidente com período seco (2-3 meses), com a ocorrência de baixa precipitação pluviométrica, menor do que 60 mm (WORBES, 1995).

A fenofase frutificação das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* indicou 3-4 meses de maturação dos frutos, com os frutos imaturos de junho-julho/2008, agosto/2009 e maio/2010 (Figura 9). Nota-se que a frutificação iniciou-se antes do início da estação chuvosa, mostrando correlação significativa e negativa entre a relação frutos imaturos-precipitação do mês corrente e frutos maduros-precipitação no mês anterior, ou seja, antes do início do período de crescimento radial da árvore (Tabela 6).

Como verificado nas árvores de *C. fissilis* e de *C. odorata*, a fenofase de frutificação do *S. parahyba* var. *amazonicum* está relacionada com a precipitação, temperatura e outros fatores climáticos. Este comportamento constitui-se em estratégia da maioria das plantas para se adaptar a determinadas condições ambientais favoráveis a germinação das sementes e ao desenvolvimento das plântulas: em *S. parahyba* var. *amazonicum* isso ocorre normalmente no final da estação seca e início da úmida, quando se

restabelece a alta umidade no solo (RAMOS et al., 2006; SILVA NETO et al., 2007).

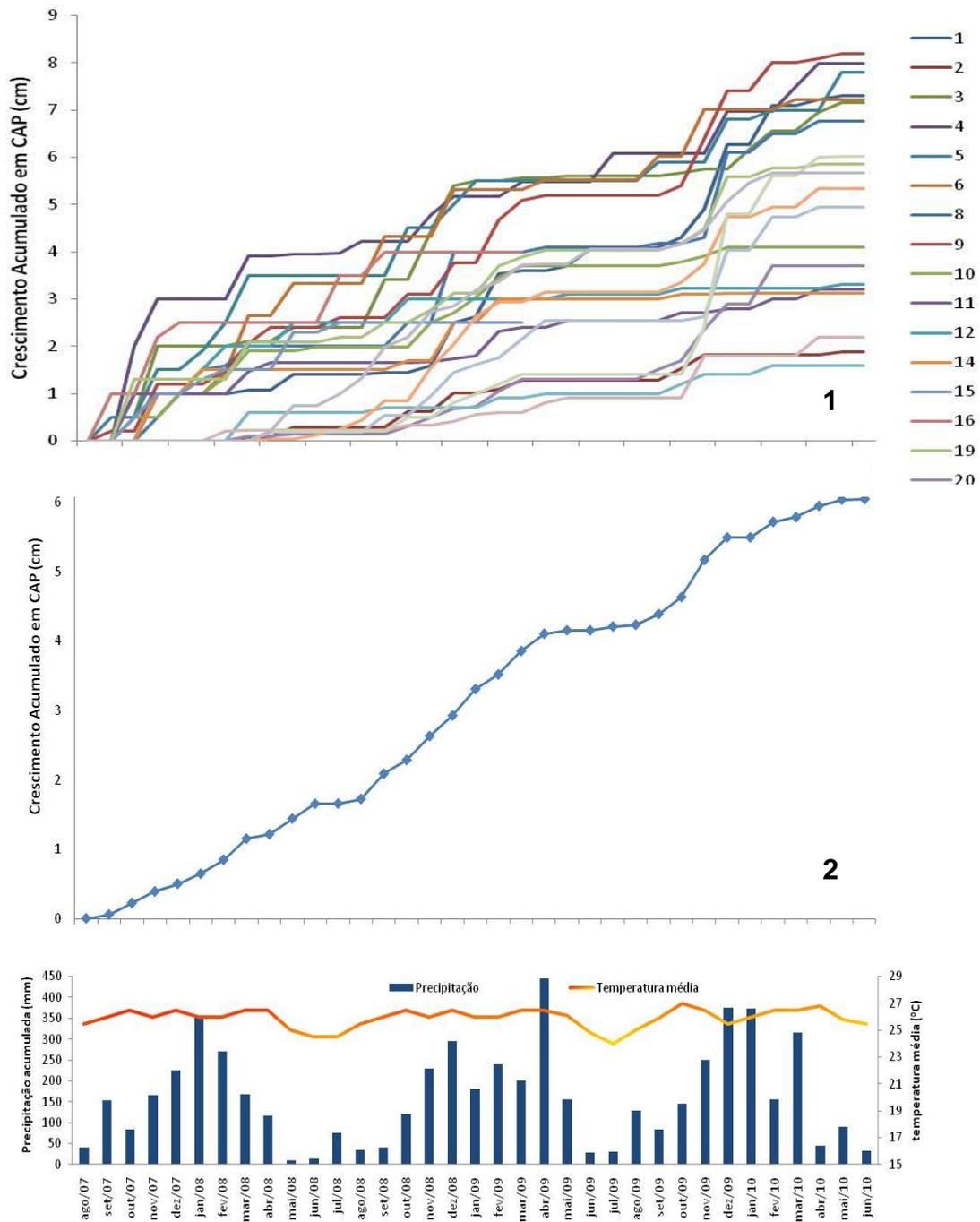


Figura 11 - Incremento acumulado em CAP do tronco das árvores de *Cedrela odorata* individualmente(1) e a média (2) e a precipitação acumulada mensal e temperatura média mensal de agosto de 2007-junho de 2010, na região de Rio Branco-AC

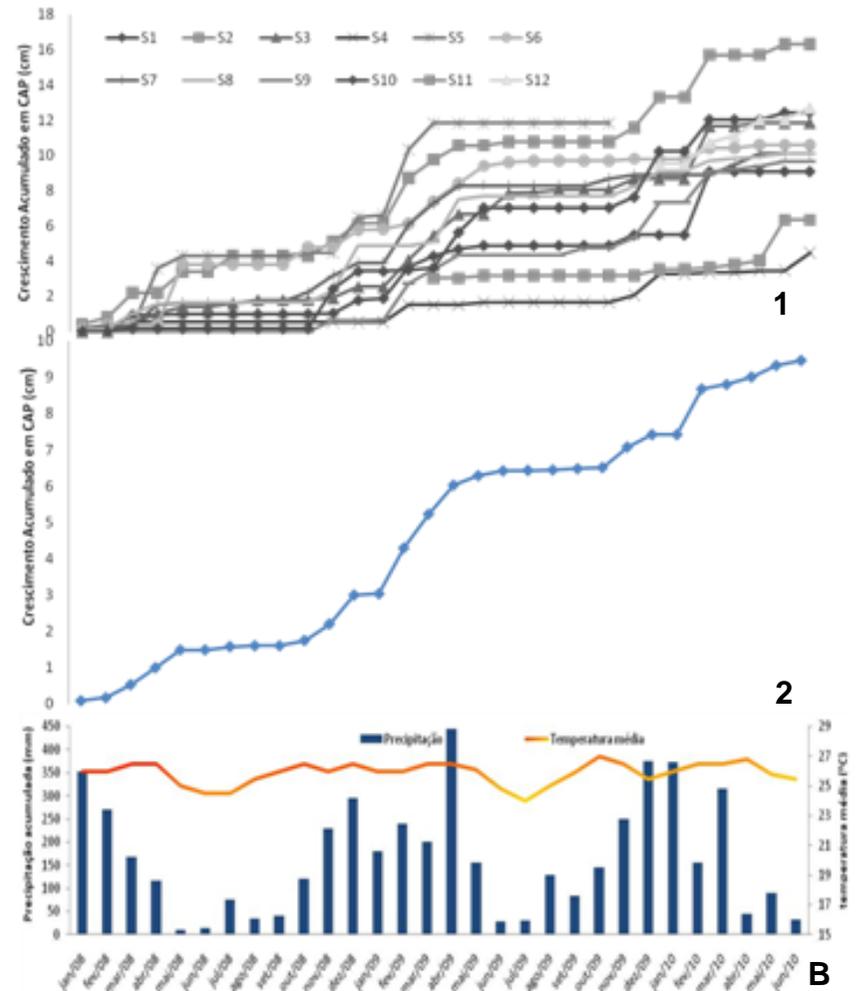
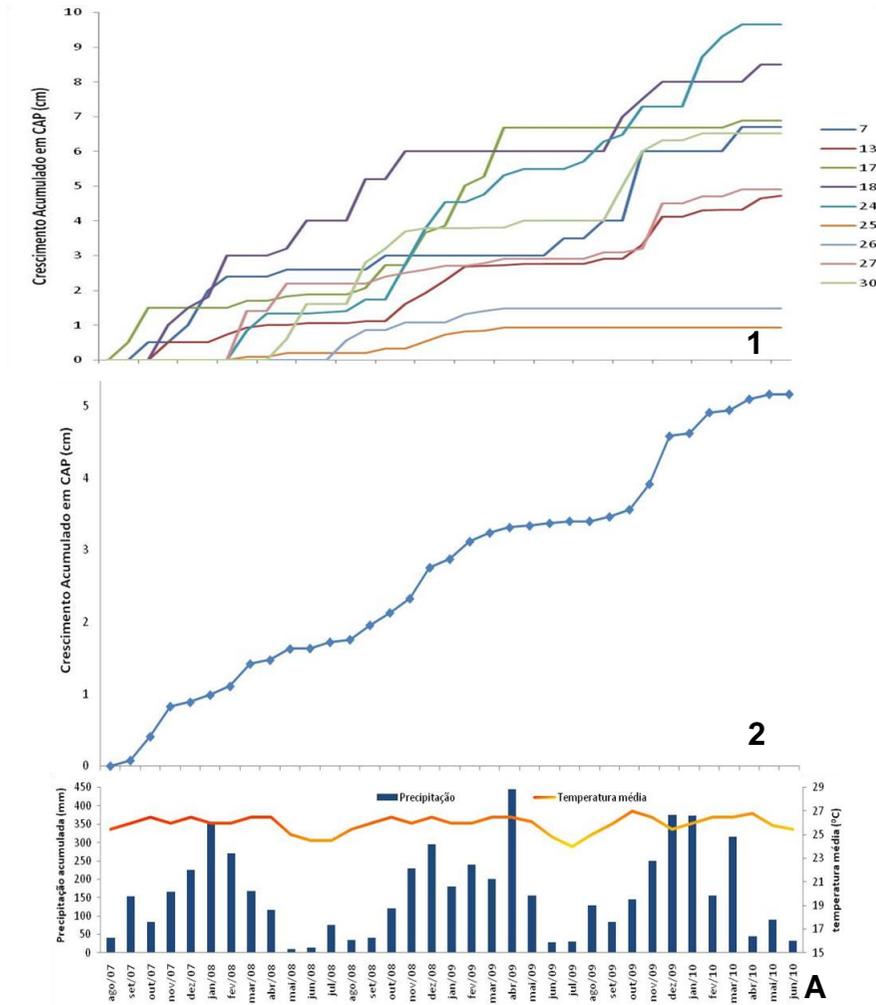


Figura 12 - Incremento acumulado em CAP do tronco das árvores de *C. fissilis* (A), e de *Schizolobium amazonicum* (B) individualmente (1) e a média (2), e a precipitação acumulada mensal e temperatura média mensal de agosto de 2007-junho de 2010, na região de Rio Branco-AC

Tabela 6- Coeficiente de correlação de Pearson das árvores de *Cedrela fissilis*, *C. odorata* e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* - incremento em CAP do tronco vs. Fenofases, a precipitação mensal acumulada e a temperatura média mensal

Espécie	Período/clima e Fenofase	Precipitação	Temperatura	Desfolha	Folhas novas	Floração	Frutos imaturos	Frutos maduros	Frutos caindo
<i>Cedrela fissilis</i>	Mês atual	0,34*	0,46*	-0,49*	-0,26	-0,34*	0,27	-0,28	-0,25
	Mês anterior	0,72*	0,29	-0,35*	-0,25	-0,23	0,45*	-0,23	-0,23
	2 Meses anteriores	0,43*	0,16	-0,16	-0,37*	-0,16	0,61*	-0,09	-0,23
<i>Cedrela odorata</i>	Mês atual	0,32**	0,29	-0,39*	-0,27	-0,31	0,01	0,14	-0,09
	Mês anterior	0,49*	0,26	-0,29	-0,32**	-0,22	0,02	0,02	-0,14
	2 Meses anteriores	0,35*	0,20	-0,20	-0,28	-0,24	0,08	0,01	-0,07
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	Mês atual	0,39*	0,28	-0,37*	-0,26	-0,22	-0,17	-0,28	0,02
	Mês anterior	0,54*	0,21	-0,30	-0,33	-0,06	-0,26	-0,19	0,01
	2 Meses anteriores	0,24	0,27	-0,34	-0,19	-0,20	-0,24	-0,22	-0,20

*Correlação significativa p <0,05

2.3.4 Marcação de câmbio e formação anatômica diferenciada do tecido e anuidade na formação dos anéis de crescimento das árvores

2.3.4.1 *Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis*

No lenho das árvores de *Cedrela odorata* coletado em janeiro/2010 (Figura 13A), para a análise da reação da camada cambial às injúrias induzidas em julho/2007 e em dezembro/2007, verificou-se a formação de tecido traumático (TT), de coloração escura, no entorno da cicatriz (Figura 13B).

Os tecidos do lenho na região apresentam uma coloração diferenciada, pela aplicação do reagente de NADI (mistura de α -Naftol e o cloridrato de Dimetilparafenileno Diamina), sendo azul nos tecidos normais e vermelho nos tecidos traumáticos, pela reação dos ácidos resínicos (Figura 13C).

A cavidade (resultante da injúria) na camada cambial do lenho das árvores de *Cedrela* sp., foi preenchida por tecido de parênquima, expandindo-se nas direções radial e tangencial, envolvendo a região da injúria(forma cônica). Segundo Shigo (1986) o ferimento da camada cambial induz uma reação dinâmica, interligando o sistema vascular vertical acima e abaixo da ferida, através dos elementos de vasos (angiospermas) e traqueídes (gimnospermas) que estão conectados de várias maneiras: a tilos, depósitos de goma, e outras substâncias que constituem uma barreira química, ao tecido injuriado do lenho inicial distribuída, às vezes, pelo perímetro do tronco das árvores, ocorrendo também modificações na estrutura anatômica desses elementos separando o tecido presente no momento do ferimento do tecido que se forma depois. (Figuras 13D-F). Observou-se também modificação no ritmo de crescimento radial do tronco com a formação do lenho tardio estreito, com células de parede fina e de ductos de goma-resina dispostos tangencialmente, na área afetada do lenho.

A “rachadura de calos” (RC) induzidas pelo ferimento no lenho das árvores de *Cedrela* sp., caracterizadas pelo preenchimento com substâncias fenólicas fora da área cambial, são visíveis nas figuras 13 A, B e são similares as observadas em tecidos injuriados por incisões experimentais no lenho de árvores de *Hymenaea courbaril*, (LUCHI, 1998).

A cavidade central da área traumática no lenho e a extensão de células do tecido de parênquima (CP) no sentido tangencial (Figuras 13 A,B) são indicativas do tecido de reação ao ferimento, seguidos do xilema, com os vasos, parênquima radial, fibras e dutos de resina alinhados (DR) (Figuras 15 A-C). O processo de cicatrização observado no xilema das árvores de *C. odorata*, resultante das injúrias da camada cambial, foi similar ao descrito para árvores de *Swietenia macrophylla*, da família Meliaceae, em Java, por Fujii et al. (1998).

Além do ducto de goma-resina presente no lenho das árvores de *Cedrela* sp., próximo da área da cicatrização, observa-se a formação de uma série de ductos de goma-resina em disposição tangencial, paralela ao parênquima marginal, e que se confunde com os anéis de crescimento (Figura 13B, 15 D-F). O número de faixas de parênquima equivale ao número de injúrias induzidas na camada cambial da árvore de *Cedrela* sp., no período de julho-dezembro/2007 (Figura 13F).

A formação do tecido traumático no lenho das árvores de *Cedrela* sp., na região da injúria da camada cambial, é semelhante a descrita por vários autores (FRANCESCHI et al. ,1998; SHIGO, 1986; LUCHI, 1998), compreendendo alterações das células de natureza anatômica e química, sendo (i) compostos químicos (terpenos) que se depositam nas células localizadas no entorno do tecido injuriado, constituindo uma barreira química de proteção aos microorganismos; (ii) os vasos tornam-se obstruídos por extrativos e, desta forma, inativados (não funcionais) e (iii) tecidos do xilema normal são formados, com o aparecimento de faixas de parênquima marginal (Figuras 13 D, E e F).

No sentido longitudinal do tronco das árvores de *Cedrela* sp. verifica-se que os ductos de goma-resina dispõem-se em grande extensão no sentido axial na região de cicatrização do lenho às injúrias cambiais (Figura 14 C-F), podendo atingir, segundo Franceschi et al. (1998), alguns metros de extensão no lenho das árvores, afetado com nível severo de injúria. A mensuração do comprimento longitudinal dos ductos de goma-resina no lenho da árvore de *Cedrela* sp. C1 indicou uma extensão de 40 cm acima e abaixo da região da injúria (Figura 16). O exame da região longitudinal-tangencial do lenho da árvore de *C. odorata* afetado pela injúria indica a formação de significativa quantidade de tecido parenquimático (células de parênquima) imerso em goma-resina

sintetizada pelos ductos formando, também, uma barreira de proteção química (Figura 15 G, H, I).

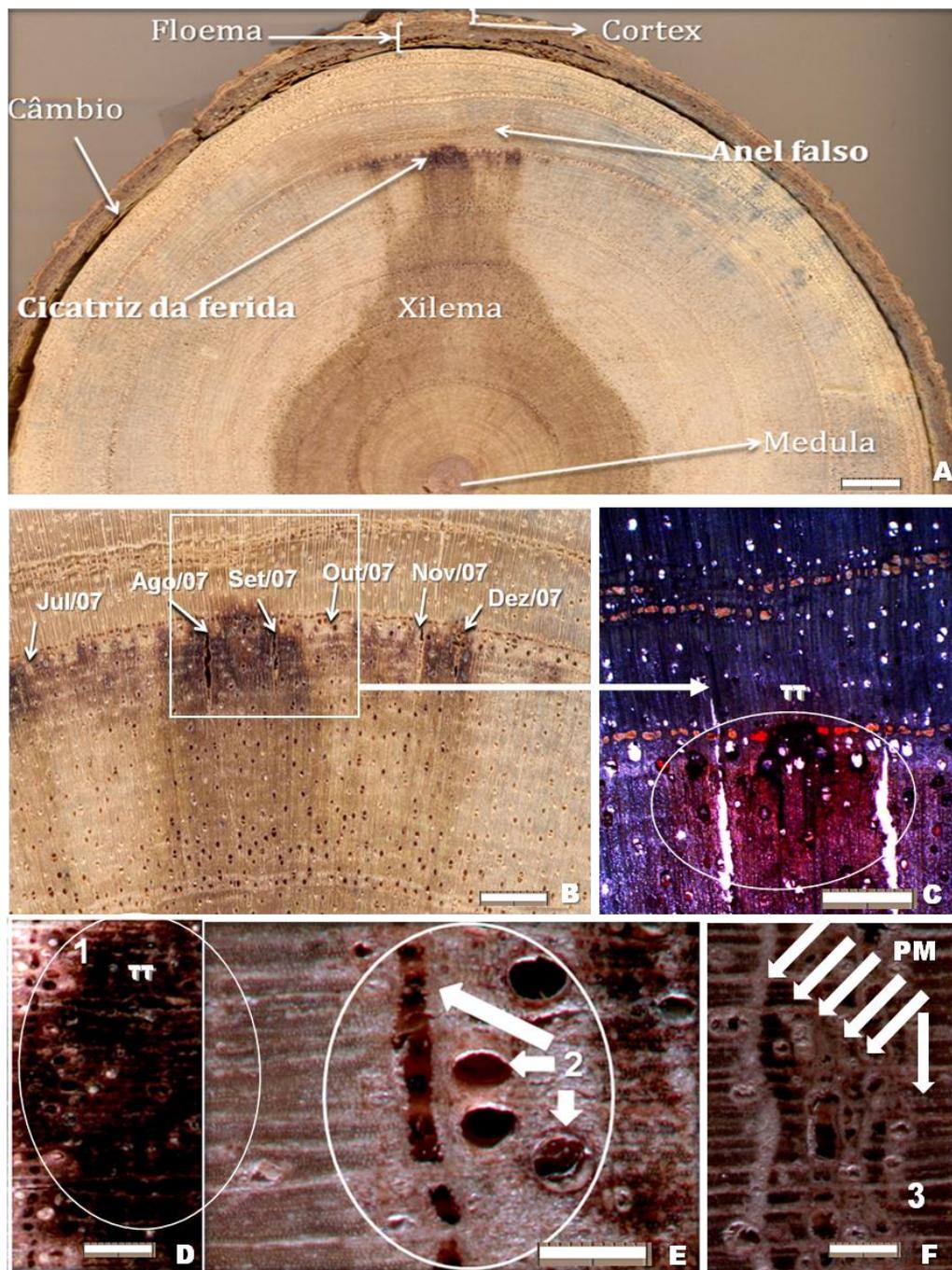


Figura 13 – Lenho da árvore de *Cedrela odorata*, coletado em janeiro/2010 mostrando a cicatriz das injúrias cambiais feitas de julho-dezembro de 2007 (A) Escala barra= 1 cm. Imagem macroscópica (A) do lenho mostrando as cicatrizes de julho a dezembro de 2007. Escala barra = 3 mm. Imagem microscópica do lenho (B) mostrando a formação dos ductos em torno da injúria. Barra escala 500 μ m. Imagem macroscópica (D–F) mostrando as fases de modificação anatômica e química na formação do tecido traumático em torno da injúria e as faixas de tecido parenquimático formado. Escala barra D, F= 1 mm, escala barra E= 150 μ m

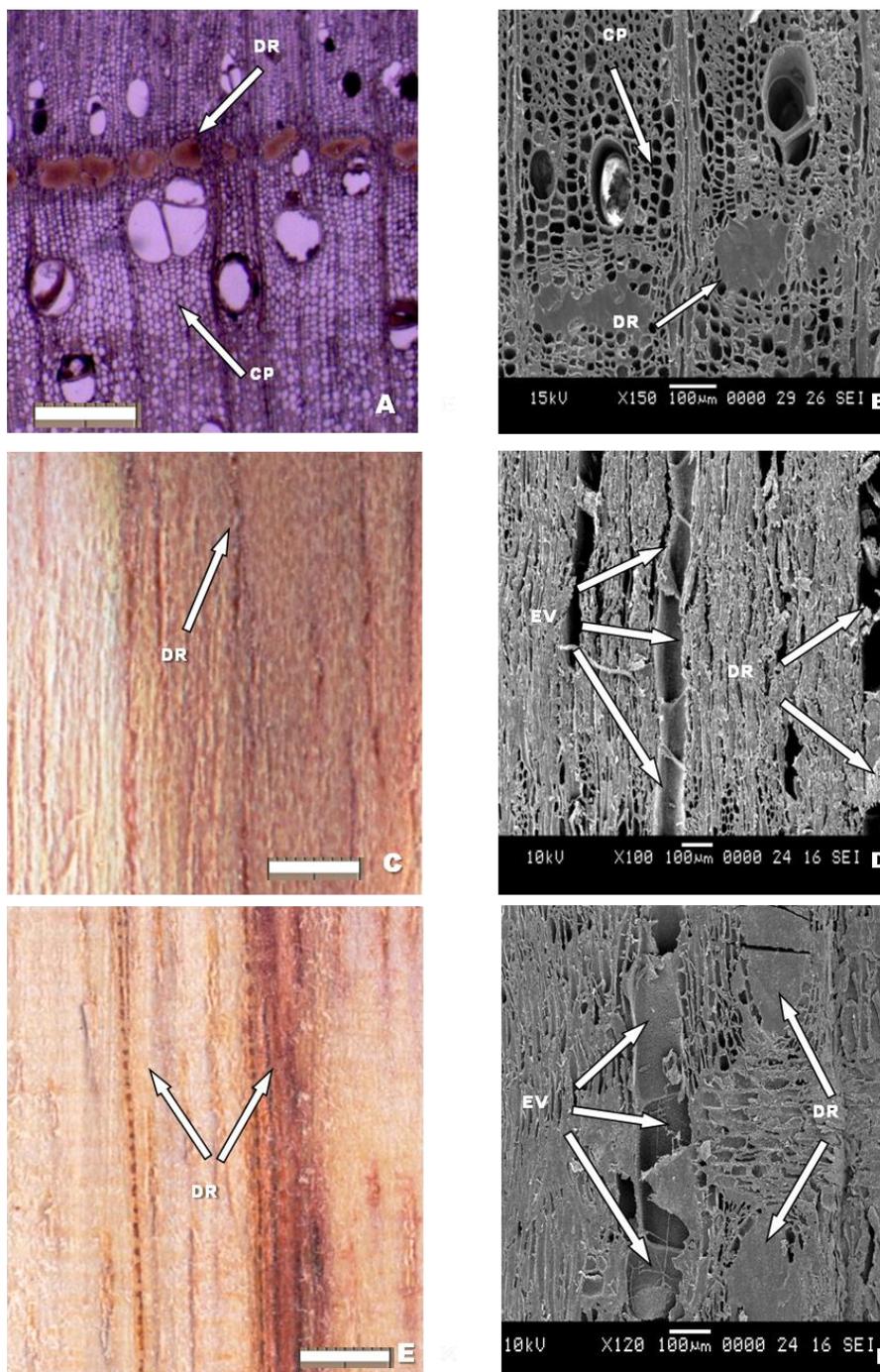


Figura 14 – Estrutura macro e microscópica de luz e de varredura da seção transversal, com tecido traumático do lenho de *C. odorata*; (A;B) típica zona de barreira química com ductos de resina ou goma (DR) com preenchimento de substâncias fenólicas e área de células de parênquima (CP) na seção longitudinal tangencial (C;D) e radial (E;F), linha de ductos traumáticos de goma-resina (DR) e elementos de vasos (EV) Escala barra: A = 150 um; C e E = 1500um

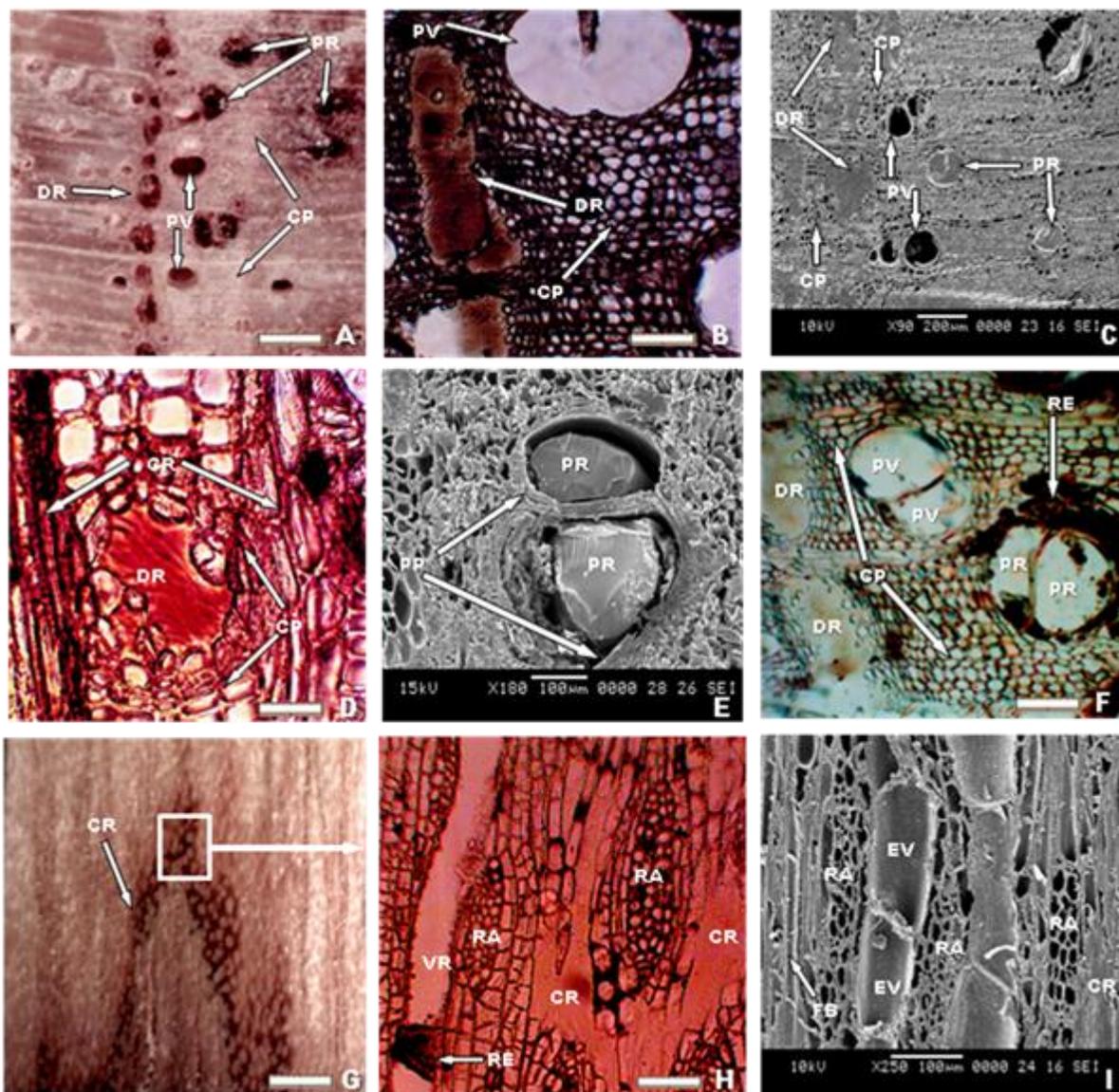


Figura 15 – Estrutura macro e microscópica da seção transversal (A-F) do tecido traumático do lenho de *Cedrela odorata*, mostrando linha de ducto de goma-resina traumático (DR), poros vazios (PV) e preenchidos com goma-resina (PR), com camada de células de parênquima (CP), no sentido tangencial (G-I), área com ductos de goma-resina (CR) e vasos preenchidos (VR) de goma-resina (RE) e não preenchidos (EV), área de células de parênquima radial (RA) e fibras (FB). Escala barra: A= 500µm, B,D, E= 100 µm, F,H= 150 µm, G= 1500 µm

Na região do floema observa-se, da mesma forma, a formação de tecido diferenciado, mais claro, com elevada concentração de células do parênquima longitudinal, de cicatrização às injúrias (Figura 17 C2-3), em área equivalente ao tecido do xilema injuriado.

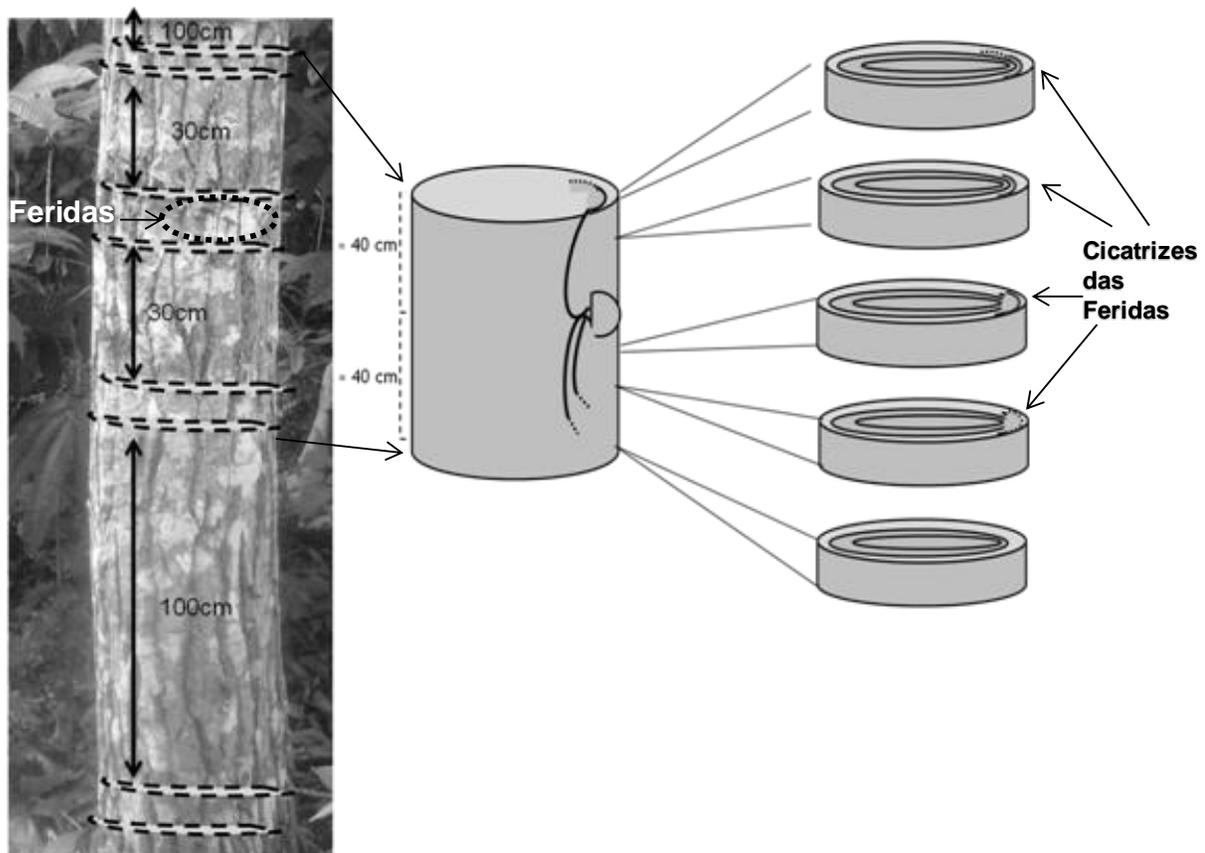


Figura 16 – Cortes de seção transversal do lenho para mensuração do comprimento das linhas de ducto de goma-resina no sentido axial do tronco da árvore de *Cedrela odorata* afetada pela injúria.

O lenho das árvores de *C. odorata* (Figura 17A1-4) e de *C. fissilis* (17B1-3) coletado em fevereiro/2010, correspondente ao xilema formado após a injúria induzida na camada cambial em julho/2008, evidencia um tecido traumático de cicatrização constituído por camadas de tecido de parênquima longitudinal e canais tangenciais de goma-resina, envolvido pelo tecido parenquimático.

O tecido traumático de cicatrização é a referência na posição da camada cambial, do xilema e do floema no lenho das árvores de *C. odorata* (Figura 17 A2-4) e de *C. fissilis* (Figura 17B2-3), na data da confecção da “janela de Mariaux”, em julho/2008. Em seguida ao tecido de cicatrização observa-se, no lenho das árvores, a formação de anel de crescimento semi-poroso constituído por células de parênquima marginal e de vasos de diâmetro diferenciado, indicativo do início do novo período de crescimento do tronco, e datado como o anel de crescimento formado no ano de 2009 nas árvores de *C. odorata* (Figura 17 A3) e de *C. fissilis* (Figura 17 B3).

A comprovação da anualidade da formação do anel de crescimento ano/2009, no lenho das árvores de *Cedrela* sp. é realizada pela comparação com outras amostras do lenho extraídas do DAP do tronco das árvores de *Cedrela* sp., pela observação do anel de crescimento normal, do ano equivalente, e sem os canais de goma-resina e das faixas sequenciais de parênquima (Figura 17 A1-2). Os ductos de goma-resina são formados no tecido constituído por células remanescentes, sendo que sua oclusão é resultado da ritmo de crescimento radial (SCHWEINGRUBER, 2007), permitindo determinar a data da formação do anel de crescimento, o que possibilita a aplicação do método de “janela de Mauriax” em pesquisas em dendrocronologia, como as publicadas por Worbes (1995), Lisi et al. (2008) e Rosero-Alvarado (2009).

2.3.4.2 *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

O lenho das árvores de *S. parahyba* var *amazonicum*, coletado em janeiro/2010 (Figura 18A) engloba a cicatriz resultante da injúria das células cambiais de dezembro/2007, evidenciando a formação de tecido traumático escuro (TT), no entorno das injúrias (Figura 18A2). Desta forma, torna-se possível a datação e a determinação da anualidade de formação do anel de crescimento, pela análise da cicatriz induzida no lenho das árvores em julho/2007 (Figura 18 A1,A2,A3). A região do lenho formada após a injúria induzida na camada cambial apresentou um tecido de cicatrização caracterizado pelo intenso alongamento radial caracterizado pelas células de tecido parenquimático de orientação irregular, com poucos ou ausência total de vasos,(Figura 18 B1,B2). O intenso crescimento do tecido parenquimático intercalado por células de parênquima axial (dispostas uma sobre as outras), é evidenciado pela presença de uma substância de coloração acastanhada (Figura 18 C1, C2). Verificou-se, da mesma forma, que o processo de diferenciação dos tecidos do lenho não foi normalizado, após algum tempo de atividade cambial. A formação de tecido anormal com essas características foi observada no lenho das árvores de *Hymeneae courbaril*, que sofreram injúrias provocadas por pregos (LUCCHI, 1998).

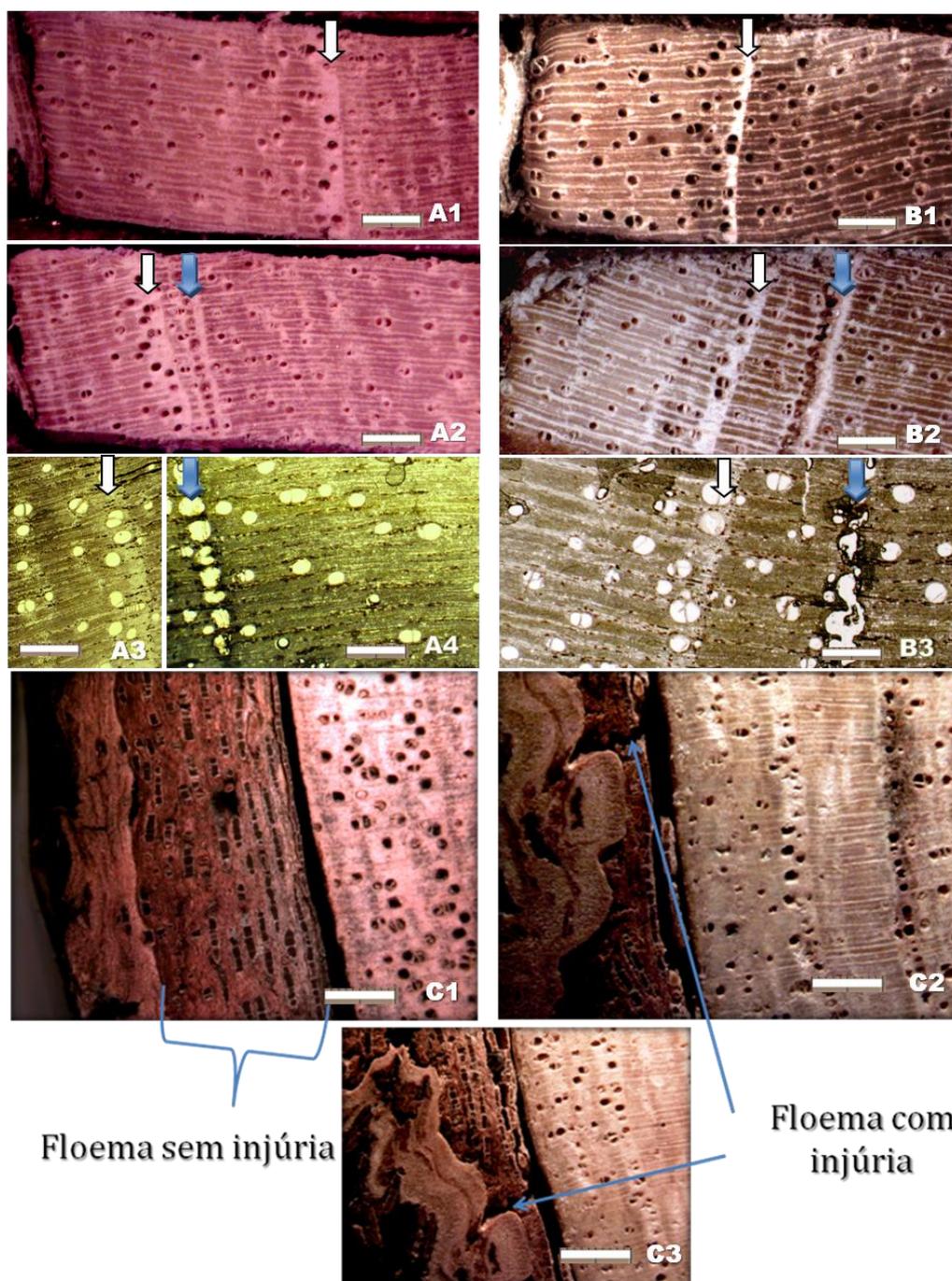


Figura 17 - Estrutura macroscópica do tecido de *C. odorata* e *C. fissilis*, com a formação de canal de goma-resina, faixa de parênquima e formação de anel de crescimento verdadeiro (A1, B1), Estrutura microscópica do lenho mostrando formação de anel de crescimento verdadeiro - seta branca e formação de canal de resina - seta azul (A2, B2), imagem microscópica formação de anel de crescimento verdadeiro - seta branca (A3, B3) e formação de canal de goma-resina, seta azul (A4, B3). Estrutura macroscópica do xilema e floema mostrando o tecido diferenciado da cicatrização da injúria na camada cambial de *C. odorata*. Escala barra: A1, 2, B1, 2, C1, 2, 3 = 1500 um A 3, 4. B 3 = 500 um

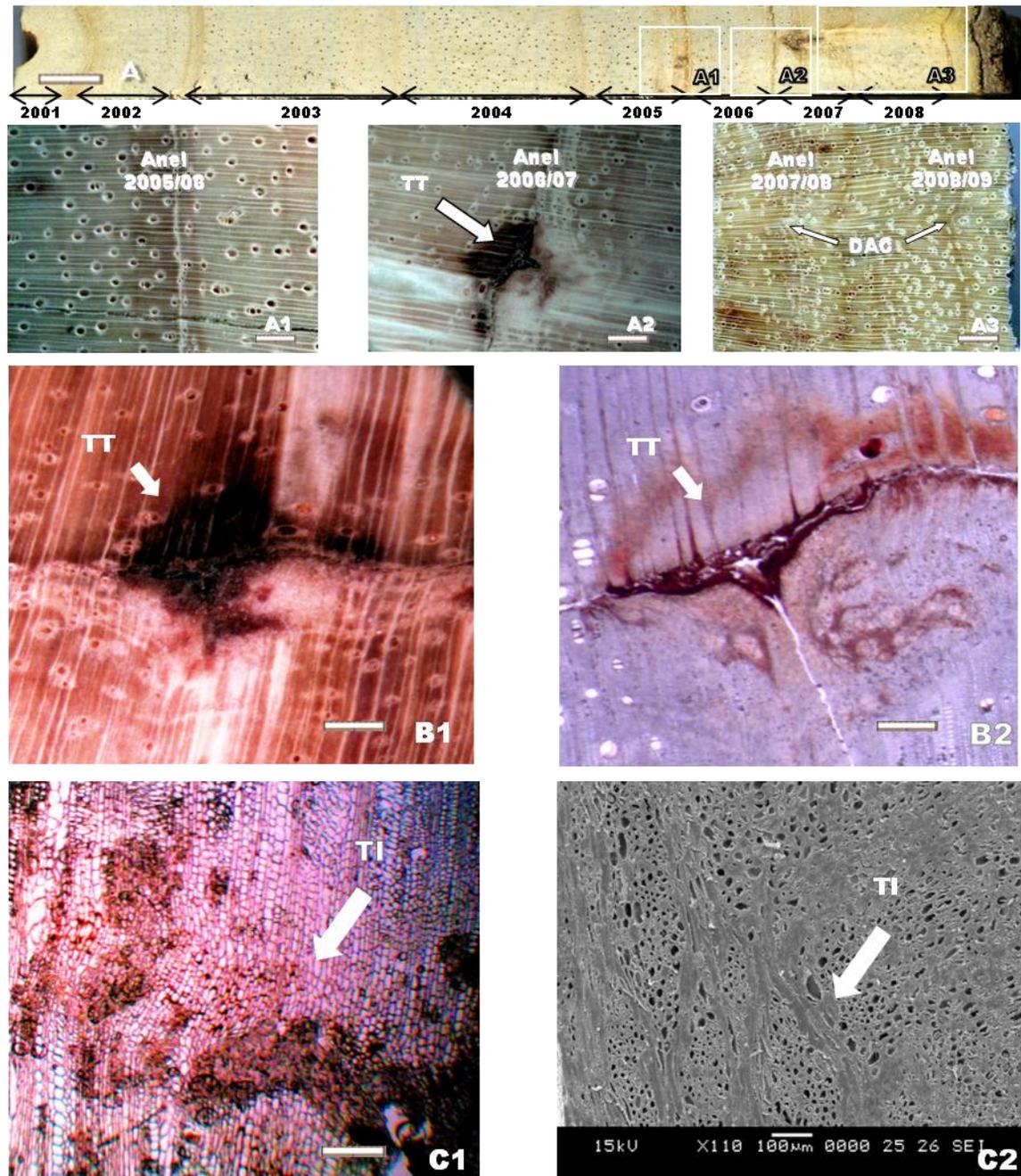


Figura 18 – Estrutura macro e microscópica do tecido traumático (TT) do lenho de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, com raio mostrando os anéis de crescimento no sentido radial (A) com cicatriz de injúria com tecido traumático (A 2, B 1, 2), tecido com formação irregular (TI) e área com dominância de parênquima (CP) com sentido irregular (C1, 2). Escala barra A= 8 mm, A 1, 2 =150 um, A 3=300 um, B 1, 2, C1=100 um

2.3.5 Caracterização dos anéis de crescimento falsos no lenho das árvores

2.3.5.1 *Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis*

Os anéis de crescimento no lenho das árvores de *C. odorata* caracterizam-se, de acordo com Dunish et al. (2003), pela disposição dos vasos de maior diâmetro em anel associado ao parênquima marginal (Figura 19A). Por outro lado, Iwasaki-Marochi (2007) descreveu o anel de crescimento de árvores de *C. fissilis* como semi-poroso e com a sua demarcação caracterizada pela camada de crescimento, por faixa de parênquima axial marginal e vasos maiores em semi-porosidade (Figura 19B). Com pequena variação, a descrição da estrutura dos anéis de crescimento observada no lenho das árvores de *Cedrela* sp., indicando a presença de camada constituída de vasos imersos em tecido de parênquima marginal são coincidentes com as apresentadas pelos autores mencionados na literatura em geral (ROIG, 2000; BOTOSSO; TOMAZELLO FILHO, 2001; TOMAZELLO FILHO et. al., 2004). No entanto, conforme destacado, podem ser formados no lenho das árvores os anéis de crescimento falsos constituídos, principalmente, por canais de resina de natureza traumática originários de danos ocasionados no tronco, incêndios florestais, anomalias climáticas, estresse hídrico, ataque de insetos, etc. Esses anéis de crescimento podem, muitas vezes, ser caracterizados como verdadeiros, porém sem corresponder a camada de crescimento formada no final da estação seca (HEINRICH, 2004; PRYA; BHAT, 1998; WENDLAND, 1975).

Analisando-se os anéis de crescimento falsos formados no lenho das árvores de *C. odorata* pode-se classificá-los em 4 tipos, sendo (i) anel de crescimento falso, formado após um anel de crescimento verdadeiro, apresentando como características macroscópicas, faixas espessas de parênquima marginal dispostas em sentido paralelo ao canal de goma-resina sem interromper a porosidade difusa do anel de crescimento (Figura 19 C), (ii) anel de crescimento falso, similar ao anterior constituído, porém, por faixas muito delgadas de parênquima marginal, formando grupos de anéis quase indistintos (Figura 19 D), (iii) anel de crescimento falso, extremamente próximo, de espessura fina, com vasos de iguais dimensões embebidos em uma ou várias faixas de parênquima, com anéis pouco distinguíveis (Figura 19 E) e (iv) anel de crescimento

falso caracterizado pela não continuidade do parênquima axial e porosidade difusa (Figura 19 F).

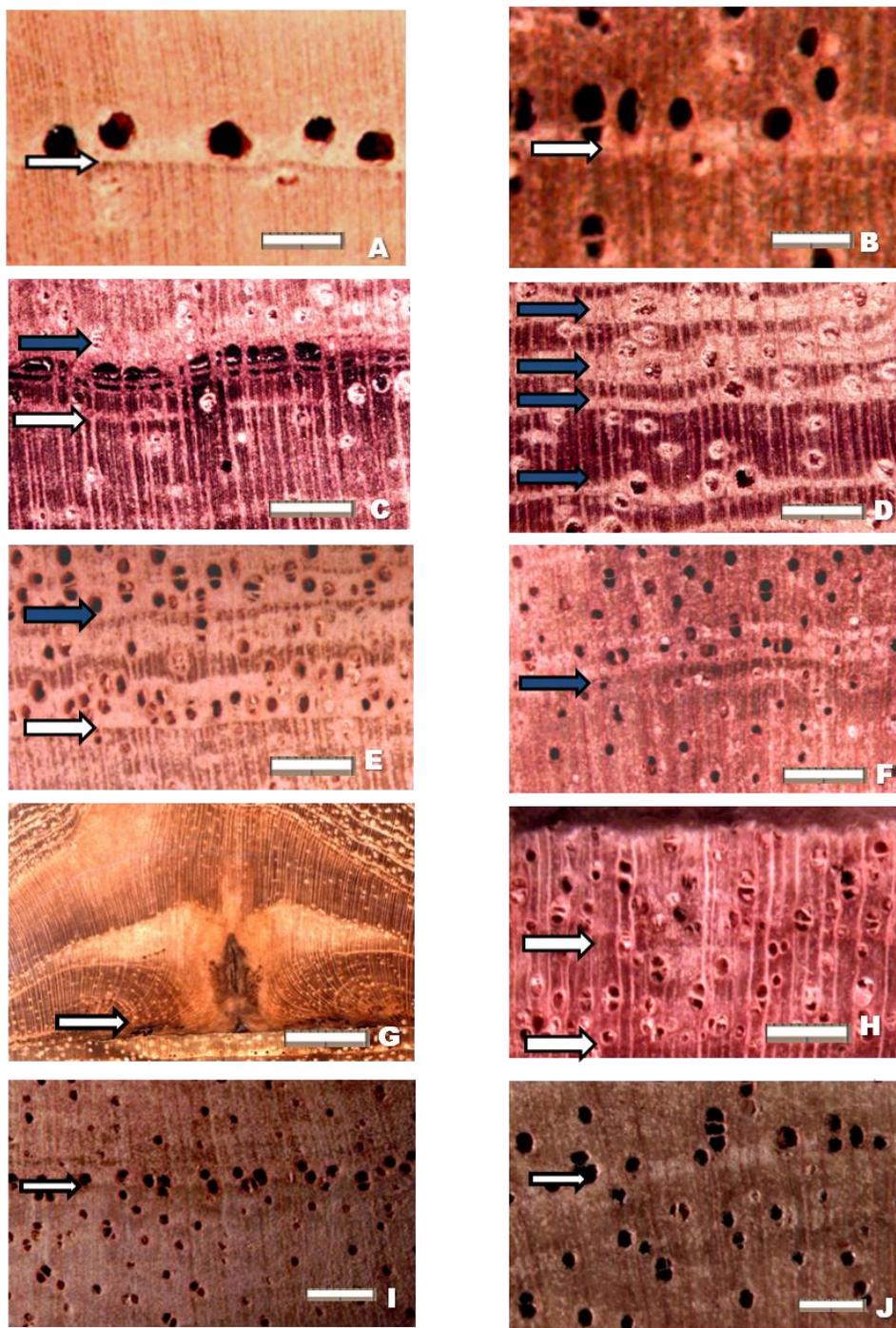


Figura 19 – Estrutura anatômica macroscópica do anel de crescimento verdadeiro de *Cedrela odorata* (A), *Cedrela fissilis* (B), tipos de anéis de crescimento falsos (seta azul), indistintos indicados (seta branca) no lenho das árvores de *Cedrela* sp.. Escala, :A-B= 300 um, C-F ; H-J = 1000 um; G= 5 mm

Da mesma forma, foram identificados anéis de crescimento indiferenciados no lenho das árvores de *Cedrela* sp., sendo (i) anéis de crescimento formados em lenho injuriado, com faixas de parênquima e deformação nas camadas de crescimento (Figura 19 G), (ii) anéis de crescimento verdadeiros, com porosidade difusa encontrado, normalmente, em condições de restrição do crescimento, como forte competição por luz, água e nutrientes (Figura 19 H), (iii) anéis de crescimento verdadeiros, com diferenciação no diâmetro dos vasos (semi-porosos) e parênquima totalmente ausente (Figura 19 I) e (iv) anéis de crescimento verdadeiros, com parênquima marginal descontínuo ou totalmente ausente (Figura 19 J). As injúrias da camada cambial induzem alterações na estrutura anatômica do lenho, como a (i) formação de anéis de crescimento falsos, (ii) deformações no xilema e (iii) alteração na largura do anel de crescimento (Figura 20). Desta forma, a avaliação da largura dos anéis de crescimento geram incorreções, afetando o nível de inter-correlação das séries cronológicas da largura dos anéis de crescimento. A baixa inter-correlação das séries cronológicas da largura dos anéis de crescimento (Tabela 7) em diferentes posições radiais do DAP do tronco da árvore de *C. odorata* é observada no período da injúria cambial: a deformidade presente no raio injuriado C1 em comparação aos raios R4 e R1, dificultando assim a co-datação dos anéis de crescimento (Figura 20).

Tabela 7 – Inter-correlação das séries cronológicas da largura dos anéis de crescimento de árvore de *C. odorata* com injúria cambial e cicatrização do lenho, utilizando-se o programa Cofecha.

Sequência	Series	Período de análise		2000	2002	2004	2006
				2003	2005	2007	2009
1	C1	2001	2008	0,91	0,99	0,20B	0,67A
2	R1	2001	2008	0,89	0,97	0,56A	0,54A
3	R2	2001	2008	0,84	0,95	0,31B	0,70A
4	R3	2001	2008	0,97	0,98	0,01B	0,66A
5	R4	2001	2008	0,96	0,98	0,07B	0,73

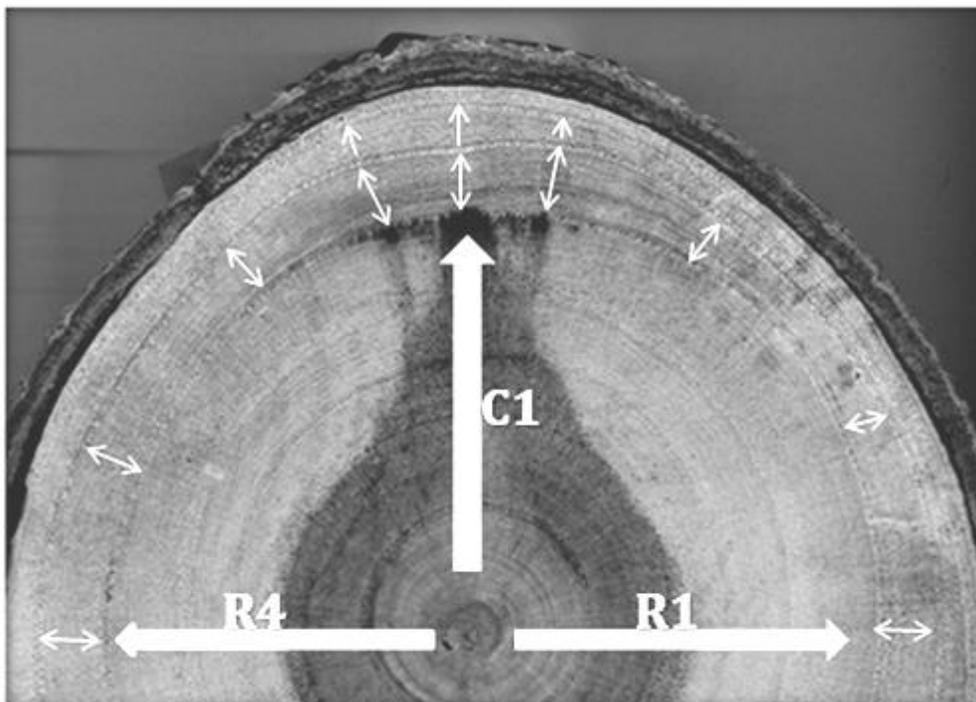


Figura 20- Seção transversal macroscópica do lenho mostrando a deformidade na largura dos anéis de crescimento formados após a cicatrização da injúria no lenho de árvore de *C. odorata*

2.3.5.2 *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

A comparação da estrutura anatômica dos anéis de crescimento formados no lenho de árvores de *S. parahyba* var *amazonicum*, com o descrito para *S. parahyba* var. *parahyba* por Tomazello Filho et al. (2004), Lisi et al. (2008), Marcati et al. (2008) e Callado e Guimarães (2010) não indica diferenças estruturais marcantes. No lenho das árvores destas espécies, o anel de crescimento se caracteriza pelo achatamento radial e maior espessamento da parede das fibras no lenho tardio, presença de fina linha ou faixa de parênquima marginal (Figura 21A).

Da mesma forma, foram observados vários padrões de anéis de crescimento, destacando-se: anel de crescimento falso, caracterizado pela presença do parênquima marginal, mas sem o espessamento da parede das fibras no lenho tardio (21B), anel de crescimento indiferenciado, constituído por lenho injuriado, faixas de parênquima e deformação das camadas de crescimento(21C); anel de crescimento indiferenciado caracterizados pela ausência de parênquima em faixa marginal com achatamento da parede radial dos vasos (Figura 21 D); anéis de crescimento, próximos à casca, com ausência de parênquima marginal e presença de fibras de parede radial espessada

(Figura 21E); anéis de crescimento indiferenciado, próximos à medula, caracterizado pela ausência de parênquima marginal, mas com presença de fibras de parede radial espessada no lenho tardio(21F).

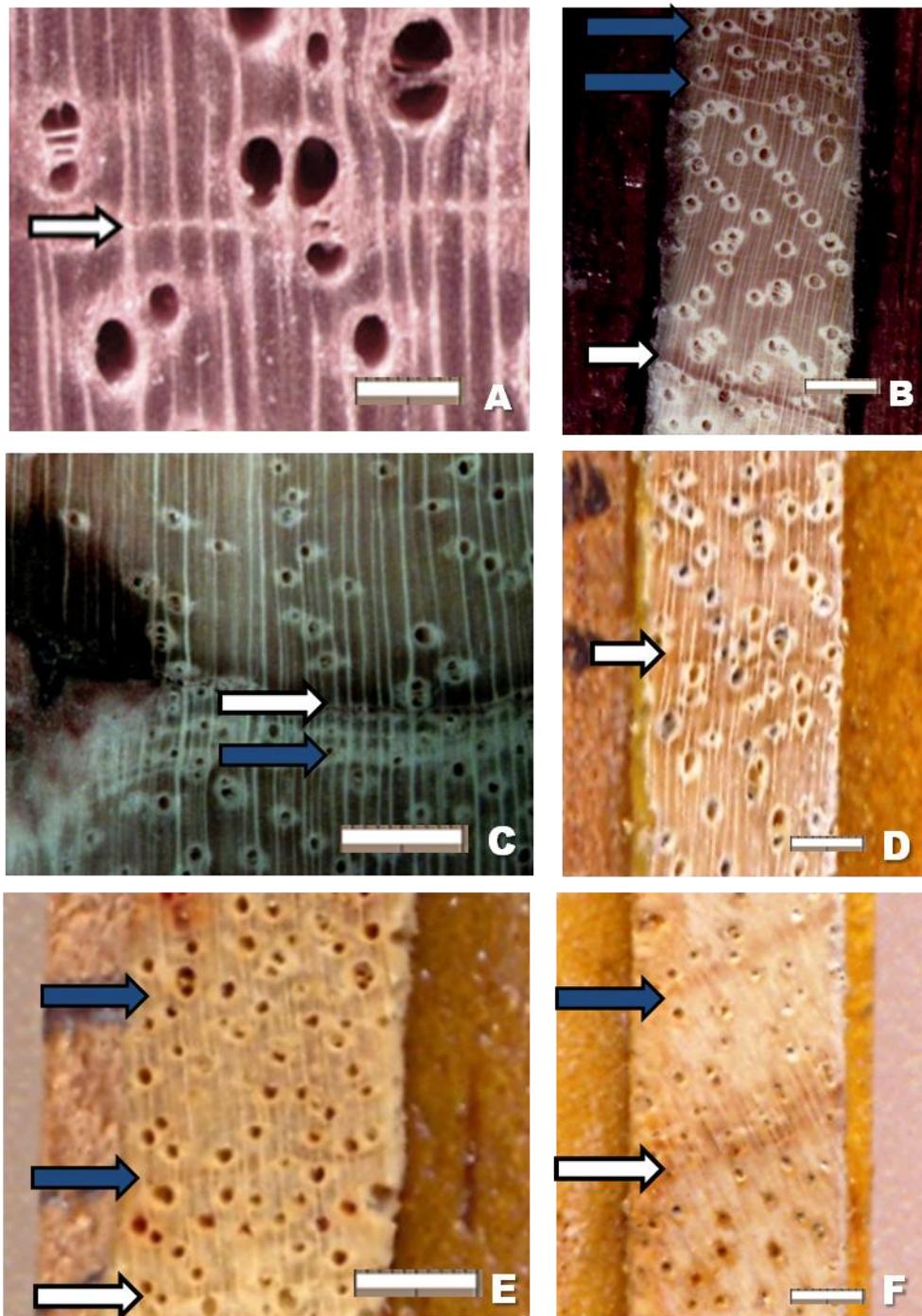


Figura 21 – Estrutura anatômica macroscópica do anel de crescimento verdadeiro de *Schizolobium amazonicum* (A), tipos de anéis de crescimento falsos (seta azul), indistintos (seta branca) indicados no lenho de *Schizolobium amazonicum* (M-R). Escala, :A= 300 um, B, D, F = 750um, C, E=1000um

2.4 Conclusões

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que (i) as 3 espécies foram identificadas em campo por suas características dendrológicas, (ii) as observações das diferentes fenofases das árvores das espécies indicaram a influência exercida pela sazonalidade climática, (iii) a dormência cambial induziu a formação do anel de crescimento anual no lenho das árvores, influenciada pela fenofase e pelas variáveis climáticas; (iv) anéis de crescimento falsos foram formados pelas injúrias induzidas na camada cambial no lenho da árvores; (v) as injúrias cambiais causam deformação do xilema e alteração na espessura do anel de crescimento; (vi) a caracterização dos anéis de crescimento falsos e ausentes auxiliou na codatação dos anéis de crescimento nas análises dendrocronológicas.

Referências

- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, Utrecht. v. 21, n.1, p. 3–30, 2000.
- BARBOSA, A.C.F; PACE, M.R; WITOVISK, L.; ANGYALOSSY, V. **A new method to obtain good anatomical slides of heterogeneous plant parts**. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 31, n.4, p. 373-383, 2010.
- BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, Porto Alegre, v. 25, n. 3, p. 269-276, 2002.
- BORCHERT, R. Phenology and control of flowering in tropical trees. **Biotropica**, Washington, v.15, p.81-89, 1983.
- BOTOSSO, P.C.; TOMAZELLO, F.O. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In. MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARELLA, W. (Ed.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001. p..145–171.
- BRIENEN, R.E.P.A. ZUIDEMA, P.A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, Berlin, v. 146, p. 1-12, 2005.

- BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P.A. **Anillos de crecimiento de árboles maderables en Bolivia: su potencial para el manejo de bosques y una guía metodológica**. La Paz, Bolivia. PROMAB/ IGEMA, 2004. 40p. (Informe Técnico, 7).
- CARVALHO, P.E.R. **Paricá *Schizolobium amazonicum***. Colombo, PR: EMBRAPA nov., 2007. 7p. (Circular Técnica, 142).
- CALLADO, C.H.; NETO, S.J.D. SCARANO, F.R. ; COSTA, C.G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees- Structure and Function**, Berlin, v. 15, p. 492–497, 2001.
- CALLADO; C.H.; GUIMARÃES, R.C. Estudo dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* (Leguminosae Caesalpinioideae) após episódio de mortalidade em Ilha Grande, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.33 n.1, p. 85-91 Jan./Mar. 2010.
- DÉTIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **Iawa Bulletin**, Utrecht, v.10, p.123–132, 1989.
- DÜNISCH, O. :MONTÓIA, V.R. EBAUCH, J.Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon – **Trees**, Santa Monica, v. 17, p.244–250, 2003.
- DÜNISCH, O.; BAUCH, J; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intraannual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis*, and *Cedrela odorata* (meliaceae) **Iawa Journal**, Utrecht, 23, n.2, p.101–119, 2002.
- FERRAZ, D.K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L.M. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.59, n.2, p.305-317, 1999.
- FERREIRA-FEDELE, L.;TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; GIANNOTTI, E. Growth periodicity of *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Guarantã) in two areas of southeast region of São Paulo state. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 141-149, jun. 2004.
- FOSTER, R.B. Ciclo estacional de caída de frutos en la isla de Barro Colorado. In: LEIGH, E.G.; RAND, A.S.;WINDSOR, D.M. (Ed.).**Ecología de un bosque tropical**, Balboa. Smithsonian Tropical Research Institute, 1992. p. 219-241.
- FRANCESCHI, V.R.; KREKLING, T.; BERRYMAN, A.A; CHRISTIANSEN, E. Specialized phloem parenchyma cells in *Norway spruce* (Pinaceae) bark are an important site of defense reactions.**American Journal of Botany**, Columbus, v.85, n.5, p.601–615, 1998.
- FUJII,T.; MARSOEM, S.N.; FUJIWARA, T. Annual growth rings in mahogany (*Swietenia macrophylla*) growing in Java. **IAWA Journal**, Utrecht, v.19, p. 449–450,1998.

FUNTAC. **Monitoramento da cobertura florestal do estado do acre:** desmatamento e uso atual da terra. Rio Branco: Secretária de indústria e comércio; Fundação de tecnologia do estado do Acre, 1990. 214p.

GOOGLE EARTH. **Google Earth 6 product family.** Disponível em: <<http://www.google.com/earth/>> acesso em: 30 nov. 2010.

HEINRICH; BANKS—Growth variations in *Toona sinensis* and *Toona ciliata*, **International Journal Of Plant Sciences**, Chicago, v.167, n.4, p. 831–841,2006.

HIEBRICH, I. **Dendroclimatology of *Toona ciliata*.** 2004. 235 p. Thesis (PhD in Management resources and environmental science) - School of resources, environment and society, Australian National University, Canberra, 2004.

HÖLL W Seasonal fluctuation of reserve materials in the trunkwood of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). **Journal Plant Physiology**, Stuttgart, v. 117, p.355, 1985

IAWA Committee List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n.3, p.219-332, 1989.

IMAC, INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DO ACRE. **Zoneamento Ecológico Econômico- ZEE.** Rio Branco. SEPLAN/SECTMA,2000.

INMET. Normais Climatológicas 1961 a 1990. INMET. Brasília. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>>. Acesso em: 30 abril 2009.

IWASAKI-MAROCHI, C. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis*-**Meliaceae**) aplicados à avaliação da taxa de crescimento de dendroclimatologia.** 2007. 120p. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

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

LISI, C. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L. & VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, Utrecht, v.29, n.2, p. 189-207, 2008.

LUCHI, A.E.. **Periodicidade de crescimento em *Hymenaea courbaril* L. e anatomia ecológica do lenho de espécies de mata ciliar.** 1998. 236p. (Doutorado em Botânica), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.

MÄKINEN, H.; SEO, J. ; NÖJD, P.; SCHMITT, U. E JALKANEN, R. Seasonal dynamics of wood formation: a comparison between pinning, microcoring and dendrometer measurements. **European Journal of Forest Research**, Hamburg, v. 127, n.3, p. 235-245, 2008.

MARCATI, C.R. **Sazonalidade cambial em espécies tropicais**. 2000. 147p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MARCATI, C.R.; OLIVEIRA, J.S.; MACHADO, S.R. Growth rings in cerrado Woody species: occurrence and anatomical markers. **Biota Neotropica**, Campinas, v.6, n.3, p.1-31, Set/Dez. 2006a

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R.F. Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae) 2008. **IAWA Journal**, Utrecht, v.27, n.2, p.199–211, 2006b.

MARCATI, C.R.; MILANEZ, C.R.D.; MACHADO, S.R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). **Trees**, Santa Mônica, v. 22, p.3-12, 2008.

MARIAUX, A. Les cernes dans les bois tropicaux africains, nature et periodicite. **Bois et Forets des Tropiques**, Paris, n.113, p 3-14, 1967.

MESQUITA, C.C. de. **O Clima do estado do Acre**. Rio Branco: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA), 1996. 53p.

MESQUITA, C.C.; PAIVA, R.A. **Estudos básicos das precipitações do Acre**. Rio Branco: Secretaria de Estado de Planejamento, 1995. 148p.

NASH, S.E. Archaeological tree-ring dating at the millennium. **Journal of Archaeological Research**, New York, v. 10, n.3, 243-275 p. Sep. 2002.

NEPSTAD, D.C.; CARVALHO, C.R.; DAVIDSON, E.A.; JIPP, P.H.; LEFEBVRE, P.A.; NEGREIROS, G.H.; SILVA, E.D.; STONE, T.A.; TRUMBORE S.E.; VIEIRA S. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. **Nature**, London, v.372, n.6507, p. 666-669 1994.

NOLDT, G.; BAUCH, J.; KOCH, G.; SCHMITT, U. Fine roots of *Carapa guianensis* Aubl. and *Swietenia macrophylla* King: Cell structure and adaptation to the dry season in Central Amazonia. **Journal of Applied of Botany**, Berlin, v. 75, p.152, 2001.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F.A.M. Fenologia de copaíba (*Copaifera langsdorfii* Desf. Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, Porto Alegre, v.25, p.183-194, 2002.

PRIYA, P.B.; BHAT, K.M. False ring formation in teak (*Tectona grandis* L.F.) and the influence of environmental factors. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.108, n.3, p. 215-222, 1998.

OLIVEIRA, J.M.; SANTAROSA, E.; ROIG, F.A.E.; VALÉRIO, D.E.P. Amostragem temporal de anéis de crescimento: uma alternativa para determinar ritmo de crescimento radial. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 615-617, jul. 2007.

RAMOS, A.; BIANCHETTI, A.; MARTINS, E.G.; FOWLER, J.A.P.; ALVES, V.F. **Substratos e temperaturas para a germinação de sementes de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*)**. EMBRAPA, p.1. 1995. (Comunicado Técnico, 7).

REICH, P.B.; BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, Oxford, v.72, p.61-64, 1984.

ROIG, F.A. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: ROIG, F.A. (Ed.) **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza:EDIUNC, 2000. p 381–431.

ROSERO-ALVARADO, J. **Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru**. 2009. 129p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SANTOS, D.L.; TAKAKI, M. Fenologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil **Acta Botânica Brasilica**, Porto alegre v.19, n.3, p.625-632, 2005.

SAUTER, J. Photosynthate allocation of the vascular cambium: facts and problems. In: SAVIDGE, R.A.; BARNETT, J.R.; NAPIER, R.(Ed.). **Cell and molecular biology of wood formation**. Oxford: BIOS Scientific, 2000. 71p.

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.18, p.581–597, 2002.

SCHWEINGRUBER, F.H.; BÖRNER, A.; SCHULZE, E.D. **Atlas of woody plant stems – evolution, structure, and environmental modifications**. Springer:Berlin-Heidelberg, 2006. 229 p.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Wood structure and environment**. Berlin:Springer, 2007. 279p.

SHIGO, A.L. **A New Tree Biology: Facts, Photos, and Philosophies on Trees and Their Problems and Proper Care.**, Associates; Durham, New Hampshire, 595 p., 1986

SILVA NETO, P.A.; ALVINO, F.O.; RAYOL, B.P.; PRATA, S.S.; ESQUERDO, L.N. Métodos para Superação de Dormência em Sementes de Paricá (*Schizolobium amazonicum* - Huber ex. Ducke) (Leguminosae - Caesalpinioideae) Nota científica - **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 732-734, jul. 2007.

TEIXEIRA, A.P.; ASSIS, M.A.: Florística e fitossociologia de floresta paludosa. **Revista Brasileira de Botanica**, Porto Alegre, v.28, n.3, p.467-476, jul.-set. 2005.

TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S.; Hansen, N. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of São Paulo, Brazil, **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n .66, p. 46- 55, dez. 2004.

TOMAZELLO, F^O M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C.S. Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. In: ROIG, F.A.(Ed.).**Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p 381–431.

VETTER, R. ; BOTOSSO, P.C. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 18, n. 1/2, p. 189-196, 1988.

WENDLAND, W.M. An objective method to identify missing and false rings. **Tree-Ring Bulletin**, Tucson, v.35, p. 41–47, 1975.

WIMMER, R.; STRUMIA, G.; HOLAWÉ, F. Use of false rings in Austrian pine to reconstruct early growing season precipitation.**Canadian Journal Forest Research** Ottawa, v.30, p.1691-1697, 2000.

WORBES M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, Utrecht, v.16 p. 337-351. 1995.

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

ZAPATER, M.A, DEL CASTILLO, E.M.; PENNINGTON, T.D. El género *Cedrela* (Meliaceae) en la Argentina. **Darwiniana**, San Isidro, v.42, n.1/4,2004.

3 DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE *Cedrela odorata*, *Cedrela fissilis* E *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum* NO ESTADO DO ACRE, BRASIL

Resumo

O estado do Acre possui uma vocação eminentemente florestal, devido a alta abundância natural de espécies madeireiras em um ecossistema caracterizado pela biodiversidade de espécies tropicais. Estudos preliminares nessa região indicam que 35-50% das espécies arbóreas formam anéis de crescimento. Desta forma, a dendrocronologia mostra-se como importante ferramenta, para a obtenção de dados de longos períodos de crescimento e para estimativa da idade das árvores, para o entendimento da dinâmica da floresta e desenvolvimento de sistemas de manejo florestal sustentado. Pelo exposto, o objetivo do trabalho foi o de estudar três espécies arbóreas de ocorrência natural no Acre, verificando a influência da evapotranspiração mensal e da temperatura média no crescimento em diâmetro do tronco, em diferentes sítios e ambientes. O estudo foi realizado em três sítios: i) Reserva Experimental Catuaba em áreas de floresta primária, borda de mata e pastagem, ii) Parque Zoobotânico (floresta secundária) e iii) Fazenda São Jorge (área de exploração florestal). Das árvores de *C. odorata*, *C. fissilis* e de *Schizolobium amazonicum* foram retiradas amostras de lenho no DAP do tronco, através do método não destrutivo (sonda de Pressler), para as avaliações dendrocronológicas e anatômicas dos anéis de crescimento. Seguiu-se a demarcação, contagem e mensuração da espessura dos anéis de crescimento e, em seguida, utilizou-se o programa COFECHA para o controle da qualidade das séries de anéis de crescimento, o programa ARSTAN para a construção das cronologias e o RESPO para a análise dendroclimatológica das espécies. Não houve diferença significativa no ritmo de crescimento do tronco das árvores entre as espécies e os ambientes. A análise dendroclimatológica das espécies evidenciou que a evapotranspiração mensal (sinal comum) influi forte e significativamente no crescimento do tronco em determinados períodos do ano. Os eventos El Niño também tiveram uma relação direta na formação dos anéis de crescimento das árvores, indicando, portanto, o potencial dessas espécies para as reconstruções climáticas da região.

Palavras-chave: Dendroecologia; Dendroclimatologia; Anéis de crescimento; Amazônia, El Niño

Abstract

The state of Acre has an eminently forest asset due to high natural abundance of timber species in an ecosystem characterized by the biodiversity of tropical species. Preliminary studies in this region indicate that 35-50% of tree species form rings, so the tree rings present to be an important tool for obtaining data for long periods of growth and accurate estimates of tree age, for understanding the dynamics forest development and the forest management of sustained systems. Therefore, the objective of this research was to study three tree species naturally occurring in Acre and asses

the influence of evapotranspiration and monthly mean temperature on the growth in diameter at different sites and environments (microsites). The study was conducted at three sites: i) reservation in Catuaba Experimental compost for primary forest, pasture and edges of forest , ii) Zoobotanic Park (secondary forest) and iii) Farm São Jorge (forest exploitation area). Samples of rays wood of *Cedrela fissilis*, *C. odorata* and *Schizolobium amazonicum* were collected of the trunk in the DAP, for anatomical characterization of growth rings, and dendrochronological through non-destructive method (borer Pressler). This was followed by the demarcation, counting and measuring the width of rings, then used the Cofecha program for quality control of the series of growth rings, the ARSTAN program to build of chronologies and the RESPO for dendroclimatology analysis of the species studied. There was no significant difference in the growth of the trunk between species and environments. The dendroclimatological analysis of the species studied showed that the monthly evapotranspiration (signal common) is highly influential and significant on growth in the trunk at certain times of the year. The El Niño events also showed a direct relationship in the formation of tree rings studied, therefore, indicating the potential of these species to climate reconstructions and events caused by the El Niño in this region.

Keywords: Dendroecology; Dendroclimatology; Tree- rings; Amazon; El Niño

3.1 Introdução

Estudos de dendrocronologia em árvores de regiões tropicais não são tão comuns como nas de regiões temperadas. Contudo, no início do século XX, a existência de anéis de crescimento anuais nos trópicos foi comprovada (WORBES, 1995; WORBES e JUNK, 1999). Atualmente, vários estudos comprovaram que em regiões tropicais, com padrões ambientais cíclicos, muitas árvores formam no seu lenho anéis de crescimento anuais e distintos (BOTOSSO et. al., 2000; TOMAZELLO FILHO et al, 2004; LISI et al., 2008; ROSERO-ALVARADO, 2009).

As pesquisas dos anatomistas e dendrocronólogos nos ambientes tropicais e, especialmente, nos cinturões intertropicais, têm mostrado que as árvores produzem ciclos de crescimento em resposta às variações estacionais do clima, com a conseqüente formação de anéis de crescimento anuais anatomicamente distinguíveis (ROIG, 2000; TOMAZELO F^o et al., 2002; BOTOSSO e TOMAZELO F^o, 2001).

Neste sentido, a dendrocronologia, torna-se importante ferramenta, para fornecer informações de longos períodos de crescimento e estimativas acuradas da idade das árvores, para o entendimento da dinâmica da floresta e desenvolvimento de sistemas

de manejo florestal sustentados, além de verificar a influência da variação climática no crescimento radial das árvores (BRIENEN e ZUIDEMA, 2005; ROIG, 2000).

Vários estudos indicam que, em períodos com valores de precipitação pluviométrica inferiores a 50-100 mm/mês, observam-se as mudanças nos eventos fenológicos nas árvores de inúmeras espécies. Neste período, muitas espécies de árvores da floresta tropical apresentam o fenômeno de caducifolia, em resposta ao estresse hídrico, resultando em dormência ou diminuição do seu ritmo de crescimento e na formação dos anéis de crescimento (WORBES, 1995).

Na elaboração das cronologias se torna importante descrever os conceitos de sinal e ruído, denomina-se sinal a informação contida nos anéis de crescimento relevante para o estudo de uma variável; já o ruído é a parte da informação presente na série de anéis de crescimento, irrelevante para o estudo da variável considerada (COOK e KAIRIUKSTIS, 1989). Portanto, para a análise de um distúrbio particular pela aplicação dos anéis de crescimento das árvores é necessário realizar uma boa decodificação desses “sinais”, ressaltando o de interesse e minimizando os restantes.

A padronização (“standardization”) visa remover as tendências relacionadas com a idade das árvores. O processo de padronização possui, ainda, a vantagem de corrigir a heterogeneidade da variância dos dados de largura do anel de crescimento, uma vez que o desvio padrão dos índices deixa de ser função da média, como ocorre antes da padronização (DELGADO, 2000).

Com os dados padronizados (índices) procede-se o cálculo das cronologias médias dos anéis de crescimento, e essas são comparadas com as séries climáticas determinando-se a variável que mais influi (precipitação, temperatura, evapotranspiração, entre outros) na largura dos anéis e, conseqüentemente, no crescimento das árvores (COOK e KAIRIUKSTIS, 1989).

Pelo exposto, no presente trabalho aplicou-se a técnica de análise dos anéis de crescimento de árvores de *C. fissilis*, *C. odorata* e de *S. parahyba* var. *amazonicum* para estudos de dendroclimatologia e dendroecologia.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Caracterização do local de estudo

O presente trabalho foi realizado na (i) Reserva Experimental Catuaba (REC), no município de Senador Guiomard, (ii) Parque Zoobotânico (PZ), no município de Rio Branco, pertencentes a Universidade Federal do Acre-UFAC e (iii) Fazenda São Jorge, no município de Sena Madureira, da empresa Acre Brasil Verde, localizada na região leste do Estado do Acre.

A REC se encontra no entroncamento das rodovias BR-364 e 317, com 2.111 ha de área de formato semi-triangular, sendo 77% de floresta primária e 23% de floresta secundária, pastagens, pomares e habitações. A floresta tropical de terra firme é caracterizada floresta aberta com bambus e palmeiras (predominante), floresta densa, floresta secundária e pastagens IMAC, 2000; FUNTAC, 1990). O relevo é suavemente ondulado, exceto na rede de drenagem, com 9 igarapés (córregos). O solo é classificado como latossolo vermelho e podzólico vermelho. (MORATO, 2004).

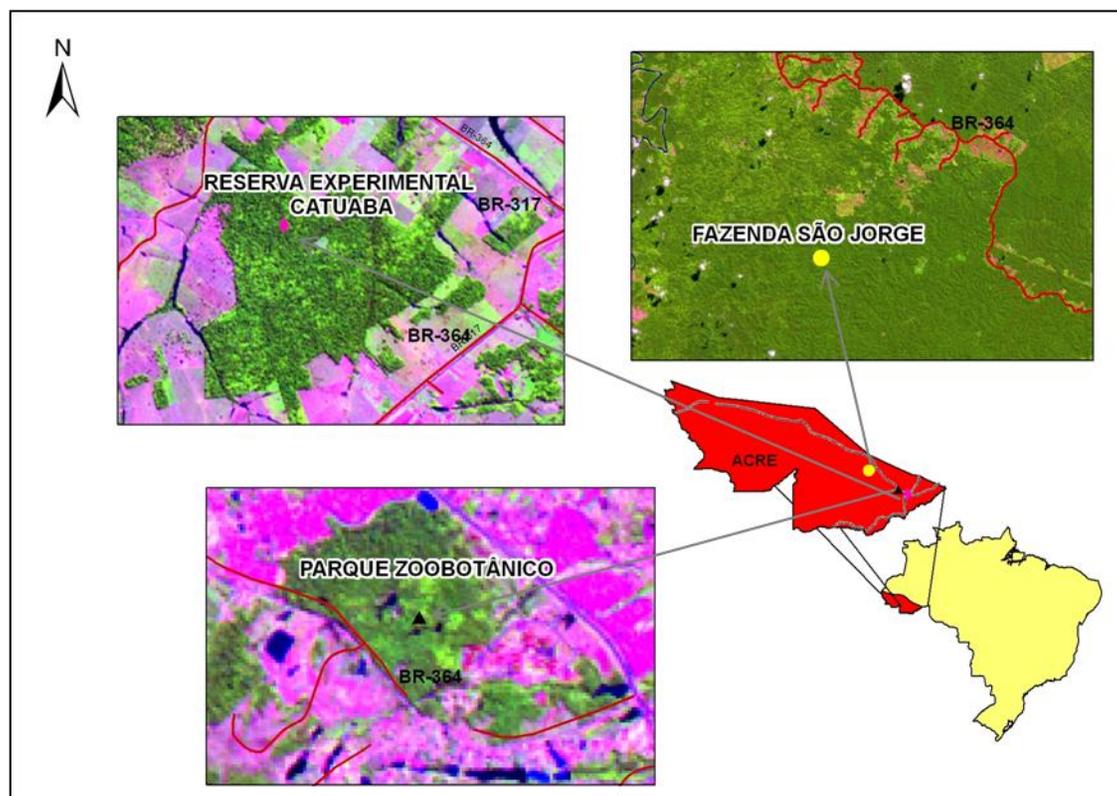


Figura 1 – Mapa das áreas estudadas: Reserva Experimental Catuaba (REC), Parque Zoobotânico (PZ) e Fazenda São Jorge (FSJ)

O PZ possui 100 ha de floresta secundária, em vários estágios de sucessão ecológica, com o dossel das árvores não superior a 10 m, persistindo árvores de espécies remanescentes da floresta; sendo submetida às atividades de extração vegetal, agricultura e pecuária (MENESES-FILHO et al., 1995). A FSJ possui área de 7.840 ha de floresta natural na região do Rio Iaco, classificada como floresta ombrófila aberta com incidência de cipos, adquirida na década de 90 e composta pelas Fazenda São Jorge I e São Jorge II, com manejo florestal empresarial madeireiro (FSC, 2006; FERNANDES; AMARO, 2007).

3.2.2 Caracterização do clima

O clima é caracterizado por dois períodos distintos na distribuição da precipitação, sendo junho-julho (os mais secos) e janeiro-fevereiro (os mais chuvosos). A estação chuvosa compreende outubro-abril, sendo o de maio, transição da estação chuvosa-seca; a estação seca se estende de junho-agosto, com setembro de transição entre a estação seca-chuvosa. As chuvas se iniciam e se estabelecem lentamente; a seca chega mais rapidamente (Figura 2).

De outubro-abril, época das chuvas, ocorre 83 % do volume da precipitação anual considerando, desta forma, 2 períodos sazonais distintos, (i) período chuvoso (setembro-maio, com 94,3% da precipitação e 152-252 mm/média mensal) e (ii) seco (junho-agosto, com 5,7% da precipitação e 37,6 mm/média mensal). A temperatura média anual é de 22-24°C, podendo variar de 12-14°C no período de “friagem” (em geral, agosto) (MESQUITA; PAIVA 1995; MESQUITA 1996; ACRE, 2000).

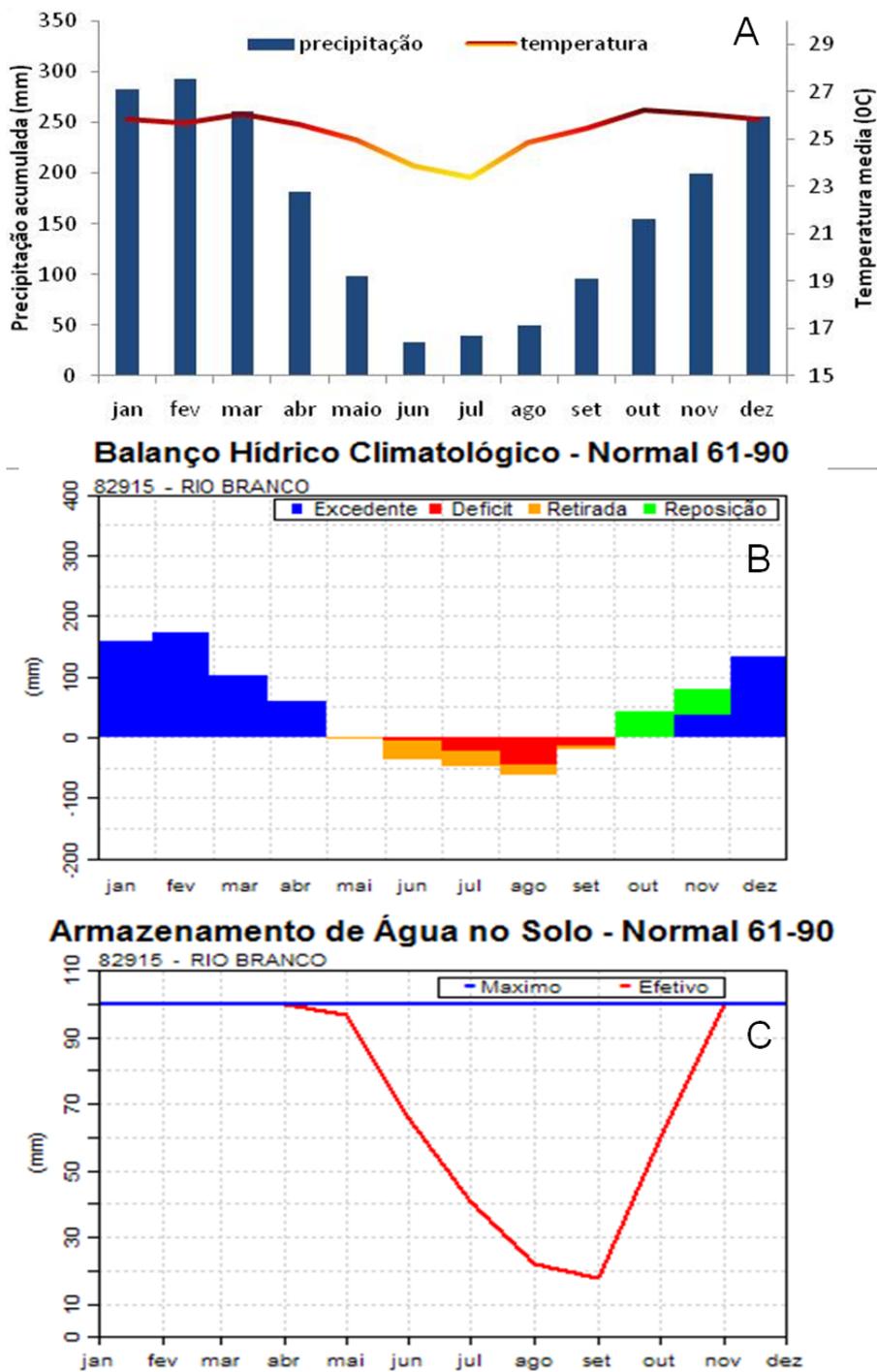


Figura 2 – Precipitação acumulada e temperatura média (A) Balanço hídrico (B) e armazenamento de água no solo (C) de 1961-1990 da Estação Meteorológica de Rio Branco, Acre (INMET, 2009)

3.2.3 Extração e preparo das amostras do lenho das árvores para a mensuração dos anéis de crescimento

Quatro amostras radiais do lenho foram extraídas no DAP do tronco de 21 árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* (11 na REC e 10 no PZ), de 4 árvores de *C. fissilis* (4 em pastagens na REC), de 26 árvores de *C. odorata* (6 em pastagens, 10 na borda de mata, 10 na mata na REC), de 9 árvores de *Cedrela* sp no PZ e de 23 árvores de *Cedrela* sp na Fazenda São Jorge(9 por amostragem não destrutiva e 14 por amostragem destrutiva).

As amostras do lenho na forma de “baguetas” foram posteriormente coladas em suportes de madeira e sua seção transversal polida com lixas de diferentes granulometrias (100, 180, 220, 360, 400, 600) para propiciar o contraste dos anéis de crescimento. A seção transversal dos discos de lenho foi, da mesma forma, polida. Os anéis de crescimento foram demarcados e digitalizados em scanner HP Scanjet 3800, com resolução de 600 dpi, juntamente com uma escala. Com a imagem digital foi determinada a largura dos anéis de crescimento com o programa de análise Image Tool Alpha 3 (0,001 mm de precisão) (Figura 3).

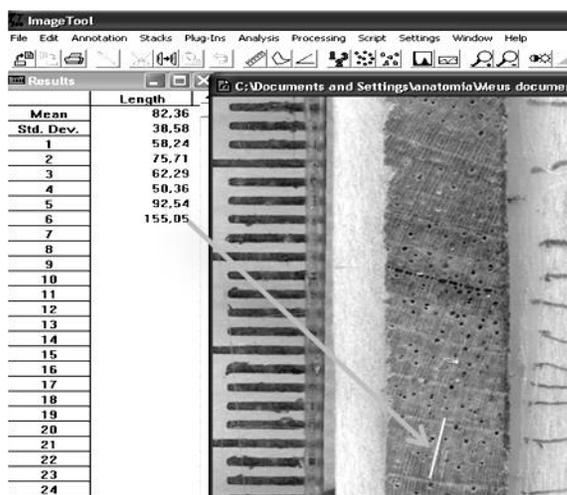


Figura 3 – Demonstração do uso do programa de análise de imagem (Image Tool Alpha 3) para a medição da largura dos anéis de crescimento do lenho das árvores das espécies

3.2.4 Análise dendrocronológica

O controle de qualidade da largura dos anéis de crescimento foi realizado com o programa COFECHA, fazendo-se a sincronização das séries de anéis de crescimento e obtendo-se a série máster (série média de todas as séries). Foram, também, aplicados

métodos estatísticos para verificar anéis de crescimento falsos, perdidos, etc. Após o uso do programa COFECHA, foram construídas as cronologias a partir das séries de medidas de largura dos anéis de crescimento das árvores, utilizando o programa ARSTAN (COOK, 1985). Neste método utilizou-se um ajuste com dupla padronização, uma combinação do ajuste linear ou exponencial negativo e “spline” cúbico 68%, gerando-se 3 versões de cronologias, considerando a maximização do sinal comum e a minimização da quantidade de ruído. Para a análise dendroclimatológica das séries cronológicas dos anéis de crescimento utilizou-se o Programa RESPO na determinação da influência das variáveis climáticas no crescimento em diâmetro do tronco das árvores, nos diferentes ecossistemas, correlacionando as cronologias dos anéis de crescimento com a série climática do município de Rio Branco, Acre (Figura 2A, Anexo B3, B4). Para isto, utilizou-se a análise de Componentes Principais (PCA) e uma múltipla regressão entre os índices Arstan e os valores mensais de evapotranspiração e da temperatura média (FERRAZ, 2008), verificando a influência dos parâmetros climáticos no crescimento anual dessas árvores.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Dendrocronologia de *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*

O controle de qualidade da largura dos anéis de crescimento demonstrou que de um total de 104 amostras radiais do lenho extraídas das 26 árvores de *C. odorata* (6 árvores de pastagem, 10 de borda e 10 de floresta), 47 amostras radiais do lenho mostraram inter-correlação significativa (0,613 para pastagem, 0,540 para borda de mata e 0,523 para floresta), evidenciando um sinal comum para a população das árvores (Tabelas 1, C1). Das 36 amostras do lenho extraídas nas árvores do Parque Zoobotânico foi possível realizar o controle de qualidade em 19 amostras, com correlação de 0,526; de 92 amostras do lenho das árvores da Fazenda São Jorge, com o controle de 36 amostras do lenho e com correlação de 0,528 (Tabela 1, Anexos C2-3).

Das 16 amostras radiais do lenho das 4 árvores de *C. fissilis*, sendo 8 incluídas na análise, apresentaram inter-correlação significativa de 0,559, evidenciando um sinal comum dentro da população (Tabela 1, Anexo C1).

Tabela 1 - Controle de qualidade das séries de anéis de crescimento pelo programa COFECHA

Espécie/ habitat	Número de árvores (séries)		Inter-correlação média	Longitude segmentos (anos)	nº max. anéis observados
	Antes	Depois			
<i>C. odorata</i> pastagem (REC)	6 (24)	6 (13)	0.613	20	46
<i>C. odorata</i> floresta (REC)	10 (40)	10 (17)	0.523	30	85
<i>C. odorata</i> borda mata (REC)	10 (40)	10 (17)	0.540	30	39
<i>C. fissilis</i> pastagem (REC)	4 (16)	4 (8)	0.559	32	48
<i>Cedrela</i> sp. capoeira (PZ)	9 (36)	9 (19)	0.526	30	35
<i>Cedrela</i> sp. (F. S. Jorge)	23 (92)	23 (36)	0.528	50	164

Com o controle de qualidade da largura dos anéis de crescimento (programa COFECHA) foram obtidas as idades máximas de 48 anos (1958-2005) para as árvores de *C. fissilis* de pastagem (REC), de 46 anos (1961-2006) para as de *C. odorata* em pastagem (REC), de 39 anos (1967-2005) para as de *C. odorata* de borda de floresta (REC) e de 85 anos (1922-2005) para as *C. odorata* de floresta (REC). As espécies de árvores de *Cedrela* sp. do Parque Zoobotânico (PZ) apresentaram idades máximas de 35 anos (1974-2008) e da Fazenda S. Jorge de 164 anos (1845-2008).

As árvores de *C. odorata* da floresta 1ª da REC apresentam grande heterogeneidade de idade, característica do processo de sucessão, quando ocorrem poucas árvores de maior idade no início da construção da cronologia; gradativamente, as árvores mais novas foram incluídas na série master (Figura 6).

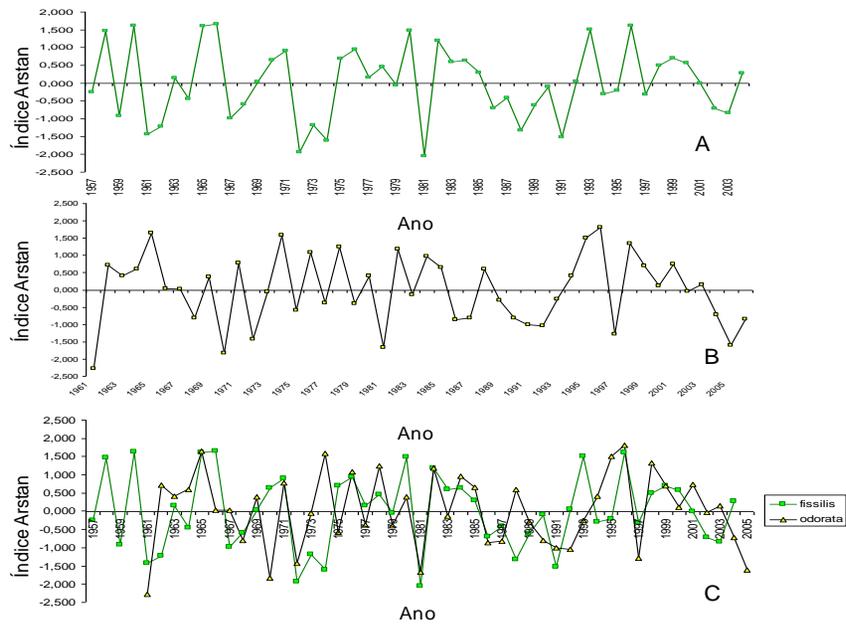


Figura 4 - Correlação da série máster do programa COFECHA das árvores de (A) *C. odorata*, pastagem, (B) *C. fissilis*, pastagem, (C) comparação da série máster das 2 populações.

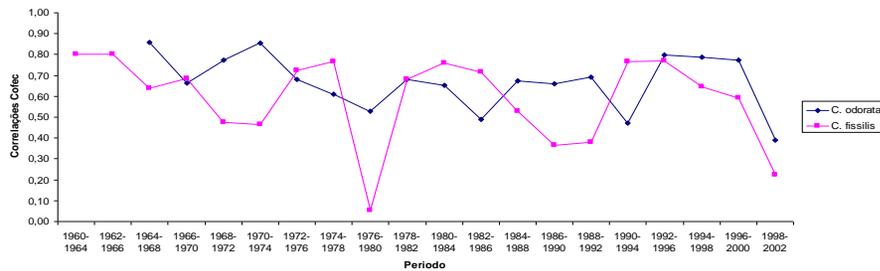


Figura 5 - Correlação da série máster do programa COFECHA em períodos de 5 anos e correlacionadas cada 2 anos

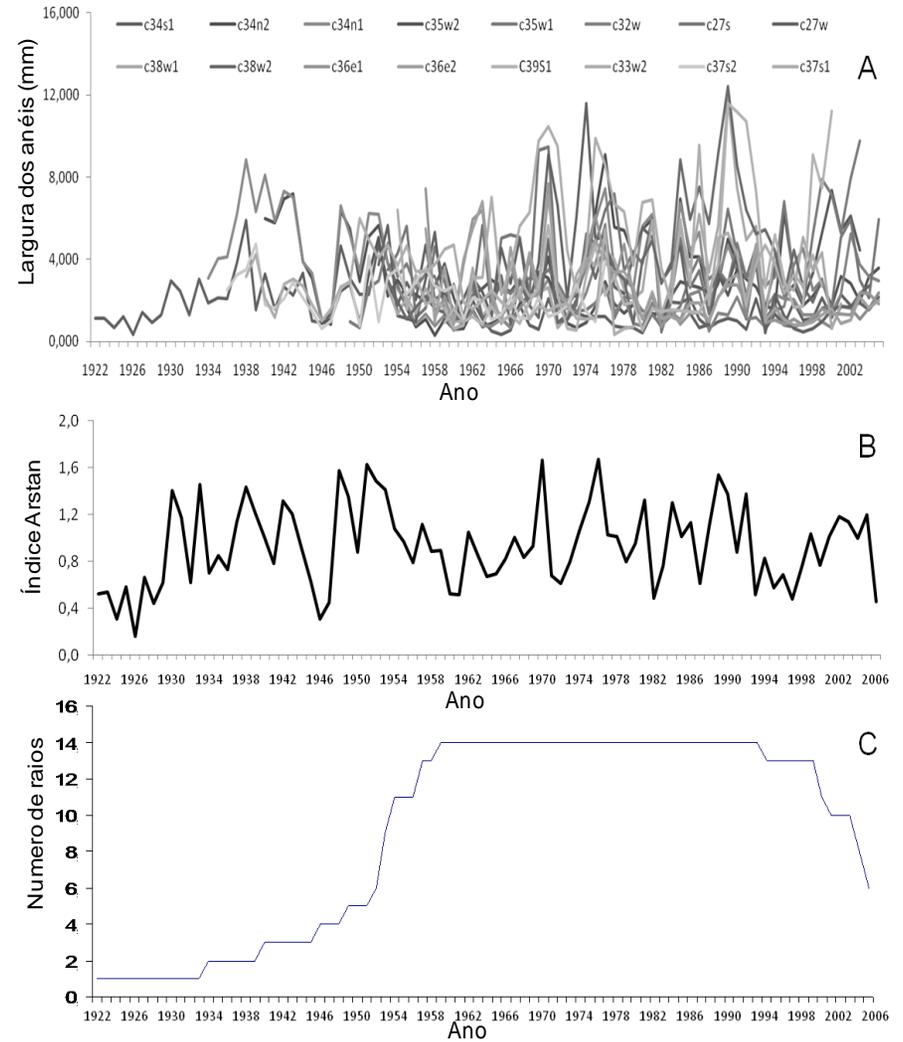


Figura 6 - Séries de largura de anéis de crescimento com sinal comum (A), cronologia máster obtida pelos índices de anéis de crescimento com ARSTAN (B); número de amostras (C) do lenho utilizadas na análise de *C. odorata* de floresta 1ª (REC)

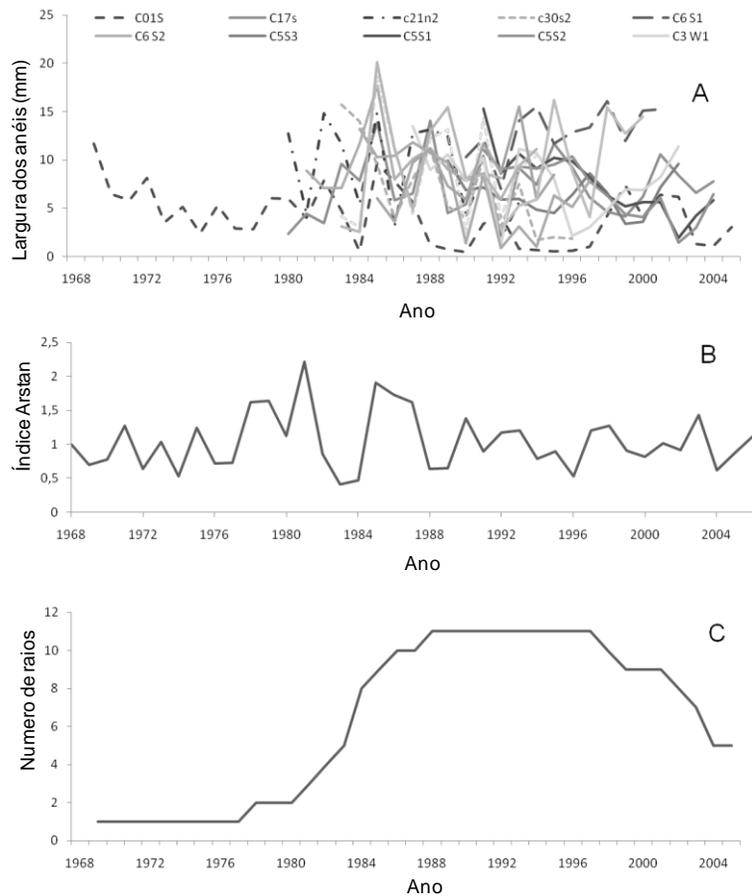


Figura 7- Séries de largura de anéis de crescimento com sinal comum (A), cronologia máster obtida pelos índices de anéis de crescimento com ARSTAN (B) e número de amostras (C) do lenho utilizadas na análise de *C. odorata* da borda de floresta (REC)

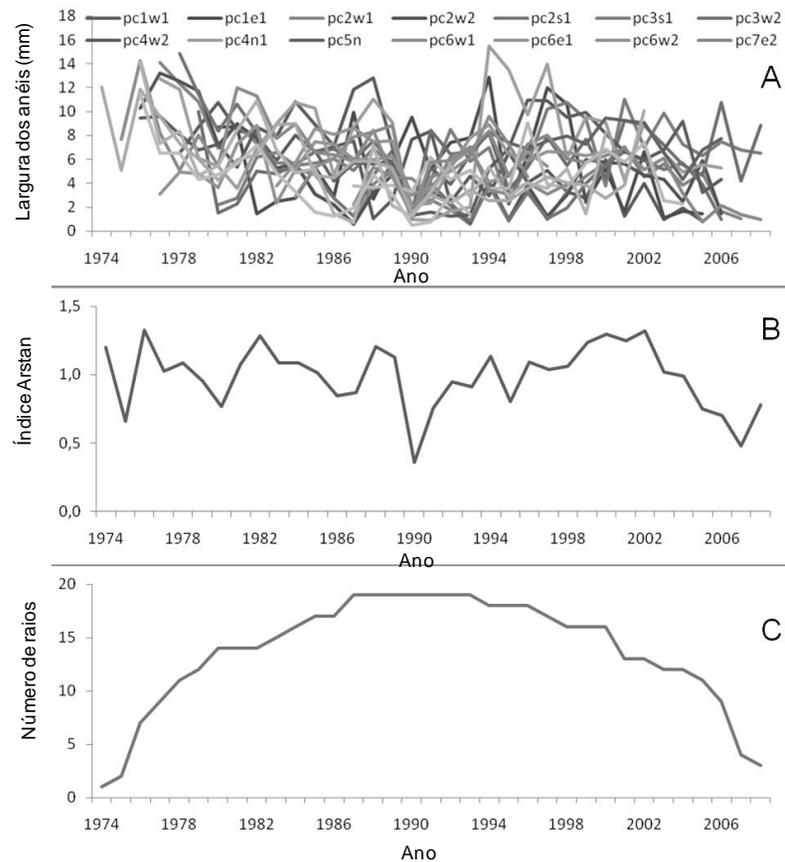


Figura 8 - Séries de largura de anéis de crescimento com sinal comum (A), cronologia máster obtida pelos índices de anéis de crescimento com ARSTAN (B) e número de amostras (C) do lenho utilizadas na análise de *Cedrela* sp. em floresta secundária (PZ)

O número de amostras do lenho das árvores de *C. fissilis* e de *C. odorata* (pastagem), para a construção das cronologias, aumenta significativamente a partir da década de 70. Esta constatação constituiu-se em evidência da supressão das árvores da floresta, sendo mantidas, no entanto, as plântulas e pequenas árvores de *Cedrela* sp. na pastagem, evidenciada pela homogeneidade de sua idade. Utilizou-se o programa COFECHA, com segmentos de 5 anos (intervalos de 2 anos), para evidenciar a baixa correlação entre as séries do conjunto de amostras radiais do lenho, para definir o período do desmatamento e a transformação da área em pastagem (Figuras 4 e 5).

Nota-se que, no período de 1976-1980, ocorre um decréscimo nas correlações entre árvores de *Cedrela* sp., evidenciando nesse período provável supressão das árvores na floresta. Outros fatores, além dos climáticos, influenciam no crescimento do tronco das árvores de *Cedrela* sp. das 2 populações, evidenciado pela diferença da intensidade de competição e pela liberação do dossel das árvores existentes (Figura 5).

Outra evidência da supressão da floresta pode ser demonstrada pela cronologia das árvores de *Cedrela* de pastagem, a partir de 1975, com aumento significativo do incremento radial do tronco das árvores até 1980; o desmatamento e a abertura do dossel e a redução da competição induziram o maior crescimento do tronco das árvores nos 5 anos posteriores (Figuras 4, 5).

As cronologias entre as árvores de *Cedrela* sp. dos diferentes sítios foi comparada com a cronologia de árvores de *C. odorata* na Região de Madre de Dios, Peru (MD), distantes 300 Km de Rio Branco, AC. As cronologias apresentaram correlação de Pearson (r) significativa de 0,507 e 0,508, respectivamente, para MD x Floresta 1ª (REC) e MD x Floresta (F. São Jorge), evidenciando-se a existência de sinal comum que afeta o crescimento do seu tronco. Esta constatação demonstra o grande potencial das árvores de *Cedrela* sp. para a implantação de rede de cronologias para estudos dendroclimatológicos na região tropical da Amazônia (Figuras 9A,B,C).

As cronologias entre as árvores de *Cedrela* sp. nos 3 diferentes sítios na floresta 1ª (REC e F. S. Jorge) e 2ª (PZ) mostraram correlação significativa da série de anéis de crescimento, indicando a possibilidade de sincronização e evidenciando a existência de sinal comum que afeta o crescimento do tronco das árvores. As cronologias das árvores de *Cedrela* sp. entre os sítios de Floresta1ª (REC) x Floresta1ª (F. São Jorge), Floresta

2ª (PZ) x Floresta1ª (F. São Jorge) e Floresta1ª (REC) x Floresta 2ª (PZ), apresentaram correlação de Pearson (r) de 0,443; 0,457 e 0,405, respectivamente (Figuras 9A, 10 A, B).

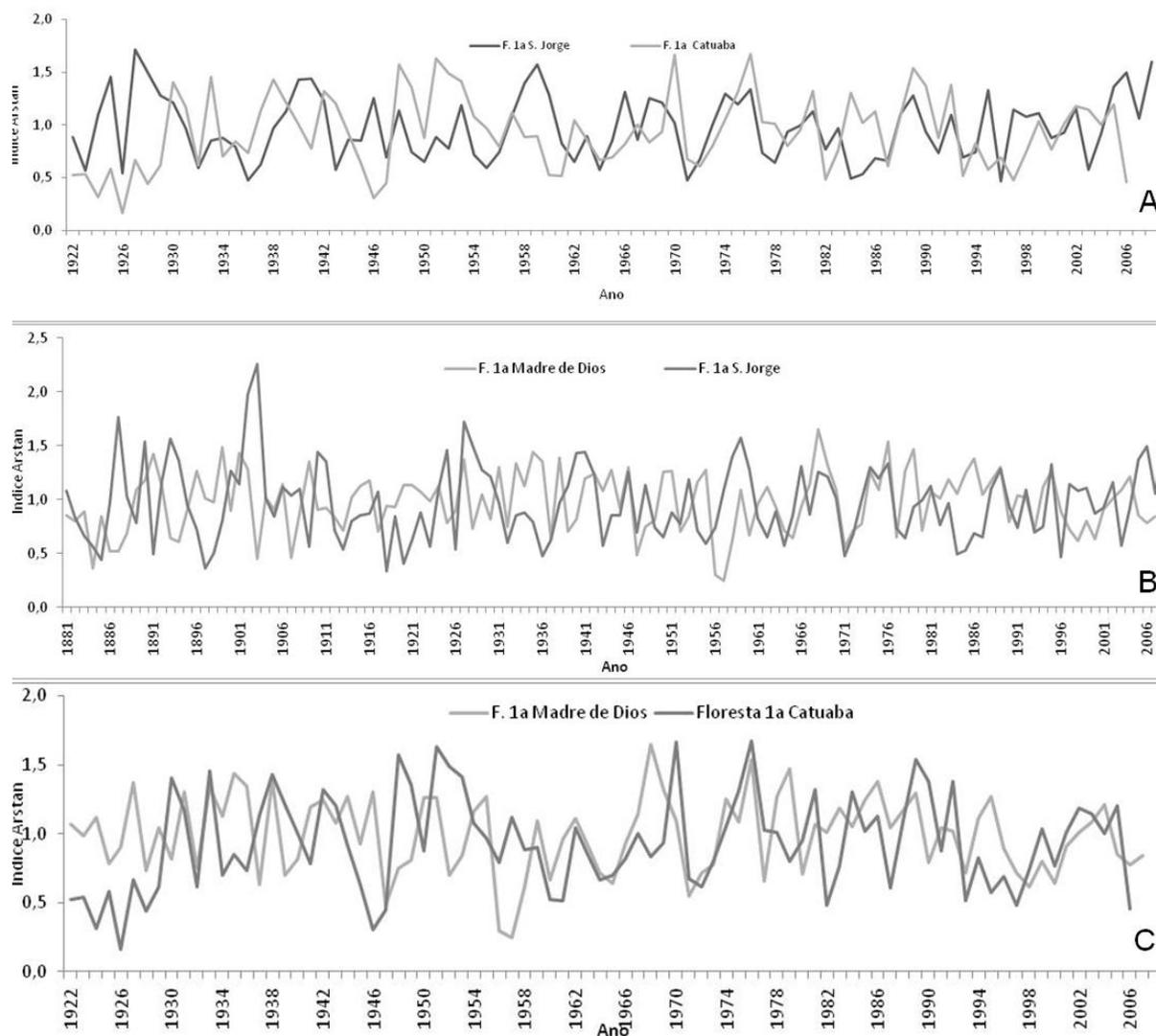


Figura 9- Comparação das cronologias das séries de anéis de crescimento de *Cedrela* sp, floresta1ª (REC) x FSJ (A), FSJ x Madre Dios, Peru (B), floresta 1ª (REC) x Madre de Dios, Peru (C)



Figura 10 - Comparação das cronologias das séries de anéis de crescimento das árvores de *Cedrela* sp do Parque Zoobotânico x FSJ (A), do Parque Zoobotânico x Floresta 1ª REC (B)

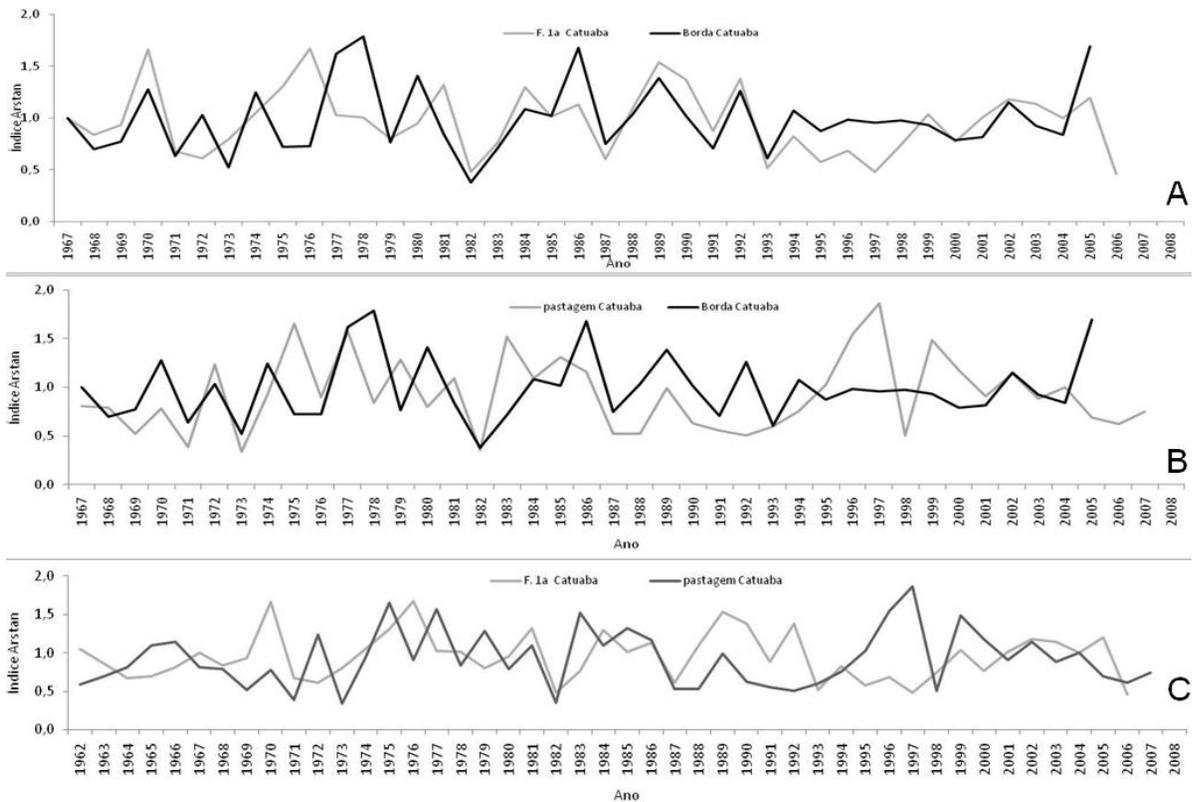


Figura 11 - Comparação das cronologias das séries de anéis de crescimento das árvores de *Cedrela odorata* de floresta primária e de borda da floresta (A), de pastagem e de borda da floresta (B) e de floresta primária e pastagem (C)

A comparação entre as cronologias das séries de anéis de crescimento das árvores de *C. odorata* entre os ambientes do sítio REC apresentou correlação de Pearson (r) de 0,523, 0,422 e de 0,370, respectivamente, para Borda de floresta x Floresta 1ª, Borda de floresta x Pastagem e Pastagem x Floresta 1ª (Figura 11A,B,C). Nota-se que as cronologias dos ambientes de Floresta 1ª e Borda de Floresta apresentam correlação altamente significativa; as da Floresta 1ª e Pastagem a correlação foi pouco significativa mostrando que há fatores além do sinal climático (competição por água e luz, por exemplo) influenciando o crescimento diferenciado das árvores nesses dois ambientes.

3.3.2 Dendrocronologia de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

O controle de qualidade da largura dos anéis de crescimento das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* demonstrou que, das 84 amostras radiais do lenho das 21 árvores analisadas (11 árvores na REC; 10 no PZ), 41 amostras do lenho mostraram intercorrelação significativa, comprovando a existência de sinal climático comum influenciando no crescimento das árvores das populações (Tabela 2, Anexos C4-5; Figura 12).

Das 44 amostras radiais do lenho das 11 árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* localizadas na REC, 19 raios de 7 árvores apresentaram inter-correlação significativa de 0,611. Já no PZ das 40 amostras radiais de 10 árvores localizadas nesse sítio, 22 amostras de raio apresentaram inter-correlação significativa de 0,560, valor também acima do intervalo de confiança ($p < 0,01$) de 0,516, evidenciando uma boa correlação na mensuração dos anéis de crescimento entre as árvores das duas populações.

Tabela 2 - Controle de qualidade das séries pelo programa COFECHA

Habitat	Número de árvores (séries)		Inter-correlação média	Comprimento dos segmentos (anos)	Máximo nº de anéis observados
	Antes	Depois			
REC	11(44)	7(19)	0.611	20	24
PZ	10(40)	10(22)	0.560	20	35

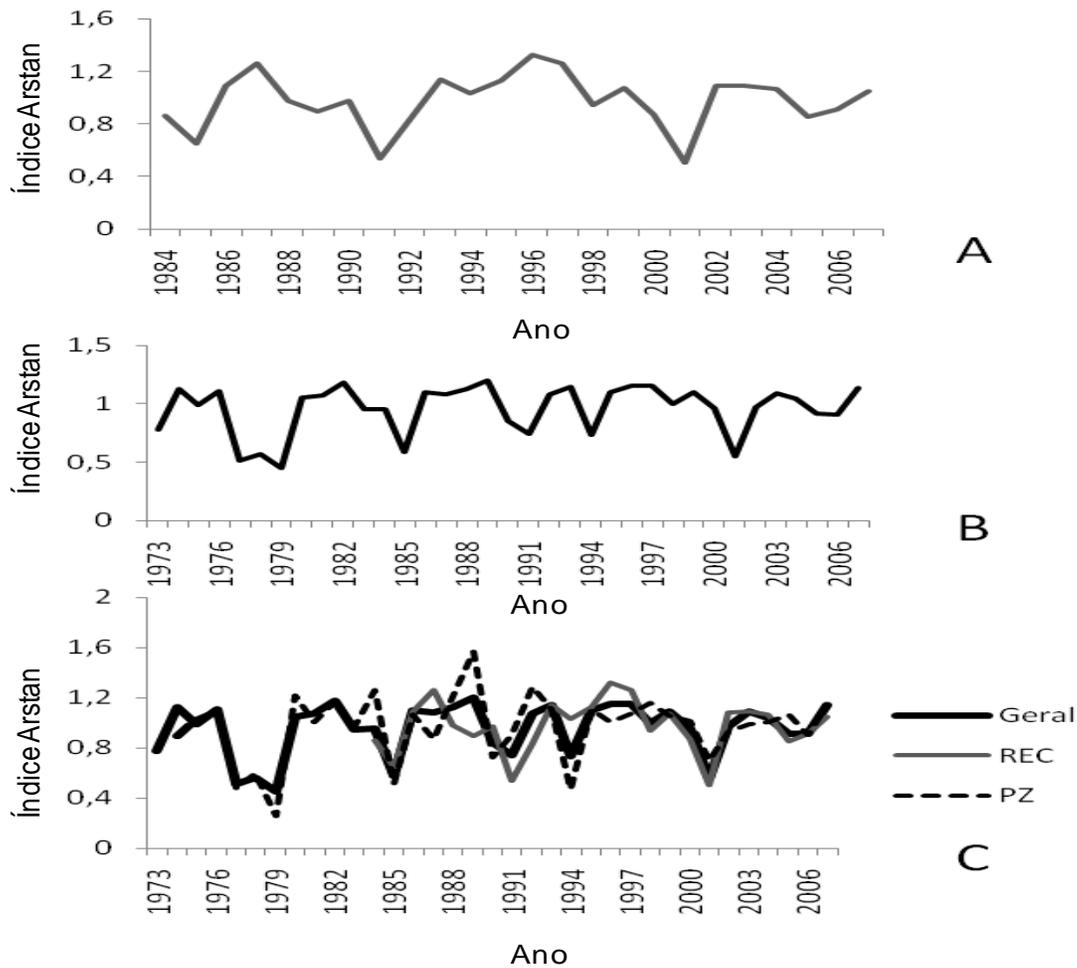


Figura 12 - Correlação da série máster do programa COFECHA de *S. parahyba* var. *amazonicum* da REC (A), PZ (B) e da série máster das 2 populações de *S. parahyba* var. *amazonicum*

Com o controle de qualidade da largura dos anéis de crescimento (programa COFECHA) foram construídas as cronologias a partir do programa ARSTAN, utilizando-se os mesmos procedimentos descritos para as árvores de *Cedrela*. Após esse procedimento pode-se determinar a idade aproximadas das árvores: 24 anos (1984-2007), para as árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* na REC e de 35 anos (1973-2007) para o PZ.

Analisando as Tabelas nos Anexos C4 e C5, verifica-se que as árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* apresentam pequena heterogeneidade na sua idade. Como espécie pioneira (LORENZI, 1992; FERREIRA, 2002) necessita de grande disponibilidade de luz, principalmente no início do seu desenvolvimento, expressa pela elevada frequência em áreas desmatadas e em processo de sucessão. Na REC e no

PZ verificam-se poucas árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum*, com idades acima de 20 e 30 anos, respectivamente. Este fato explica o menor número de séries no início da construção da cronologia, sendo que, gradativamente, as árvores mais novas foram sendo incluídas para formar uma série master mais robusta.

3.3.3 Dendroclimatologia de *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*

A análise dendroclimatológica das séries cronológicas dos anéis de crescimento possibilitou verificar a influência das variáveis climáticas no crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *C. odorata* e de *C. fissilis*, nos diferentes sítios e ambientes. Pela aplicação das análises de componentes principais e a múltipla regressão entre as cronologias e os dados mensais de temperatura e de evapotranspiração mensal foram obtidos os valores de coeficiente de correlação de Pearson para as árvores de *C. fissilis* de pastagem, de *C. odorata* de pastagem, borda de floresta e de floresta 1ª da REC (Figura 13 A,B).

Os resultados indicam uma influência da evapotranspiração mensal (sinal comum) no crescimento radial do tronco das árvores de *Cedrela* sp.; a temperatura, no entanto, não correlacionou-se significativamente com a largura dos anéis de crescimento devido a menor variação anual.

Para as árvores de *C. odorata* e de *C. fissilis* de pastagem verificou-se uma correlação do crescimento com a evapotranspiração (i) positiva entre outubro do ano prévio e abril do ano corrente, sendo significativa no mês de novembro prévio e (ii) negativa entre os meses de maio a setembro do ano corrente sendo significativa em julho (Figura 13 A).

O excesso de precipitação pluviométrica que ocorre na estação chuvosa parece induzir a diminuição do ritmo de crescimento radial das árvores e, desta forma, o aumento da evapotranspiração promove a elevação da evaporação de água no solo diminuindo o seu excesso e amenizando ou retardando a dormência do câmbio, prolongando o período de crescimento em diâmetro do tronco das árvores no período chuvoso.

Já no período de transição (maio) e durante a estação seca (junho-agosto) a evapotranspiração desempenha papel contrário, pois uma maior transpiração promove

o prolongamento de déficit de água no solo e da dormência do câmbio contribuindo para um menor crescimento de diâmetro da árvore no ano corrente (Figura 13A).

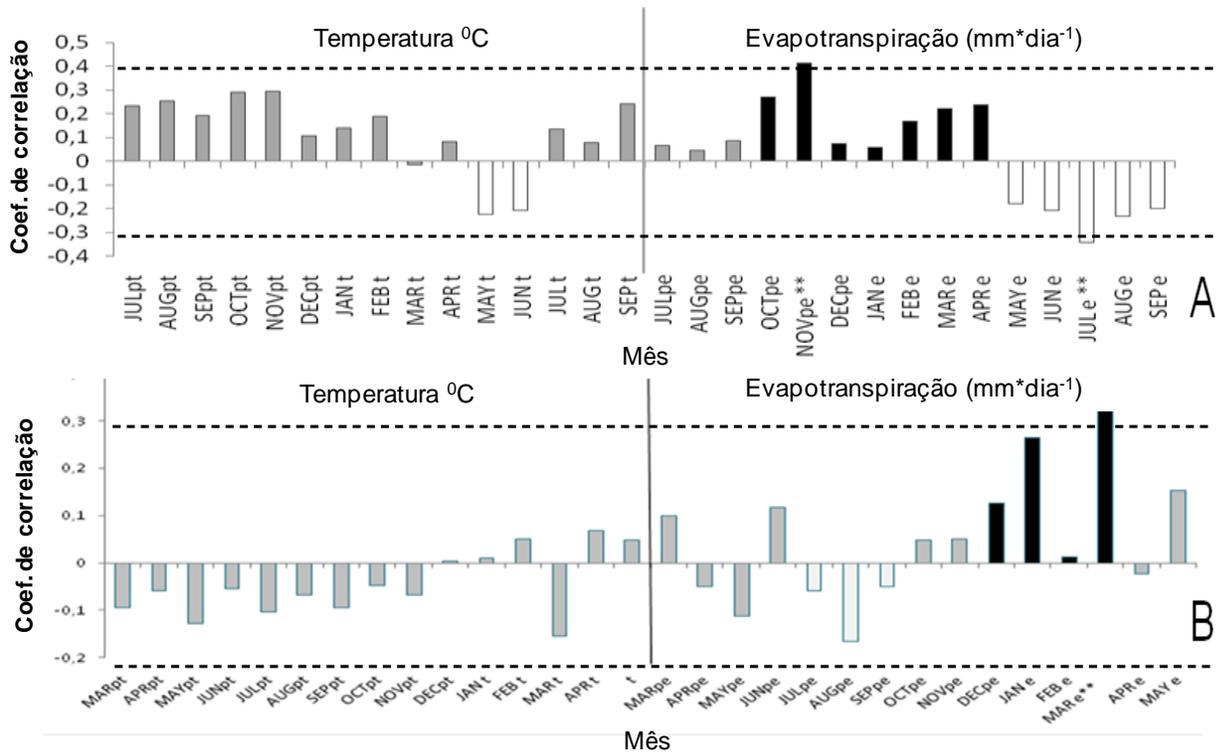


Figura 13 - Correlação do índice de anéis de crescimento e variáveis climáticas mensais para as árvores de *C. fissilis* e *C. odorata* de pastagem (A) de Floresta 1ª e borda de floresta da REC (B) **Meses com correlação significativa com a variável climática

Para as árvores de *C. odorata* no ambiente de Floresta 1ª e borda da REC, verificou-se que há uma correlação do crescimento com a evapotranspiração (i) negativa nos meses de julho a setembro do ano prévio e (ii) positiva entre os meses de outubro a março do ano corrente, sendo significativa neste último mês (Figura 13B).

Quando se correlaciona com o conjunto de árvores de floresta 1ª e de borda verifica-se que no período de transição, chuvoso para seco (abril-maio), seco (junho-agosto) e de transição de seco para chuvoso (setembro), a evapotranspiração é negativa e a temperatura média mensal é também negativa. Esta constatação indica que esse é um período normalmente de déficit hídrico no solo, portanto maior temperatura promove maior evapotranspiração contribuindo negativamente para o crescimento dessas árvores (Figura 13B). Esse resultado é corroborado com o relato de Dünisch et al.(2003) e Brienens e Zuidema (2004a) de que a chuva no período de

transição revela-se ser mais importante no crescimento das árvores de *Cedrela* sp. que nos demais meses do ano.

A diferenciação na resposta climática do microsítio pastagem em relação aos demais microsítios da REC, deve-se ao fato do solo na pastagem permanecer exposto à máxima irradiação solar, fazendo com que no período seco haja uma maior taxa de evapotranspiração e de déficit hídrico neste ambiente. Por outro lado, com o retorno das chuvas o solo deste microsítio se torna mais rapidamente saturado pela escassez de vegetação arbórea.

Para as árvores de *Cedrela* sp. de floresta primária localizadas na Fazenda S. Jorge (Figura 14B, C) a correlação com a evapotranspiração é negativa para o período seco (julho-setembro) e positiva para o final da estação chuvosa (dezembro-março) do ano prévio-corrente, sendo significativa no mês de março. Pryn e Bhat (1998) explicam que a formação das camadas de crescimento no lenho das árvores, é mais intensa logo após o início da estação chuvosa e menos intensa no seu final devido, possivelmente, a diminuição da capacidade fotossintética das folhas velhas e as mudanças no armazenamento e disponibilidade dos nutrientes do solo.

A semelhança nas respostas climáticas utilizando-se as cronologias das árvores de *Cedrela* sp. na Fazenda S. Jorge (Figura 14 B) e também na cronologia do conjunto de árvores de *Cedrela* sp. da Floresta 1ª da REC (Figura 14 A) comprova a existência de um sinal climático comum entre estes sítios, como já verificado pela grande correlação de suas cronologias (Figuras 9A e 14C).

Os resultados encontrados neste trabalho, são corroborados com os de Dünisch et al. (2003) quando verificaram (i) a influência positiva da pluviosidade no crescimento do tronco das árvores na estação chuvosa, pela formação e acúmulo de reserva orgânica utilizada no crescimento no início da estação de crescimento seguinte e (ii) a correlação negativa entre o incremento do xilema e a precipitação pluviométrica do fim do período de crescimento corrente.

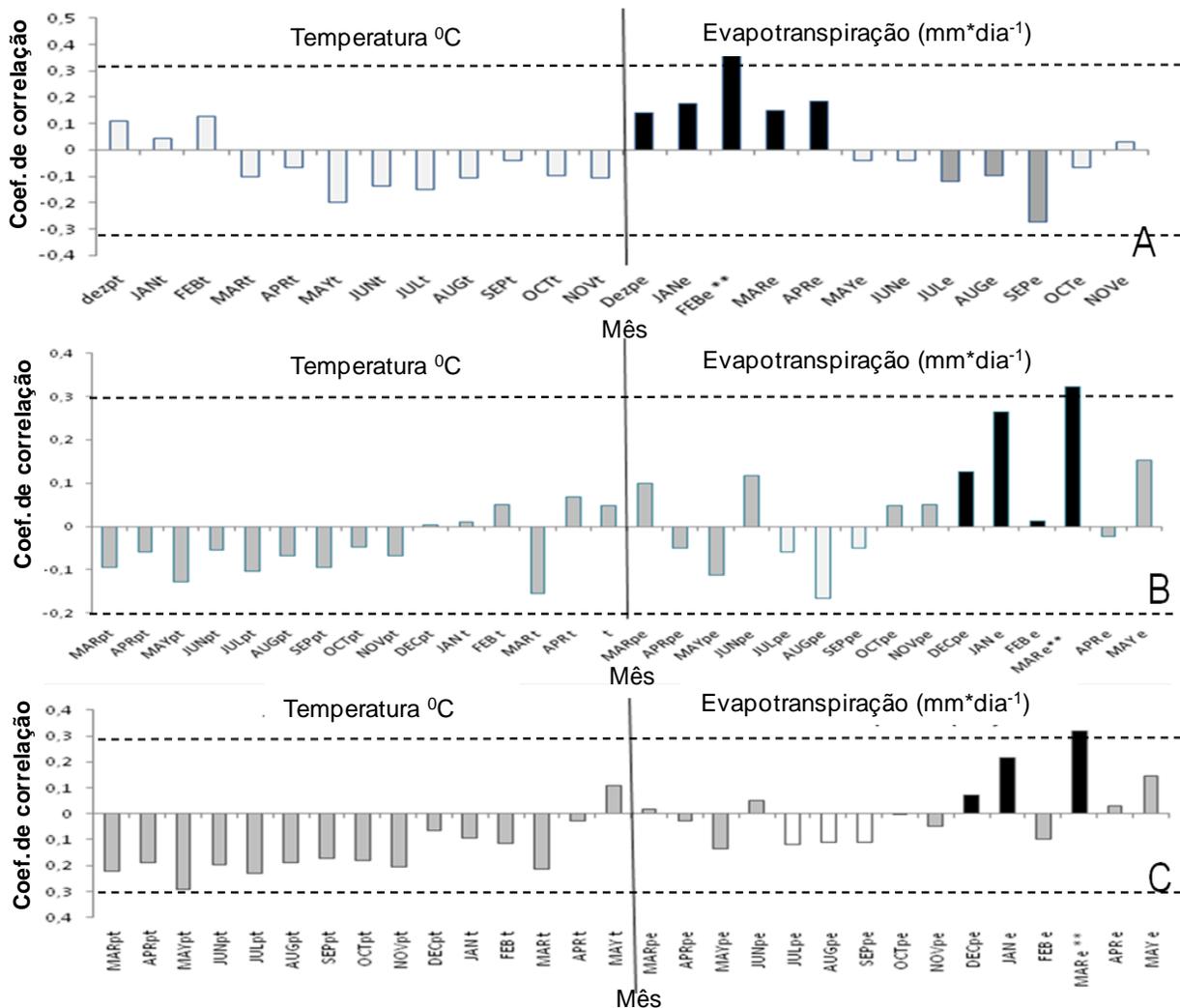


Figura 14 - Correlação das cronologias de anéis de crescimento das árvores de *Cedrela* sp. localizadas (A) Floresta 1^a (REC), (B) Floresta (F. São Jorge) e (C). Floresta (REC) x Floresta (F. São Jorge) e as variáveis climáticas de Rio Branco-AC. **Meses com correlação significativa com a variável climática

Para o conjunto das árvores de *Cedrela* sp. da Floresta 2^a no Parque Zoobotânico (PZ), verificou-se uma correlação negativa entre a evapotranspiração e as taxas de crescimento das árvores no período de transição chuvoso para seco (maio), seco (junho a agosto) e final do período de transição para o chuvoso (dezembro), nesse último a correlação foi significativa (Figura 15).

Este resultado é corroborado com o observado por Dünisch et al. (2003) para árvores de *C. odorata* de Manaus, Brasil, quando obteve resposta sensível e significativa do crescimento do lenho e a precipitação de março e maio do período anterior, iniciando-se em setembro e terminando no final de maio-início de junho, com a

dormência da atividade do câmbio, influenciada pela escassez de água existente no solo nesse período.

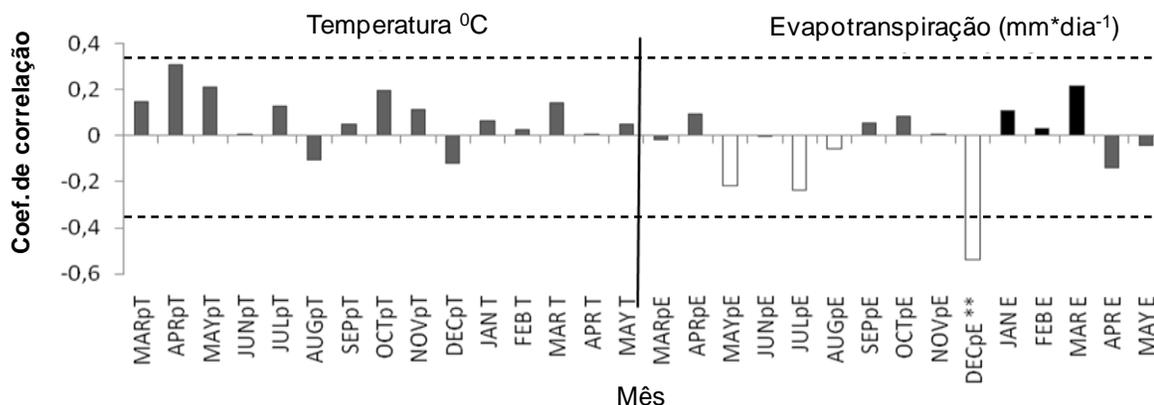


Figura 15- Correlação do índice de anéis de crescimento e variáveis climáticas mensais de Rio Branco para as árvores de *Cedrela* sp. de Floresta 2ª no Parque Zoobotânico (PZ)

**Meses com correlação significativa com a variável climática

3.3.4 Dendroclimatologia de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

O mesmo procedimento da análise dendroclimatológica das cronologias dos anéis de crescimento das árvores de *Cedrela* sp. utilizando-se o Software RESPO, foi feito para as cronologias das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* da REC e do PZ.

Após a análise de componentes principais e a múltipla regressão entre as cronologias e os dados mensais de temperatura e de evapotranspiração foram obtidos os valores de coeficiente de correlação de Pearson para as árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* nos dois ambientes (Figura 16).

A análise dendroclimatológica demonstrou que a evapotranspiração no mês de fevereiro do ano corrente, influenciou positivamente no crescimento radial do tronco das árvores *Schizolobium*. Este resultado é corroborado com os encontrados por Dünisch et al. (2003) em *Cedrela odorata*, que verificaram uma correlação negativa entre o incremento do xilema e a precipitação pluviométrica do fim do período de crescimento corrente. Considerando-se que o mês de fevereiro nessa região do Acre, o solo se encontra saturado (Figura 2B), com maior taxa de evaporação no solo, resultando em menor percentagem de água, acarretando menor estresse às raízes das árvores de *Schizolobium*.

A relação entre o crescimento radial e a temperatura e a evapotranspiração foi negativa no mês de maio do ano corrente, provavelmente, devido ao déficit hídrico no solo nesse mês de transição do período chuvoso para o seco, quando as árvores de *Schizolobium* iniciam perda de suas folhas. Portanto, uma maior taxa de evapotranspiração nesse período resulta em redução da oferta de água na fase de florescimento das árvores, que perdem as folhas para, em seguida, formar novas folhas e reativar o crescimento radial. Reich e Borchert (1984) verificaram para árvores de espécies decíduas, que a antese pode ser induzida pela reidratação temporária das árvores depois da queda de folhas, por chuva isolada durante a estação seca ou no início da chuvosa.

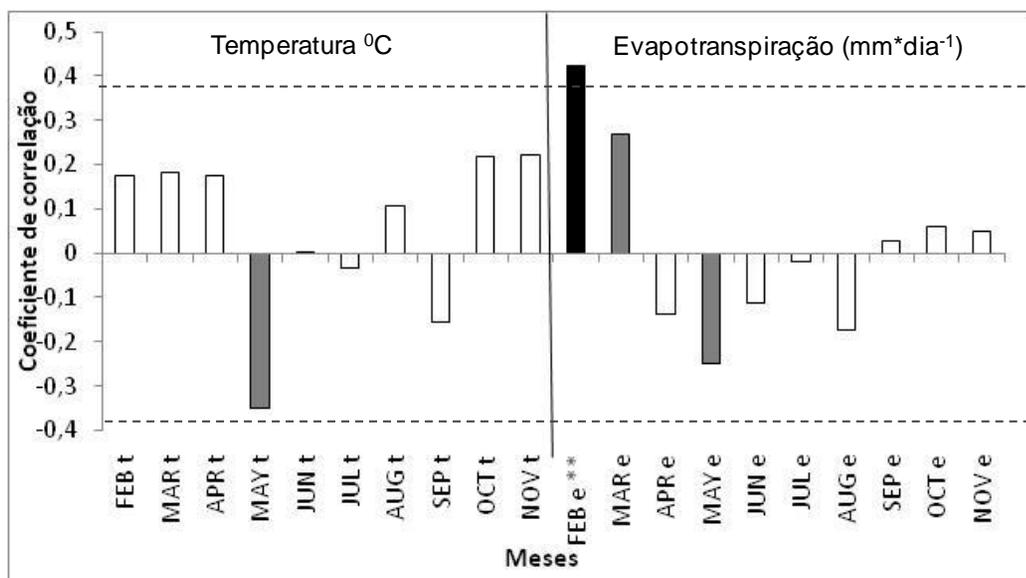


Figura 16 - Correlação do índice de anéis de crescimento e variáveis climáticas mensais de Rio Branco para o conjunto das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* da Reserva Experimental Catuaba (REC) e do Parque Zoológico (PZ) **Meses com correlação significativa com a variável climática

3.3.5 Influência do El Niño na formação dos anéis de crescimento de árvores de *Cedrela* sp. e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

A construção das cronologias de anéis de crescimento das árvores de *Cedrela* sp. e de *S. parahyba* var. *amazonicum* propiciou analisar a relação entre os índices Arstan e ocorrência dos eventos do El Niño (oscilação Sul). Esse fenômeno se caracteriza pela alteração da temperatura na superfície das águas do Oceano Pacífico, associada às mudanças no padrão de circulação geral da atmosfera, alterando as condições climáticas em diversas regiões do mundo (GREISCHAR; HASTENRATH,

2000; INPE, 2011). Os registros de eventos marcantes de El Niño ocorrentes no Brasil no período 1876-2007 (Tabela 3) indicam um aumento de sua frequência, conforme apresentado na literatura (FEARNSIDE, 2006; NOBRE et al., 2007). A análise comparativa das cronologias dos anéis de crescimento indica que, mesmo com a ocorrência de El Niño classificado como moderado ou fraco, os anéis de crescimento formados no lenho das árvores são bastante estreitos, o que é comprovado pela queda abrupta no índice Arstan. Essa resposta das árvores em crescimento do tronco pode ser aferida pelas cronologias de *Cedrela* sp. ocorrente na Floresta Catuaba e na Fazenda S. Jorge e de *S. parahyba* var. *amazonicum* na REC e no PZ (Figuras 19, 20). A resposta em crescimento do tronco (e da espessura dos anéis de crescimento) deve-se à redução da precipitação induzida pelo El Niño na região amazônica: o estresse hídrico no solo por período prolongado afeta os processos fisiológicos de absorção de seiva mineral-produção de seiva orgânica-ritmo de crescimento radial e, desta forma, refletindo na formação e largura dos anéis de crescimento do ano corrente, e do ano subsequente no lenho das árvores (SCHÖNGART et al., 2004; BRIENEN et al., 2009; DÜNISCH, 2005). A análise da cronologia dos anéis de crescimento indica, da mesma forma, que em outros períodos em que o El Niño não se manifestou, as árvores produziram anéis de crescimento estreitos. Considera-se que nestes anos, o crescimento das árvores foi afetado por eventos de escala global, como por exemplo, em 2005, quando a temperatura da água do Oceano Pacífico se encontrava na faixa considerada normal. No entanto, no ano indicado, a água no Oceano Atlântico apresentava uma temperatura acima da normal, acredita-se que esta foi a causa da falta de chuvas, principalmente no sul da Amazônia, e da queda drástica no nível de água nos rios dessa região, no ano mencionado (FEARNSIDE, 2006).

DÜNISCH (2005) verificou a interferência do El Niño em árvores de *Cedrela fissilis* de dois sítios (tropical e subtropical) nos meses considerados críticos para o crescimento das árvores, resultando na variabilidade do seu crescimento cambial. No entanto, em outros períodos de ocorrência de El Niño essa influência no crescimento do tronco das árvores não foi observada concluindo que, somente as cronologias de anéis de crescimento de árvores de *Cedrela* sp., não são suficientes para a reconstrução de todos os eventos El Niño.

Tabela 3 - Registro de El Niño anteriores no Brasil, desde o início da medição de temperatura do Oceano Pacífico Equatorial. Fonte: INPE, 2011

Período	El Niño		
	Forte	Moderado	Fraco
1876-1900	1877-1878	1888-1889	
	1896-1897		
	1899		
1901-1924	1902-1903	1913-1914	
	1905-1906		
	1911-1912		
	1918-1919		
1925-1950	1925-1926	1932	
	1939-1941	1946-1947	
1951-1975	1957-1959	1965-1966	1951
	1972-1973	1968-1970	1953
			1963
1976-2007	1982-1983	1986-1988	1976-1980
	1990-1993	1994-1995	2004-2005
	1997-1998	2002-2003	2006-2007

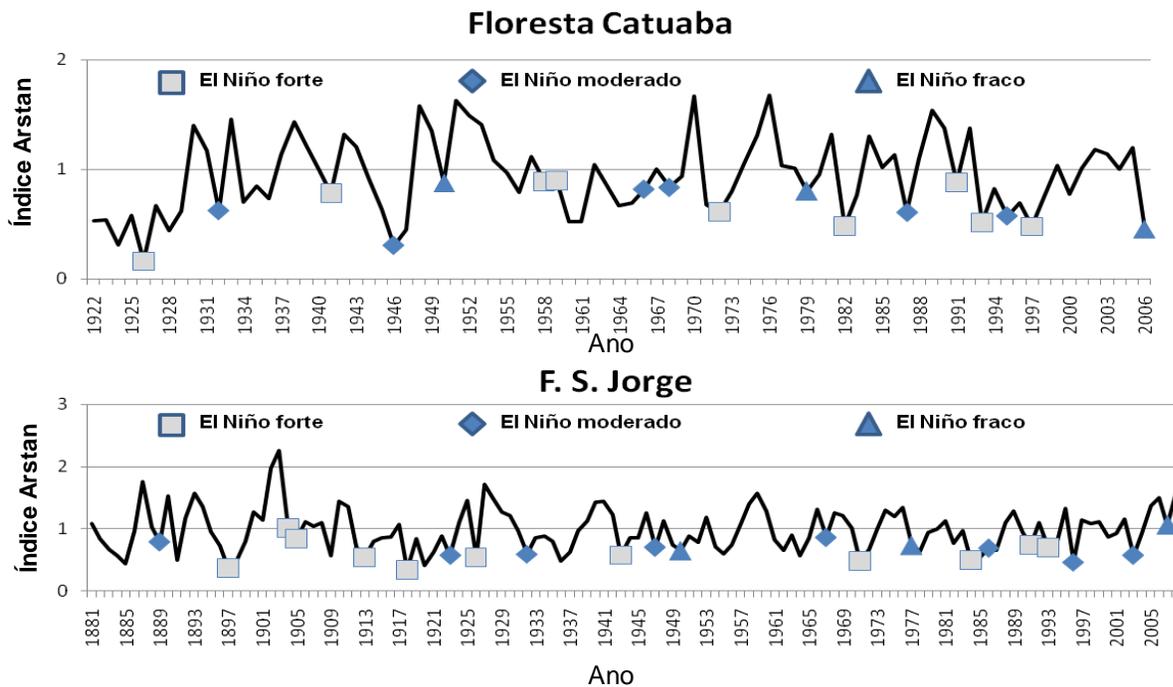


Figura 17 – Relação das cronologias de *Cedrela* sp. com os eventos El niño (oscilação Sul) no Brasil

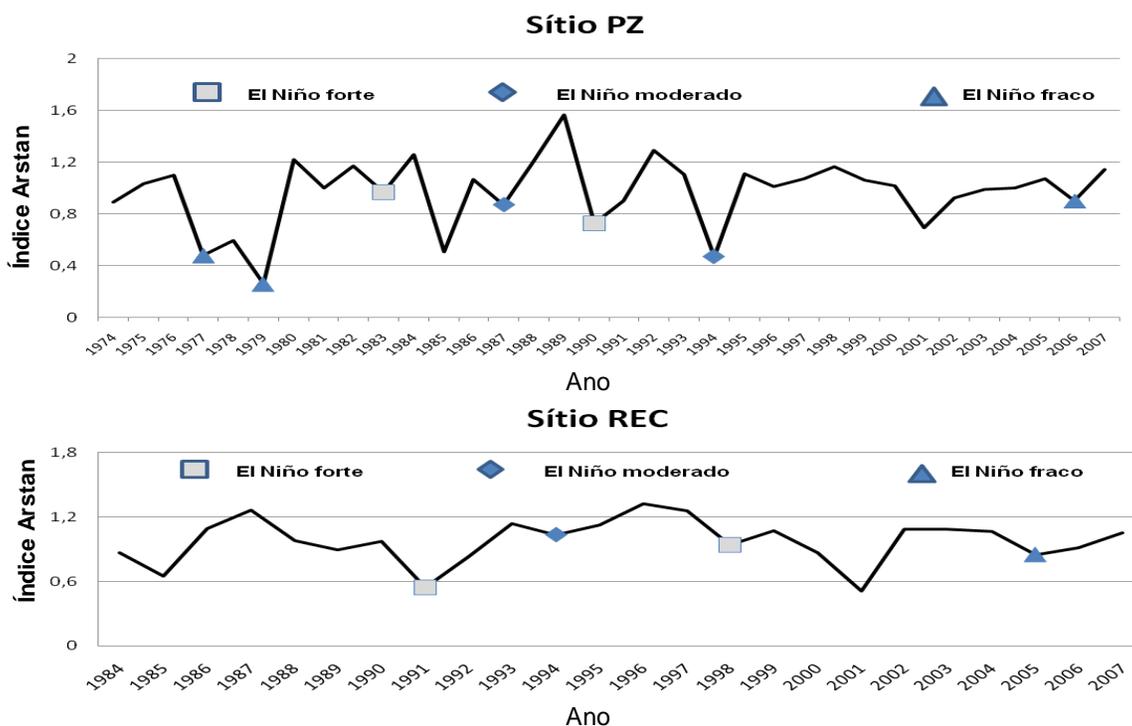


Figura 18 – Relação das cronologias de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* com os eventos El Niño (oscilação Sul) no Brasil

3.4 Conclusões

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que: (i) as árvores de *Cedrela* sp. e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* mostraram significativa sincronia das cronologias máster dos anéis de crescimento, nos diferentes sítios e microsítios, indicando o efeito de um fator (sinal) climático específico; (ii) verificou-se que o crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *C. odorata* e de *C. fissilis* e *Schizolobium amazonicum* apresentam sensibilidade a evapotranspiração mensal, indicando o seu potencial para reconstruções climáticas; (iii) a largura dos anéis de crescimento no lenho das árvores mostrou relação com os eventos climáticos de escala global, principalmente os eventos El Niño, evidenciando sua importância para a dendroclimatologia.

Referências

ACRE, Governo do estado do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico:** recursos naturais e meio ambiente. Rio Branco: SECTMA, 2000. 116p.

BOTOSSO, P.C.; VETTER, R.E. ; TOMAZELLO FILHO, M.. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareuba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijiga*, Mart. ex Benth, Leg. Caesalpinioideae) de floresta de terra firme, em Manaus-AM. In: ROIG, F.A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza:EDIUNC, 2000. p. 357–380.

BOTOSSO, P.C. ; TOMAZELLO FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In. MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARELLA, W. (Ed.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001. p.145–171.

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

BRIENEN, R.J.W.; LEBRIJA-TREJOS, E.; ZUIDEMA, P.A.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Climate-growth analysis for a Mexican dry forest tree shows strong impact of sea surface temperatures and predicts future growth declines. **Global Change Biology**, Oxford, v.16, p. 2001–2012, 2009.

COOK, E.R. **A Time series approach to tree-ring standardization**. 1985. 171p. (PhD in Management of Watersheds) - University of Arizona, Tucson, AZ, USA, 1985.

COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L. **Methods of dendrochronology: application on the environmental sciences**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1989. 394 p.

DELGADO, S. Aplicaciones estadísticas en estudios dendrocronológicos/statistics in dendrochronological studies In: ROIG, F.A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 357–380.

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

DÜNISCH, O. Influence of the El-niño southern oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell. in tropical and subtropical Brazil. **Journal Applied Botany Food Quality** Hamburg, v.79, p. 5–1, 2005.

FEARNSIDE, P.M. A vazante na Amazônia e o aquecimento global. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 39, n.231, p. 76-78, 2006.

FUNTAC. **Monitoramento da cobertura florestal do estado do Acre: desmatamento e uso atual da terra**. Rio Branco: Secretária de Indústria e Comércio; Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, 1990. 214p

FERNANDES, T.J.G.;AMARO, M.A. Avaliação dos danos da exploração em um plano de manejo florestal sustentável certificado no município de Sena Madureira – Acre.In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8., 2007. Caxambu. **Anais...** Caxambu MG Set. de 2007. 1CD-ROM

FERRAZ, P. de A. **Estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para Região de Rio Branco - Acre.** 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco-Acre, 2008.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas da região sudeste do estado de São Paulo.** 2002. 103 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FSC. **Relatório de auditoria anual do manejo florestal da Laminados Triunfo Ltda** Resumo Público de Certificação FSC Programa SmartWood, Sena Madureira, Acre, 2006.

IMAC, Instituto do Meio Ambiente do Acre. **Zoneamento ecológico econômico- ZEE.** Rio Branco:SEPLAN/SECTMA, 200

INMET – **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 20 mai. 2009.

INPE/CPTEC - **Centro de previsão de tempo e estudos climáticos - Instituto nacional de pesquisas espaciais - INPE,** São José dos Campos-SP, 2011. Disponível em: enos.cptec.inpe.br/ acesso em: 10 jan. 2011.

LISI, C.S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; ROIG, F.A.;MARIA, V.R.B.; FERREIRA-FEDELE, L. ; VOIGT, A.R.A.Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, Utrecht, v.29, p.189-207, 2008.

GREISCHAR, L., HASTENRATH, S. The rainy seasons of the 1990s in northeast Brazil: real-time forecasts and verification. **Journal Climate**, Boston, v.13, p.3821–3826, 2000.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992. 356p.

MENESES-FILHO, L.C. L; FERRAZ, P. A.; PINHA, J. F. M.; FERREIRA, L.A.; BRILHANTE, N.A., **Comportamento de 24 espécies arbóreas tropicais madeireiras introduzidas no Parque Zoológico Rio Branco-Acre.** Rio Branco. Universidade Federal do Acre, 1995, v.1. p. 77-81

MESQUITA, C.C.; PAIVA, R.A. **Estudos básicos das precipitações do Acre**. Rio Branco: Secretaria de estado de planejamento. 1995. 148p.

MESQUITA, C.C. de. **O Clima do Estado do Acre**. Rio Branco: Secretaria de estado de ciência, tecnologia e meio ambiente (SECTMA). 1996. 53p.

MORATO, E.F. **Efeitos da sucessão florestal sobre a nidificação de vespas e abelhas solitárias**. 2004. 288p. Tese (Doutorado na área de Ecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

NOBRE, A.C.; SAMPAIO, G. ;SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.59, n.3 , p.36-39. 2007.

PRIYA, P.B.; BHAT, K.M. False ring formation in teak (*Tectona grandis* L.F.) and the influence of environmental factors. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.108, n.3, p. 215-222, 1998.

REICH, P.B.; BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the Lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, Oxford, v.72, p.61-74, 1984.

ROIG, F.A. Dendrocronologia em los bosques Del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: ROIG, F.A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza, 2000. p.307–355.

ROSETO-ALVARADO, J. **Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru**. 2009.129p. Dissertação (Mestrado na área de Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SCHÖNGART, J.; JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; AYRES, J.M.; HUTTERMANN, A.; WORBES, M. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño-southern oscillation effect. **Global Change Biology**, Oxford, v.10, p.683-692, 2004.

STHALE, D.W.; VILLANUEVA-DIAZ, J.; CLEAVELAND, M.K.; THERRELL, M.D.; PAUL, G.J.; BURNS, B.T.; SALINAS, W.; SUZAN, H.; FULE, P.Z. Recent tree-ring research in Mexico. In: ROIG, F.A.(Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza,2000. p.285–306.

TOMAZELLO FILHO, M.;LISI, C.S.; HANSEN, N.; CURY, G. Anatomical features of increment zones in different tree species in the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.66, p.46-55, 2004.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, S.C. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In. MAIA, N.B. ; MARTOS, H.L. ; BARELLA, E W. (Ed.). **Indicadores ambientais**, 2002. p. 117-143.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, Utrecht, v.16, p. 337-351, 1995.

WORBES, M.; JUNK, W.J. How old are tropical trees? The persistence of a myth. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 20, n. 3, p. 255-260, 1999.

4 DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE *C. odorata*, *C. fissilis* E DE *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum* APLICADA NO MANEJO FLORESTAL SUSTENTADO NO ESTADO DO ACRE, BRASIL

Resumo

A manutenção da biodiversidade das florestas tropicais depende de certo nível de perturbação ambiental, como a queda natural de árvores que proporciona a abertura de clareiras, para que novas plantas possam germinar e crescer nesse ambiente. O homem tenta, através do manejo florestal, realizar esse ciclo natural, retirando as árvores maiores das espécies que tem grande valor comercial. Porém, há pouco conhecimento em relação ao crescimento e regeneração natural dessas espécies, sendo esse um dos grandes obstáculos para a aplicação do manejo florestal de forma sustentável. Portanto, o referido trabalho propõe verificar a idade e a periodicidade no crescimento do tronco do lenho das árvores nativas de *Cedrela odorata*, *C. fissilis* e de *Schizolobium amazonicum* no Acre em diferentes condições de crescimento (sítios e microsítios) para dar subsídios técnicos ao manejo florestal sustentável nessa região. As árvores foram selecionadas em três sítios: Reserva Experimental Catuaba (REC), Fazenda São Jorge (F. S. Jorge), Parque Zoobotânico (PZ), e em três diferentes microsítios demarcados dentro da REC, delas foram retiradas amostras de lenho no DAP do tronco para as avaliações dendrocronológicas. Seguiu-se a demarcação, contagem e mensuração da largura dos anéis de crescimento, em seguida utilizou-se o programa Cofecha para controle de qualidade das séries de anéis de crescimento. Posteriormente, utilizaram-se as medições das larguras dos anéis de crescimento para calcular o incremento corrente anual para o ajuste do modelo de crescimento e o Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) para definição da idade técnica de corte (ITC). Com os parâmetros de largura média do anel de crescimento e seu desvio padrão, DAP e número de anéis de crescimento (idade) das árvores verificou-se a similaridade do conjunto de árvores de cada sítio e microsítio através de análises multivariadas. Após essas análises pode-se concluir que essa metodologia aliada ao uso de parcelas de inventário permanente tem grande potencial para definição de ciclos de corte dessas espécies. As diferentes condições de crescimento (sítios e ambientes) influenciou significativamente o crescimento radial das árvores de *Cedrela* sp. Na área da Fazenda S. Jorge houve diferença significativa no incremento entre as árvores exploradas (DMC>50cm) e as remanescentes.

Palavras chave: Ciclo de corte; Anéis de crescimento; Modelagem da produção

Abstract

The biodiversity of tropical forests depends on a certain level of environmental disturbances, such as the natural fall of trees that provides the creation of gaps, so that new plants can germinate and grow in this environment. The man attempts, through the forest management, to perform this natural cycle, removing larger trees of the species that has great commercial value. However, little is known about growth and regeneration natural of these species, being one the great obstacle to the implementation of forest

management in a sustainable manner. Therefore, this study proposes to verify the age and frequency of the radial growth of stem of native trees of *Cedrela odorata*, *C. fissilis* and *Schizolobium amazonicum* in Acre under different growth conditions (sites and microsities) in order to provide technical inputs to sustainable forest management in this region. Trees were selected at three sites: Reserva Experimental Catuaba (REC), Farm São Jorge (FSJ) Zoobotanic Park (PZ), and three different microsities were marked within REC. Samples were collected at DBH of the trunk for the dendrochronological analysis. This was followed by the demarcation, counting and measuring the width of growth rings, and afterwards, the Cofecha program was used for the quality control of the series of growth rings. Subsequently, we used the widths of growth rings to calculate the annual increment to adjust the growth model and the current annual Increment (ICA) and mean annual increment (IMA) for definition of the age cut-off technique (ITC). With the width parameters average growth ring and its standard deviation, DBH and number of rings growth (age) of trees observed the similarity of the set of trees of each site and microsities through multivariate analysis. This analysis allows to conclude that this method combined with the use of permanent inventory plots has great potential for defining cutting cycles in these species. The different growth conditions (sites and environments) significantly affected the radial growth of trees *Cedrela* sp. In the area of Farm S. Jorge, there was no significant difference in increment between trees cut (DMC > 50cm) and the remnants.

Keywords: Cutting cycle; Tree rings; Modeling of production

4.1 Introdução

As florestas tropicais do mundo ocupam apenas 7% da superfície terrestre, no entanto, estas abrigam mais da metade da riqueza das espécies (KATTAN, 2002). Este importante ecossistema do planeta é um sistema dinâmico, que depende da polinização, disseminação e a germinação das sementes das espécies arbóreas e herbáceas, bem como da morte e queda natural das grandes árvores que promovem a abertura do dossel da floresta para manter essa biodiversidade (ASQUIT, 2002).

Por isso, a dinâmica e a complexidade dos ecossistemas florestas tropicais precisam ser compreendidos, para a sua utilização racional e sustentada. Nesse aspecto, várias áreas de conhecimento como a ecologia, a fenologia, a botânica, a climatologia, a fisiologia vegetal, a ciência florestal e suas áreas correlatas, são fundamentais, no fornecimento de subsídios cientificamente embasados para a manutenção da biodiversidade, utilização de práticas de manejo florestal sustentável, avaliação do ciclo do carbono e do efeito do aquecimento global, etc.

Bush (1994) e Colinvaux et al. (1996) afirmam que um nível intermédio de perturbação (p ex. a queda de uma árvore no meio da floresta com abertura de clareira) favorece a regeneração e crescimento de árvores de espécies pioneiras e das primárias suprimidas, resultando em um maior nível de diversidade em relação as florestas com dossel totalmente fechado. Porém, esse processo de sucessão secundária depende da habilidade competitiva das espécies e de sua tolerância às condições ambientais.

Portanto, pode-se observar que muitos bosques primários tropicais são produto de sucessões secundárias centenárias, por isso elas possuem um enorme potencial de manejo, ainda pouco explorado, face à pressão sobre as florestas primárias. Além disso, a vegetação secundária é parte integral da vida das comunidades da Amazônia (índios, ribeirinhos, seringueiros) desde milhares de anos, como fonte de alimento, medicina e matéria prima de vários produtos (NEBEL; MELBY, 2005).

Nas últimas décadas a Amazônia sofreu um desflorestamento predatório, pela crescente demanda de madeiras tropicais, por isso para se evitar a extinção das espécies arbóreas, preconizou-se o manejo florestal como ferramenta fundamental para o desenvolvimento sustentável da região. Porém, falta subsídio científico para o uso do manejo florestal de forma sustentável, havendo necessidade, portanto, de metodologia que estabeleça o diâmetro mínimo de corte (DMC) e outros parâmetros relacionados com a dinâmica da floresta, como o crescimento das árvores (produção volumétrica), a mortalidade e o ingresso de novas plantas pela regeneração natural (WALKER; CHAPIN, 1987; WELDEN et al., 1991) .

Portanto, a dendrocronologia aliada a outros métodos (ex.: monitoramento em parcelas permanente; técnica de modelagem de simulação da sucessão florestal e inferência dos padrões de desenvolvimento, baseados na análise de distintos sítios em diferentes estágios de desenvolvimento) pode ser aplicada no estudo da dinâmica das florestas que são exploradas pelo manejo florestal associadas a técnicas apropriadas de extração dos produtos madeireiros e não-madeireiros, com benefício econômico-ambiental para a comunidade local (SCHÖNGART, 2008; BRIENEN, 2005).

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo aplicar a dendrocronologia em árvores de *C. odorata*, *C. fissilis* e de *S. parahyba* var. *amazonicum* em diferentes

condições de crescimento em florestas naturais, como subsídio para o manejo florestal sustentado no estado do Acre.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Descrição dos sítios e caracterização das árvores selecionadas

As árvores de *Cedrela* sp. foram selecionadas em três sítios: Reserva Experimental Catuaba (REC), Fazenda São Jorge (F. S. Jorge), Parque Zoobotânico (PZ), sendo que a REC foi subdividida em 3 microsítios: (i) pastagem; (ii) floresta 1ª. e (iii) borda de floresta, sendo selecionadas 10 árvores/microsítio (Tabelas 1, 3). Na Fazenda São Jorge foram selecionadas 23 árvores de *Cedrela* sp., sendo que 14 árvores possuíam DAP>50cm e 9 árvores com o diâmetro mínimo abaixo do nível de corte; no Parque Zoobotânico foram selecionadas aleatoriamente 9 árvores de *Cedrela* sp. (Tabelas 1, 2). As árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* foram selecionadas em 2 sítios, compreendendo 12 árvores na borda das florestas da REC e 9 árvores na floresta 2ª do Parque Zoobotânico (Tabelas 1, 6).

4.2.2 Contagem e mensuração dos anéis de crescimento

Aplicou-se a metodologia apresentada no Capítulo 3 (p. 103) para a determinação da medida das séries de anéis de crescimento das árvores de *C. fissilis*, *C. odorata* e de *S. parahyba* var. *amazonicum*, após a realização do controle de qualidade para detecção de anéis falsos e faltantes utilizando-se programa COFECHA. Na sequência foi aferido o número de anéis de crescimento formado no lenho das árvores das 3 espécies nas áreas de estudo, considerando a data da extração das amostras do lenho. Na determinação do crescimento radial anual do tronco das árvores foram utilizados os valores médios da largura dos anéis de crescimento, conforme descrito no Capítulo 3 (p. 103).

4.2.3 Modelos de crescimento e idade técnica de corte e análise estatística dos dados

Com o número e a largura dos anéis de crescimento obtidos pela análise do lenho de cada árvore de *C. fissilis*, *C. odorata* e de *S. parahyba var. amazonicum* foi determinado o crescimento corrente anual e incremento médio anual de cada população dos diferentes sítios e microsítios estudados .

Foi utilizado um ajuste do modelo utilizando-se o programa estatístico R versão 2.11.1 (REIS E RIBEIRO, 2010), onde as estimativas dos parâmetros foram obtidas através do método de mínimos quadrados ordinários. Com esses parâmetros de crescimento do tronco foi realizado o ajuste dos modelos de crescimento em área basal das árvores, utilizando-se o modelo de crescimento de Schumacher, que tem apenas a idade como variável independente, de acordo com a equação 1

$$dac = e^{\beta_0 + \beta_1(1/i)} + e \dots\dots\dots(\text{Equação 1})$$

Onde:

dac: medida do raio acumulado (mm)

I: idade correspondente ao diâmetro (anos)

β_0 e β_1 são parâmetros da regressão

e: erro

Determinou-se o desvio padrão residual (DPR) e o coeficiente de variação (CV) para verificação do ajuste do modelo aos dados de largura dos anéis de crescimento do conjunto de árvores das espécies nos diferentes sítios e microambientes (Figura 1A).

A idade técnica de corte (ITC) foi determinada utilizando-se os valores médios de incremento radial anual das árvores para calcular o incremento corrente anual (ICA), que corresponde ao valor do aumento da produção no período de um ano e o incremento médio anual (IMA) que é a produção até uma idade dividida por esse tempo. Esses parâmetros foram calculados utilizando-se as equações (2) e (3):

$$ICA = Y(I+1) - Y(I) \dots\dots\dots(\text{Equação 2})$$

onde:

ICA: Incremento corrente anual

Y: dimensão da variável considerada

I: idade

$$\text{IMA} = Y_i / I_0 \dots \dots \dots \text{(Equação 3)}$$

onde:

IMA: incremento médio anual

Y_i : dimensão da variável considerada

I_0 : idade a partir do tempo zero

Segundo Campos e Leite (2006), esses parâmetros têm características peculiares, sendo que a curva de ICA por exprimir a taxa de crescimento anual tem no seu ponto máximo, a indicação da idade de máxima produtividade da árvore, já a curva de IMA aumenta mais vagarosamente que a curva de ICA, atingindo o seu ponto máximo coincidentemente com o ponto de máxima tangente na curva de produção, daí para frente decresce suavemente até tender a zero no infinito (Figura 1A e B)

A curva de ICA atinge seu ponto máximo antes da curva de IMA, e as duas curvas se cruzam no ponto de máximo IMA. Do ponto de vista da máxima produção biológica, esse ponto indica a idade de intervenção no povoamento. Se considerarmos a área transversal do tronco da árvore (largura dos anéis de crescimento), seria a idade técnica de corte (ITC). Portanto, determina-se o ITC quando o ICA e o IMA se igualam como demonstrado na Figura 1B.

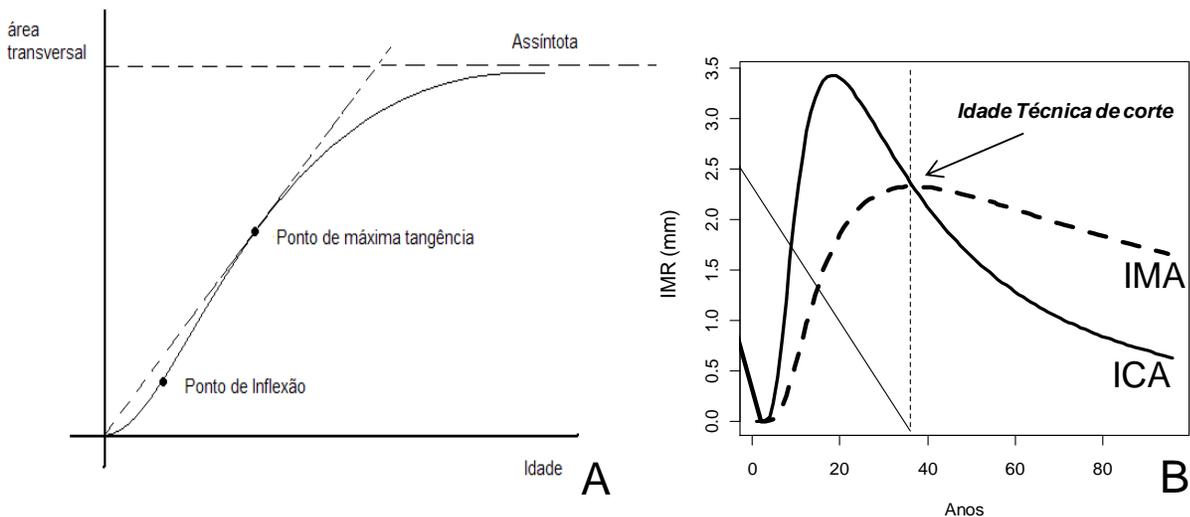


Figura 1 Curva de crescimento e determinação da Idade Técnica de Corte (ITC) utilizando-se as curvas de Incremento Corrente Anual (ICA) e Incremento Médio Anual (IMA)

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Distribuição dos diâmetros das árvores

O DAP do tronco das árvores de *C. fissilis* e de *C. odorata* ocorrentes na área de pastagem da REC variou de 49,4-57,6 e de 44,0-74,2 cm, respectivamente, indicativo de condições favoráveis para o seu crescimento, com competição reduzida por água, nutrientes e luminosidade. O DAP das árvores de *C. odorata* na REC das florestas primárias e áreas de borda de mata da REC foi de 34,8-57,06 e de 20,1-49,7 cm, respectivamente. Nas áreas de borda foi de 20-30 cm a classe mais freqüente de DAP do tronco das árvores de *C. odorata*, devido, provavelmente pela sua idade mais baixa, em relação às da floresta primária (Tabelas 1, 3).

No PZ, o DAP do tronco das árvores de *Cedrela* sp. variou de 26,1-50,8 cm (média de 37,5 cm) próximos aos obtidos para as árvores de *Cedrela* sp da borda de mata da REC, considerando que ambas as áreas em periodos recentes, passaram por perturbações antrópicas ligadas a extração vegetal, agricultura e pecuária (Tabela 1, 3).

Na FSJ, o DAP do tronco das árvores de *Cedrela* sp. explorada será superior a 50 cm (variação de 53,0-134,8 cm; média de 75,3 cm), a exceção da de N^o 14, com 38,5 cm, incluída no estudo, após a queda. As árvores de *Cedrela* sp. remanescentes tinham DAP do tronco de 28,3-55,3 cm (média de 37 cm). A grande heterogeneidade observada no diâmetro das árvores de *Cedrela* sp. indica a existência de variação de idade e de condições de crescimento (Tabelas 1, 2).

As árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* na borda das florestas da REC apresentaram DAP do tronco de 22,4-74,3 cm (média de 45,2 cm) e na floresta secundária do PZ, DAP de 33,8-58,3 cm (média de 46,2 cm), com alta freqüência de árvores com DAP superior a 40 cm, em relação à REC. A diferença no crescimento do tronco das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* na área do PZ deve-se, possivelmente, a menor competição pelos fatores de crescimento (Tabelas 1.6).

4.3.2 Número e largura dos anéis de crescimento

As árvores de *Cedrela* sp. ocorrentes na área de pastagem apresentam, em média, 44 anéis de crescimento/árvore de 4,9 mm de espessura; as de borda de floresta, 22 anéis de crescimento com 8,2 mm; as da floresta primária da REC 56 anéis

de crescimento, com 3 mm; as árvores exploradas da floresta primária da FSJ, 98 anéis de crescimento, com 3,5mm de largura e as remanescentes, 68 anéis de crescimento, com 2,2 mm. Na FSJ observa-se diferença marcante da espessura média dos anéis de crescimento das árvores de *Cedrela* sp. exploradas e as amostradas em pé (remanescentes), por método não destrutivo (Tabela 1).

As árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* da REC apresentaram, em média, 20 anéis de crescimento, 10,4 mm e no PZ, 19 anéis de crescimento, com 10,6mm de espessura (Tabela 1).

4.3.3 Modelo de crescimento e idade técnica de corte (ITC) das árvores de *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*

As árvores de *C. fissilis* e de *C. odorata* ocorrentes em pastagem apresentaram taxa de crescimento anual médio do raio do tronco (IMRA) de 10 mm, com a estimativa de atingir o diâmetro (DAP) de 50 cm, na idade de 75 anos, aplicando o modelo de ajuste proposto (Figura 2 B2).

Nas árvores de *Cedrela* sp. de floresta primária da REC, o IMRA foi de 5,6 mm, devendo atingir 50 cm de diâmetro (DAP) no 109º ano; árvores de 47 cm DAP no 85º ano (Figura 2 A2). As árvores de *Cedrela* sp. na borda de floresta apresentaram IMRA de 14,1 mm (Figura 2 C2).

As árvores de *Cedrela* sp. da floresta secundária do PZ apresentaram IMRA de 11,9 mm, com média de 42,5 cm de DAP no 35º ano (Figura 4A2). As árvores de *Cedrela* sp. constituem-se em espécie considerada generalista, adaptando-se em distintos ambientes sendo que, no entanto, verificam-se diferenças marcantes de frequência e de área basal das árvores nos diferentes sítios analisados, conforme citam Lieberman et al.(1987), Welden et al.(1991) e Kattan (2002).

As árvores de *Cedrela* sp. exploradas na floresta primária da FSJ apresentaram IMRA de 6,5 mm, com DAP do tronco de 50 cm no 84º ano (Figura 3B2); as árvores remanescentes mostraram IMRA de 4,1mm e com DAP de 43 cm no 106º ano (Figura 3A2) . A diferença significativa do IMRA observada entre as árvores de *Cedrela* sp. na FSJ que atingiram DAP de 50 cm de DAP, em relação as árvores remanescentes que não alcançaram o DAP de corte pode estar relacionada com os fatores ambientais (ex.:

competição com árvores adjacentes por água, luz, nutrientes, etc) ou pela característica genética.

Segundo Kartawinata et al. (1989), as árvores que permanecem nas populações florestais que estão sob exploração seletiva em ciclos de corte são, geralmente, de menor porte e geneticamente inferiores; sendo assim este tipo de exploração de floresta nativa resulta predominantemente em árvores de qualidade inferior, com risco de perda de variabilidade genética e, comprometimento das gerações futuras e mesmo de extinção de espécies. Por outro lado, se a redução do crescimento das árvores remanescentes tiver relação com fatores do ambiente podem-se recomendar a aplicação de práticas silviculturais (corte de lianas, raleamento, etc) liberando o crescimento dessas árvores. Desta forma, estudos direcionados a avaliação da variabilidade genética, características reprodutivas e demográficas das espécies mais exploradas em regime de manejo nas florestas naturais devem ser realizados, incluindo aspectos do processo de sucessão, etc.

O modelo de crescimento testado prevê um período (ciclo de corte) de 84 anos para que as árvores de *Cedrela odorata* da área da Fazenda S. Jorge atinjam o DAP de 50 cm, sendo que, Brienen (2005) sugere um ciclo de 95 anos para que as árvores de *Cedrela odorata* alcancem DAP de 60 cm nas florestas tropicais no norte da Bolívia. Os autores verificaram grande variação no incremento anual do diâmetro do tronco das árvores da espécie (CV=28,7%) recomendando, portanto, um aumento da amostragem do número de árvores para obter indicações confiáveis do ciclo de corte.

Tabela 1 – Valor médio do número e largura dos anéis de crescimento e desvio padrão e o diâmetro a altura do Peito (DAP) das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, *Cedrela* sp nos diferentes sítios e ambientes

Espécie/Sítio /ambiente	Larg. Anéis (mm)	nº anéis	Desv pad larg. Anéis	DAP (cm)
<i>Cedrela</i> sp. Borda	8,20	22,18	3,96	29,58
<i>Cedrela</i> sp. Floresta 1ª REC	3,03	56,25	2,03	47,93
<i>Cedrela</i> sp. Floresta 1ª SJ (exploradas)	3,47	97,50	2,72	71,59
<i>Cedrela</i> sp. Floresta 1ª SJ (remanescentes)	2,16	67,50	1,52	35,57
<i>Cedrela</i> sp. Floresta 2ª PZ	5,48	32,37	2,65	38,25
<i>Cedrela</i> sp. Pastagem	4,91	43,50	3,02	52,43
<i>Schizolobium amazonicum</i> PZ	10,62	19,19	5,00	44,78
<i>Schizolobium amazonicum</i> REC	10,40	19,85	4,14	51,87

Tabela 2 – Valor médio do número e largura dos anéis de crescimento e desvio padrão e o diâmetro a altura do Peito (DAP) das árvores de *Cedrela* sp na Fazenda São Jorge

Espécie/Sítio /ambiente	Arvore	Larg. Anéis (mm)	nº anéis	Desv pad larg. Anéis	DAP (cm)
<i>Cedrela</i> sp. F. São Jorge Floresta 1 ^a (exploradas)	1	3,61	91	5,14	61,79
	2	1,83	128	1,46	75,90
	3	5,22	110	4,42	134,80
	4	2,32	98	1,80	56,40
	5	3,97	107	2,52	76,00
	6	4,98	141	4,92	121,30
	7	2,80	137	2,02	60,60
	8	3,23	106	2,77	72,80
	9	7,61	48	3,76	77,70
	10	2,90	127	2,20	72,30
	11	2,90	74	1,85	53,00
	12	2,40	82	1,80	57,90
	13	4,12	57	3,40	57,80
	14	2,16	90	1,84	38,50
<i>Cedrela</i> sp. F. São Jorge Floresta 1 ^a (remanescentes)	sc1	1,47	86	0,94	28,30
	sc2	2,57	52	1,91	29,80
	sc3	2,06	73	1,49	33,10
	sc4	1,89	91	1,40	43,80
	sc5	1,57	83	1,10	34,00
	sc6	2,06	49	1,32	33,20
	sc7	2,68	78	1,71	46,20
	sc8	1,85	56	1,38	29,00
	sc9	2,60	72	1,94	55,30

Tabela 3– Valores médios do número e da largura dos anéis de crescimento e desvio padrão e Diâmetro a altura do Peito (DAP) das árvores de *Cedrela* sp, na REC e na floresta 2ª do PZ

Espécie/Sítio /ambiente	Arvore	Larg. Anéis(mm)	nº anéis	Desv padlarg. Anéis	DAP(cm)
<i>Cedrela</i> sp. REC Floresta 1ª	c27	3,30	54	2,20	53,30
	C28	3,12	55	2,31	57,30
	c32	2,21	33	1,31	48,28
	c33	4,53	52	2,63	57,06
	C34	2,70	84	1,76	53,93
	C35	2,89	60	1,64	44,99
	c36	2,53	49	1,70	34,80
	c37	2,40	70	1,23	43,11
	c38	3,37	53	2,31	45,77
	c39	3,33	47	3,22	41,29
<i>Cedrela</i> sp. REC Pastagem	F01*	6,22	31	4,09	50,64
	F02*	3,88	48	3,30	57,64
	F03	3,99	47	3,29	49,04
	F04	5,18	46	3,98	74,20
	F05	6,92	30	3,21	43,95
	F06	5,17	39	2,86	46,50
	F07	5,05	37	3,00	55,73
	F08	5,36	39	3,01	46,50
	F09*	6,10	28	5,09	53,18
	f10*	5,72	32	4,55	49,36
<i>Cedrela</i> sp. REC Borda Floresta	C01	4,16	37	2,89	49,70
	C03	7,50	21	3,89	27,70
	C04	9,11	22	4,76	28,00
	C05	7,03	16	2,77	20,10
	C06	11,28	24	2,76	27,20
	C17	7,29	25	3,25	43,30
	C7	6,86	28	5,17	30,60
	C8	9,98	14	6,00	30,10
	c21	8,99	25	4,68	27,20
	c30	7,00	22	4,61	39,80
<i>Cedrela</i> sp. PZ Floresta 2ª	pc1	5,36	30	3,21	39,79
	pc2	4,86	32	3,40	38,67
	pc3	6,22	30	2,34	45,36
	pc4	7,45	33	3,54	50,77
	pc5	6,25	25	2,19	35,81
	pc6	6,18	26	2,21	37,24
	pc7	4,75	22	2,04	26,10
	pc8	6,07	35	2,93	45,20
	pc9	4,65	33	2,99	30,08

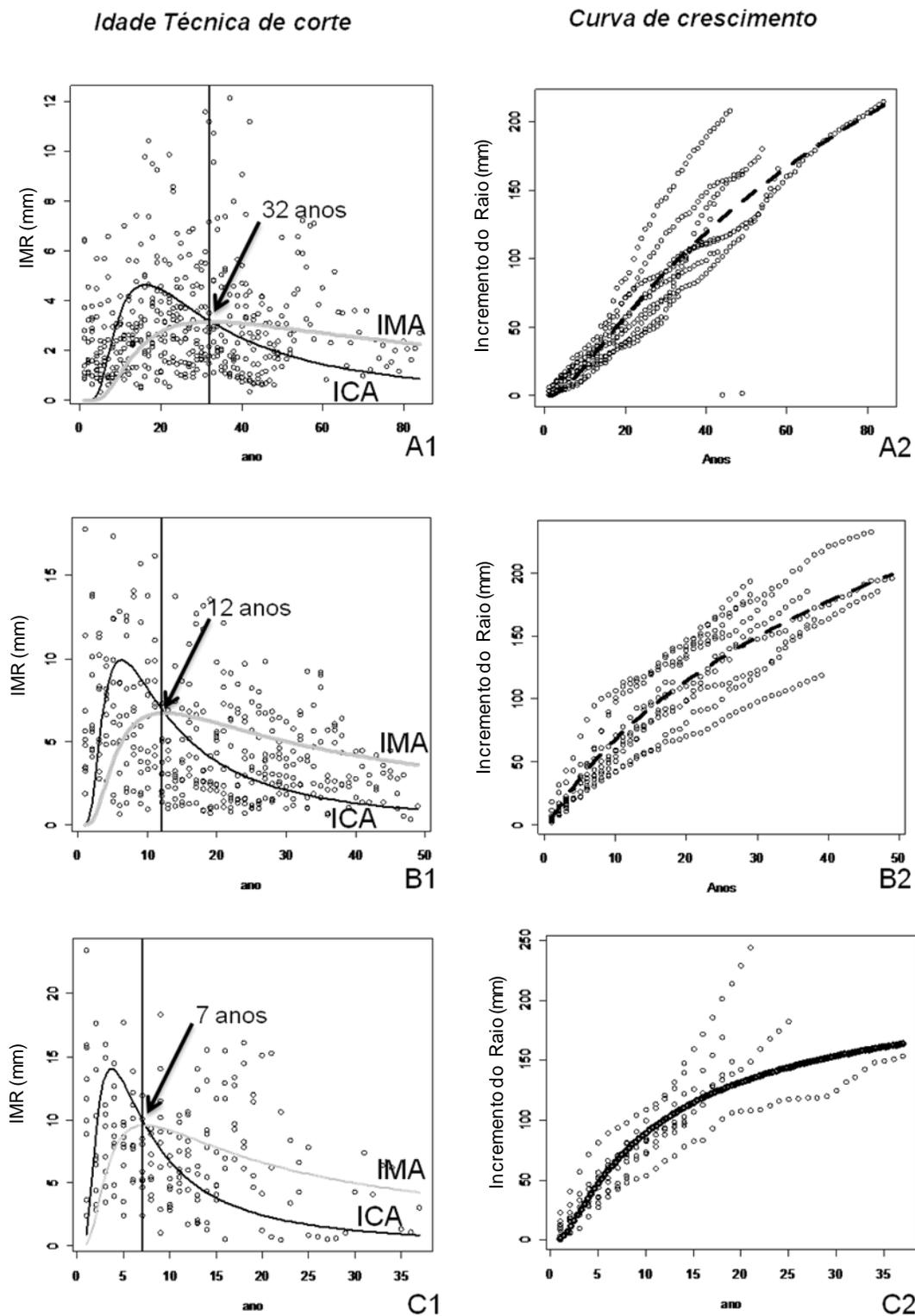


Figura 2 – Projeção da idade técnica de corte e curvas de incremento radial anual dos troncos das árvores em ambiente de floresta 1^a (A 1; 2) de *C. fissilis* e *C. odorata* em ambiente de pastagem (B1; 2) de *Cedrela* sp. em ambiente de borda de floresta (C 1; 2) no sítio da REC

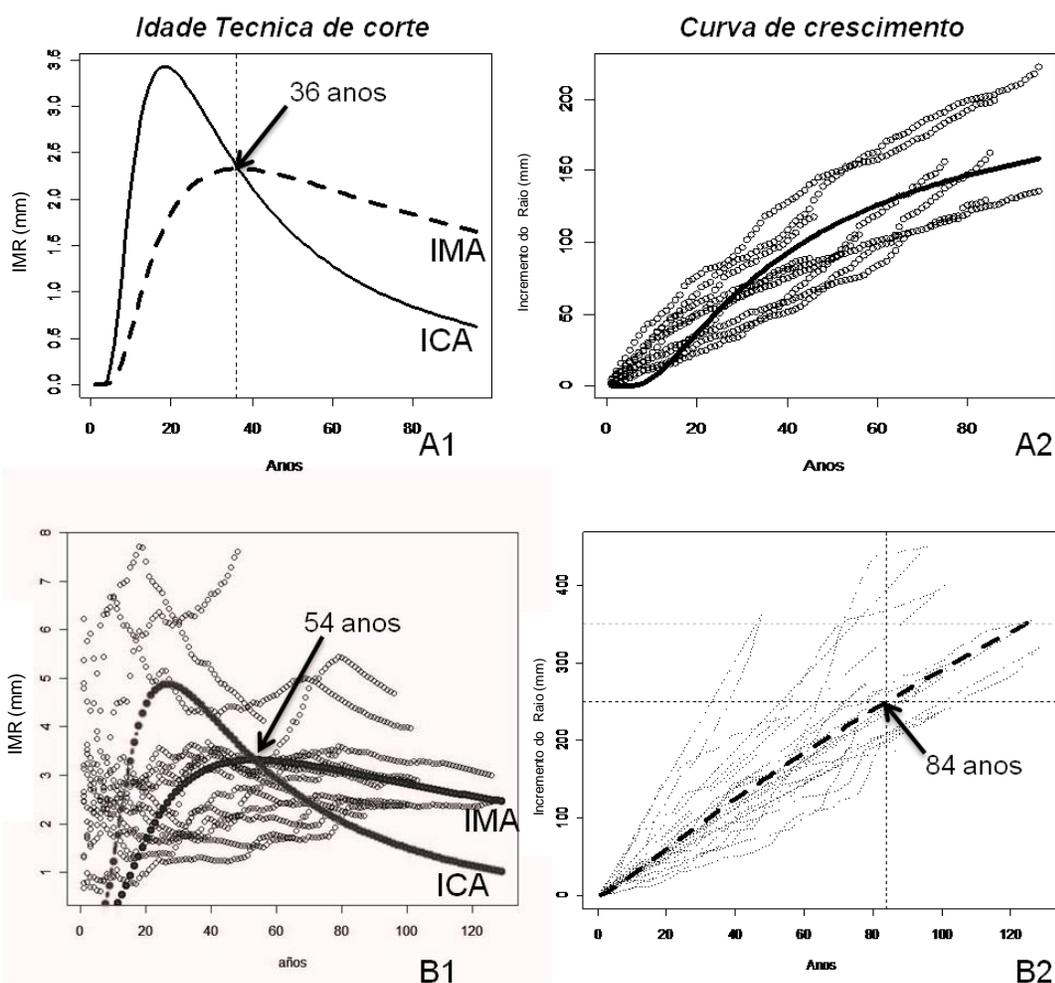


Figura 3 – Projeção da idade técnica de corte e curvas de incremento radial anual dos troncos das árvores de *Cedrela* sp. em ambiente de floresta 1^a da Fazenda São Jorge remanescentes (A 1; 2) e exploradas (B 1; 2)

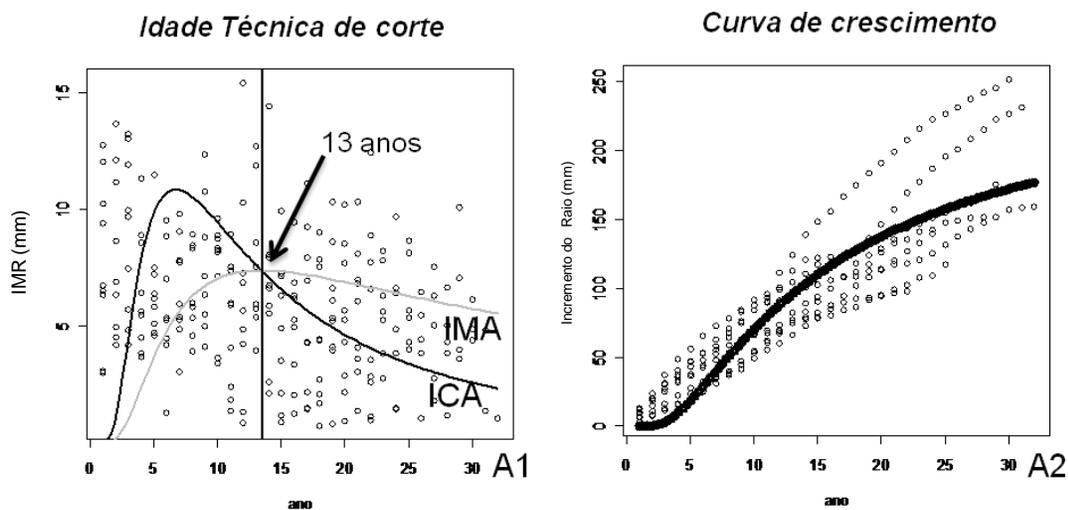


Figura 4 – Projeção da idade técnica de corte e curvas de incremento radial anual dos troncos das árvores de *Cedrela* sp. em ambiente de floresta 2^a no sítio do PZ

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros, desvios padrões, estimativa do erro padrão residual e Coeficiente de Variação para o modelo ajustado aos dados aos dados de incremento radial das árvores

Sítio	Estimativas (desvio padrão)		Erro padrão residual	CV (%)
	B0	B1		
Fazenda S. Jorge/explor. Flor. 1 ^a	6,142	-51,645	56,23	38,5
Fazenda S. Jorge/reman. Flor. 1 ^a	5,447	-36,673	26,28	31,7
REC Floresta 1 ^a	5,629	-32,426	22,97	39,21
REC Pastagem	5,430	-12,464	26,07	30,1
REC Borda	5,250	-7,330	23,77	27,7
PZ Floresta 2 ^a	5,596	-13,423	26,70	28,0

4.3.4 Modelo de crescimento e idade técnica de corte das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

As árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* da REC apresentaram valor de IMRA de 20,1 mm, atingindo DAP de 50 cm no 28^o ano, valor próximo à das árvores da espécie no PZ, de 31 anos e IMRA de 19,6 mm (Figuras 5A2, 5B2). Os valores próximos de idade e de IMRA das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* na REC e PZ deve estar relacionada a característica de espécie pioneira, com elevada taxa de crescimento em diâmetro e altura, adaptação a ambiente com elevada disponibilidade de luz, ex.: da borda de mata (REC) e de floresta secundária em processo de sucessão (PZ).

Portanto, a regeneração e o crescimento das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* são dependentes do nível de perturbação do ambiente, como a abertura de clareira (efeito de borda) ou áreas desflorestadas sob processo de colonização (WALKER; CHAPIN, 1987; BUSH; COLINVAUX, 1994; ARQUIST, 2002).

Conforme observado para as árvores de *Cedrela* sp., as de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, nos 2 sítios, apresentam idade técnica de corte diferenciada para atingir o DAP do tronco de 50 cm de diâmetro. Portanto, esse critério não deve ser aplicado para árvores dessa espécie em populações naturais, devendo ser testado apenas em nível de plantações.

A curva de crescimento obtida a partir do modelo indica ser representativa da média do incremento radial do tronco das árvores das 2 espécies. No entanto, são observadas variações nos valores de crescimento em diâmetro das árvores,

caracterizando a sua fase de regeneração e indicando a necessidade de ampliar a amostragem do número de árvores, para a segura definição do seu ciclo de corte.

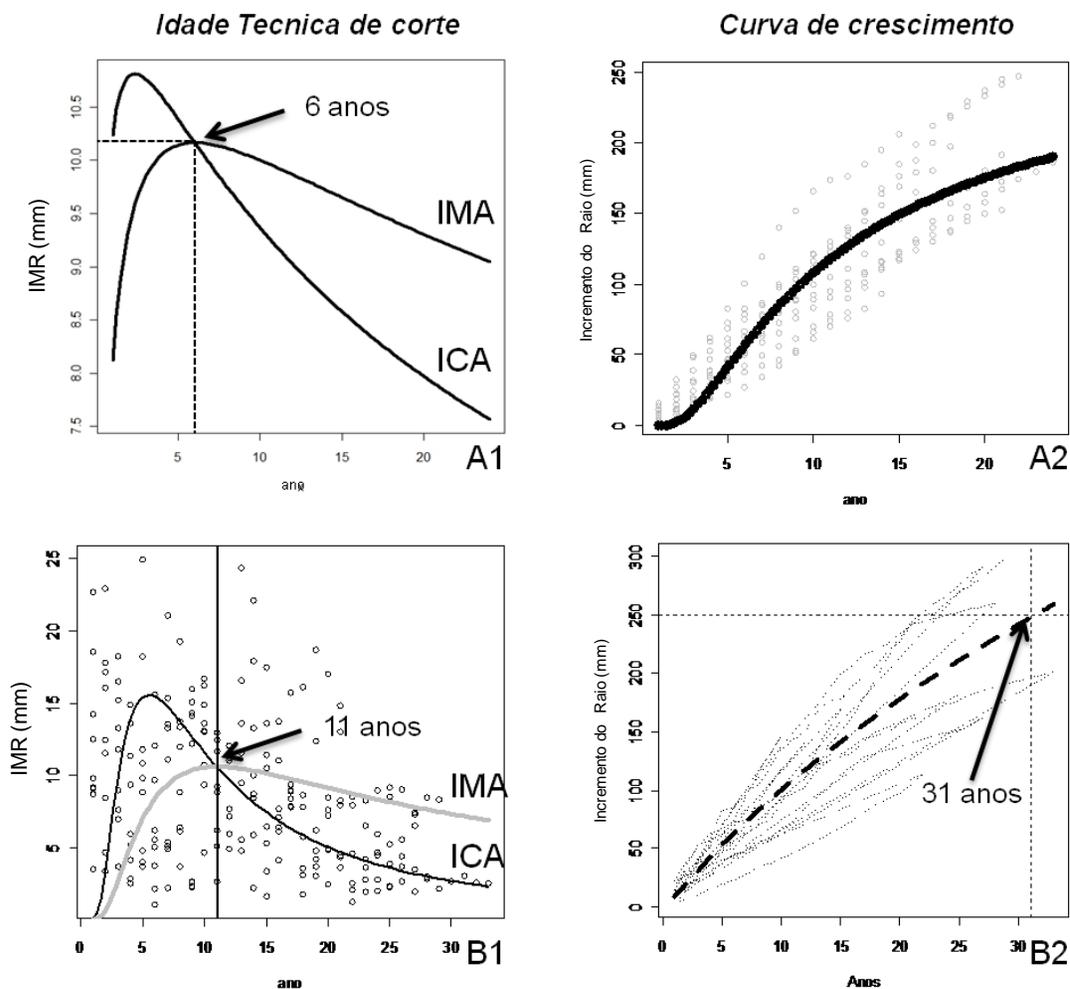


Figura 5 – Projeção do crescimento radial médio anual dos troncos das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* do Parque Zoobotânico (A) e da Reserva Experimental Catuaba (B)

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros, desvio padrões, estimativa do erro padrão residual e Coeficiente de variação para o modelo ajustado aos dados de incremento radial das árvores de *Schizolobium amazonicum*

Sitio	Estimativas (desvio padrão)		Erro padrão residual	CV (%)
	B0	B1		
<i>Schizolobium</i> PZ	5,759	-11,012	38,12	39,2
<i>Schizolobium</i> REC	5,651	-9,703	27,78	29,0

Tabela 6 – Valores médios do número, largura dos anéis de crescimento e desvio padrão e Diâmetro a altura do Peito (DAP) das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* nos sítios

Espécie/Sítio	Árvore	Larg. Anéis De cresc.(mm)	nº de anéis de cresc.	Desv pad larg. anéis cresc.	DAP (cm)
<i>Schizolobium amazonicum</i> /REC	s1	8,06	21	2,47	41,56
	s2	11,85	21	3,49	49,36
	s3	6,65	14	3,01	22,61
	s4	8,55	24	3,50	46,18
	s5	12,11	10	6,71	22,42
	s6	11,50	16	3,76	54,78
	s7	10,79	21	3,17	65,92
	s8	7,72	21	3,24	39,81
	s9	13,51	21	6,14	73,89
	s10	11,01	22	4,64	74,30
	s11	9,98	10	6,83	26,37
	s12	11,21	18	5,85	42,04
<i>Schizolobium amazonicum</i> /PZ	s13	14,17	10	5,25	36,94
	s14	11,65	12	3,73	33,76
	s15	6,03	27	3,00	52,23
	s16	7,59	25	3,79	48,09
	s17	15,26	14	7,20	43,31
	s18	5,03	20	1,95	42,04
	s19	5,89	33	4,50	43,31
	s20	9,22	28	6,84	58,28
	s21	10,24	22	5,25	58,12

4.3.5 Similaridade dendrocronológica entre as espécies e os ambientes

A análise dos parâmetros dos anéis de crescimento, ou seja, número de anéis de crescimento, espessura e desvio padrão e o DAP das árvores das espécies ocorrentes nos sítio e ambientes possibilitaram agrupar as cronologias pelas suas similaridades (Figuras 6 A, B). Considerando os parâmetros dendrocronológicos e, pela estandarização dos dados - retirando o efeito das diferenças de unidades existentes entre as variáveis - verifica-se que as árvores das 2 espécies, nos ambientes e sítios constituem grupos distintos.

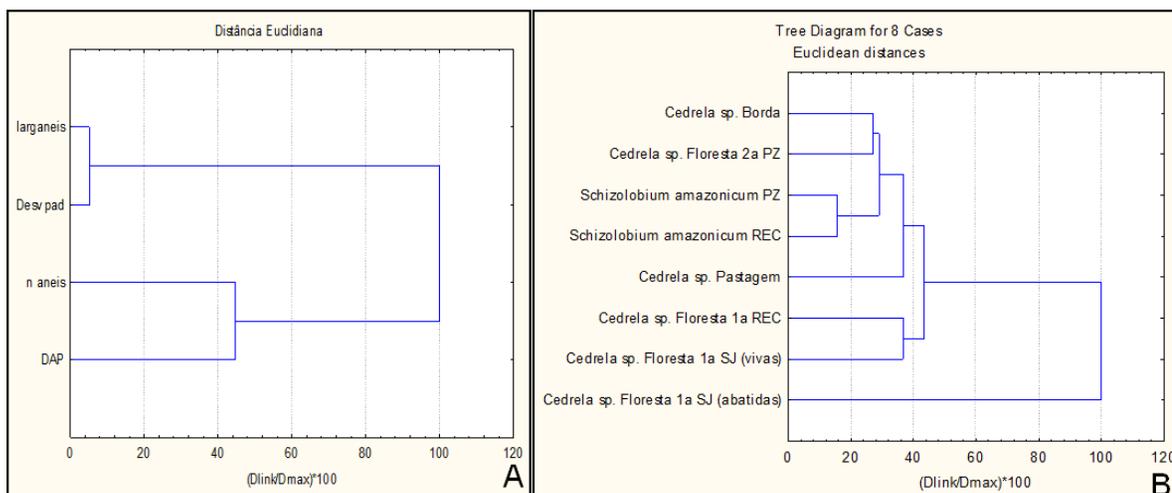


Figura 6 – Dendrogramas de dissimilaridade (distância Euclidiana, em %), das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Cedrela* sp.: variáveis dendrocronológicas (A) e espécies/sítios/ambientes (B)

As árvores exploradas de *Cedrela* sp. da FSJ constituem grupo diferenciado das outras pela Distância Euclidiana igual a 100%; verifica-se, posteriormente, a formação de 2 grupos separados pela Distância Euclidiana de 45%, representativos das árvores de *Cedrela* sp. em ambiente de floresta primária (sítios de SJ e REC) e as árvores dos demais ambientes que sofreram ação antrópica. Este último apresentou mais uma divisão por uma Distância Euclidiana de 38%, separando-se o microsítio de pastagem dos demais ambientes antropizados. Por fim, houve a separação entre os conjuntos de árvores de *Cedrela* sp. (Borda da REC e Floresta 2ª do PZ) e de *Schizolobium amazonicum* (PZ e REC) separados por uma Distância Euclidiana de 30% (Figura 6B).

O conjunto de árvores de *Cedrela* sp. das florestas primárias se separou das árvores de *Cedrela* sp. e *Schizolobium amazonicum* dos ambientes antropizados pelo maior DAP e número de anéis de crescimento (idade); a separação das árvores de *Cedrela* sp. das florestas primárias da REC e de SJ (árvores remanescentes) em relação às árvores exploradas da floresta primária de SJ deve-se, principalmente, ao fato destas árvores (floresta 1a, SJ) apresentarem maior DAP e maior espessura de anéis de crescimento (Figura 6A).

Por outro lado, a separação do grupo de árvores de *Cedrela* sp. e *Schizolobium amazonicum* nos ambientes antropizados do conjunto de árvores de *Cedrela* sp. da pastagem foi resultado, principalmente, da maior espessura e menor número de anéis de crescimento (idade) (Figura 6A).

Ao final, o conjunto de árvores de *Cedrela* sp. no ambiente de borda da REC e na floresta 2ª do PZ se diferenciou do conjunto de árvores de *Schizolobium amazonicum* na REC e PZ, por este último apresentar maior espessura dos anéis de crescimento no lenho e maior DAP do tronco (Tabela 1).

Tabela 7 – Valores médios e desvio padrão do conjunto de variáveis dendrocronológicas utilizadas nas análises de Cluster

Espécie/Sítio/Ambiente	Média	Desvio padrão
<i>Cedrela</i> sp./Borda/ REC	15,98	11,95
<i>Cedrela</i> sp./PastagemREC	25,15	24,74
<i>Cedrela</i> sp./Floresta 1ª/REC	27,35	29,09
<i>Cedrela</i> sp./Floresta 2ª/PZ	19,27	17,81
<i>Cedrela</i> sp./Floresta 1ª/SJ (remanescentes)	27,86	33,17
<i>Cedrela</i> sp./Floresta 1a /SJ(exploradas)	44,69	49,16
<i>Schizolobium Amazonicum</i> /PZ	19,90	17,59
<i>Schizolobium Amazonicum</i> /REC	21,56	21,21

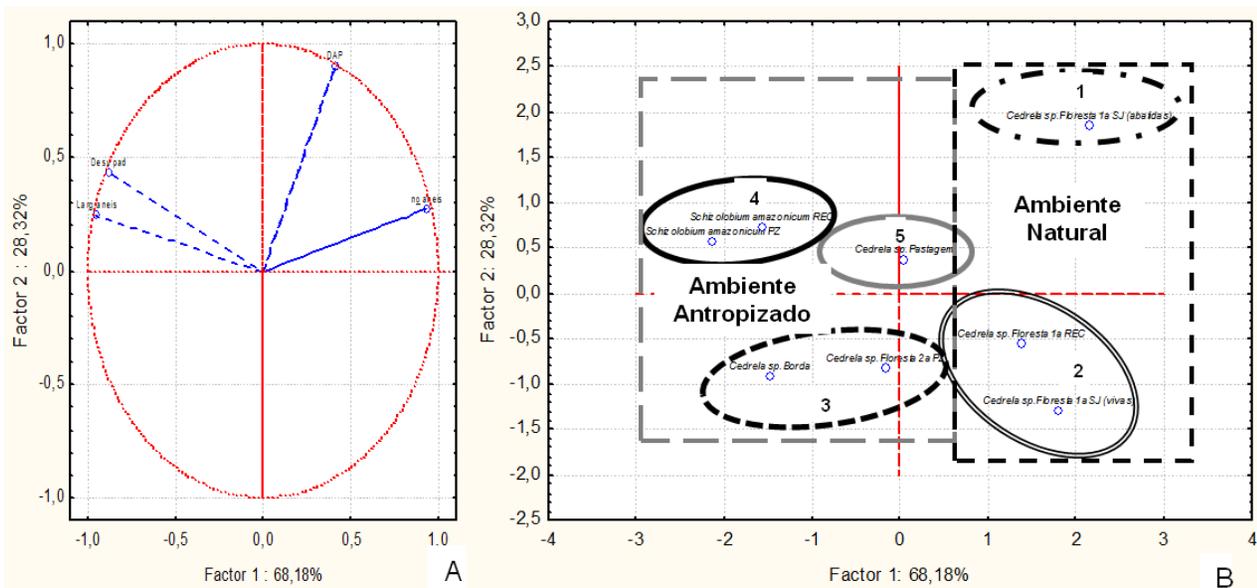


Figura 7 – Análise de componentes principais das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Cedrela* sp.: variáveis dendrocronológicas (A) e espécies/sítios/ambientes (B)

A análise de componentes principais aplicadas as árvores de *Cedrela* sp. e *Schizolobium amazonicum* nos diferentes sítios e microsítios mostrou que as características dendrométricas resumem-se em 2 componentes, os quais, explicam 96,5% (Tabela 8).

Foi determinada a importância das características dendrométricas das árvores nos dois componentes principais, através dos seus autovetores, permitindo-se estabelecer o seguinte: i) no componente principal 1 as características dendrométricas referentes à largura e ao número de anéis de crescimento, foram estatisticamente significativas, com este componente explicando 68,18% da variância total; ii) no componente principal 2 o DAP das árvores foi altamente significativo, com este componente explicando 28,32% da variação dos dados (tabela 9).

Tabela 8 – Pesos dos auto-valores, sua variância e seus valores acumulados nas análises de componentes principais do conjunto de variáveis dendrocronológicas analisadas

Fator	Auto-valores (Eigenvalue)	Total da variância (%)	Auto-valores acumulados	Variância Acumulada (%)
1	2,73	68,18	2,73	68,18
2	1,13	28,32	3,86	96,50
3	0,10	2,54	3,96	99,03
4	0,04	0,97	4,00	100,00

Tabela 9 – Contribuição das variáveis dendrocronológicas baseadas nas correlações geradas pela Análise de Componentes Principais

Variáveis	Factor 1	Factor 2
Largura dos anéis	0,33	0,05
Número de anéis (idade)	0,32	0,06
Desvio padrão(largura de aneis)	0,29	0,16
DAP (Diâmetro a altura do Peito)	0,06	0,72

Os resultados da análise do fator 1 indica que o conjunto de árvores dos ambientes antropizados em relação as florestas 1^{as}, possuem uma maior largura e menor numero de anéis de crescimento (idade) devido a menor competição por água, nutrientes e principalmente por luz com outras espécies arbóreas (Figura 7B).

Os resultados da análise do fator 2 indica que o grupo de árvores de *Cedrela* sp. (exploradas) na floresta 1^a da Fazenda São Jorge diferencia-se dos demais conjuntos de árvores, por possuir árvores com maiores DAP's e número de anéis de crescimento (idade). Ainda foi possível separar um segundo grupo de árvores de *Cedrela* sp. (remanescentes) da floresta 1^a da Fazenda São Jorge e da floresta 1^a da REC por estes agrupamentos possuírem árvores com maior número de anéis de crescimento (idade) (Figura 7A).

Um terceiro grupo é formado pelo conjunto de árvores de *Cedrela* sp. de borda de floresta da REC e da floresta 2ª do PZ por estas possuírem maior largura dos anéis de crescimento, pouca idade e menores DAP's. Um quarto grupo é formado pelo conjunto de árvores de *Schizolobium amazonicum* dos sítios da REC e do PZ por possuírem árvores com maior largura dos anéis de crescimento, pouco número de anéis de crescimento (idade) e em geral grandes DAP's (Figura 7B).

Por fim, as árvores de *Cedrela* sp. de pastagem formaram um grupo isolado por possuírem valores médios de largura e número de anéis de crescimento (idade) e DAP's relativamente grandes (Figura 7B).

4.4 Conclusões e recomendações no manejo florestal sustentável

Os resultados da análise dendrocronológica das árvores permitem concluir que (i) a metodologia de contagem e de mensuração dos anéis de crescimento no lenho das árvores, aliada ao uso de parcelas permanentes, mostra potencial para a definição de ciclos de corte sustentado; (ii) as diferentes condições de crescimento (sítios e ambientes) influenciaram significativamente o crescimento radial do tronco das árvores de *Cedrela* sp.; (iii) na área de exploração florestal da Fazenda S. Jorge, as árvores exploradas (DMC>50cm) e as remanescente mostram diferença significativa no incremento do tronco; (iv) as árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* dependem de ambientes perturbados para a sua regeneração e crescimento inicial.

Na aplicação dos métodos dendrocronológicos no manejo florestal sustentável (i) recomenda-se utilizar outros métodos diretos como, estudo da periodicidade do crescimento e das taxas de crescimento do tronco das árvores, em parcelas de inventário permanente, apoiando o método clássico de dendrocronologia, (ii) na definição de ciclos de corte devem ser incorporados outros parâmetros, como a produtividade em biomassa ($m^3/ha/ano$), restrição do corte de árvores de determinadas espécies, de acordo com inventário florestal; (iii) o Diâmetro Mínimo de Corte (DMC) deve ser definido para cada espécie, sendo necessários estudos dendrocronológicos e a determinação da distribuição diamétrica das árvores, incluindo suas características ecológicas, idade de frutificação, DAP máximo e uso da madeira, etc.

A estimativa de idade técnica de corte (ITC) das árvores de *Cedrela* sp., em relação ao diâmetro mínimo de corte (DMC) indica que, nas populações naturais analisadas, o valor da ITC é menor do que a idade necessária para que o DAP das árvores atinjam 50 cm. Desta forma, há necessidade de revisar a aplicação da metodologia da ITC no manejo sustentado das árvores de *Cedrela* sp. nas populações naturais estudadas. No entanto, os resultados iniciais demonstram o potencial dos anéis de crescimento na aplicação de técnicas de manejo florestal sustentado em árvores de *Cedrela* sp. em populações naturais tropicais.

Referências

ASQUITH, N.M. La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. In: M. GUARIGUATA E G. KATTAN (Ed.) **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago: Libro Universitario Regional, 2002. p. 377-406.

BRIENEN, R.J.W. **Tree rings in the tropics**: a study on growth and ages of Bolivian rain forest trees. Riberalta: PROMAB, 2005. (Scientific Series, 10.).

BUSH, M.B. Amazonian speciation: a necessarily complex model. **Journal of Biogeography**, Oxford, v.21, p. 5-17, 1994.

BUSH, M. B; COLINVAUX, P. A. Tropical forest disturbance: Paleoecological Records from Darien, Panama. **Ecology**, Durham, v. 75, p. 1761–1768, 1994.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. Viçosa. UFV, 2006. 407p.

COLINVAUX, P.A.; DE OLIVEIRA, P.E. ; MORENO, J.E.; MILLER, M.C.; BUSH, M.B.A. Pollen record from lowland Amazonia: forest and cooling in glacial times. **Science**, Washington, v. 274, p. 85-88, 1996

KARTAWINATA, K.; JESSUP, T.C.; VAYDA, A.P. Exploitation in southeast Ásia. In: LIETH, H.; WERGER, M.J.A. (Ed.). **Ecosystems**: biogeographical and ecological studies. Netherlands: Elsevier, 1989. v.2, p.591-610.(Elsevier Ecosystem of the World, 14B).

KATTAN, G.H. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En: Guariguata, M.E.; KATTAN, G. (Ed.). **Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales**. Cartago: Libro Universitario Regional, 2002. p. 561-590.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at la selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of tropical ecology**, Cambridge, v.3, p.347-358, 1987.

NEBEL G.; MEILBY, H. Growth and population structure of timber species in peruvian flood plains. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v.215, p.196–211, 2005.

REIS, G.M.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Ferramentas estatísticas básicas da qualidade - guia prático do R**. Disponível em: [ttp://www.estatisticador.xpg.com.br](http://www.estatisticador.xpg.com.br). Acesso em: 20 out. 2010.

SCHÖNGART, J. Growth-orientated logging (GOL): a new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 256, p.46–58, 2008.

WALKER, L.R.E; CHAPIN, F.S. Interactions among process controlling successional change. **Oikos**, Copenhagen, v. 50, p.131-135, 1987.

WELDEN, C.W.; HEWETT, S.W.; HUBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Sapling survival, growth and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest. **Ecology**, Durham, v.71, p.35-50, 1991.

5 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO LENHO DE ÁRVORES DE *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata* E *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum* DO ESTADO DO ACRE, BRASIL

Resumo

A demanda por madeiras de espécies tropicais nativas, de grande valor comercial, como a de *Cedrela sp.* e a do *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, é grande no mercado interno e internacional. No entanto, há pouca informação disponível na literatura referente às condições de crescimento das árvores dessas espécies e sua influência nas propriedades tecnológicas da madeira. Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo descrever a estrutura anatômica do lenho e avaliar as dimensões dos elementos anatômicos e determinar o valor da densidade aparente do lenho, em diferentes sítios e condições ecológicas (microsítios), no estado do Acre. O estudo foi realizado em quatro diferentes microsítios da Reserva Experimental Catuaba (floresta primária, floresta secundária, pastagem e bordas de floresta), no Parque Zoobotânico (floresta secundária) e na área de exploração da Fazenda São Jorge (floresta primária). Foram retiradas amostras do lenho no DAP do tronco para as avaliações de densitometria de raios X e anatômicas do lenho em 3 diferentes regiões ao longo do seu perfil radial do tronco das árvores. Os resultados foram submetidos ao teste de médias e a análise multivariada para a verificação das diferenças da densidade e das características anatômicas do lenho nas diferentes posições radiais do tronco e sítios de coleta. As espécies apresentaram um padrão comum de variação radial das dimensões dos elementos anatômicos. Os principais fatores de diferenciação do lenho das árvores de *Cedrela sp.* nos microsítios da REC foram o comprimento das fibras e a idade da árvore; no sítio da FSJ foram o diâmetro e a área de vasos entre as árvores remanescentes e as derrubadas. O lenho das árvores de *Schizolobium amazonicum* coletado nas áreas do PZ e de *Cedrela sp.* nas áreas de pastagem e de floresta primária, apresentou maior proporção de madeira adulta, pelas árvores possuírem maior idade, em relação aos demais microsítios.

Palavras-chave: Anatomia; Densitometria de raios X; Madeira adulta e juvenil

Abstract

The demand for native timber, especially timber from Amazon great commercial value, as *Cedrela sp.*, and soft woods for lamination, such as *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, is still large, both domestically and worldwide. However, little information on aspects related to growth conditions and their influence on technological properties these tree species. Therefore, this study aimed to describe the anatomical structure, to assess the dimensions of anatomical elements and density in different sites and ecological conditions (microsites) aimed at multiple use of timber species. The study was conducted at the Experimental Reserve Catuaba in four microsites (primary forest,

secondary forest, pasture and forest edges), in the Parque Zoobotânico (Secondary forest) and in exploration area of the São Jorge Farm (Primary forest). Samples were removed from the wood of the trunk DBH for the evaluation of X-ray densitometry and wood anatomy at 3 different regions along its radial profile (pith, heartwood and sapwood). The results were submitted to a mean test and analysis multivariate to verify of differences in the density and anatomical features between the different radial positions within the tree and between the areas of sampling or sites. All species showed a common pattern in the variation of the anatomical elements: increase of wall thickness and fiber length of the region from pith to bark. The main factors differentiating the wood of trees of *Cedrela* sp between the microsities of the REC were the length of fibers, tree age, and in site Farm Sao Jorge, the diameter and area occupied by vessels between trees remaining and the felled. The samples *Schizolobium amazonicum* collected in the areas of PZ and *Cedrela* sp. collected in the areas of pasture and primary forest, presented major proportion of mature wood, because these sites have trees greather age than those in the other microsities studied.

Keywords: Anatomy; X-ray densitometry; Adult and juvenile wood

5.1 Introdução

A demanda da madeira e produtos da madeira tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. Mesmo a ampliação das áreas de plantações de *Eucalyptus* spp, *Pinus* spp, *Tectona grandis* e de outras espécies de rápido crescimento, adaptadas às condições climáticas e edáficas do país, constata-se que as florestas nativas, principalmente as da Amazônia, constituem-se em fonte de madeira para a indústria nacional e exportação.

Em relação às florestais tropicais, apesar das inúmeras pesquisas indicando a sua complexidade quanto à composição florística, importância nos ciclos hidrofísicos, equilíbrio ambiental mundial, etc, pouco se sabe sobre a idade, taxa de crescimento e demais parâmetros que caracterizam o lenho das árvores. A aplicação desses conhecimentos científicos são fundamentais para o manejo sustentado dos recursos florestais, relacionados a definição dos ciclos de corte e manutenção da biodiversidade. Esses tópicos adquirem maior importância quando se verifica a significativa ampliação de áreas de florestas tropicais, da Amazônia brasileira, submetidas ao processo de exploração sob regime de concessão (SCOLFORO et al., 1996; VIDAL et al., 1997).

Das espécies nativas da floresta Amazônica, a exploração florestal tem, há décadas, priorizado as árvores de espécies produtoras de “madeira nobre”, como as de

Cedrela sp, cedro, *Amburana cearensis*, cerejeira, *Tabebuia* sp, ipê, dentre inúmeras outras (BRASIL, IMAZON, 2010). No entanto, verifica-se um gradativo aumento na demanda de árvores de outras espécies de rápido crescimento e que produzem madeira de qualidade para a indústria de laminação, serraria, etc., como o *Schizolobium amazonicum*, paricá, a *Ceiba pendantra*, Samauma, e a *Hura crepitans*, assacu, etc. (BARBOSA et al., 2001; TEREZO; SZUCS, 2010).

A estrutura anatômica e a densidade do lenho das árvores estão intimamente relacionadas com as condições de crescimento e com o genoma (BRASIL e FERREIRA, 1972). Desta forma, a avaliação desses parâmetros de caracterização do lenho pode ser aplicada em pesquisas sobre a anatomia ecológica, funcional, tecnológica e de predição de aplicação final da madeira, etc. (BURGUER; RICHTER, 1991; COSMO et al., 2010).

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo (i) descrever a estrutura anatômica do lenho e (ii) avaliar a variação radial da densidade aparente do lenho de árvores de *Cedrela fissilis*, *C. odorata* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* por densitometria de raios X em diferentes sítios e condições ecológicas da floresta tropical do Estado do Acre, Brasil.

5.2 Materiais e métodos

5.2.1 Caracterização do local de estudo

O trabalho foi realizado na (i) Reserva Experimental Catuaba (REC), município de Senador Guimomard, no (ii) Parque Zoobotânico (PZ), município de Rio Branco, da Universidade Federal do Acre-UFAC, na região leste do Estado do Acre e (iii) Fazenda São Jorge (FSJ), município de Sena Madureira (Figura 1).

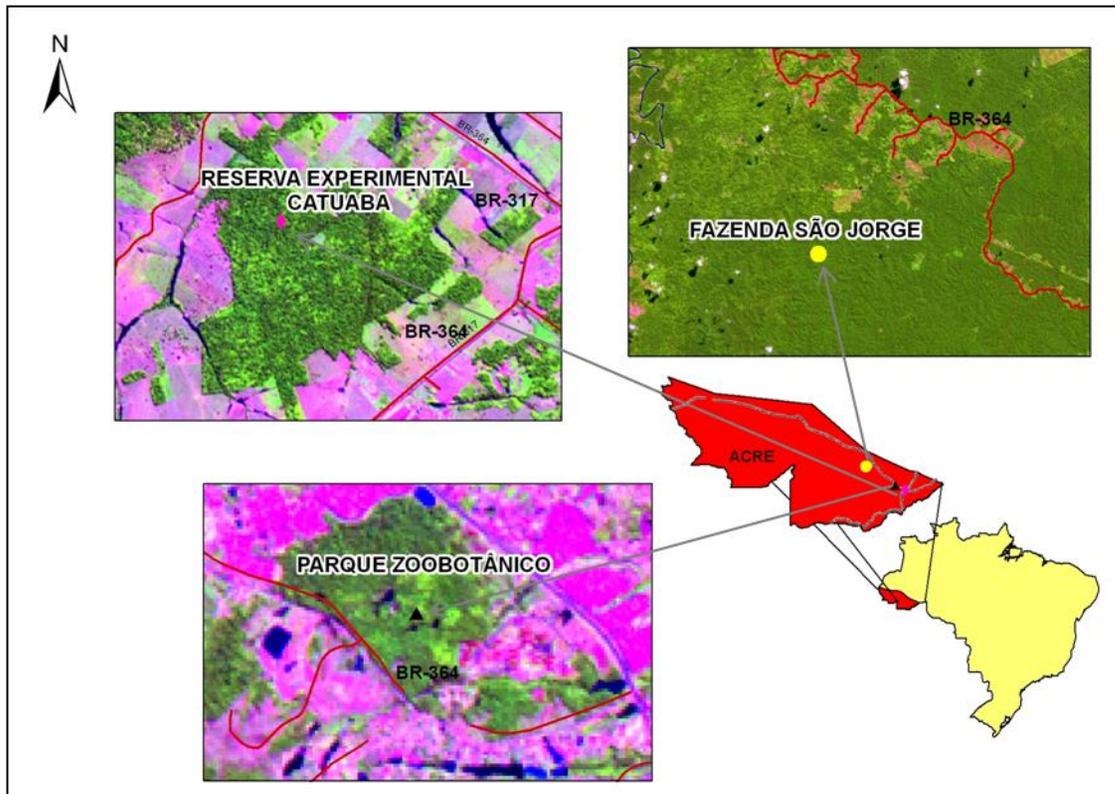


Figura 1 – Mapa das áreas estudadas: Reserva Experimental Catuaba (REC), Parque Zoobotânico (PZ) e Fazenda São Jorge (FSJ)

5.2.2 Demarcação das árvores no campo

Na REC as árvores foram selecionadas e localizadas usando pontos de georreferência em campo, empregando-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS), marca Garmin (BRAZ et. al., 2007), em 3 sítios selecionados, sendo (i) floresta primária (indicativa do clímax regional e sem registro histórico ou evidência de corte de árvores e de queimada), (ii) borda da mata, (localizada até 10 m do entorno do ramal principal) e (iii) pastagem (área particular no entorno da REC, desmatada no início da década de 70) e (iv) floresta secundária (áreas que foram experimentalmente desmatadas, e que seguiram o processo natural de sucessão secundária) (Figura 2). Foram selecionadas 14 árvores - 11 de *Cedrela* sp. nos 4 habitats e 3 de *S. parayba* var. *amazonicum* nos habitats de borda de floresta e floresta secundária (Anexo A1).

No PZ foram selecionadas e mensuradas (DAP, altura) 3 árvores de *S. parayba* var. *amazonicum* demarcadas pelo método X,Y ((BRAZ et al., 2007) usando a trilha principal do Parque como referência (Anexo A2B). Na FSJ foram selecionadas,

mensuradas e georeferenciadas 3 árvores de *Cedrela* sp remanescentes (Anexo A3) e 3 árvores exploradas (derrubadas).

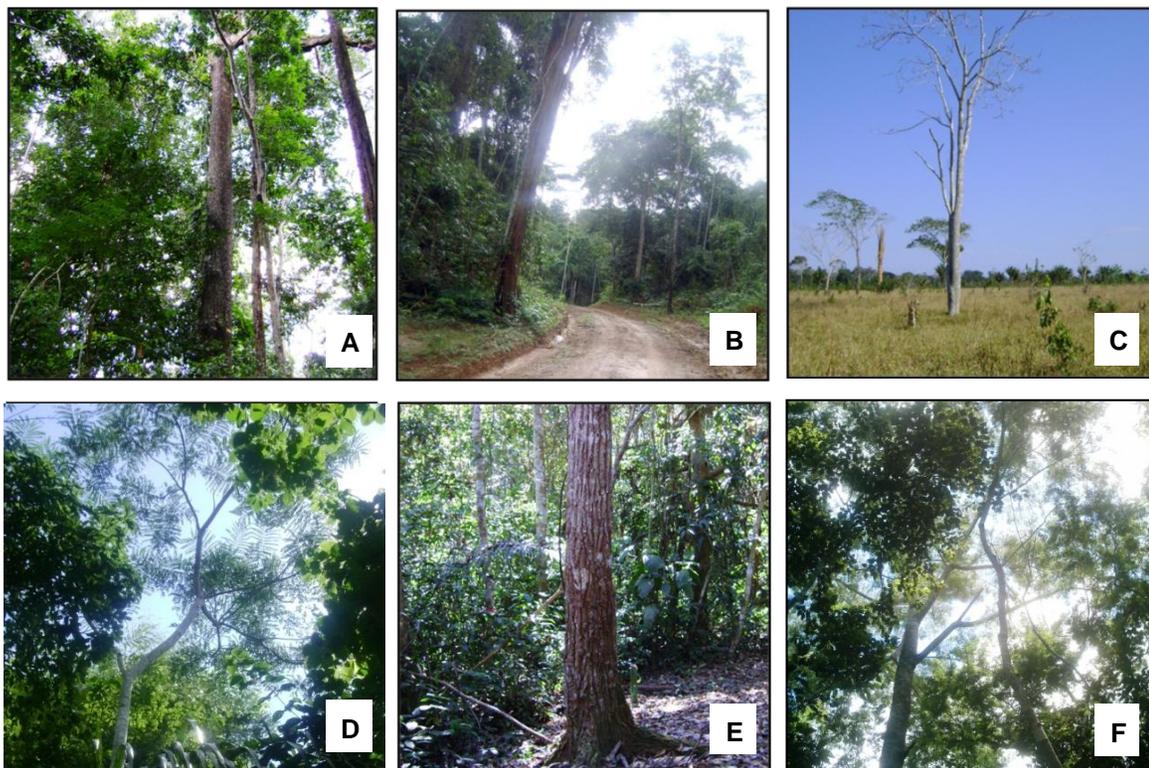


Figura 2 – Micro-sítios da floresta primária (A), borda de floresta (B), pastagem (C) e floresta secundária (D) no sítio da Reserva Experimental Catuaba; árvore de *Cedrela* sp. (E) e de *Schizolobium amazonicum* (F) em floresta secundária do Sítio do Parque Zoobotânico



Figura 3 – Extração das amostras das árvores para a avaliação da estrutura anatômica do lenho de forma não destrutiva (A, B), destrutiva, discos (C, D) e de toras comerciais cortando raios (E, F)

5.2.3 Extração das amostras do lenho das árvores

Na REC foram extraídos do DAP do tronco de 11 árvores de *Cedrela* sp.. (44 amostras), e 3 de *Schizolobium amazonicum* (12 amostras), pelo método não destrutivo de sonda de Pressler, elas foram identificadas e acondicionadas em tubos plásticos (Figuras 3 A, B), também foram cortadas 4 árvores, 2 de *Cedrela* sp. e 2 de *Schizolobium amazonicum* e retirados discos do lenho na região do DAP de seu tronco (Figuras 3 C, D); na FSJ 3 árvores de *Cedrela* sp remanescentes (12 amostras) foram extraídas pelo método não destrutivo e de 3 árvores exploradas (cortadas) foram retiradas (12 amostras) dos discos do lenho da base do tronco (Figuras 3 E, F).

5.2.4 Avaliação da estrutura anatômica do lenho

Para descrição da estrutura anatômica do lenho das árvores das 3 espécies foram demarcados e cortados corpos de prova 1,5x1.5 cm orientados (plano transversal; longitudinal radial e tangencial) em 3 posições radiais (1-próxima medula, 2-cerne e 3-alburno) (Anexo D1). Os corpos de prova de lenho foram imersos (água + glicerina), aquecidos à ebulição para o amolecimento, fixados no micrótomo de deslize, obtidos cortes finos com navalha, clarificados (hipoclorito de sódio), lavados, desidratados (solução alcoólica-butílica), corados (safranina) e montados em lâminas de vidro. As lâminas histológicas permanentes das seções do lenho foram examinadas em microscópio de luz ZEISS Axioskop, acoplado a uma câmera digital e coletadas as imagens, para a sua descrição anatômica. Da mesma forma, corpos de prova orientados de lenho (1,5 mm de aresta) fixados em suportes metálicos (co esmalte-grafite), submetidos à metalização com ouro (equipamento Balzers Sputtering SCD 030), analisados (microscópio JEOL, modelo 5600LV) e, obtidas imagens das seções em MEV, no Núcleo de Pesquisas Geológicas da Universidade de São Paulo/NUPEGEL/Cena /USP, Piracicaba, SP. A descrição da estrutura anatômica microscópica do lenho foi realizada segundo as “Normas e Procedimentos aplicados na Anatomia da Madeira” do IBAMA (1992) e da “List of Microscopic Features for Hardwood Identification” da IAWA (IAWA COMMITTEE, 1989).

5.2.5 Densitometria de raios X aplicada na análise do lenho e dos anéis de crescimento

Na determinação da densidade aparente, pela densitometria de raios X, analisaram-se amostras do lenho de 3 árvores de *Cedrela* sp. por cada microsítio de floresta primária, pastagem, borda da mata e floresta secundária (capoeira) da REC e 6 árvores para o sítio FSJ (3 remanescentes e 3 exploradas). Para análise da densidade aparente do lenho das árvores de *Schizolobium amazonicum* foram analisadas amostras do lenho de 3 árvores no sítio REC e de outras 3 no sítio do PZ.

Preparo das amostras do lenho: Amostras radiais do lenho extraídas por método não destrutivo e destrutivo do DAP tronco, após preparo prévio, foram coladas em suporte de madeira e seccionadas em equipamento de dupla serra circular paralela no sentido transversal (2,0 mm de espessura) (Figura 4 A, B) e acondicionadas em câmara de climatização (12 h, 20°C, 50% UR) até atingir 12% de umidade.

Obtenção dos filmes radiográficos: as amostras do lenho e a cunha de calibração de acetato de celulose (densidade: 1,48 g/cm³) foram dispostas sobre suporte com filme de raios X (Kodak, Diagnostic Film T-Mat, 240x180 mm), em condições de câmara escura (Figura 4 C). Em seguida, as amostras do lenho e a cunha de calibração de acetato de celulose foram transferidas para o equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805 N; 1,20 m distância da fonte de raios X-filme) e radiografadas (5 min de exposição, 16 Kv de tensão aceleradora no tubo, 3 mA de corrente de aquecimento do cátodo) (Figura 4 D). Os filmes radiográficos das amostras de madeira + cunha de calibração foram revelados em aparelho Macrotec MX-2 (AMARAL; TOMAZELLO FILHO, 1998).

Análise dos filmes radiográficos: os filmes radiográficos das amostras do lenho foram digitalizados em scanner Hewlett Packard ScanJet 6100C/T a uma resolução de 1000 dpi (pixel por polegada) em escala de cinza de 256 graus. Na imagem digitalizada foram feitas comparações entre a escala de cinza das amostras de madeira com a da curva padrão (com valores conhecidos de densidade: 1,48 g/cm³), sendo determinados os valores de densidade e convertidos para o arquivo extensão DEN, através do software CRAD (Figura 4E). Na seqüência, o arquivo DEN é lido com auxílio do software CERD

considerando 500 x 10 (comprimento x largura) determinações de densidade para os segmentos de 25% do comprimento das amostras do lenho (Figura 4E).

Montagem do perfil radial de densidade aparente do lenho: as análises diametrais das amostras originam um arquivo tipo TXT contendo os valores pontuais de densidade e os respectivos gráficos dos perfis de densidade aparente do lenho das árvores (Figura 4F) (MOTHE et al., 1998).

Parâmetros de densidade aparente do lenho: a partir dos perfis radiais de densidade aparente do lenho foram determinadas às densidades aparente média, máxima e mínima dos anéis de crescimento do lenho das árvores separadas em 3 diferentes áreas ao longo do seu perfil radial (medula, cerne e albarno).

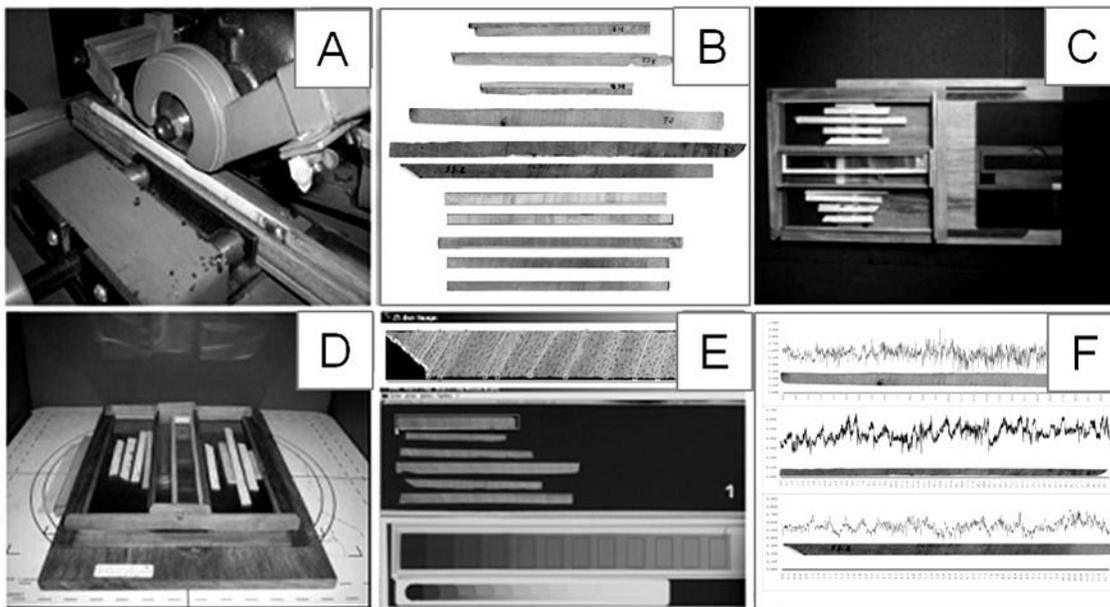


Figura 4 - a) corte das amostras em equipamento de dupla serra; (b) seções transversais das amostras; (c) suporte com as amostras sobre o filme radiográfico; irradiação das amostras em equipamento de raios X; (e) imagem radiográfica e sua análise nos programas CRAD e CERD e (f) perfil da densidade aparente e respectiva amostra do lenho

5.2.6 Análises estatísticas

Com os perfis radiais de densidade aparente do lenho foi determinada a densidade aparente média, máxima e mínima dos anéis de crescimento do lenho das árvores na região da medula, cerne e albarno. O resultado da avaliação da dimensão dos elementos anatômicos e da densidade aparente do lenho foi submetido à análise de variância e teste de médias. Foi analisada a significância das dimensões dos

elementos anatômicos na medula, cerne e alburno, dentro e entre sítios através do programa estatístico SPSS (MORGAN et. al., 2000). Os dados da mensuração anatômica e da densidade aparente do lenho foram, também, submetidos à análise multivariada de componentes principais, agrupando grande quantidade de características, facilitando a interpretação e estabelecendo as características anatômicas do lenho de *Cedrela* sp. e *S. parahyba* var. *amazonicum* nos diferentes sítios estudados, em gráfico biplot, utilizando-se o programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Estrutura anatômica do lenho de *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*

As espécies *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata* não foi verificado diferenças em suas características anatômicas por isso descreveu-se como *Cedrela* sp.

5.3.1.1 Descrição da estrutura anatômica do lenho

Cerne vermelho a marrom, quando o lenho está verde com cor mais clara, escurecendo com a exposição (Figuras 5 C, E); alburno distinto da cor do cerne, odor aromático; vasos isolados ou agrupados, geralmente em séries radiais curtas, com 2–3 vasos (Figuras 5 A, D), diâmetro tangencial de 84-325 μm . freqüência 2-3 / mm^2 , comprimento de 388–543-813 μm , placa de perfuração simples (Figura 7 H), pontoações parênquima-vasculares (Figura 7C); canais de goma presentes, normalmente, no cerne; fibras de parede fina com 2,3-3,4-5,7 μm , comprimento de fibras 903–1343–1669 μm , largura de 14,7-24,2-29 μm , diâmetro de lume de fibra 12,7-17,6- 23,1 μm , pontoações de parênquima axial restritas às paredes radiais, simples ou com aréolas minúsculas (Figuras 7D, E); parênquima axial em faixas marginais, espessura de fina a grossa com 3–14 células; parênquima axial apotraqueal difuso e difuso em agregados e paratraqueal vasicêntrico, raramente aliforme (Figuras 5 A, B); parênquima radial, freqüência de 4–8 raios/mm, multiseriados, 1–3 células de largura, altura, grandes, com 300-627-898 μm , homocelulares procumbentes e heterocelulares com células quadradas (Figuras 5 D, F; 7G), não estratificados (Figuras 5 E, F); anéis

de crescimento distintos demarcados pelo parênquima marginal e anéis semi-porosos (Figuras 5A, B).

5.3.1.2 Caracterização do lenho de *Cedrela sp* na REC: fibras e vasos

As fibras mostram aumento significativo do comprimento e da espessura da parede no sentido radial do lenho (Tabela 3, Figura 12). O comprimento e espessura da parede de fibras no lenho das árvores ocorrentes na pastagem e floresta primária não mostraram diferença estatística significativa entre as posições 2 (cerne) e 3 (alburno), pela maior % de madeira adulta, pelas árvores de idade avançada de, 43 e 56 anos, respectivamente. As árvores de *Cedrela sp.* da borda de floresta e da floresta secundária eram mais jovens, com lenho apresentando maior % de madeira juvenil (Tabela 3, Figura 12).

A análise dos microsítios mostrou que a espessura da parede das fibras apresentou diferença significativa apenas no lenho das árvores da floresta secundária; o comprimento de fibras apresentou diferença significativa no lenho das árvores de *Cedrela sp.* de todos os microsítios, exceto as da pastagem e as da floresta secundária. Os vasos apresentaram aumento significativo no diâmetro na direção radial do lenho das árvores de *Cedrela sp.* ocorrentes em todos os microsítios, a exceção nas da floresta secundária, que mostrou aumento, embora não significativo ($p < 0,05$); a porcentagem de área de vasos mostrou diferença significativa somente entre posições no lenho das árvores de *Cedrela sp.* da floresta primária, crescente no sentido radial. Nas árvores dos diferentes microsítios houve diferença significativa do diâmetro dos vasos das árvores de *Cedrela sp.* ocorrentes na pastagem e floresta primária, em relação aos demais microsítios. A porcentagem de área de vasos no lenho das árvores de *Cedrela sp.* mostrou diferença significativa entre os sítios, menos acentuada do que a observada para o diâmetro; as árvores ocorrentes na pastagem e na floresta primária apresentaram maior porcentagem em área de vaso em relação às dos demais microsítios (Tabela 4, Figura 14).

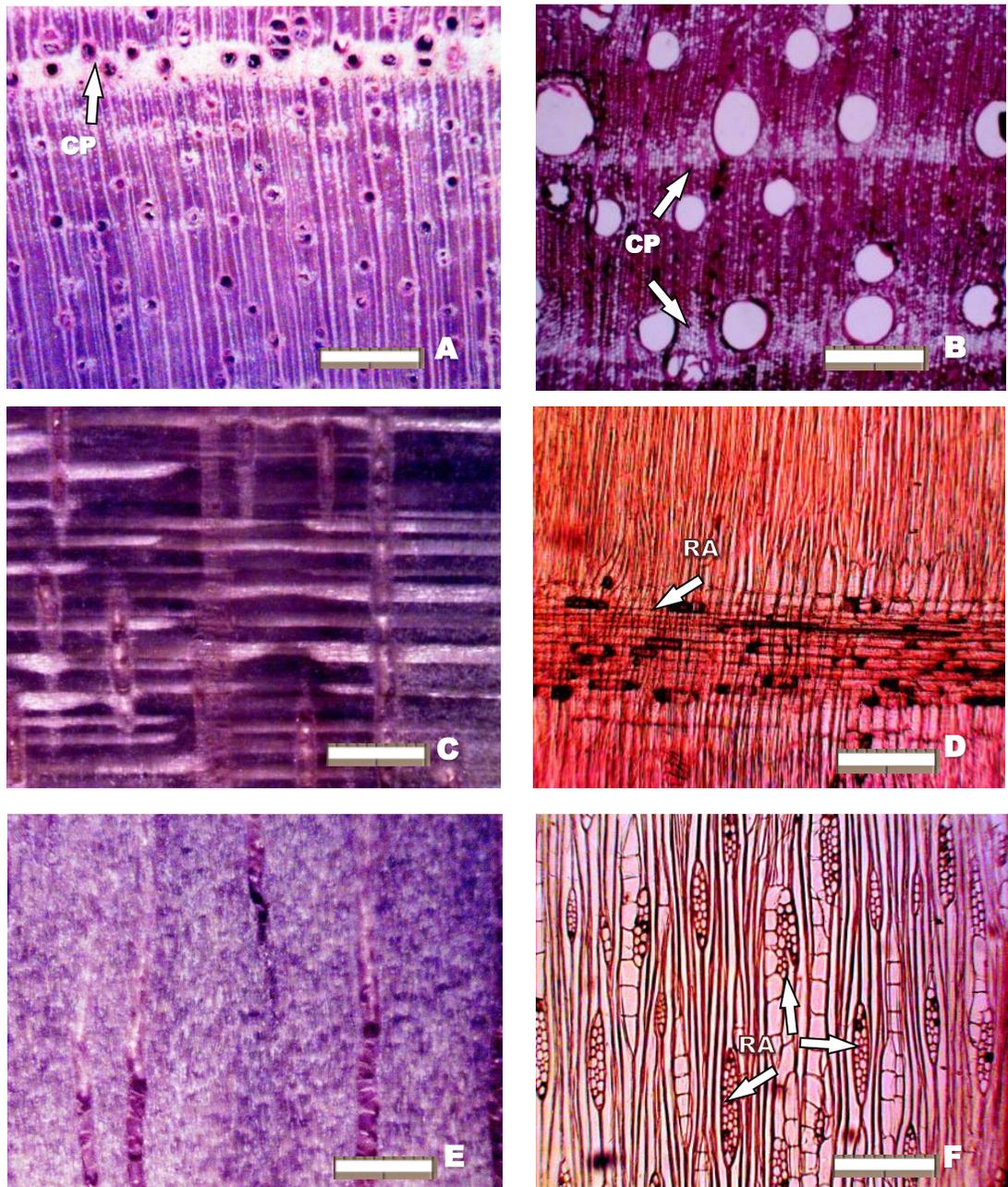


Figura 5 – Estrutura macro e microscópica do lenho de *Cedrela spaspectos* da seção transversal (A,B) com camada de células de parênquima marginal (CP) no sentido radial (C,D) e tangencial (E,F). Escala barra: A, C, E = 1500 μ m; B= 500 μ m, D, F= 150 μ m.

5.3.1.3 Caracterização do lenho de *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata* na FSJ: fibras e vasos

Houve um aumento significativo ($p < 0,05$) do comprimento das fibras no sentido radial do lenho das árvores de *Cedrela* sp. exploradas e as remanescentes amostradas com sondas de Pressler ocorrentes na Fazenda São Jorge. O aumento da espessura da parede das fibras foi significativo somente no lenho das árvores de *Cedrela* sp. exploradas (Tabela 5, Figura 15). No lenho das árvores de *Cedrela* sp. – extraído com sonda de Pressler - não houve diferença significativa nas posições radiais para a largura, diâmetro do lúme e espessura da parede de fibras, evidenciando a formação de lenho homogêneo, em relação às cortadas, com diferença significativa no alburno em relação às demais regiões (Tabela 5, Figura 15). Observou-se um aumento significativo no diâmetro e área ocupada pelos vasos na direção radial do lenho das árvores de *Cedrela* sp. remanescentes, não sendo significativas no lenho das árvores exploradas ($p < 0,05$). No entanto, há diferença significativa para o diâmetro dos vasos na região da medula e do alburno, sendo crescente no sentido radial (Tabela 6, Figura 16). As árvores exploradas apresentaram maior diâmetro e ocuparam maior % de área de vasos em seu lenho; comparado com as das árvores remanescentes. Isso deve-se, provavelmente, pela menor competição de água, nutrientes e luz favorecendo o crescimento e desenvolvimento das árvores exploradas em relação às remanescentes. Luchi (2004) obteve as maiores médias de diâmetro e % de área de vasos no lenho das árvores de *Croton urucurana* localizadas nas áreas caracterizadas pela maior disponibilidade hídrica.

5.3.2 Estrutura anatômica do lenho de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

5.3.2.1 Descrição da estrutura anatômica do lenho

Cerne creme-avermelhado e alburno creme claro; textura grossa; grã direita a irregular (Figuras 6A, C, E); vasos não agrupados, difusos, raramente múltiplos (Figuras 6A, B), diâmetro de 160-230 μm , frequência de 1–2 vasos/ mm^2 , comprimento 166–269-

340 μm , placas de perfuração simples (Figuras 7I, J), pontoações intervasculares alternadas, arredondadas, radiovasculares semelhantes às intervasculares (Figuras 7 J, K, L); fibras de parede delgada, 3-3,5-4,1 μm , comprimento de 1328–1494–1594 μm , largura de 29,2-31,2-34,3 μm , diâmetro do lume de 21-24-28,1 μm .

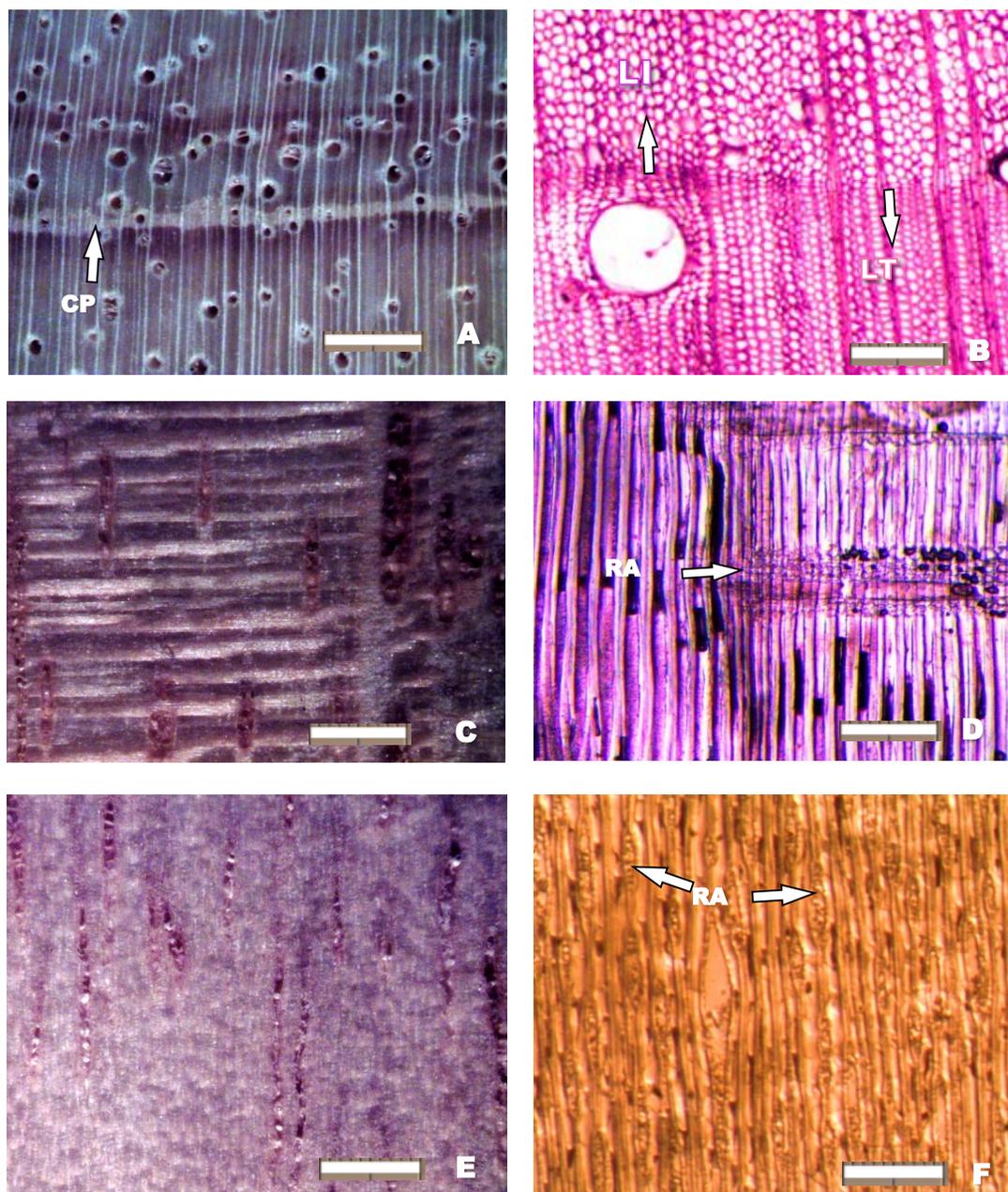


Figura 6 – Estrutura macro e microscópica do lenho de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* aspectos da seção transversal (A,B) com fina camada de células de parênquima marginal (CP) e diferenciação dos lenhos inicial (LI) do lenho tardio (LT), no sentido radial (C,D) e tangencial (E,F) e elementos de vaso (EV) e do raio (RA), Escala barra: A, C, E = 1500 μm ; B= 100 μm , D, F= 150 μm .

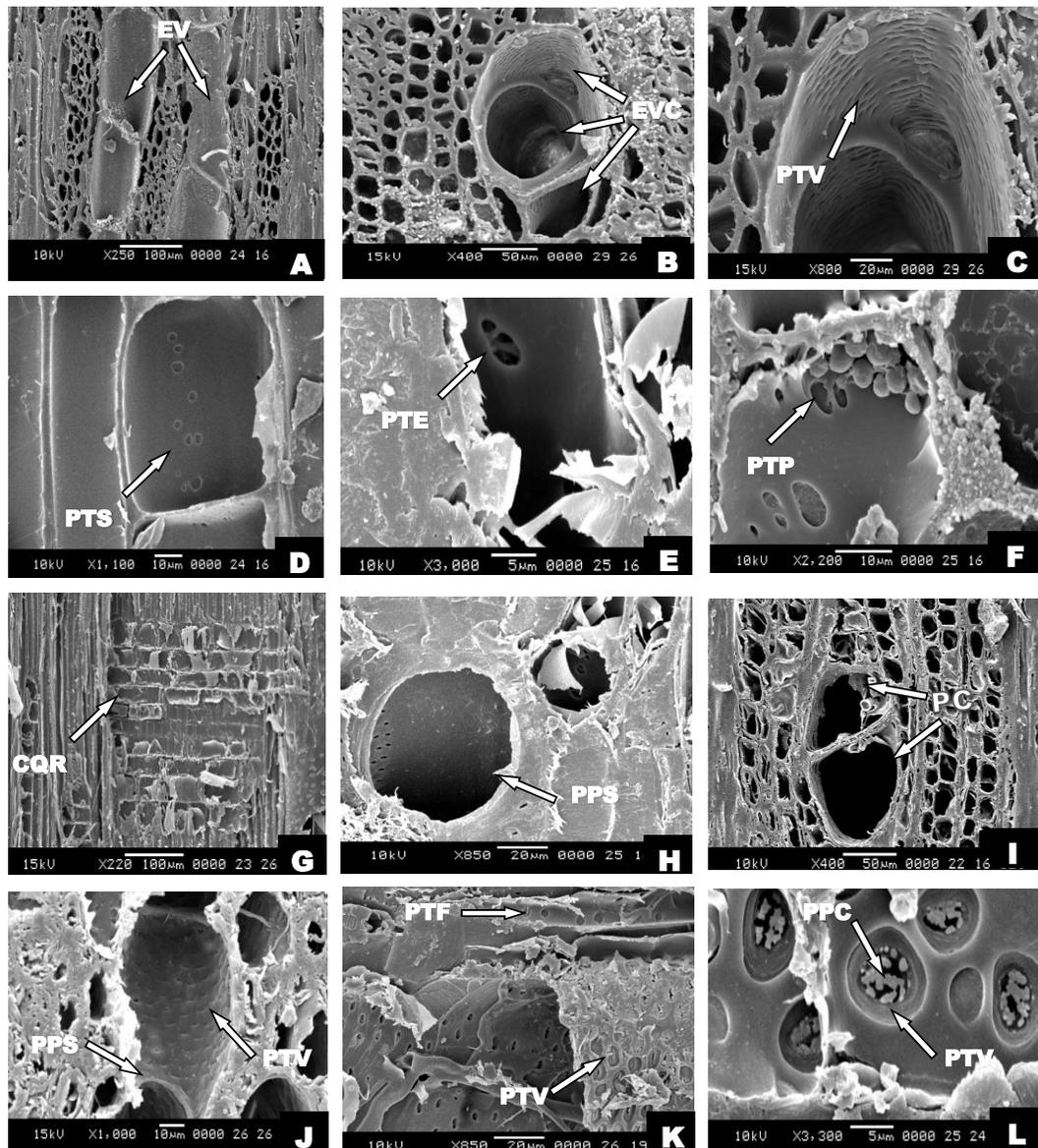


Figura 7 – Estrutura microscópica do lenho de *Cedrela* sp (A-H) e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (I-L). A, B mostra detalhes dos vasos solitários (EV) e múltiplos (EVC); C, J, K e L as pontuações de vasos (PTV), D pontuações simples das células do parênquima axial (PTS) e E pontuações irregulares (PTE) no sentido radial (G) mostra células quadradas dos raios (CQR), H e J placas de perfuração simples dos elementos de vasos (PPS); K pontuações de vasos (PTV) e fibras (PTF) e L detalhe de pontuação areolada “guarnecida” com projeção da parede da célula (PPC)

Parênquima axial visível a olho nu, parênquima axial marginal faixas ou linhas finas, parênquima axial aliforme losangular, vasicêntrico, em linhas finas (Figuras 6 A, B); parênquima radial uni e bisseriado, frequência 3–6 raios/mm, com 3–4 células de largura, altura, grande, com 340-422-670 μm , homocelulares com células procumbentes (Figuras 6 D, F); anéis de crescimento distintos, delimitados por zona fibrosa com o espessamento da parede e achatamento da parede radial das fibras e pela presença de parênquima em faixa marginal (Figuras 6A, B).

5.3.2.2 Caracterização do lenho de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*: fibras e vasos

No lenho das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* verificaram-se diferenças significativas nos 2 sítios, com aumento do comprimento e da espessura e diminuição da largura e diâmetro do lúme das fibras no sentido radial (Tabela 1, Figura 8). O comprimento e a espessura da parede das fibras das árvores da REC foram menores e significativos em relação às do PZ, pelas suas árvores terem maior idade e maior % de madeira adulta (Tabela 1, Figura 9). O comprimento e a espessura da parede das fibras foram as propriedades anatômicas do lenho que fizeram a distinção das árvores nas 2 áreas (Figura 8). A frequência e o diâmetro de vasos apresentaram diferenças significativas no lenho das árvores entre sítios e posições do lenho (Tabela 2, Figuras 10 e 11). Na direção radial houve um aumento do diâmetro e da área de vasos nas árvores dos 2 sítios devido, provavelmente, a maior atividade fisiológica da região do alburno no lenho das árvores. A frequência de vasos não apresentou diferença significativa no sentido radial do lenho das árvores e entre sítios: a % de área e o diâmetro dos vasos no lenho das árvores mostraram diferenças significativas entre os sítios, com valor significativamente superior das árvores do PZ em relação às da REC (Tabela 2), devido, provavelmente, a maior idade e maior crescimento diamétrico do tronco das árvores do PZ.

Tabela 1 - Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas (largura, largura do lúme, espessura da parede e comprimento das fibras) e posições radiais do lenho de árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* na REC e PZ

Sítio	Variável dependente	Largura (μm)	Lumen (μm)	Espessura da parede (μm)	Comprimento (μm)
REC	Posição 01	32,48 \pm 6,32 A	27,62 \pm 5,94 A	2,43 \pm 0,55 A	922,98 \pm 114,96 A
	Posição 02	34,57 \pm 7,22 A	28,89 \pm 7,11 A	2,84 \pm 0,75 B	1230,78 \pm 94,56 B
	Posição 03	29,35 \pm 5,19 B	22,57 \pm 5,12 B	3,40 \pm 0,88 C	1374,38 \pm 71,45 C
	Total	32,16 \pm 6,64	26,40 \pm 6,67	2,88 \pm 0,83	1184,38 \pm 132,34
PZ	Posição 01	34,26 \pm 6,32A	28,11 \pm 6,18 A	3,07 \pm 0,85 A	1328,78 \pm 144,69 A
	Posição 02	30,10 \pm 5,85 B	23,04 \pm 5,32 B	3,52 \pm 0,80 B	1594,58 \pm 112,57 B
	Posição 03	29,18 \pm 5,18B	20,97 \pm 5,41 C	4,10 \pm 1,19 C	1586,63 \pm 116,14 B
	Total	31,18 \pm 6,18	24,03 \pm 6,39	3,57 \pm 1,06	1494,93 \pm 140,82

* parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas (frequência, % da área e diâmetro dos vasos) e posições radiais do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* na REC e PZ

Variável	Sitio	Posições			Total
		Posição 1	Posição 2	Posição 3	
Frequência	REC	1,79±0,63	1,69±0,70	1,45±0,31	1,67±0,60
	PZ	1,59±0,75	1,34±0,29	1,78±0,43	1,57±0,54
	Total	1,67±0,68	1,51±0,55	1,65±0,41	1,62±0,56
% de área de vasos	REC	3,85±0,67	4,09±1,15	5,45±0,75	4,34±1,08
	PZ	4,78±1,49	5,47±1,33	9,79±2,40	6,69±2,84
	Total	4,32±1,22	4,78±1,40	8,06±2,89	5,58±2,48
Diâmetro de vasos	REC	0,15±0,04	0,19±0,04	0,21±0,05	0,18±0,05
	PZ	0,17±0,06	0,19±0,05	0,24±0,06	0,20±0,06
	Total	0,16±0,05	0,19±0,05	0,23±0,06	0,19±0,06

Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas (largura, diâmetro do lume, espessura da parede e comprimento das fibras) e posições radiais do lenho de árvores de *Cedrela* sp. em pastagem, borda, capoeira e floresta primária

Variável	Sitio	Posições			Total
		Posição 1	Posição 2	Posição 3	
Largura (um)	Pastagem	22,54±5,01AB	21,71±5,02 A	24,2179±5,34 B	22,80±5,21
	Borda	25,20±4,56 A	21,26±5,24 B	22,0854±4,62 B	22,81±5,10
	Capoeira	23,53±4,89 A	18,69±4,14 B	19,0340±4,09 B	20,50±4,92
	Floresta primária	23,49±5,30 A	24,43±5,02 A	23,5647±5,53 A	23,82±5,29
	Pastagem	16,37±4,37 A	14,23±4,63 B	16,6154±5,06 A	15,71±4,79
Lume (um)	Borda	18,94±4,43 A	14,50±4,58 B	14,3171±4,06 B	15,88±4,84
	Capoeira	17,36±4,76 A	12,18±5,35 B	11,3631±3,99 B	13,73±5,43
	Floresta primária	17,03±5,10A	16,78±4,98A	16,4824±5,31A	16,75±5,12
	Pastagem	3,08±0,79 A	3,70±0,74 B	3,8045±0,75 B	3,52±0,82
	Borda	3,14±0,74 A	3,41±0,88 A	3,8878±0,82 B	3,48±0,87
Espessura da parede da fibra (um)	Capoeira	3,10±0,73 A	2,67±1,57 B	3,8894±1,05 B	3,21±1,26
	Floresta primária	3,24±0,74 A	3,77±0,91 B	3,5084±0,90 AB	3,51±0,88
	Pastagem	1176,7±151,6 A	1670,8±158,7 B	1676,0±138,7 B	1504,0±190,6
Comprimento (um)	Borda	1090,0±95,3 A	1412,3±105,7B	1564,5±91,6 C	1358,6±138,8
	Capoeira	1336,7±97,8 A	1584,7±100,1 B	1500,9±100,0 C	1472,6±111,8
	Floresta primária	1614,2±136,3 A	1796,4±130,4 B	1736,8±133,4 B	1716,2±138,3
	Pastagem				

* parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente (p<0,05)

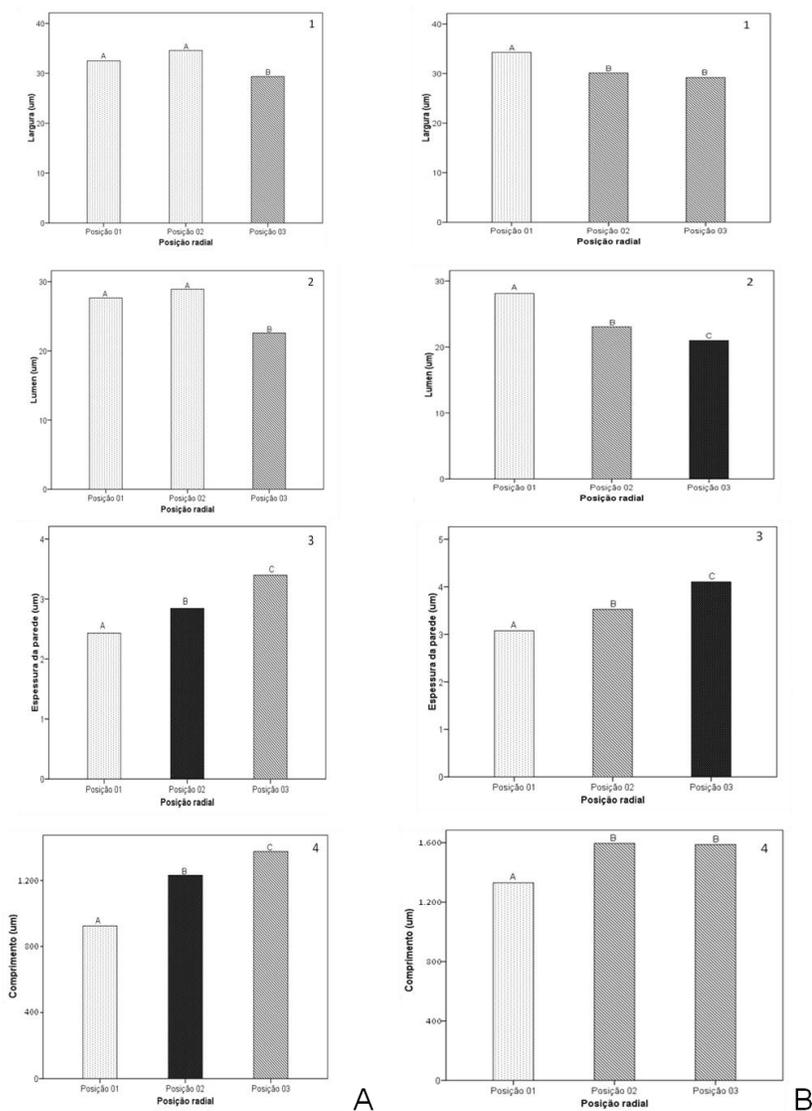


Figura 8 - Comparação entre posição radial e as características anatômicas (largura- 1, diâmetro do lúme- 2, espessura da parede- 3, comprimento da fibra- 4) do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, na REC (A) e no PZ (B)

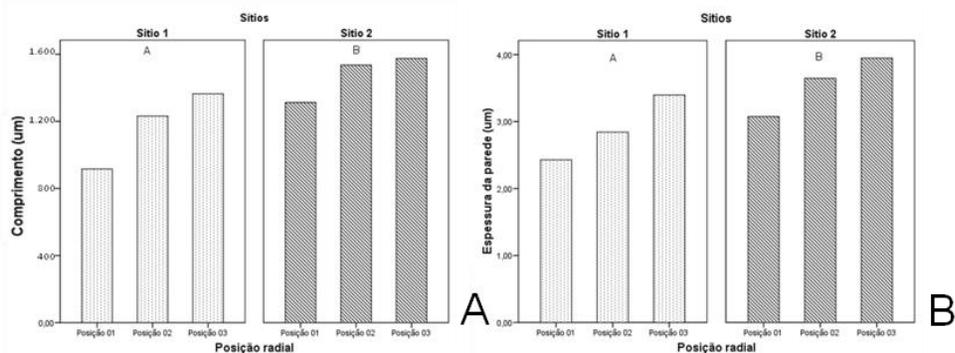


Figura 9 - Comparação entre sítios REC (sítio 1) e PZ (sítio 2) e as características anatômicas (comprimento- A, espessura da parede da fibra- B) do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

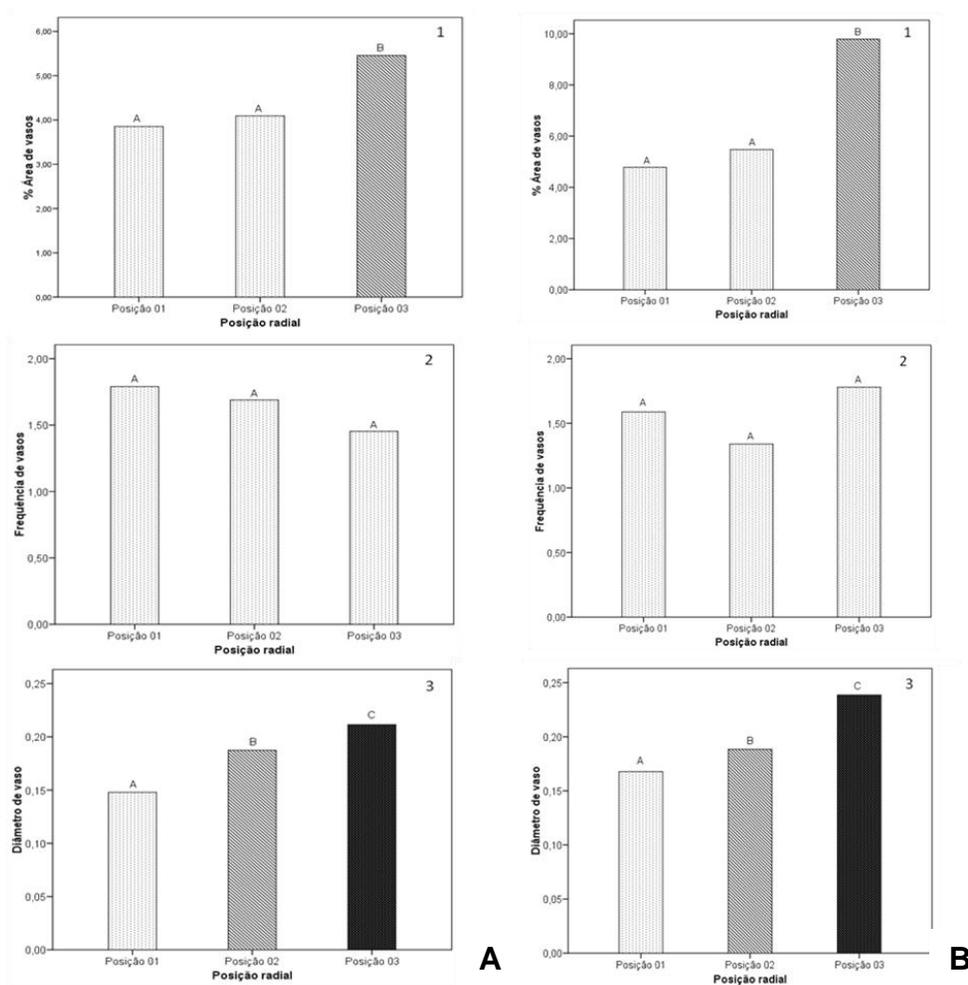


Figura 10 - Comparação entre posição radial e as características anômicas (% de área- 1, freqüência- 2, diâmetro de vasos) do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, na REC (A) e no PZ (B).

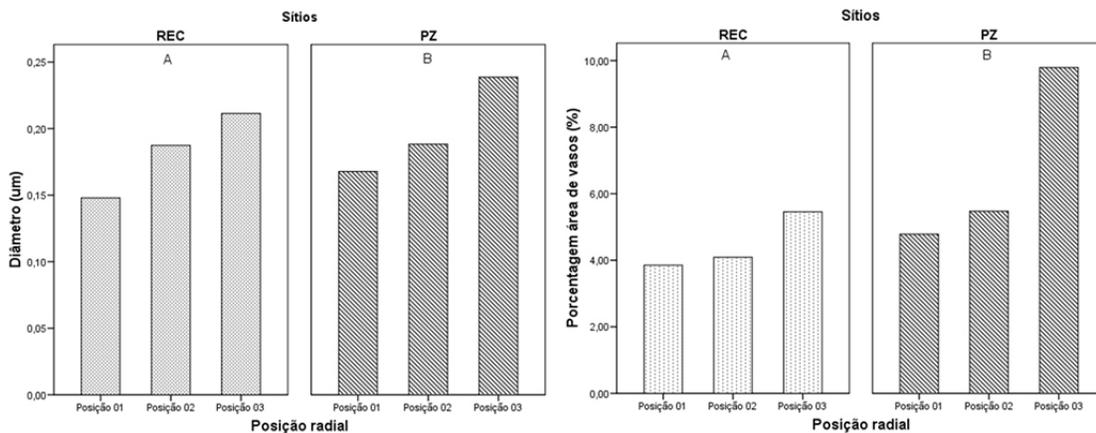


Figura 11 - Comparação entre sítios REC (sítio 1) e PZ (sítio 2) e as características anômicas (diâmetro e % de área de vasos) do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

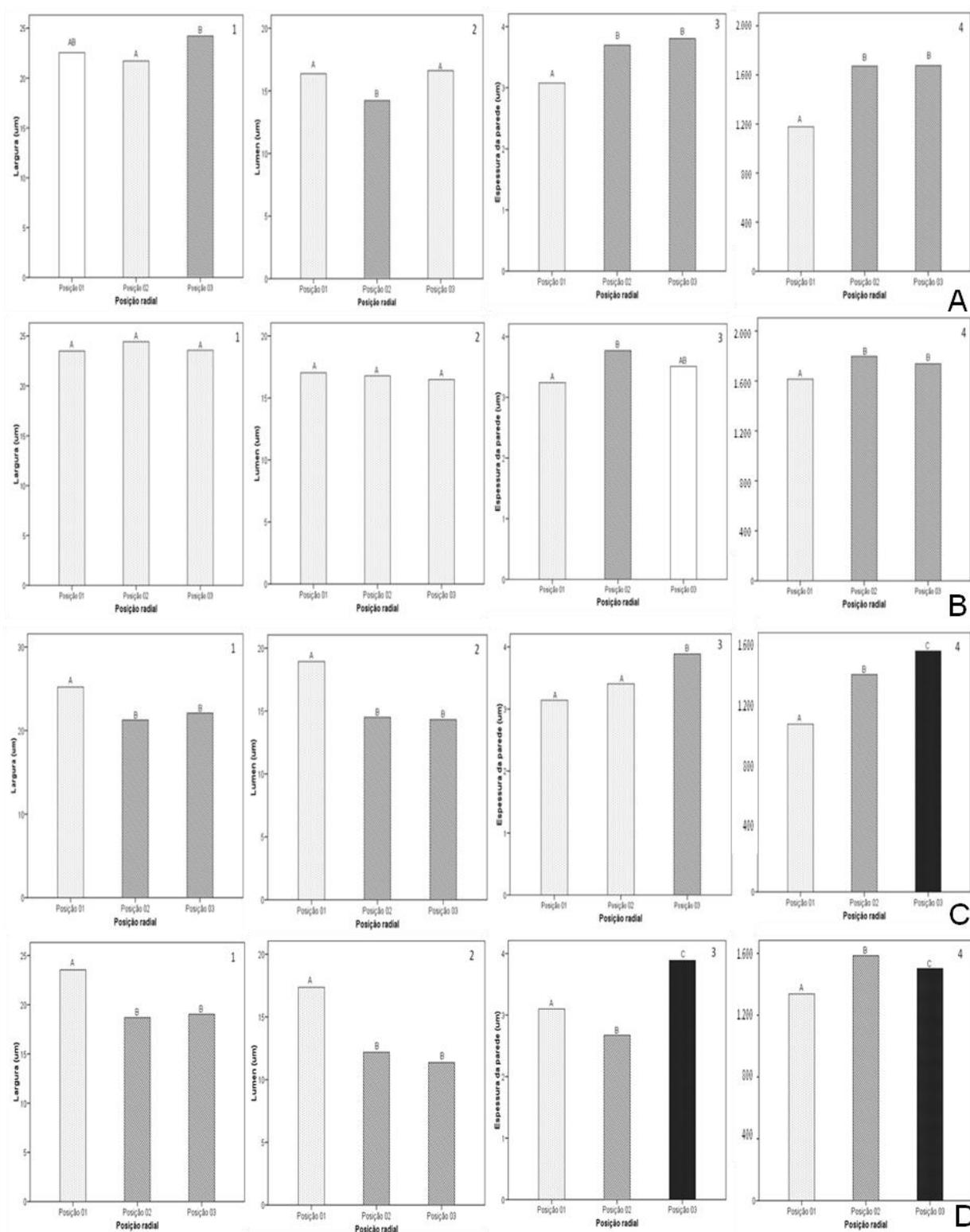


Figura 12 - Comparação entre posição radial e as características anatômicas (largura- 1, diâmetro do lúme- 2, espessura da parede- 3, comprimento de fibra- 4) do lenho de árvores de *Cedrela* sp., em pastagem (A), floresta primária (B), borda de floresta (C) e floresta secundária (D)

Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas (frequência, % da área e diâmetro dos vasos) e posições radiais do lenho de árvores de *Cedrela* sp. em pastagem, borda, capoeira e floresta primária

Variável	Sitio	Posições			Total
		Posição 1	Posição 2	Posição 3	
Frequência	Pastagem	3,43 ± 1,25	2,94±0,86	2,57±0,55	2,98±0,96
	Borda	3,56 ± 1,35	2,51±0,97	2,51±0,63	2,86±1,09
	Capoeira	2,33 ± 0,50	2,82±1,29	1,84±0,40	2,33±0,88
	Mata primária	2,45 ± 1,13	2,49±0,68	2,49±0,48	2,48±0,78
	Total	2,94 ± 1,20	2,70±0,91	2,39±0,57	2,68±0,95
% de área de vaso	Pastagem	6,77 ± 3,19	9,53 ± 4,44	9,78 ± 2,58	8,69 ± 3,63
	Borda	5,59 ± 2,25	4,28 ± 2,49	5,26 ± 1,16	5,04 ± 2,01
	Capoeira	6,89 ± 2,24	7,48 ± 2,48	6,60 ± 3,28	6,99 ± 2,56
	Mata primária	5,70 ± 2,64	6,57 ± 2,24	9,10 ± 2,89	7,12 ± 2,90
	Total	6,23 ± 2,61	7,18 ± 3,54	8,04 ± 3,09	7,15 ± 3,16
Diâmetro de vaso	Pastagem	0,16±0,04	0,19±0,04	0,21±0,05	0,18±0,05
	Borda	0,13±0,02	0,14±0,03	0,16±0,05	0,14±0,04
	Capoeira	0,18±0,04	0,18±0,04	0,20±0,07	0,18±0,05
	Mata primária	0,17±0,03	0,17±0,04	0,20±0,05	0,18±0,05
	Total	0,16±0,04	0,17±0,04	0,19±0,06	0,17±0,05

Tabela 5 - Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas (largura, diâmetro do lume, espessura da parede e comprimento das fibras) e posições radiais do lenho de árvores de *Cedrela* sp na FSJ

Árvores	Posição	Largura (µm)	Diâmetro do lume(µm)	Espessura Parede (µm)	Comprimento (mm)
Exploradas	Medula	26.74±5.45B	20.67±5.36C	3.04±0.55A	1.34± 0.21A
	Cerne	21.06±3.85A	14.58±3.29A	3.24±0.89A	1.34±0.16A
	Alburno	24.74±4.37B	17.01±3.94B	3.87±0.75B	1.47±0.22B
	Total	24.22±5.16	17.48±4.97	3.37±0.82	1.38±0.20
Remanescentes	Medula	24.69±5.26A	17.33±5.08A	3.68±1.33A	1.20±0.22A
	Cerne	26.13±4.51A	17.33±4.28A	4.40±1.12A	1.28±0.16A
	Alburno	25.92±6.24A	17.32±4.96A	4.30±1.49A	1.38±0.18B
	Total	25.59±5.36	17.33±4.73	4.13±1.34	1.29±0.20
Total	Medula	25.85±5.42	19.23±5.46	3.31±1.01	1.27±0.22
	Cerne	23.36±4.85	15.83±3.99	3.77±1.15	1.31±0.16
	Alburno	25.29±5.30	17.15±4.40	4.07±1.16	1.42±0.20
	Total	24.84±5.28	17.41±4.85	3.71±1.15	1.34±0.21

* parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente (p<0,05)

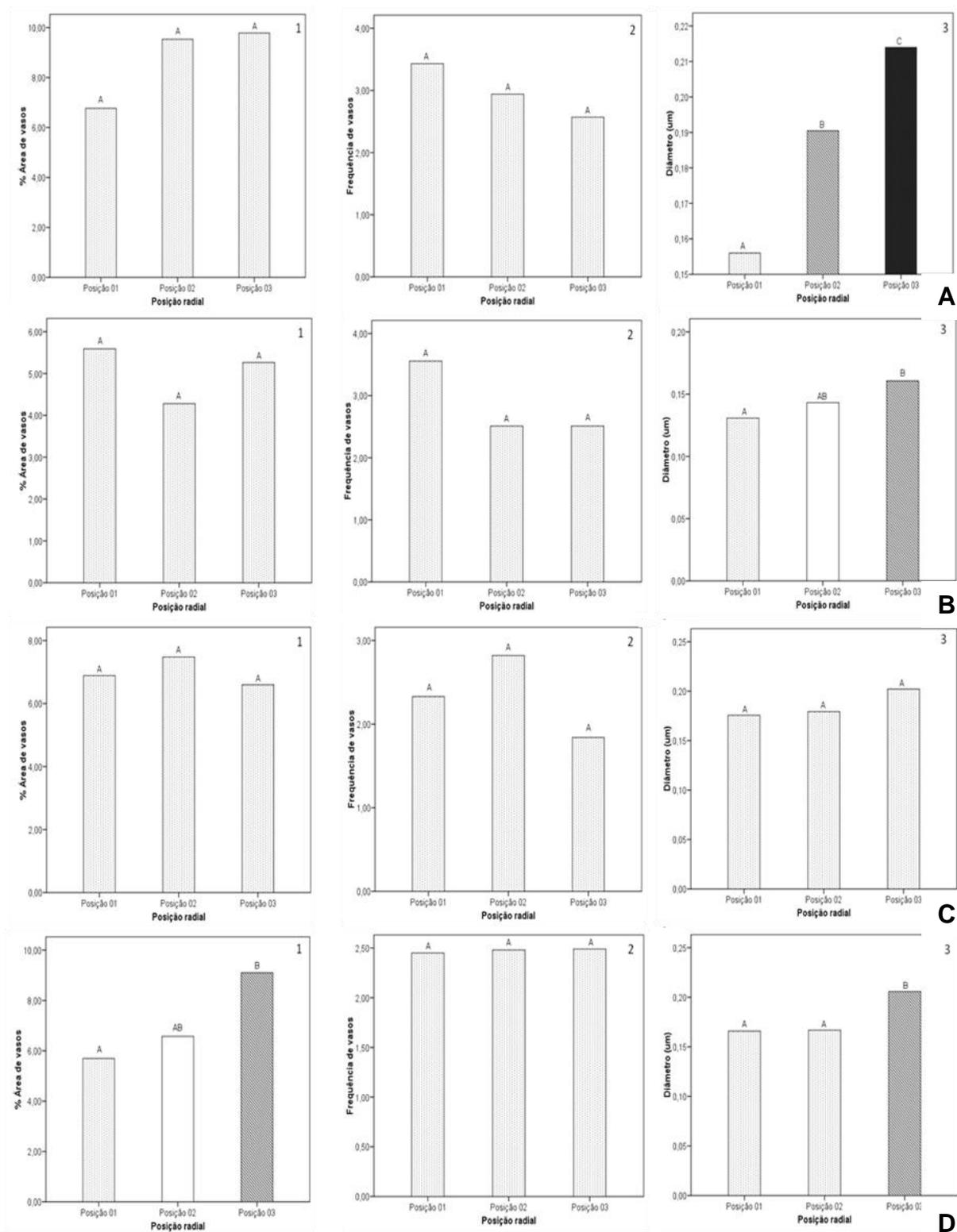


Figura 13 - Comparação entre posições radiais e características anatômicas (porcentagem- 1, frequência- 2 e diâmetro dos vasos- 3) do lenho de árvores de *Cedrela* sp em pastagem (A), borda de floresta (B), floresta secundária (C), floresta primária (D)

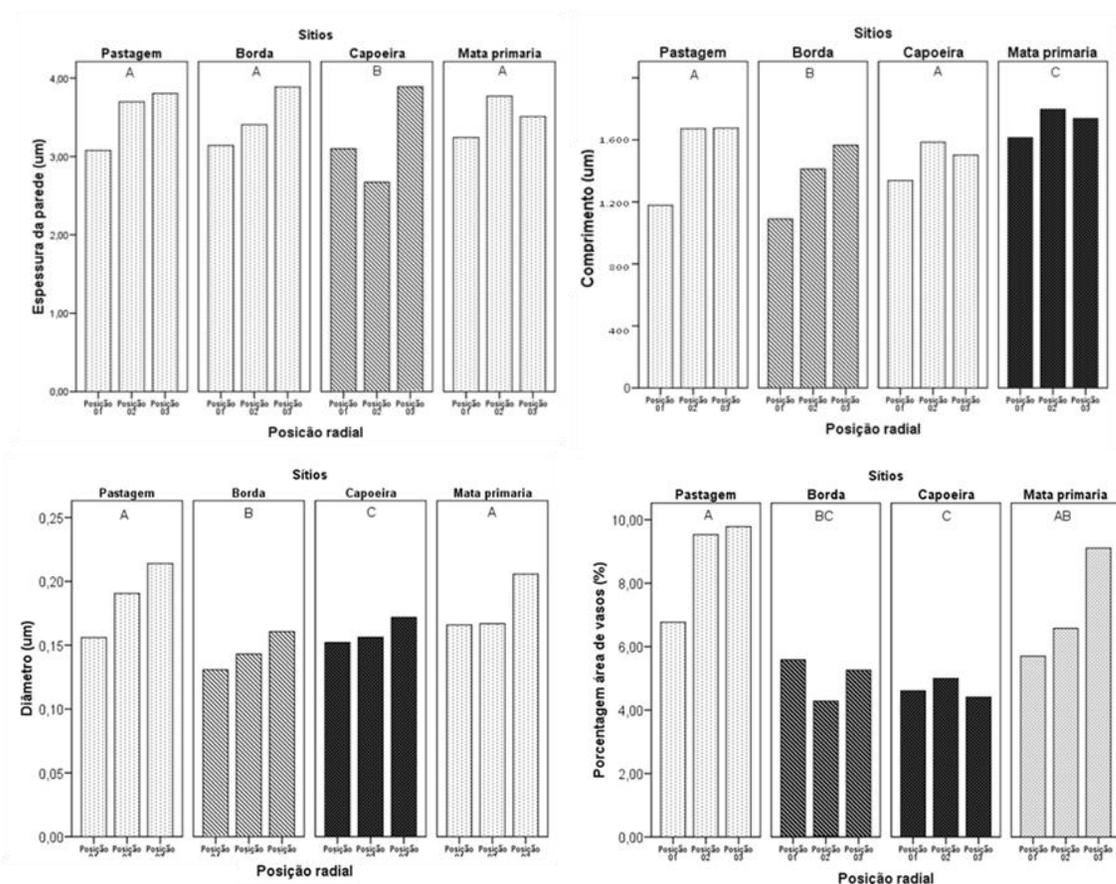


Figura 14 - Comparação entre sítios REC e as características anatômicas (espessura da parede, comprimento da fibra; diâmetro e % de área de vasos) do lenho de árvores de *Cedrela* sp.

Tabela 6 - Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas (largura, diâmetro do lume, espessura da parede e comprimento das fibras) e posições radiais do lenho de árvores de *Cedrela* sp na FSJ.

Condição	Posição	Frequência de vasos (n/mm ²)	Área ocupada por vasos (%)	Diâmetro de vaso(µm)
Exploradas	Medula	2.38±0.24 A	7.08±1.04 A	173.90±16.34 A
	Cerne	2.546±0.73A	7.37±2.07 A	175.68±10.93A
	Alburno	2.39±0.29 A	7.29±2.08 A	174.94±22.05A
	Total	2.43±0.46	7.25±1.73	174.84±18.51
Remanescentes	Medula	2.66±0.99A	5.50±1.38A	148.96±27.86A
	Cerne	2.50±0.59A	5.88±1.49AB	171.85±25.80AB
	Alburno	2.38±0.62A	7.43±1.65B	191.55±20.39B
	Total	2.59±0.77	6.27±1.68	170.78±29.77
Total	Medula	2,66±0.62 A	6.29±1.21A	161.43±22.1A
	Cerne	2,50±0.66 A	6.63±1.78A	173.77±18.37 AB
	Alburno	2,38±0,50A	7.36±1.87A	183.25±21.22 B
	Total	2.51±0.62	6.76±1.71	172.81±24.14

* parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente (p<0,05)

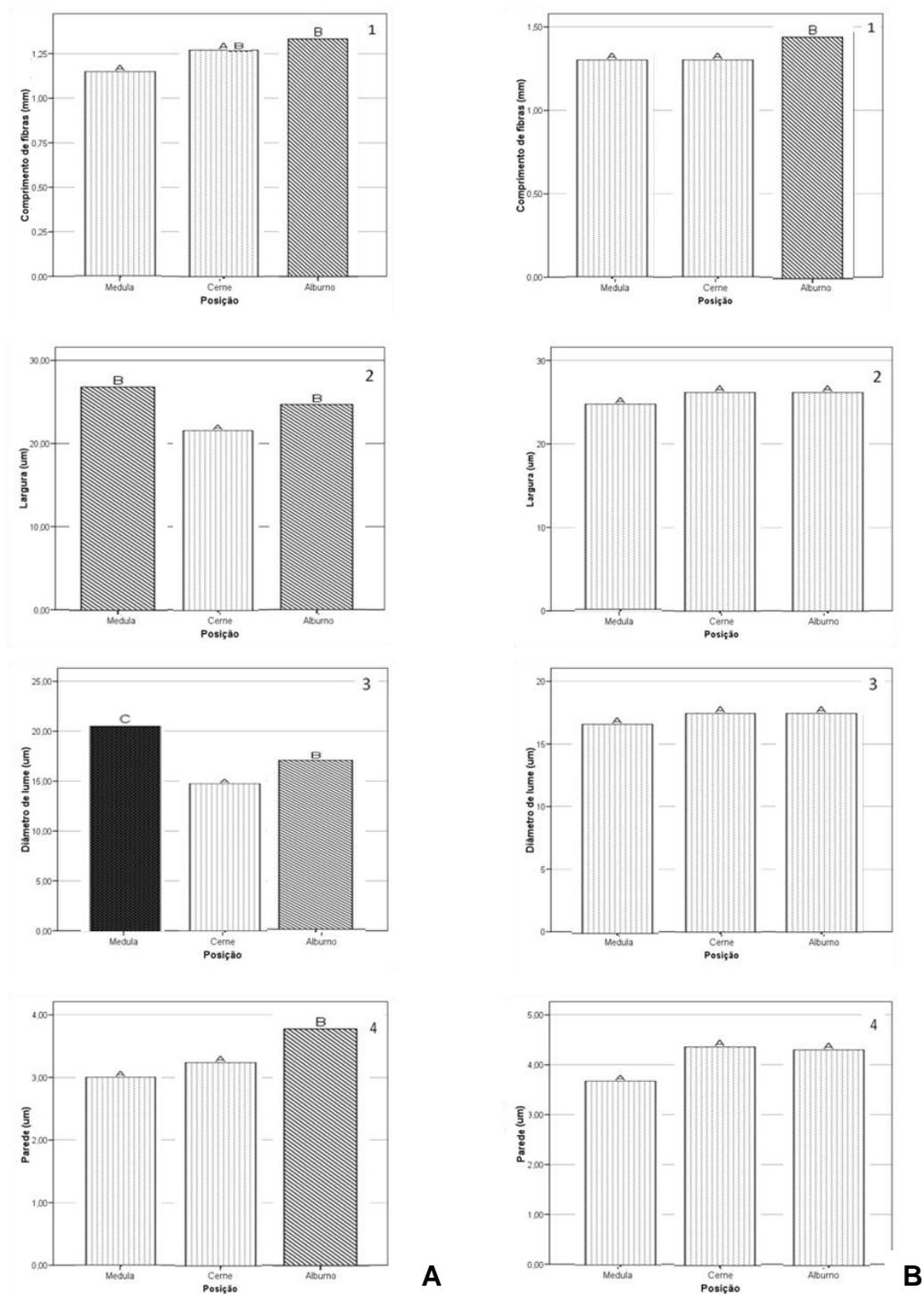


Figura 15 - Características anatómicas (comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras) na posição radial do lenho das árvores de *Cedrela* sp exploradas (A) e remanescentes (B) na FSJ

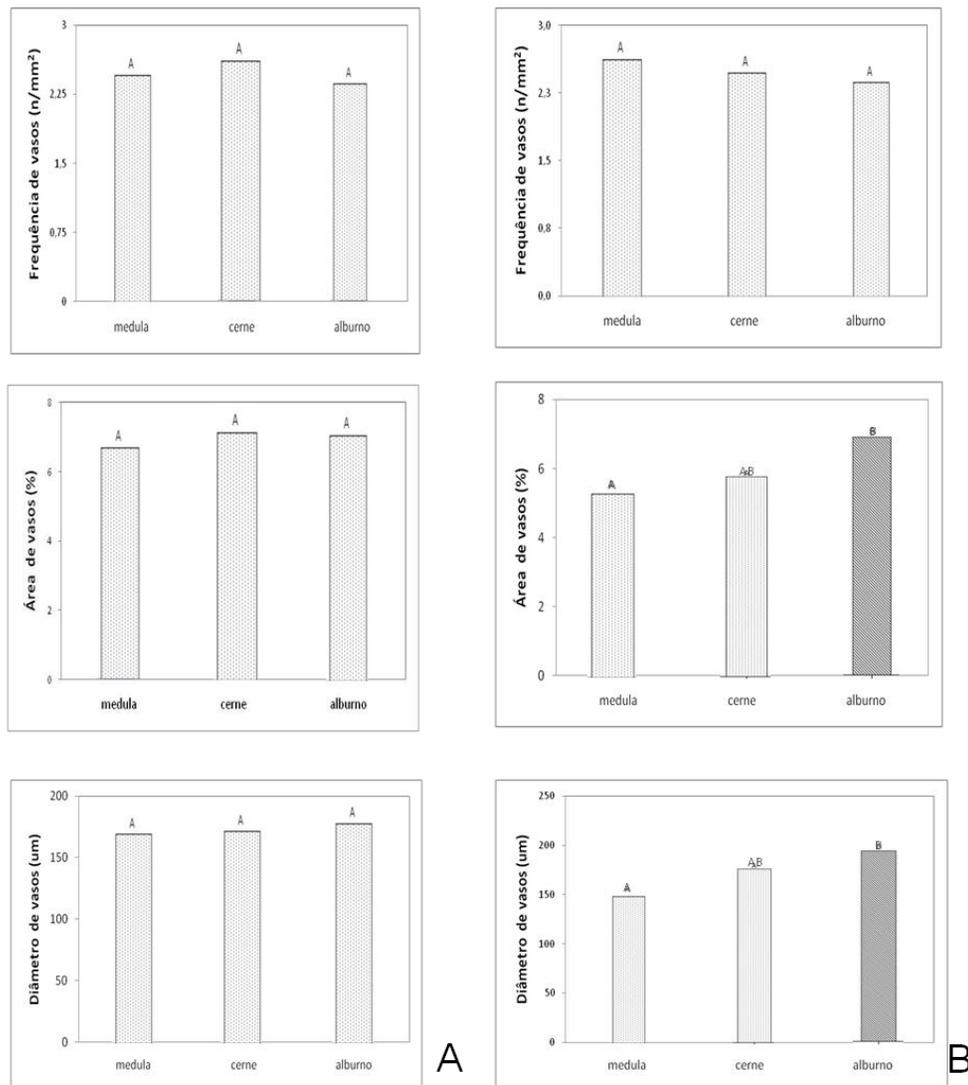


Figura 16 - Características anatômicas (freqüência, % de área e diâmetro de vasos) na posição radial do lenho das árvores de *Cedrela* sp. exploradas (A) e remanescentes (B) na FSJ

5.3.3 Densitometria de raios X aplicada na análise dos anéis de crescimento e qualidade do lenho de *Cedrela* sp. na REC

Observam-se diferenças significativas no perfil radial da densidade aparente do lenho das árvores da pastagem e da floresta primária; já na borda da floresta e na floresta secundária não houve diferença significativa, apesar da menor densidade do lenho na região da medula (Tabela 8, Figura 18). Observa-se, também, similar valor de densidade aparente média nas árvores dos microsítios, à exceção da floresta primária com densidade aparente média do lenho inferior e significativa ($p < 0,05$) (Figura 18 E).

As árvores nesse microsítio apresentaram grande heterogeneidade na densidade aparente do lenho nos perfis radiais, provavelmente, pelo ambiente com elevada competição por luz, água e nutrientes em relação às outras árvores, refletindo na maior variação da espessura dos anéis de crescimento (Anexo D2).

O valor da densidade aparente média do lenho das árvores de pastagem, borda de floresta e de floresta secundária foi similar verificando-se, porém, distintas variações de densidade do lenho, em relação às observadas no lenho das árvores dos demais microsítios; densidade aparente média do lenho do cerne e do alburno foi similar, com queda abrupta da densidade no limite dos anéis de crescimento, evidenciada nos perfis densitométrico (Anexo D3).

As árvores de *Cedrela* sp. na pastagem desenvolvem-se sem competição por luz, água e nutrientes, com pleno crescimento no período chuvoso e dormência no seco, com nítida diferença do lenho inicial e tardio. As árvores de *Cedrela* sp. da borda da mata e da floresta secundária mostraram perfis radiais de densidade do lenho semelhantes às da floresta primária - os anéis de crescimento mostram grande variação de espessura, refletindo na densidade aparente do perfil radial. Este modelo de variação deve-se à maior pressão de competição e de influência de agentes externos, resultando na heterogeneidade do crescimento das árvores presentes nestas áreas (Anexos D4 e D5).

Apesar da semelhança dos perfis radiais de densidade aparente do lenho das árvores de floresta primária com as da borda de floresta e da floresta secundária; o lenho dessas últimas possui anéis de crescimento com maior espessura, pois são árvores mais jovens e com maior % de madeira juvenil e que crescem em dossel aberto com menor competição por luz que no interior, em relação às da floresta primária (Tabela 7). Segundo Hillis e Brown (1978) o diâmetro e % em volume dos vasos e fibras variam inversamente à espessura dos anéis de crescimento, sendo que os vasos e o parênquima variam consideravelmente na região do lenho próxima à medula (os vasos são menores e mais numerosos), em relação ao lenho próximo a casca.

5.3.4 Densitometria de raios X aplicada na análise dos anéis de crescimento e da densidade do lenho de *Cedrela* sp. na FSJ

As amostras do lenho das árvores de *Cedrela* sp. obtidas pelo corte do tronco e pela sonda de pressler na FSJ são homogêneas, com pequeno aumento no perfil radial da densidade aparente do lenho, sem diferença significativa entre posições e as amostras no lenho (Tabela 9, Figuras 19 Anexo D6 e D7).

O modelo de variação radial da densidade aparente do lenho das árvores deve-se, provavelmente, pelo estágio de floresta clímax, com forte competição por luz e outros fatores de crescimento, em todo o ciclo de desenvolvimento. Cunha (2009) verificou que a taxa de crescimento em diâmetro e a área basal das árvores de *Cedrela* sp. é influenciada pelo nível de competição de árvores vizinhas; e isso pode reduzir o seu crescimento face à cobertura das copas das árvores vizinhas dominantes.

5.3.5 Densitometria de raios X aplicada na análise dos anéis de crescimento e da densidade do lenho de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

Os perfis densitométricos radiais do lenho das árvores de *Schizolobium parahybum* var. *amazonicum* indicam menor densidade aparente do lenho na região da medula, aumentando no sentido da casca. Essa variação radial de densidade do lenho foi mais pronunciada nas árvores da REC em relação às do PZ devido, provavelmente, à maior % de madeira juvenil no lenho, quando comparadas com as do PZ (Tabela 7, Anexo D8 e D9).

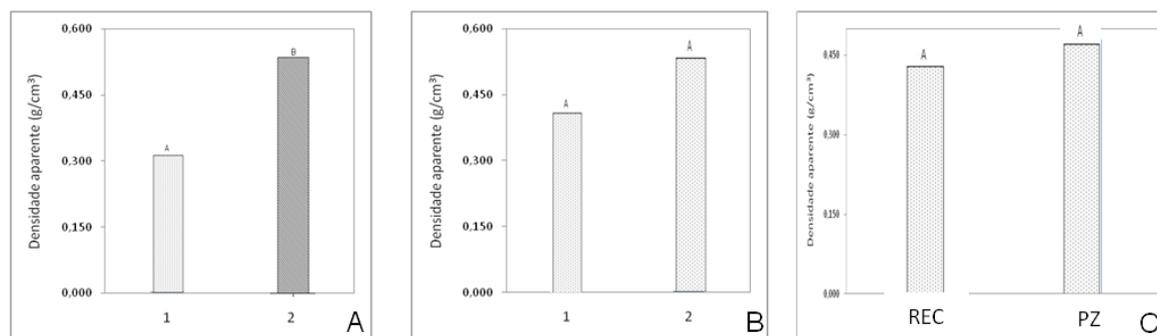


Figura 17 - Densidade aparente média nas posições radiais do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* na REC (A) e PZ (B) e entre sítios (C)

Tabela 7 - Densidade aparente média nas posições radiais do lenho de árvores de *Schizolobium parayba* var. *amazonicum* na REC e no PZ

Microsítio	Árvore	Posição	Densidade aparente média (g/cm ³)	
			Posição	Geral
REC	S5	medula	0,364	0,481
		cerne	0,598	
	s11	medula	0,301	0,415
		cerne	0,528	
	s12	medula	0,272	0,376
		cerne	0,480	
Geral	medula	0,312A	0,424A	
	cerne	0,535B		
PZ	s19	medula	0,252	0,414
		cerne	0,576	
	s20	medula	0,367	0,472
		cerne	0,577	
	s21	medula	0,623	0,645
		cerne	0,666	
Geral	medula	0,544A	0,510A	
	cerne	0,623A		

* parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

Observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) da densidade aparente do lenho nas regiões da medula e do cerne nas árvores da REC, não ocorrendo nas do PZ (Tabela 7, Figura 17). Na comparação dos perfis radiais de densidade verifica-se que a maior heterogeneidade da espessura dos anéis de crescimento no lenho das árvores da REC, em relação às do PZ, com lenho mais homogêneo, de maior densidade aparente média e com melhor qualidade para uso como madeira sólida (Figuras 18, 19); o crescimento descontínuo do lenho das árvores deve-se, provavelmente, a maior variação no nível de competição no sítio da REC, contribuindo pela maior heterogeneidade da densidade aparente do lenho.

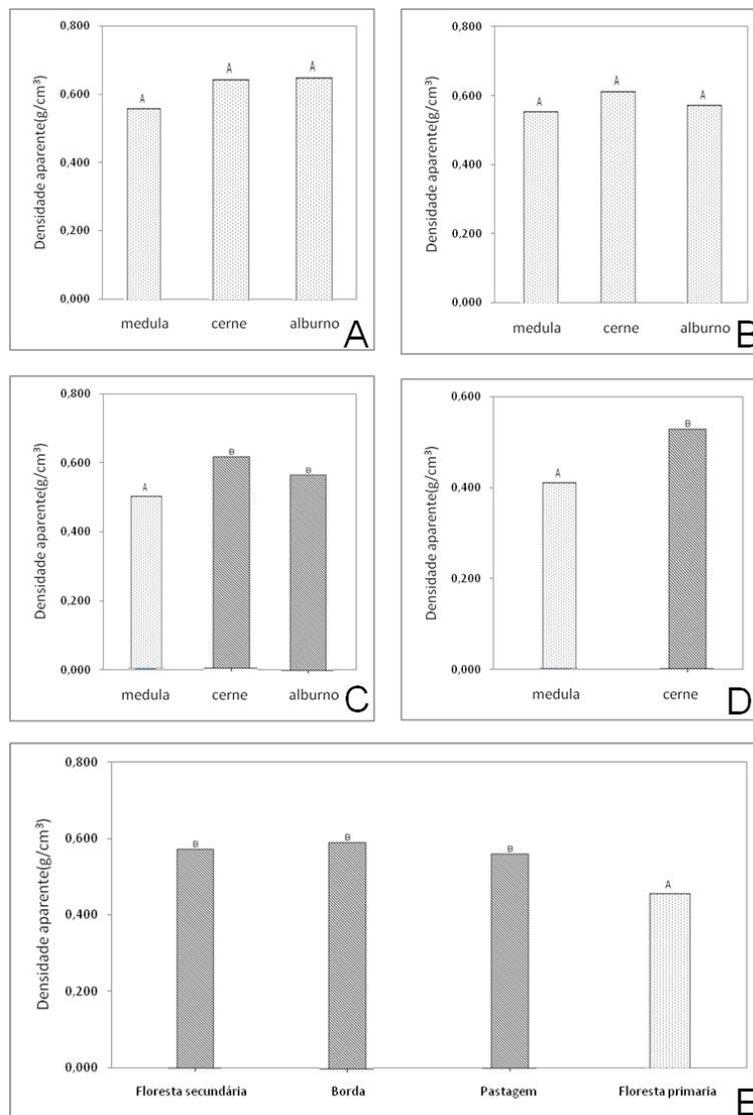


Figura 18 - Densidade aparente média nas posições radiais do lenho de árvores de *Cedrela* sp na borda da floresta (A), floresta secundária (B), pastagem (C), floresta primária (D) e entre micrositios (E)

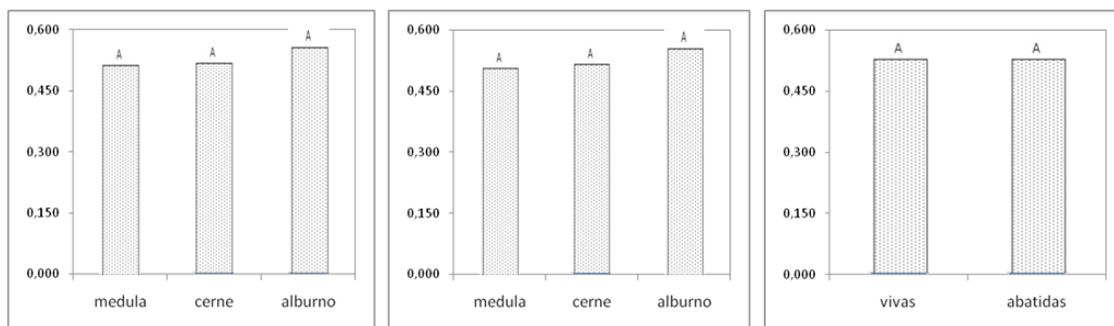


Figura 19 - Densidade aparente média nas posições radiais do lenho de árvores de *Cedrela* sp. remanescentes (A), exploradas(B) e entre os lenhos (C)

Tabela 8 - Densidade aparente média nas posições radiais do lenho de árvores de *Cedrela* sp. na REC

Microsítio	Árvore	Posição	Densidade aparente média (g/cm ³)	
			Posição	Geral
Borda de floresta	c3	medula	0,457	0,607
		cerne	0,633	
		alburno	0,733	
	c4	medula	0,486	0,569
		cerne	0,626	
		alburno	0,595	
	c6	medula	0,723	0,681
		cerne	0,686	
		alburno	0,634	
Total	medula	0,555A	0,619B	
	cerne	0,648A		
	alburno	0,654A		
Floresta secundária	c19	medula	0,452	0,534
		cerne	0,552	
		alburno	0,599	
	c20	medula	0,644	0,629
		cerne	0,679	
		alburno	0,566	
Total	medula	0,548A	0,607B	
	cerne	0,616A		
	alburno	0,582A		
Floresta primária	c27	medula	0,360	0,422
		cerne	0,486	
		alburno	0,420	
	c34	medula	0,461	0,525
		cerne	0,576	
		alburno	0,539	
	c35	medula	0,417	0,480
		cerne	0,499	
		alburno	0,523	
Total	medula	0,413A	0,468A	
	cerne	0,520B		
	alburno	0,494B		
Pastagem	f1	medula	0,499	0,521
		cerne	0,569	
		alburno	0,498	
	f5	medula	0,501	0,582
		cerne	0,635	
		alburno	0,611	
	f6	medula	0,507	0,573
		cerne	0,623	
		alburno	0,590	
Total	medula	0,502A	0,559B	
	cerne	0,609B		
	alburno	0,566B		

* parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

Tabela 9 - Densidade aparente média e % de área nas posições radiais do lenho de árvores de *Cedrela* sp. na FSJ.

Condição	Árvore	Posição	Densidade aparente (g/cm ³)		
			% area ocupada	Posição	Geral
Exploradas	7.2	medula	25,53	0,552	0,549
		cerne	56,96	0,551	
		alburno	17,50	0,544	
	10.2	medula	33,71	0,424	0,463
		cerne	46,66	0,469	
		alburno	19,63	0,496	
	11.2	medula	36,41	0,544	0,565
		cerne	48,51	0,538	
		alburno	15,04	0,612	
	total	medula	31,88	0,507	0,526
		cerne	50,71	0,519	
		alburno	17,39	0,551	
Remanescentes	sc2	medula	40,51	0,560	0,547
		cerne	43,16	0,527	
		alburno	16,31	0,554	
	sc8	medula	17,43	0,495	0,507
		cerne	54,52	0,499	
		alburno	28,01	0,525	
	sc9	medula	22,70	0,494	0,533
		cerne	53,53	0,529	
		alburno	23,73	0,576	
	total	medula	26,88	0,516	0,529
		cerne	50,40	0,518	
		alburno	22,68	0,552	

5.3.6 Análise multivariada por análise de componentes principais para os parâmetros do lenho das árvores de *Cedrela* sp. da REC

Os resultados da análise indicaram que as características anatômicas do lenho das árvores de *Cedrela* sp. na REC resumem-se a 4 componentes que explicam 90,25% da variabilidade; com os 2 primeiros (Fator 1 e 2) explicando 59% da variabilidade (Tabela 10). A importância das características anatômicas do lenho foi determinada através dos seus autovetores, estabelecendo que:

No componente principal 1, o comprimento da fibra, número de anéis de crescimento, diâmetro do vaso e a densidade aparente do lenho foram estatisticamente

significativas, explicando 33,66% da variância total. No *componente 2*, o lúme das fibras e a área dos vasos foram significativas, explicando 25,3% da variação.

O componente principal 1 correlaciona-se negativamente com o comprimento das fibras, diâmetro dos vasos e idade das árvores e positivamente com a densidade aparente do lenho, separando as árvores de *Cedrela* sp. da borda da floresta, da pastagem e da floresta secundária e destas com as da floresta primária (Tabela 11, Figura 20A1 e 20A2). A idade das árvores e o comprimento de fibras contribuíram com 62 % da variabilidade existente entre essas árvores; quanto menor idade da árvore maior a proporção de madeira juvenil no lenho, caracterizada pelas fibras mais curtas, menor diâmetro e maior frequência de vasos, em relação a madeira adulta. O comprimento das fibras, segundo Zobel (1980) e Krahmer (1986), constitui a principal variável na definição do limite entre a madeira adulta e juvenil.

O diâmetro do lúme das fibras correlacionou-se negativamente e a área dos vasos positivamente com o componente principal 2 e estas exercem grande influência na densidade aparente do lenho. Nota-se, ainda, certa heterogeneidade no valor da densidade aparente do lenho das árvores de *Cedrela* sp. nos sítios. As dimensões das fibras e a densidade aparente do lenho variam, segundo Zobel e Bujtenen (1989), entre e dentro das árvores, sendo controladas geneticamente e influenciadas pelas práticas de manejo. Ruy (1998) observou que a espessura da parede e o diâmetro do lume das fibras, além da % de vasos, relacionam-se com a densidade básica do lenho, tendo influência nas propriedades e usos da madeira.

A análise dos caracteres anatômicos, densidade do lenho e número de anéis de crescimento indica (i) correlação significativa e positiva do número de anéis de crescimento com o comprimento das fibras ($r=0,80$, $p<0,05$); (ii) significativa e negativa para o diâmetro do lúme e a espessura da parede das fibras ($r=-0,77$ $p<0,05$); (iii) significativa e negativa entre a densidade aparente do lenho e o comprimento das fibras ($r=-0,75$ $p<0,05$) e (iv) significativa e positiva entre diâmetro com a área de vaso ($r=0,68$ $p<0,05$) no lenho das árvores de *Cedrela* sp. no sítio REC (Figura 21). Na floresta primária, as árvores de *Cedrela* sp. apresentam no seu lenho alta quantidade de anéis de crescimento estreitos, delimitados por anéis semi-porosos, justificando a maior área em % de vasos e menor densidade aparente do lenho em relação às árvores dos

demais ambientes.

As diferenças nos caracteres anatômicos e na densidade aparente do lenho das árvores dos diferentes microsítios (floresta primária, floresta secundária, pastagem e borda de floresta) indicam a influência do ambiente, como resultado de adaptações funcionais do xilema para a condução de água e nutrientes e de sustentação das árvores.

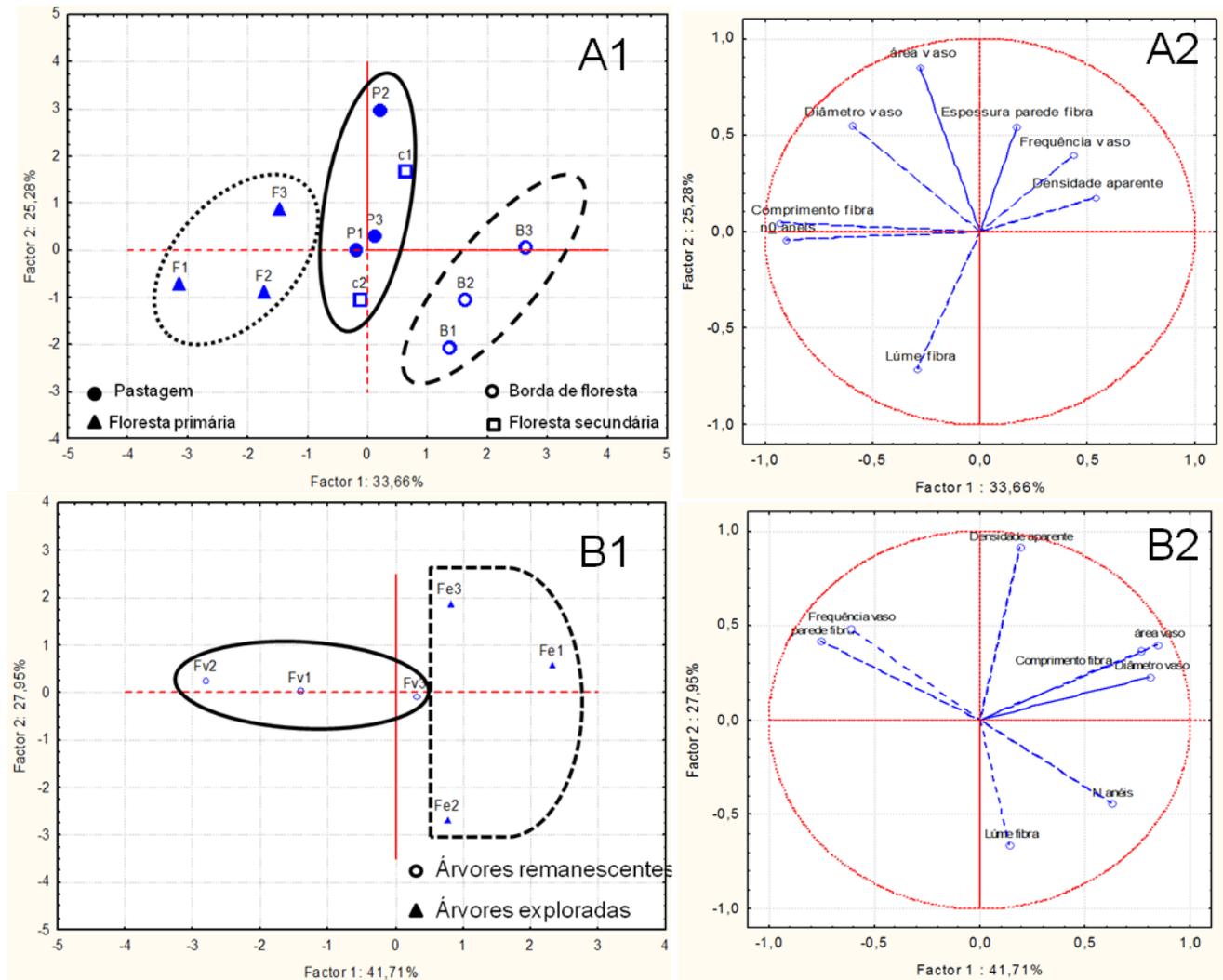


Figura 20 – Análise de Componentes principais dos caracteres anatômicos, densidade aparente e número de anéis de crescimento no lenho das árvores de *Cedrela* sp., nos diferentes microsítios da REC (A1, A2) e do sítio da FSJ (B1, B2)

Tabela 10 - Autovalores e autovetores na análise multivariada por componentes principais

Componentes	Autovalores	Proporção da variância(%)	Autovalores acumulado	Variância acumulada (%)
Fator 1	2,69	33,66	2,69	33,66
Fator 2	2,02	25,28	4,72	58,95
Fator 3	1,40	17,50	6,12	76,45
Fator 4	1,10	13,81	7,22	90,25
Fator 5	0,59	7,35	7,81	97,61
Fator 6	0,15	1,87	7,96	99,48
Fator 7	0,04	0,48	8,00	99,96
Fator 8	0,00	0,04	8,00	100,00

Tabela 11 - Contribuição das variáveis das características do lenho das árvores de *Cedrela* sp, na REC, baseada nas correlações

Variável	Peso Fator 1	Contribuição Fator 1 (%)	Peso Fator 2	Contribuição Fator 2 (%)
Lume fibra	-0,29	3,12	-0,71*	25,24*
Parede fibra	0,17	1,06	0,54	14,58
Comprimento fibra	-0,93*	32,08*	0,04	0,10
Frequência vaso	0,43	6,90	0,39	7,68
Diâmetro vaso	-0,59*	13,11*	0,55	14,83
Área de vaso	-0,28	2,84	0,85*	35,93*
Densidade aparente	0,53*	10,56*	0,18	1,54
Nº de anéis (idade)	-0,90*	30,33*	-0,04	0,09

*Variáveis com contribuição significativa nos fatores.

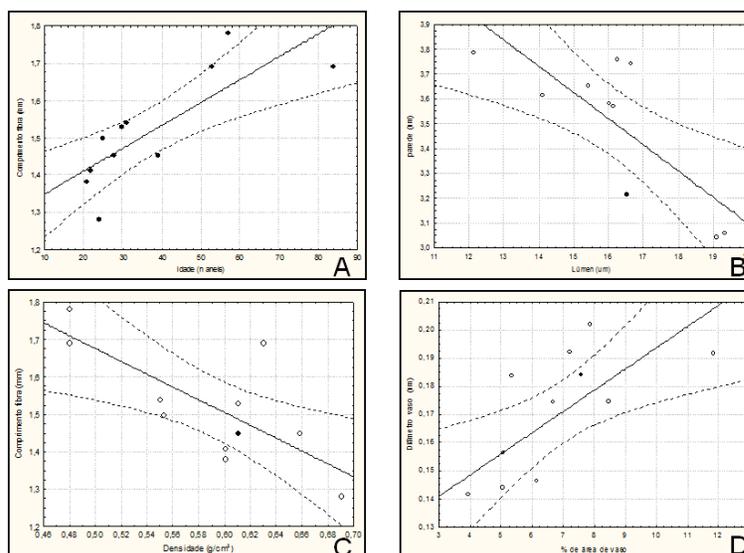


Figura 21 – Correlação de Pearson e o intervalo de confiança da relação do número de anéis de crescimento e comprimento das fibras (A); diâmetro do lume e espessura da parede das fibras (B), densidade aparente do lenho e comprimento das fibras (C); diâmetro da área de vasos (D) no lenho das árvores de *Cedrela* sp. na REC

Os resultados da análise indicaram que as características anatômicas do lenho das árvores de *Cedrela* sp. na FSJ resumem-se a 4 componentes que explicam 97,25 % da variabilidade da anatomia do lenho; com os 2 primeiros (Fator 1 e 2) explicando 70 % da variabilidade do lenho das árvores remanescentes e as exploradas (Tabela 12, Figura 20B1, B2).

Verificando-se o grau de participação e a importância das características anatômicas do lenho, tem-se que:

O componente principal 1, correlaciona-se positivamente com o comprimento das fibras, diâmetro e área dos vasos e negativamente com a espessura da parede das fibras (Tabela 13, Figura 20B2). No lenho das árvores de *Cedrela* sp. exploradas detectaram-se maior diâmetro e % de área de vasos em relação às árvores remanescentes, provavelmente, pelo maior suprimento de água e nutrientes e maior incremento diamétrico do tronco.

Quanto maior o diâmetro dos vasos, segundo Zimmermann (1983), maior a condutividade hidráulica e eficiência na condução e, também, maior a possibilidade de embolia. Ewers et. al. (2004) verificaram no lenho de árvores de *Laguncularia racemosa* que o diâmetro dos vasos do lenho era proporcional ao aumento do DAP do tronco dessas árvores.

O componente principal 2 mostrou correlação significativa positiva da densidade aparente do lenho e negativa com o diâmetro do lúme das fibras; a densidade aparente contribuiu com 37,6 % da variação. O lenho das árvores de *Cedrela* sp. remanescentes apresentou valores próximos de densidade aparente; nas árvores abatidas (exploradas) a densidade do lenho foi heterogênea, devido provavelmente, às condições de competição e por outros fatores de crescimento durante o seu desenvolvimento.

Tabela 12 - Autovalores e autovetores na análise multivariada por componentes principais

Componentes	Autovalores	Proporção da variância (%)	Autovalores acumulado	Variância acumulada (%)
Fator 1	3,34	41,71	3,34	41,71
Fator 2	2,24	27,95	5,57	69,66
Fator 3	1,13	14,14	6,70	83,80
Fator 4	1,08	13,45	7,78	97,25
Fator 5	0,22	2,75	8,00	100,00

Tabela 13 - Contribuição das variáveis das características do lenho das árvores de *Cedrela* sp. na FSJ, baseada nas correlações.

Variavel	Peso Fator 1	Contribuição Fator 1 (%)	Peso Fator 2	Contribuição Fator 2 (%)
Lume fibra	0,14	0,6	-0,66	19,7
Parede fibra	-0,75	16,9	0,42	7,7
Comprimento fibra	0,77	17,6	0,37	6,1
Frequência vaso	-0,62	11,4	0,49	10,6
Diâmetro vaso	0,81	19,6	0,23	2,4
Área de vaso	0,84	21,3	0,40	7,1
Densidade aparente	0,19	1,1	0,92	37,6
Nº de anéis (idade)	0,62	11,5	-0,44	8,8

5.3.7 Uso múltiplo do lenho das árvores de *Cedrela* sp. e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

Os resultados da análise do lenho das árvores de *Cedrela* sp. e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* pela densitometria de raios X e anatomia permitem separar (i) madeira juvenil (região interna) da adulta (região interna do tronco) e (ii) madeira adulta das regiões do cerne e do alburno (Anexo D1).

No tronco das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* a determinação da % de área da madeira juvenil/adulta evidencia diferença significativa das árvores dos sítios, que parece relacionada com a idade das árvores (Tabela 14, Figura 22 A). O lenho da posição 1 (região próxima a medula) possui característica de madeira juvenil, com menor densidade aparente, menor espessura na parede e menor comprimento das fibras e, provavelmente, menor resistência mecânica; nas posições 2 e 3 o lenho têm características de madeira adulta (ZOBEL, 1984; SENFT et al., 1985; ROWELL et al., 2000). O uso múltiplo, indica que o lenho da posição 1 (madeira juvenil) equivale a 8 e 46% da área do DAP do tronco das árvores do PZ e da REC, respectivamente, devendo ter sua aplicação destinada a usos que não requerem significativo esforço mecânico (ex.: brinquedos, caixotaria leve, artesanato, etc). Por outro lado, o lenho das posições 2 e 3 (madeira adulta) equivale a 54 e 92 % da área do DAP do tronco das árvores da REC e do PZ, respectivamente, indicado para laminação, miolo de compensado laminado, madeira serrada, canoas e forros, etc.(CARVALHO, 1994).

Nas árvores de *Cedrela* sp. de idade mais avançadas, nos microsítios da REC, verificou-se uma maior % de cerne no perfil radial (Figura 22 B), demonstrando que o lenho pode ser recomendado para a utilização em móveis, construção civil, naval e aeronáutica, etc. relacionado com a dimensão das células do câmbio vascular, formando madeira adulta no lenho das árvores.

O lenho das árvores de *Cedrela* sp., no microsítios de floresta primária e de pastagem apresentou 80% do perfil radial formado por madeira adulta (cerne); nas de floresta secundária e de borda de floresta os valores foram de 63 e 73%, respectivamente (Tabela 15).

A madeira juvenil (região interna) e do alburno (região externa) do tronco das árvores de *Cedrela* sp. pode ser aplicada para painéis reconstituídos, compensados sarrafeados, paletes, embalagens, artesanato, etc.

Tabela 14 – Área de madeira juvenil (medula) e adulta (cerne) no sentido radial do lenho das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, nos sítios estudados

Microsítio	Árvore	N ^o de anéis (idade)	% de área ocupada	
			medula	cerne
REC	S5	10	58,69	41,23
	s11	10	51,90	48,00
	s12	18	28,57	71,42
Média total			46,39	53,55
PZ	s19	33	14,89	85,03
	s20	28	4,00	95,91
	s21	22	3,84	96,05
Média total			7,58	92,33

Tabela 15 - Área de madeira juvenil (medula) e adulta (cerne) no sentido radial do lenho das árvores de *Cedrela* sp. nos microsítios da REC

Microsítio	Árvore	Posição	% Área ocupada	No de anéis (idade)
Borda de floresta	c3	medula	24,80	21
		cerne	67,80	
		alburno	7,30	
	c4	medula	20,80	22
		cerne	74,02	
		alburno	5,09	
	c6	medula	16,81	24
		cerne	75,54	
		alburno	7,49	
Total	medula	20,80		
	cerne	72,45		
	alburno	6,62		
Floresta secundária	c19	medula	15,87	28
		cerne	62,77	
		alburno	21,21	
	c20	medula	31,12	25
		cerne	63,86	
		alburno	4,89	
	Total	medula	23,49	
		cerne	63,32	
		alburno	13,05	
Floresta primária	c27	medula	8,35	54
		cerne	89,33	
		alburno	2,30	
	c34	medula	16,94	84
		cerne	80,51	
		alburno	2,52	
	c35	medula	22,40	60
		cerne	70,86	
		alburno	6,67	
Total	medula	15,89		
	cerne	80,23		
	alburno	3,83		
Pastagem	f1	medula	22,74	31
		cerne	73,19	
		alburno	4,00	
	f5	medula	15,99	30
		cerne	81,30	
		alburno	2,64	
	f6	medula	12,31	39
		cerne	85,36	
		alburno	2,26	
Total	medula	17,02		
	cerne	79,95		
	alburno	2,96		

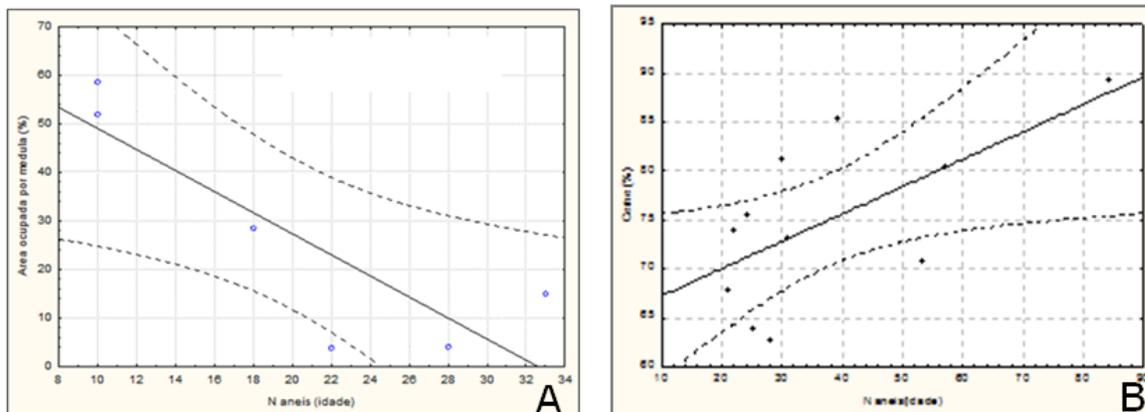


Figura 22 – Correlação de Pearson da relação número de anéis de crescimento e área de madeira juvenil (medula) (A) e de cerne (B) no lenho das árvores de *Cedrela* sp.

Desta forma, a densitometria e a análise anatômica quantitativa do lenho do tronco das árvores de *Cedrela* sp e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* podem ser aplicadas nos programas de desdobro racional das toras, indicando usos múltiplos e específicos para o seu melhor aproveitamento e para produtos da madeira de maior valor agregado.

5.4 Conclusões e recomendações de uso múltiplo da madeira

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que: (i) as árvores apresentaram um padrão comum de variação radial dos elementos anatômicos, conferindo qualidade superior ao lenho externo do tronco (madeira adulta); (ii) o comprimento das fibras e a idade foram os principais fatores de diferenciação do lenho das árvores de *Cedrela* sp. nos diferentes microsítios da REC; (iii) o diâmetro e a área de vasos foram os principais fatores de diferenciação do lenho das árvores de *Cedrela* sp. remanescentes e exploradas na FSJ; (iv) o lenho das árvores de *Schizolobium amazonicum* na PZ e de *Cedrela* sp. das áreas de pastagem e de floresta primária apresentou maior porcentagem de madeira adulta, pela idade das árvores em relação aos demais microsítios; (v) a dendrocronologia e a avaliação das propriedades tecnológicas do lenho das árvores tropicais são fundamentais para o manejo florestal sustentável e obtenção de madeira de boa qualidade.

Referências

- BARBOSA, A.P.; VIANEZ, B.F.; VAREJÃO, M.J.; ABREU, R.L.S. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central - **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 6, n.12, p. 42-61. 2001.
- BRASIL, M.A.M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do DAP. **IPEF**, Piracicaba v.4, p. 81-90, 1972.
- BRASIL E AMAZON **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados** / Serviço Florestal Brasileiro, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Belém, PA: Serviço Florestal Brasileiro (SFB); Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (AMAZON), 2010. 20p.
- BRAZ, E. M.; FIGUEIREDO, E. O; OLIVEIRA, M. V. N; PASSOS, C. A. M. Manejo Florestal de Precisão: Modelo Digital de Exploração e Manejo de Florestas Naturais. In: FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N.. (Ed.). **Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. p. 15-30
- BURGER, L. M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo:Editora Nobel, 1991. **154p**.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.p. 470-475.
- COSMO, N.L.; KUNIYOSHI, Y.S.; BOTOSSO, P.C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith E Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta Botânica Brasileira**, Porto Alegre, v. 24 n.3, p. 747-755, 2010.
- CUNHA, T.A. **Modelagem do incremento de árvores individuais de Cedrela Odorata L. na floresta amazônica**. 2009. 87p. Dissertação (Mestrado na área de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- EWERS, F.W.;LOPEZ-PORTILLO, J. ; ANGELES, G. ; FISHER, J.B. Hydraulic conductivity and embolism in the mangrove tree *Laguncularia racemosa*. **Tree Physiology**, Oxford, v.24, p.1057-1062, 2004.
- FERNANDES, T.J.G.;AMARO, M.A. Avaliação dos danos da exploração em um plano de manejo florestal sustentável certificado no município de Sena Madureira – Acre.In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8., 2007. Caxambu. **Anais...** Caxambu MG Set. de 2007. 1CD-ROM
- FUNTAC. **Monitoramento da cobertura florestal do estado do Acre**: desmatamento e uso atual da terra. Rio Branco: Secretária de Indústria e Comércio; Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, 1990. 214p

FSC. **Relatório de auditoria anual do manejo florestal da Laminados Triunfo Ltda**
Resumo Público de Certificação FSC Programa SmartWood, Sena Madureira, Acre,
2006.

HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. ***Eucalyptus for wood production***. Melbourne: CSIRO,
1978. 434p.

IAWA Committee. IAWA List of microscopic feature for hardwood identification. Utrecht.
IAWA Bulletin, Leiden, v. 10, n.3, p. 219 – 332, 1989.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: angiospermas e
gimnospermas. Brasília: Diretoria de incentivo à pesquisa e divulgação, 1992. 17p.
(Série Técnica, 15).

IMAC, Instituto do Meio Ambiente do Acre. **Zoneamento ecológico econômico- ZEE**.
Rio Branco:SEPLAN/SECTMA, 2000.

KRAHMER, R. Fundamental anatomy of juvenile and mature wood. In: A technical
workshop: juvenile wood-what does it mean to forest management and forest products,
1985, Washington. **Proceedings...** Madison: Forest Products Research Society, 1986.
p. 12-16.

LUCHI, A.E.. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos
com diferentes níveis de umidade. Porto Alegre. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27,
p.:271-280, 2004

MENESES-FILHO, L.C. L; FERRAZ, P. A.; PINHA, J. F. M.; FERREIRA, L.A.;
BRILHANTE, N.A., **Comportamento de 24 espécies arbóreas tropicais madeireiras**
introduzidas no Parque Zoobotânico Rio Branco-Acre. Rio Branco. Universidade
Federal do Acre, 1995, v.1. p. 77-81

MORATO, E.F. **Efeitos da sucessão florestal sobre a nidificação de vespas e**
abelhas solitárias. 2004. 288p. Tese (Doutorado na área de Ecologia) - Universidade
Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

MOTHE, F.; DUCHANOIS, G.; ZANNIER, B.; LEBAN, J.M. Microdensitometric analysis
of wood samples: Data computation method used at Inra-ERQB (Cerd Program)..
Annales des Sciences Forestières, Versailles, v. 55, n. 3, p. 301-313, 1998.

ROWELL, R.M.; HAN, J.S.; ROWELL, J.S. Characterization and factors effecting fiber
properties. In: FROLLINI, E.; LEÃO, A.L.; MATTOSO, L.H.C. (Ed.). **Natural polymers**
and agrofibers composites. São Carlos: IQSC/USP, 2000. p.115-133.

RUY, O.F. **Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla***
S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. 1998. 69 p. Dissertação (Mestrado em
Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade
de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A, MELLO, J.M.; OLIVEIRA FILHO, A.T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p.112 - 137, 1996.

SENFT, J.F.; BENDTSEN, B.A.; GALLIGAN, W.L. Weak wood. **Journal of Forestry**, Washington , v.83, n.8, p.476-485, 1985.

SHIMOYAMA, V.R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

STATSOFT, **Statistica 7 for Windows**. Electronic Statistics Textbook. 2004. Disponível em: <http://www.statsoft.com/textbook/> Acesso em: 10 nov. 2010.

TEREZO, R.F. ; SZÜCS, C.A. Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de parica (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex. Ducke). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 471-480, set. 2010.

VIDAL, E.; GERWING, J; BARRETO, P; AMARAL, P.; JOHNS, J. Redução de desperdícios na produção de madeira na Amazônia - Belém: IMAZON, 1997.20 p. (Série Amazônia, 05.).

ZIMMERMANN, M.H. Xylem structure and the ascent of sap. Berlin:Springer Verlag, 1983. 143 p.

ZOBEL, B.J. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. In: IUFRO CONFERENCE,1980. Oxford. **Proceedings...**Oxford: IUFRO 1980. p. 169-188.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, J.P. **Wood variation**: its causes and control. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361 p.

ZOBEL, B.J. The changing quality of the world wood supply. **Wood Science and Technology**, New York, v.18, n.1, p.1-17, 1984.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise dos eventos fenológicos em associação com a sazonalidade do ritmo de crescimento radial das árvores das 3 espécies comprovou (i) a anualidade da formação dos anéis de crescimento no lenho das árvores, pelas variações de precipitação entre as estações climáticas, das fenofases vegetativa e reprodutiva das árvores das espécies estudadas, (ii) as características da distribuição da precipitação anual, com 2 períodos secos distintos no ano, e as injúrias induzidas nas células da camada cambial podem resultar na formação de anéis de crescimento ausentes no lenho das árvores.

Os resultados da análise da qualidade do lenho das árvores indicaram que (i) a densitometria de raios X possibilita a diferenciação dos limites da madeira juvenil e adulta do tronco das árvores, (ii) a madeira adulta, formada pelo ritmo de crescimento radial das árvores em idade avançada apresenta distintas características e valores de densidade aparente, comprimento e espessura das fibras, etc. em relação a madeira juvenil, formada pelo ritmo de crescimento radial no início do ciclo de vida dessas árvores, (iii) a caracterização e delimitação da madeira juvenil e adulta no lenho do tronco das árvores devem ser preconizadas no processo de beneficiamento e de desdobro, devendo ser destinadas para aplicações finais específicas, (iii) as condições de crescimento exercem influencia na ritmo de crescimento radial, na taxa de crescimento e na estrutura anatômica do lenho (ex.: área e diâmetro dos vasos) no tronco das árvores de *Cedrela* sp.

A análise dendrocronológica possibilitou identificar a (i) influência de fator (sinal) climático específico na taxa de incremento do tronco das árvores das espécies, (ii) sensibilidade das árvores das espécies, expressa no crescimento e estrutura do lenho e dos anéis de crescimento aos eventos climáticos (ex.: evapotranspiração; El Niño, etc.), (iii) evidencia importante potencial para reconstrução climática e de avaliação do efeito de outras variáveis ambientais (ex.: aquecimento global, aumento da concentração de CO², etc.).

Os resultados da análise da estrutura anatômica dos anéis de crescimento formados no lenho das árvores indicaram (i) grande variabilidade de sua largura e que (ii) pode estar relacionada com a maior sensibilidade das árvores às variações das condições de crescimento (ex.: clareiras, competição por luz e de outros fatores, etc.); (iii) os anéis de crescimento mais externos e de algumas regiões internas do lenho das árvores de maior idade de árvores de *Cedrela fissilis* e *C. odorata* eram excessivamente estreitos e não apresentavam a característica delimitação por anéis semi-porosos – a sincronização desses anéis de crescimento é complexa e árdua, com diminuição do valor da inter-correlação das árvores; (iv) a visualização os anéis de crescimento no lenho das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* é bastante tênue, recomendando-se para a caracterização e delimitação a extração de, no mínimo, 4 amostras do lenho (amostragem não destrutiva) ou, quando possível, a obtenção de discos de lenho (amostragem destrutiva); (v) a extração de amostras do lenho (baguetas) em disposição paralela no tronco das árvores de *Cedrela* sp. e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* auxilia na identificação dos anéis de crescimento falsos e faltantes, para o desenvolvimento das análises dendrocronológicas; (vi) as injúrias na camada cambial (janela de Mariaux) propiciam a formação de cicatrizes no lenho das árvores de *Cedrela fissilis* e *C. odorata* (caracterizadas pela presença de parênquima e de canais gomíferos) possibilitando a datação e determinação da anuidade dos anéis de crescimento.

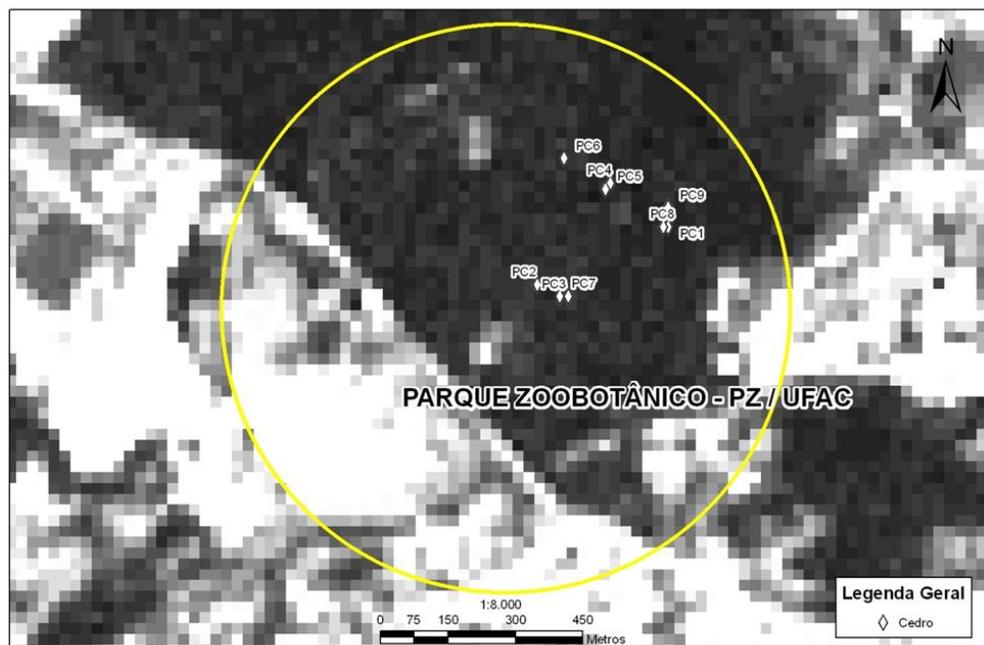
ANEXOS

ANEXO A

CARTA IMAGEM - ESPÉCIES NA RESERVA EXPERIMENTAL CATUABA
SATÉLITE IRS P6 - CENSOR LISS 3 - 18/06/2010



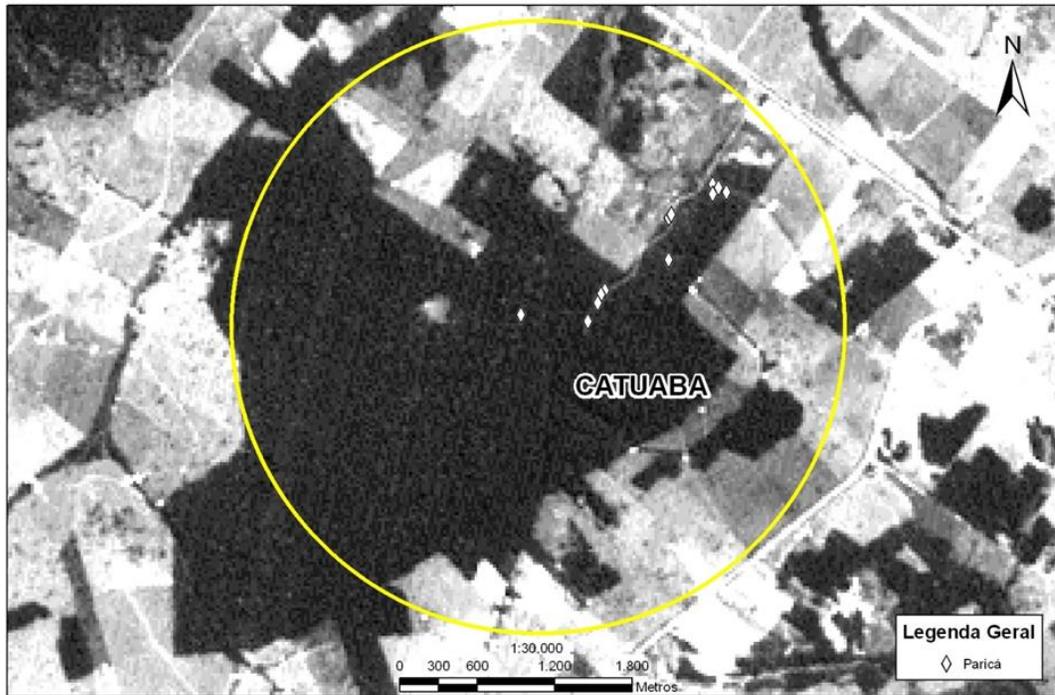
CARTA IMAGEM - ESPÉCIES NA UFAC - PARQUE ZOOBOTÂNICO - PZ
SATÉLITE IRS P6 - CENSOR LISS 3 - 18/06/2010



Anexo A1 - Mapas mostrando as árvores de *Cedrela* sp. georeferenciadas nas áreas da REC (A) e do PZ (B)

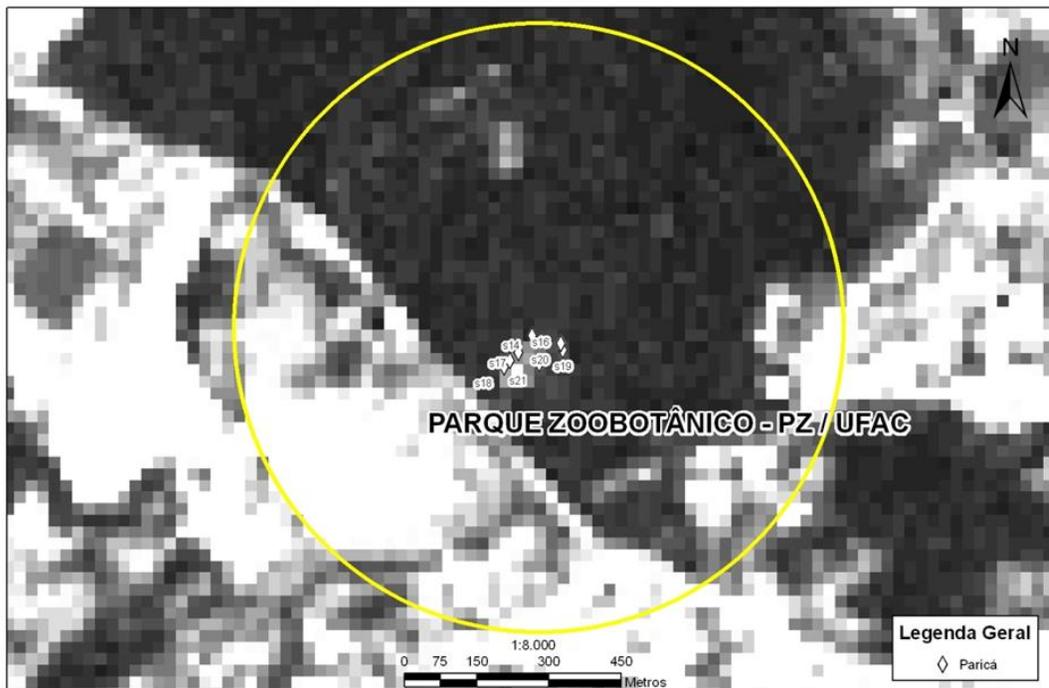
CARTA IMAGEM - ESPÉCIES NA RESERVA EXPERIMENTAL CATUABA
SATÉLITE IRS P6 - CENSOR LISS 3 - 18/06/2010

A



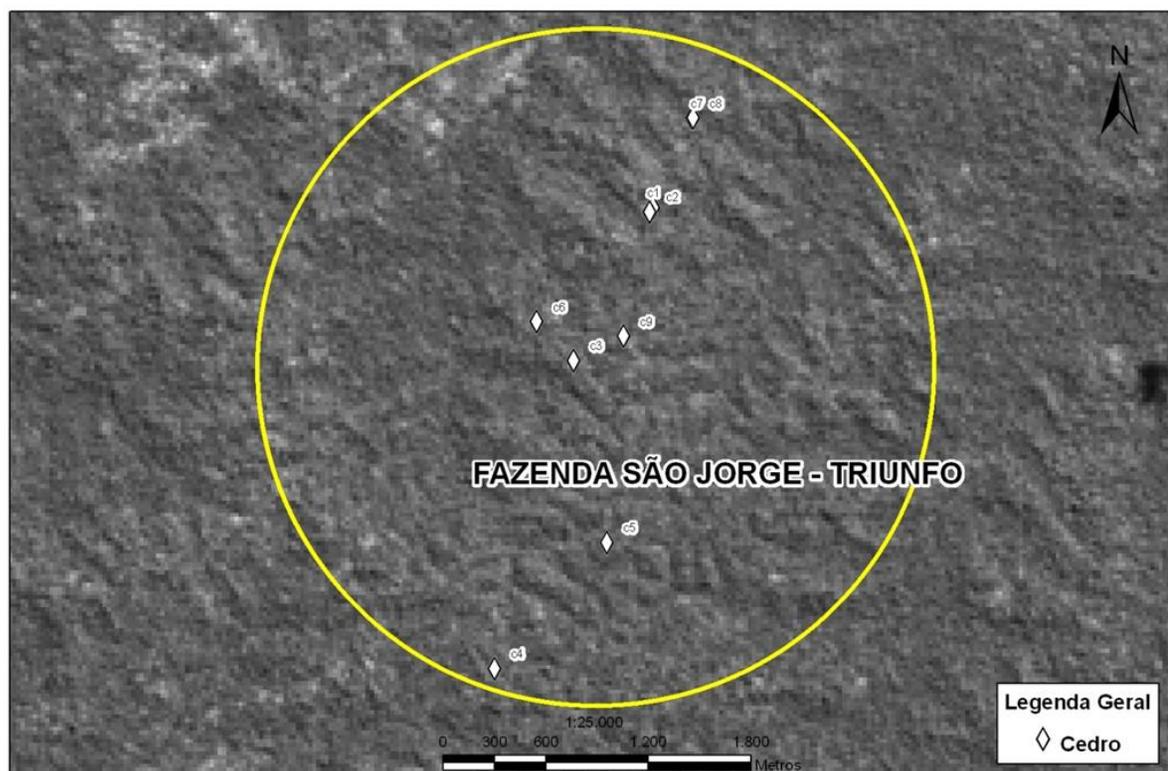
CARTA IMAGEM - ESPÉCIES NA UFAC - PARQUE ZOOBOTÂNICO - PZ
SATÉLITE IRS P6 - CENSOR LISS 3 - 18/06/2010

B



Anexo A2 - Mapas mostrando as árvores de *Schizolobium amazonicum*. georeferenciadas nas áreas da REC (A) e do PZ (B)

CARTA IMAGEM - FAZENDA SÃO JORGE
SATÉLITE IRS P6 - CENSOR LISS 3 - 18/06/2010



Anexo A3 - Mapa mostrando as árvores de *Cedrela* sp. remanescente georeferenciadas na área da Fazenda S. Jorge

ANEXO B

Anexo B1- Dados de precipitação acumulada (mm) da Estação meteorológica de Rio Branco – Acre

Mês Ano	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2007								40	153	84	165	226
2008	352	270	168	117	10	15	75	35	40	120	230	295
2009	180	240	200	445	155	28	30	130	84	145	250	375
2010	374	155	315	45	90	32						

Anexo B2- Dados de temperatura média (°C) da Estação meteorológica de Rio Branco – Acre

Mês Ano	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2007								25,5	26	26,5	26	26,5
2008	26	26	26,5	26,5	25	24,5	24,5	25,5	26	26,5	26	26,5
2009	26	26	26,5	26,5	26,1	24,8	24	25	25,9	27	26,5	25,5
2010	26	26,5	26,5	26,8	25,8	25,5						

Anexo B3- Evaporação mensal 10*(mm*10dia⁻¹) da Estação meteorológica de Rio Branco-Acre. Fonte: Ferraz (2008).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1970	43	28	36	36	45	39	63	80	73	55	41	26
1971	32	25	33	24	24	35	54	62	62	43	44	51
1972	36	34	41	38	45	54	66	64	71	73	50	47
1973	46	37	39	41	47	39	42	52	71	63	45	49
1974	40	34	51	36	47	40	62	66	84	65	48	35
1975	39	40	43	46	43	62	75	94	62	75	73	52
1976	45	38	68	45	54	65	111	125	104	84	58	49
1977	45	37	49	66	88	67	84	109	106	68	59	45
1978	48	39	46	44	44	58	81	96	54	62	51	29
1979	42	42	44	46	59	80	113	86	88	85	61	69
1980	46	34	37	49	47	52	65	62	73	49	47	47
1981	42	31	38	31	45	49	84	76	74	60	55	37
1982	37	37	45	43	55	52	63	68	56	60	42	45
1983	40	30	38	40	47	42	63	78	92	72	48	41
1984	36	38	34	39	33	35	50	98	74	37	29	36
1985	30	40	39	41	51	55	74	64	55	57	51	45
1986	40	31	36	37	59	77	111	106	89	38	36	49
1987	38	46	58	51	70	85	105	103	98	47	41	45
1988	25	34	41	32	47	73	60	91	69	55	40	47
1989	38	32	45	44	66	62	111	127	124	102	58	89
1990	39	36	45	46	58	51	101	162	109	71	48	50
1991	42	42	49	46	43	53	88	129	87	81	42	50
1992	51	40	44	42	52	62	76	56	81	64	48	47
1993	38	36	38	42	56	57	119	122	140	106	41	49
1994	39	37	51	40	50	54	71	82	75	61	58	46
1995	54	38	46	48	57	54	56	98	84	85	64	50
1996	42	40	44	49	42	50	63	73	103	80	54	57
1997	56	43	47	15	46	63	128	136	191	120	92	62
1998	48	50	43	50	55	61	102	80	108	112	43	35
1999	39	39	45	53	45	66	96	161	124	114	65	46
2000	56	44	46	36	60	59	121	117	80	58	71	58
2001	48	39	46	48	51	60	64	128	145	92	52	51
2002	58	40	48	44	54	57	83	146	137	106	74	45
2003	59	40	44	41	50	57	89	103	97	72	74	45
2004	49	48	44	47	39	48	57	77	112	51	36	22

Anexo B4- Temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C} * 10^1$) da Estação meteorológica de Rio Branco-Acre – Fonte: Ferraz (2008).

Anos	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1970	269	252	268	271	259	253	244	261	274	273	274	267
1971	265	255	260	251	241	232	244	250	264	257	262	263
1972	256	255	265	252	261	253	241	249	261	267	265	269
1973	270	266	267	270	243	250	229	240	253	265	261	261
1974	256	250	257	254	247	242	230	249	256	260	266	259
1975	259	264	262	262	246	245	228	246	264	268	267	257
1976	254	255	256	253	248	234	237	259	263	270	265	264
1977	262	259	265	259	246	244	250	259	259	254	263	259
1978	260	265	265	262	251	240	252	234	256	246	267	254
1979	261	264	264	256	254	223	241	261	257	265	262	258
1980	261	250	233	256	250	238	230	255	246	261	251	260
1981	252	253	258	254	330	232	223	242	245	259	264	107
1982	259	255	262	259	245	248	250	250	258	263	260	259
1983	268	270	265	268	261	224	239	242	250	257	257	259
1984	253	252	265	252	246	234	236	239	252	258	255	259
1985	253	253	259	249	249	228	228	228	246	257	253	257
1986	252	250	256	253	252	233	229	245	245	254	258	259
1987	258	255	256	257	245	237	254	244	265	271	260	260
1988	257	257	266	254	240	227	217	249	254	261	254	250
1989	247	245	248	246	234	239	223	249	249	251	251	247
1990	246	247	251	246	238	221	226	263	255	268	264	260
1991	262	264	262	257	258	245	239	249	262	263	261	266
1992	261	262	261	263	267	258	223	250	255	265	257	266
1993	249	253	254	254	247	238	227	235	251	254	248	261
1994	260	256	261	262	261	250	238	256	268	268	269	267
1995	266	262	267	259	252	251	261	263	268	274	273	262
1996	259	260	264	261	260	229	248	260	263	269	268	265
1997	258	257	253	256	248	253	247	250	163	271	263	264
1998	265	267	264	264	239	235	244	262	260	264	258	319
1999	253	255	255	245	246	237	230	229	258	252	251	256
2000	254	253	252	249	244	234	100	246	252	256	259	259
2001	252	252	252	257	245	222	239	255	261	266	264	259
2002	264	259	257	256	255	237	241	255	256	264	258	259
2003	264	254	256	253	252	249	229	235	249	253	260	261
2004	260	256	258	259	228	235	236	244	252	260	257	275

ANEXO C

Anexo C1 - Inter-correlação das séries cronológicas da largura dos anéis de crescimento das árvores de *C. fissilis* (pastagem) e de *C. odorata* (pastagem, borda de floresta e floresta 1ª)

Espécie/ habitat	Sequência	Séries	Intervalo		Inter-correlação			
					1952 –1983	1968-1999	1984-2005	
<i>C. Fissilis</i> / Pastagem (REC)	1	F9W	1975	2000		0.75		
	2	F9E	1977	2001		0.80		
	3	F1S	1975	2002		0.63		
	4	F1E	1976	2002		0.56		
	5	F10E	1970	1998		0.38A		
	6	F2S	1958	2005	0.65	0.62	0.55	
	7	F2E	1961	2005	0.57	0.47	0.35A	
	8	F2W	1969	2004		0.44	0.40A	
	Sequência	Séries	Intervalo		1960– 1979	1970- 1989	1980- 1999	1990- 2006
<i>C. odorata</i> Pastagem (REC)	1	F7N	1973	2005		0.77	0.91	0.91
	2	F4N	1961	2004	0.52	0.60	0.58	0.56
	3	F4S	1965	2005	0.75	0.74	0.64	0.61
	4	F4W	1961	2005	0.54	0.70	0.65	0.66
	5	F6N	1970	2005		0.41A	0.53	0.73
	6	F6W	1971	2005		0.53	0.68	0.73
	7	F5N	1978	2005		0.50A	0.50A	0.45A
	8	F5W	1980	2006			0.70	0.73
	9	F5S	1982	2006			0.69	0.70
	10	F7S	1973	2006		0.79	0.79	0.72
	11	F7W	1973	2006		0.55	0.81	0.73
	12	F3S	1961	2003	0.57	0.61	0.74	0.59
	Sequência	Séries	Intervalo		1965-1994		1980-2009	
<i>C. odorata</i> / Borda da floresta (REC)	1	C1S1	1967	2005	0.28A			
	2	C17S	1981	2005			0.63	
	3	C4E1	1984	1995			0.50	
	4	C4E2	1984	1995			0.71	
	5	C4W1	1986	1996			0.36B	
	6	C4W2	1993	2001			0,52	
	7	C3W1	1988	2003			0.41A	
	8	C3E1	1985	1998			0.49	
	9	C5S3	1990	2003			0.36A	
	10	C5S1	1992	2005			0.71	
	11	C5S2	1992	2005			0.86	
	12	C6S1	1991	2002			0.75	
	13	C6S2	1982	1993			0.56	
	14	C30S2	1984	1997			0.37B	
	15	C21N2	1981	1994			0.71	
	16	C20S2	1992	2005			0.59	
	17	C19N1	1978	1991		0,58		

Continuação

Continuação C1

	Sequência	Séries	Intervalo		1920 -1949	1935- 1964	1950- 1979	1965- 1994	1980- 2005
<i>C. odorata</i> Floresta (REC)	1	c34s1	1922	2005	0.68	0.71	0.49	0.44	0.49
	2	c34n1	1934	2005	0.66		0.65	0.79	0.77
	3	c34n2	1940	2005		0.68	0.69	0.77	0.76
	4	c37s2	1936	1976		0.61	0.30B		
	5	c37s1	1938	1979		0.46	0.21B		
	6	c35w1	1949	2003		0.53	0.57	0.49	0.43
	7	c35w2	1946	2003		0.45	0.44	0.41A	0.31A
	8	c27s	1953	2004			0.60	0.76	0.77
	9	c27w	1952	2004			0.35B	0.45	0.51
	10	c32w	1973	2005				0.44	0.39A
	11	C28N	1952	2006			0.21B	0.38A	0.58
	12	c38w2	1953	2005			0.72	0.74	0.69
	13	c38w1	1953	1999			0.50	0.45	0.49
	14	c36e1	1957	2005			0.45	0.68	0.67
	15	c36e2	1957	2005			0.39A	0.65	0.62
	16	C39S1	1959	2000			0.34A	0.46	0.40A
	17	c33w2	1954	1999			0.38B	0.33A	0.29A

Anexo C2 - Inter-correlação das séries cronológicas da largura dos anéis de crescimento das árvores de *Cedrela* sp. (floresta 2ª) do Parque Zoobotânico – Rio Branco – AC

	Sequência	Séries	Intervalo		1965-1994	1980-2009
<i>Cedrela</i> sp / Floresta secundária (PZ)	1	pc1w1	1980	2007		0.63
	2	pc1e1	1982	2007		0.30A
	3	pc2w1	1977	2007	0.47	0.48
	4	pc2w2	1976	2006	0.39A	0.45
	5	pc2s1	1978	2006	0.38A	
	6	pc3s1	1980	2008		0.63
	7	pc3w2	1979	2008	0.55	
	8	pc4w2	1976	2006	0.40A	0.36A
	9	pc4n1	1977	2006	0.47	
	10	Pc5n	1985	2006		0.67
	11	pc6w1	1984	1996		0.69
	12	pc6e1	1983	2000		0.76
	13	pc6w2	1977	1997	0.42	
	14	pc7e2	1987	2008		0.40A
	15	pc7w2	1987	2004		0.50
	16	pc8w	1975	1998	0.69	
	17	pc8s	1974	2002	0.71	
	18	pc9w2	1976	2000	0.58	
	19	pc9e2	1976	1993	0.52	

Anexo C3 - Inter-correlação das séries cronológicas da largura dos anéis de crescimento das árvores de *Cedrela* sp. da Fazenda S. Jorge em Sena Madureira – AC

Sequência	Séries	Intervalo	1875- 1924	1900- 1949	1925- 1974	1950- 1999	1975- 2008
1	sc1a	1929	1980		0.68	0.66	
2	sc2a	1950	1995			0.42	
3	sc2b	1965	2001			0.62	
4	sc3a	1929	2002		0.38	0.64	0.63
5	sc3b	1944	2006		0.65	0.61	0.60
6	sc4a	1925	1989		0.56	0.60	
7	sc4b	1911	1995	0.63	0.65	0.53	
8	sc5b	1949	2006		0.58	0.57	0.43
9	sc6a	1966	2004			0.44	
10	sc6b	1954	1998			0.47	
11	sc7a	1913	2008	0.56	0.60	0.54	0.55
12	sc7b	1950	2007			0.44	0.45
13	sc8a	1952	2007			0.51	0.58
14	sc8b	1954	2007			0.43	0.44
15	sc9a	1953	2000			0.52	
16	1.1	1921	2008	0.43	0.43	0.35	0.30A
17	2.3b	1940	1973		0.53		
18	3.3	1940	2001		0.59	0.52	0.56
19	4.3	1919	1993	0.50	0.62	0.38	
20	5.5	1936	1990		0.56	0.53	
21	6.1	1930	2007		0.58	0.68	0.59
22	6a2	1949	2008		0.61	0.62	0.66
23	7.1	1845	1997	0.58	0.69	0.66	0.59
24	7.1c	1971	1997			0.59	
25	7.2	1908	2004		0.75	0.70	0.52
26	8.2	1902	1975		0.36	0.35	0.36
27	8.4	1886	1929	0.46			
28	8.4b	1938	1969		0.49		
29	9.1	1966	2008			0.62	
30	9.2	1961	2008			0.74	
31	10.1	1882	1981	0.45	0.47	0.43	0.39
32	11.2b	1970	2006			0.44	
33	11.3a	1935	2006			0.42	0.65
34	12.1	1927	1996			0.40	0.57
35	13.3	1952	2007			0.68	0.67
36	14.1a	1929	1965			0.61	

Anexo C4- Inter-correlação das séries cronológicas da largura dos anéis de crescimento das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* na Fazenda Experimental Catuaba (REC)

Sequência	Séries	Intervalos	1980-1990	1999-2009	
1	s1w2	1987	2007	0.69	0.67
2	s1w1	1987	2007	0.55	0.52
3	s2w1	1988	2005	0.34A	
4	s4s2	1984	2006	0.44A	0.45A
5	s4s1	1984	2006	0.64	0.66
6	s7e1	1996	2004		0.82B
7	s7e2	1993	2006		0.65

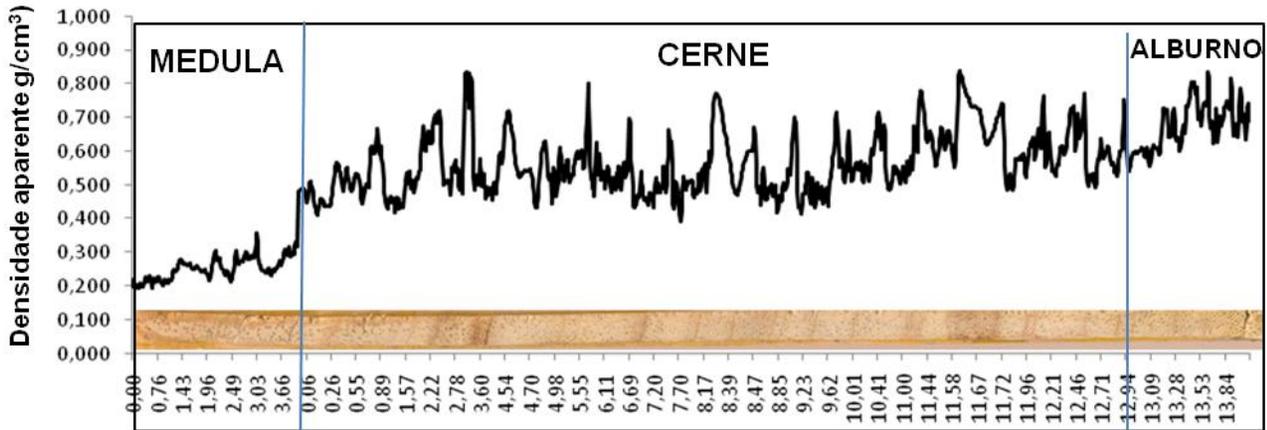
Continuação Anexo C4

Sequência	Séries	Intervalos		1980-1990	1999-2009
8	s7n1	1996	2007		0.96
9	s7n2	1987	2006	0.86	
10	s8e2	1985	2003	0.48A	
11	s8e1	1984	2004	0.48A	0.53
12	s8n1	1987	2000	0.42A	
13	s8n2	1986	2000	0.72	
14	s9s2	1993	2004		0.87
15	s9s1	1995	2004		0.85B
16	s9w1	1990	2004		0.63
17	s9w2	1990	2003		0.67
18	s10w2	1986	2003	0.61	
19	s10w1	1985	2003	0.48A	

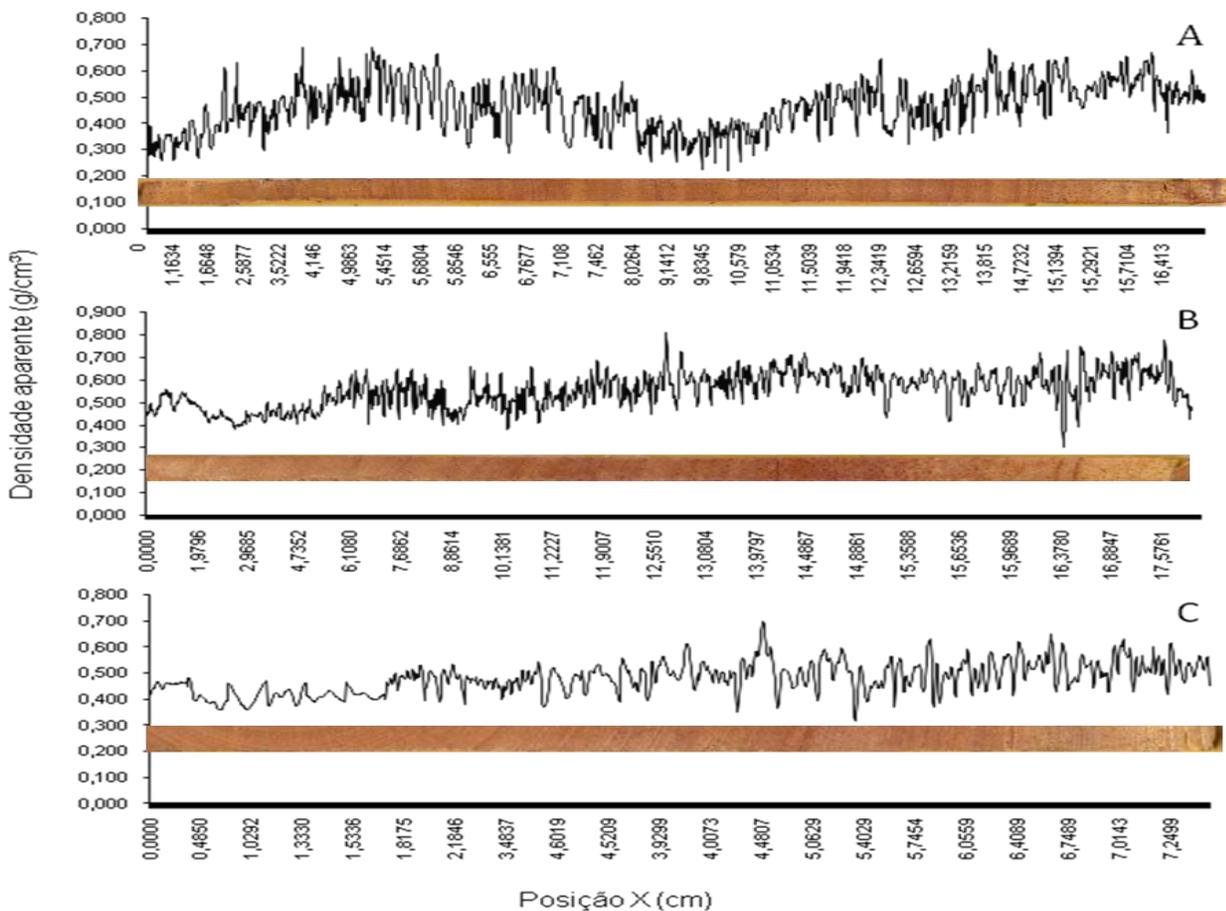
Anexo C5- Inter-correlação das séries cronológicas da largura dos anéis de crescimento das árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* no Parque Zoobotânico (PZ)

Sequência	Séries	Intervalos		1970- 1989	1980-1999	1990-2009
1	s16s2	1980	2003		0.52	0.45A
2	s16s1	1980	2004		0.60	0.55
3	s17n1	1993	2004			0.42A
4	s17n2	1994	2002			0.79
5	s17e2	1993	2006			0.45B
6	s17e1	1993	2005			0.64
7	s21e1	1987	2007		0.32B	0.34B
8	s21s2	1979	2000	0.51A	0.40A	0.40A
9	s20n1	1981	2007		0.74	0.59
10	s20n2	1980	2007		0.76	0.64
11	s19e2	1974	2004	0.41B	0.39A	0.54
12	s19s1	1973	2005	0.45A	0.33B	0.30A
13	s18w1	1984	2003		0.73	
14	s12n2	1991	2005			0.60
15	s13e2	1998	2006			0.91B
16	s13e1	1998	2006			0.92B
17	s14n2	1991	2002			0.91
18	s14n1	1993	2001			0.61B
19	s18w2	1986	2001		0.53B	
20	s13n1	1998	2006			0.66B
21	s13n2	1997	2006			0.79B
22	s15e2	1977	2003	0.35A	0.50A	0.52

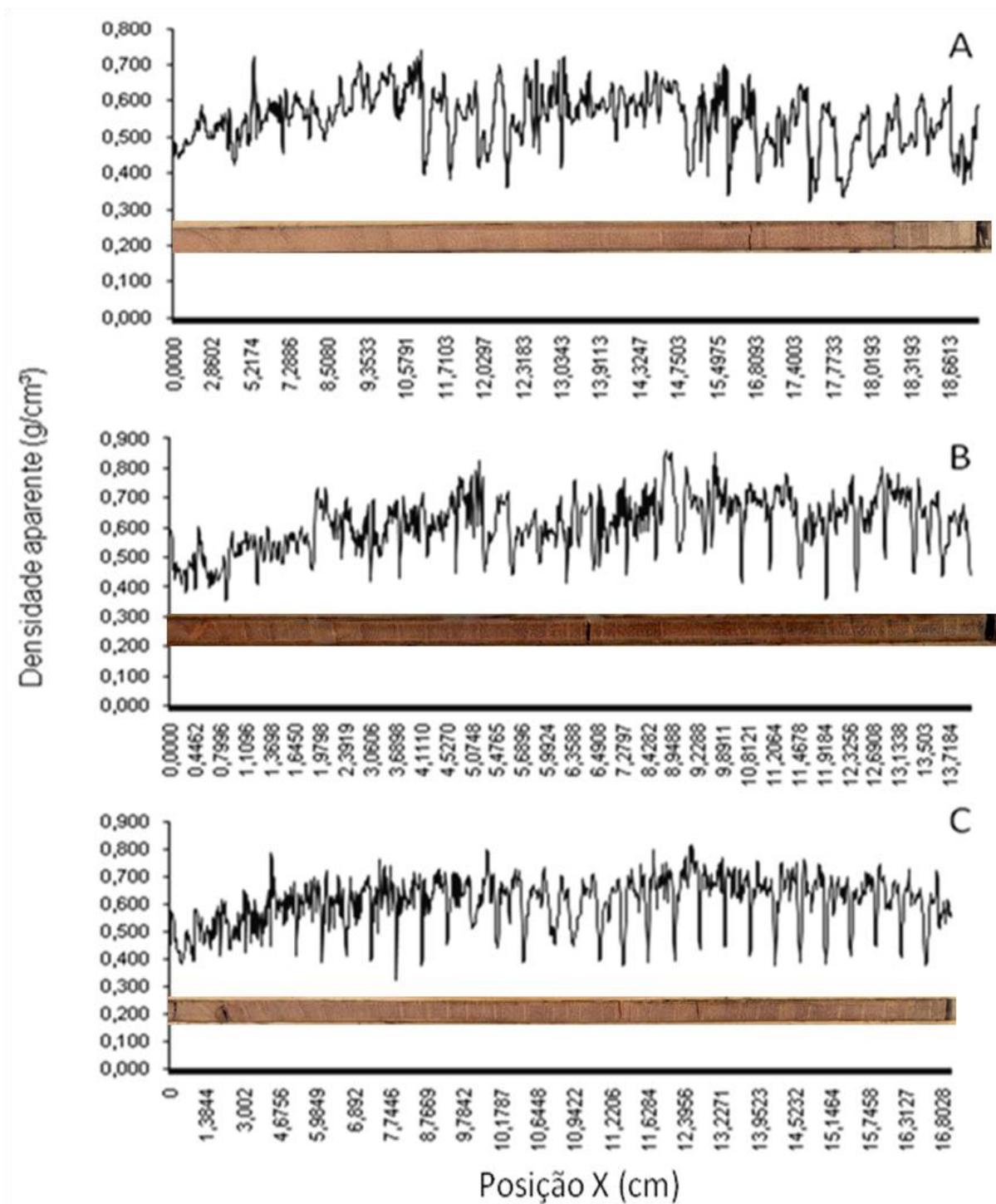
Anexo D



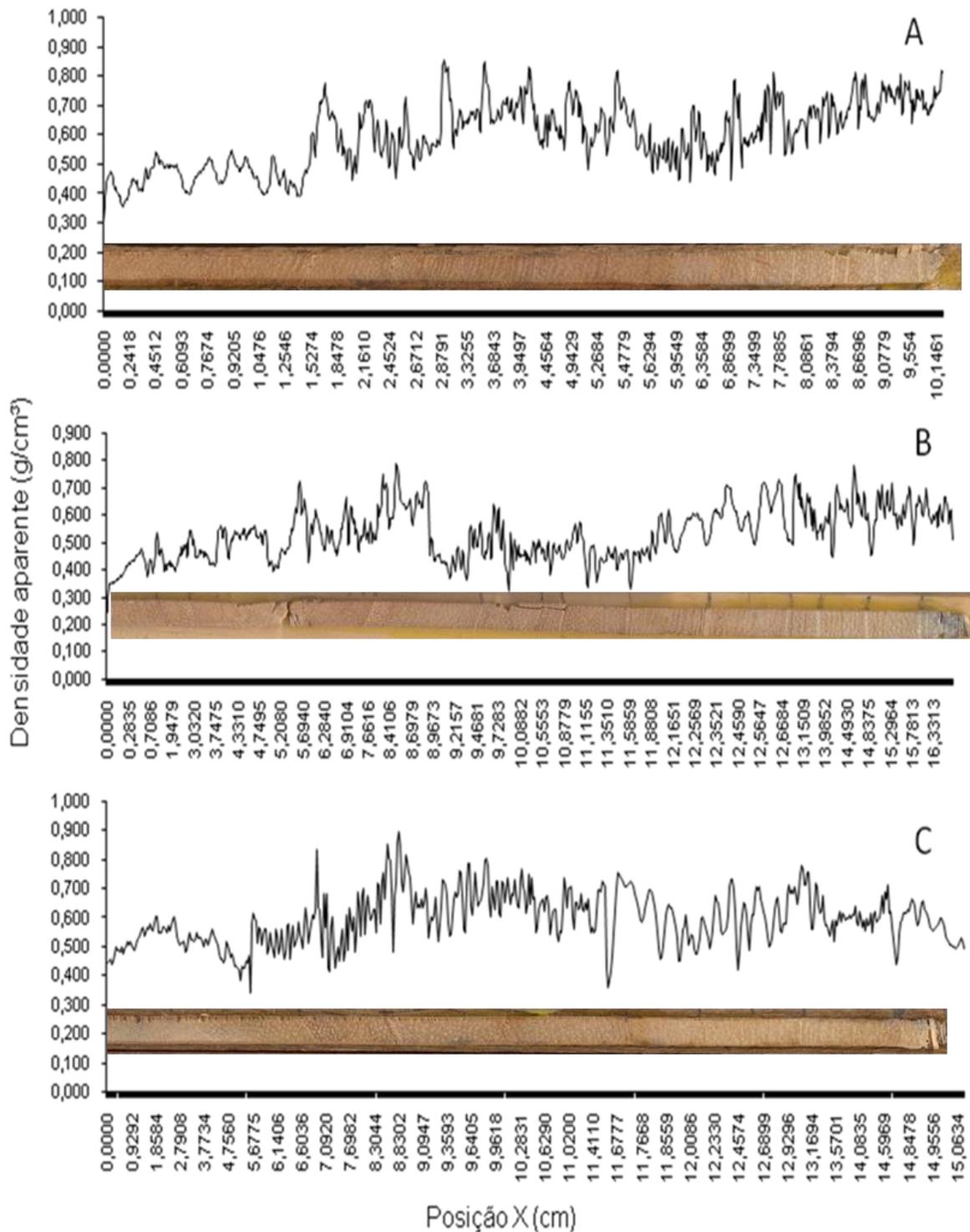
Anexo D1 - Perfil densitométrico de raios X exemplificando cada posição radial do lenho de *Schizolobium amazonicum*, permitindo a distinção entre lenho juvenil e adulto.



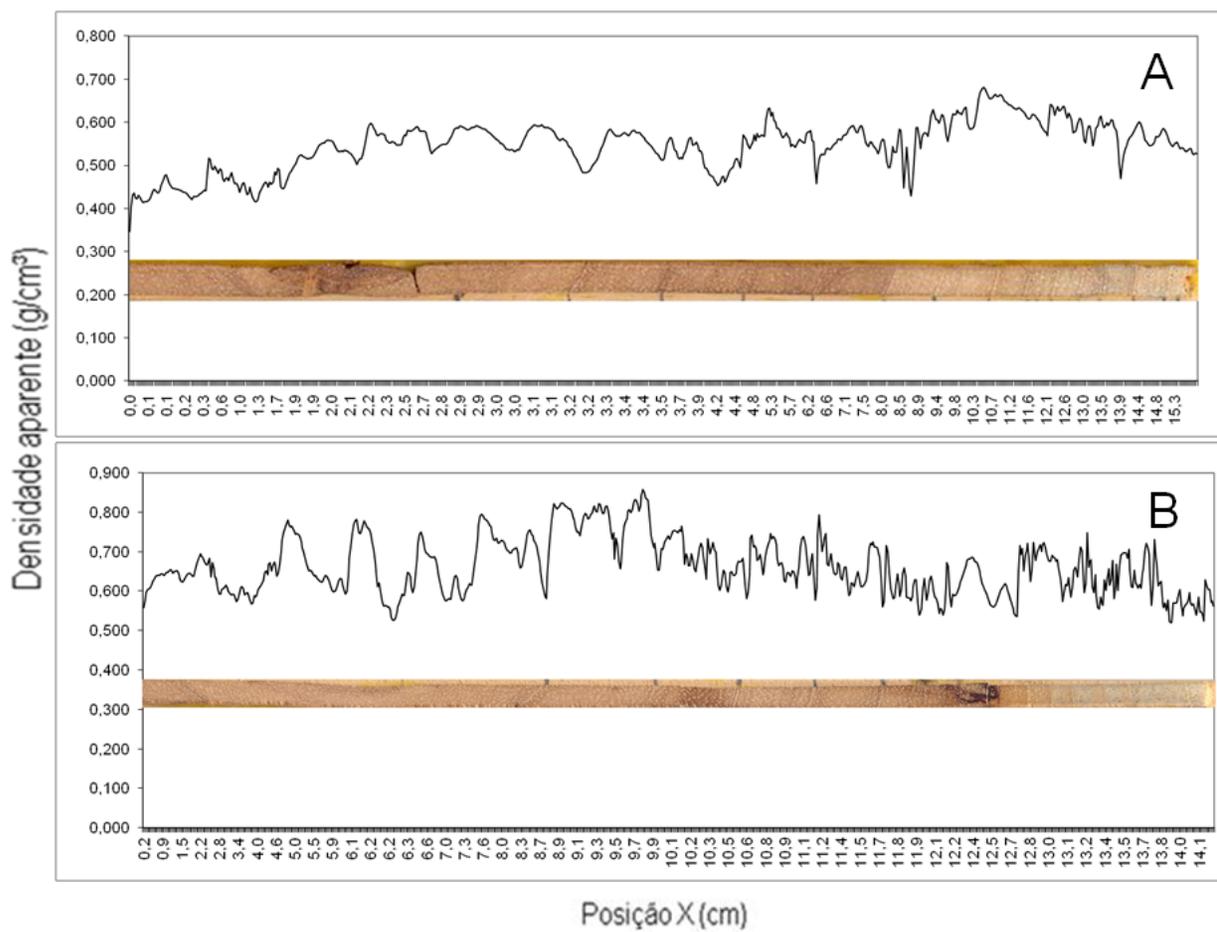
Anexo D2. Perfis densitométricos referentes às árvores de *Cedrela* sp. situadas nas áreas de floresta primária.(A: amostra C27; B: amostra C34; C :amostra C35)



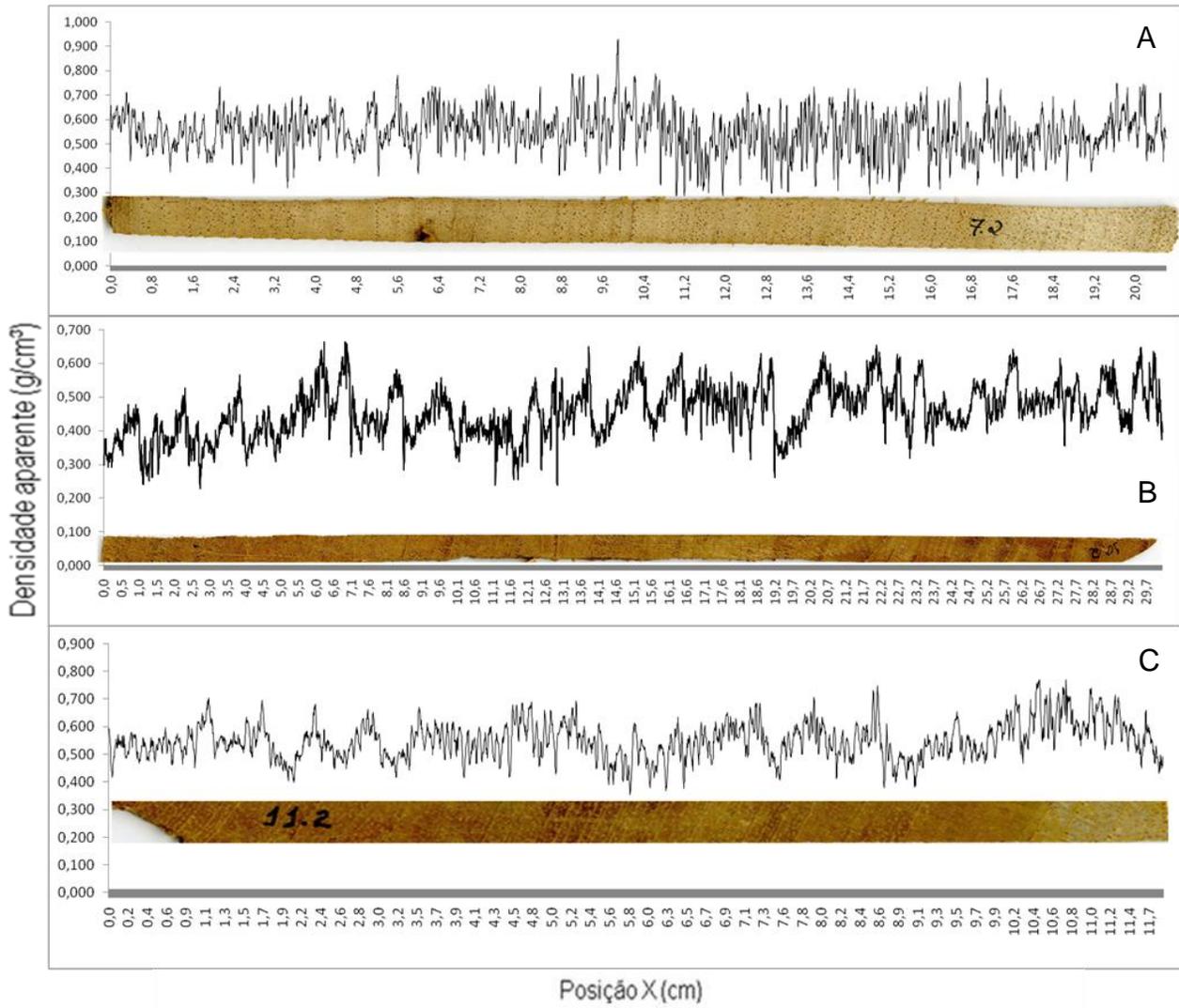
Anexo D3. Perfis densitométricos referentes às árvores de *Cedrela* sp. situadas nas áreas de pastagem.(A: amostra F1; B: amostra F5; C: amostra F6)



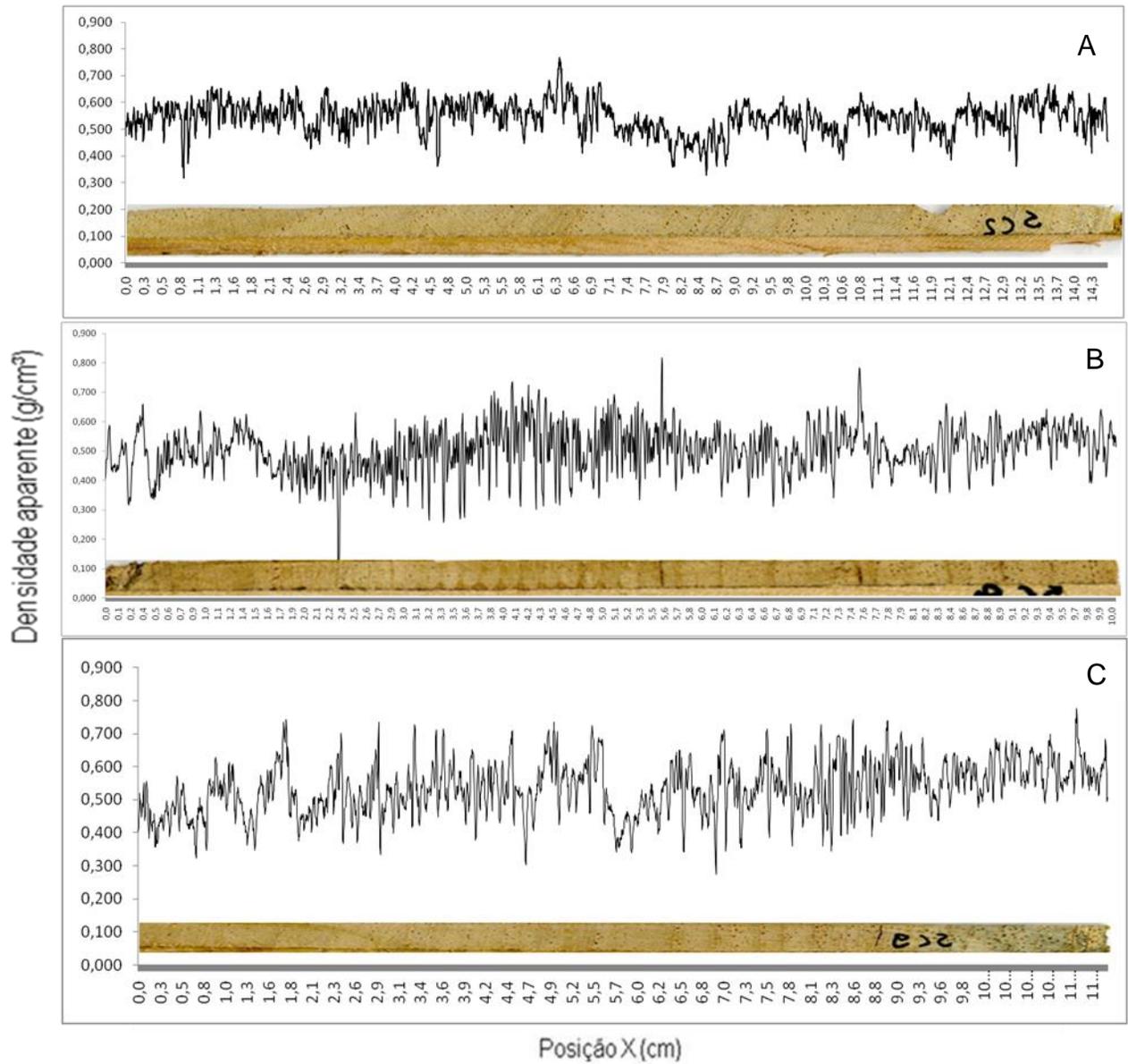
Anexo D4. Perfis densitométricos referentes às árvores de *Cedrela* sp. situadas nas áreas de borda de mata. (A: amostra C3; B: amostra C4; C: amostra C6)



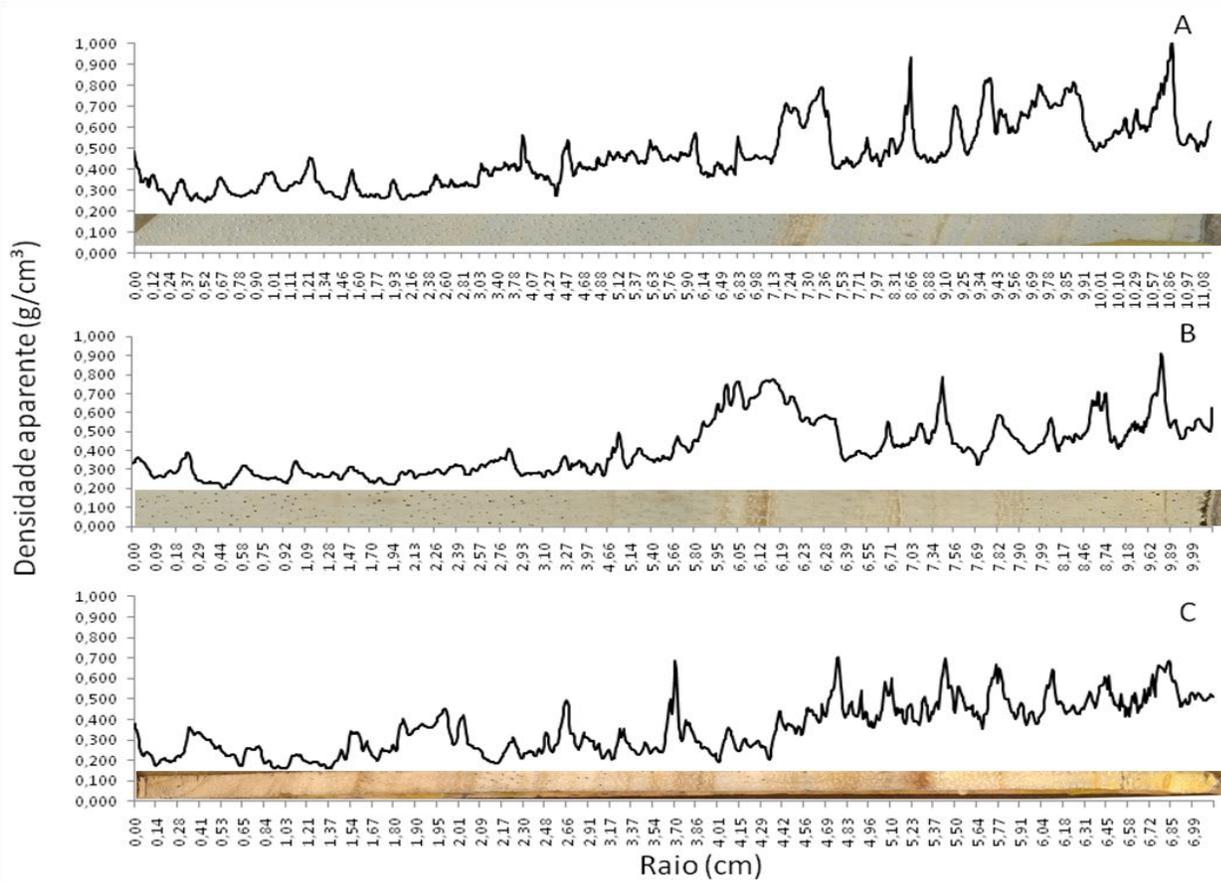
Anexo D5. Perfis densitométricos referentes às árvores de *Cedrela* sp. situadas nas áreas de capoeira (A: amostra C19; B: amostra C20)



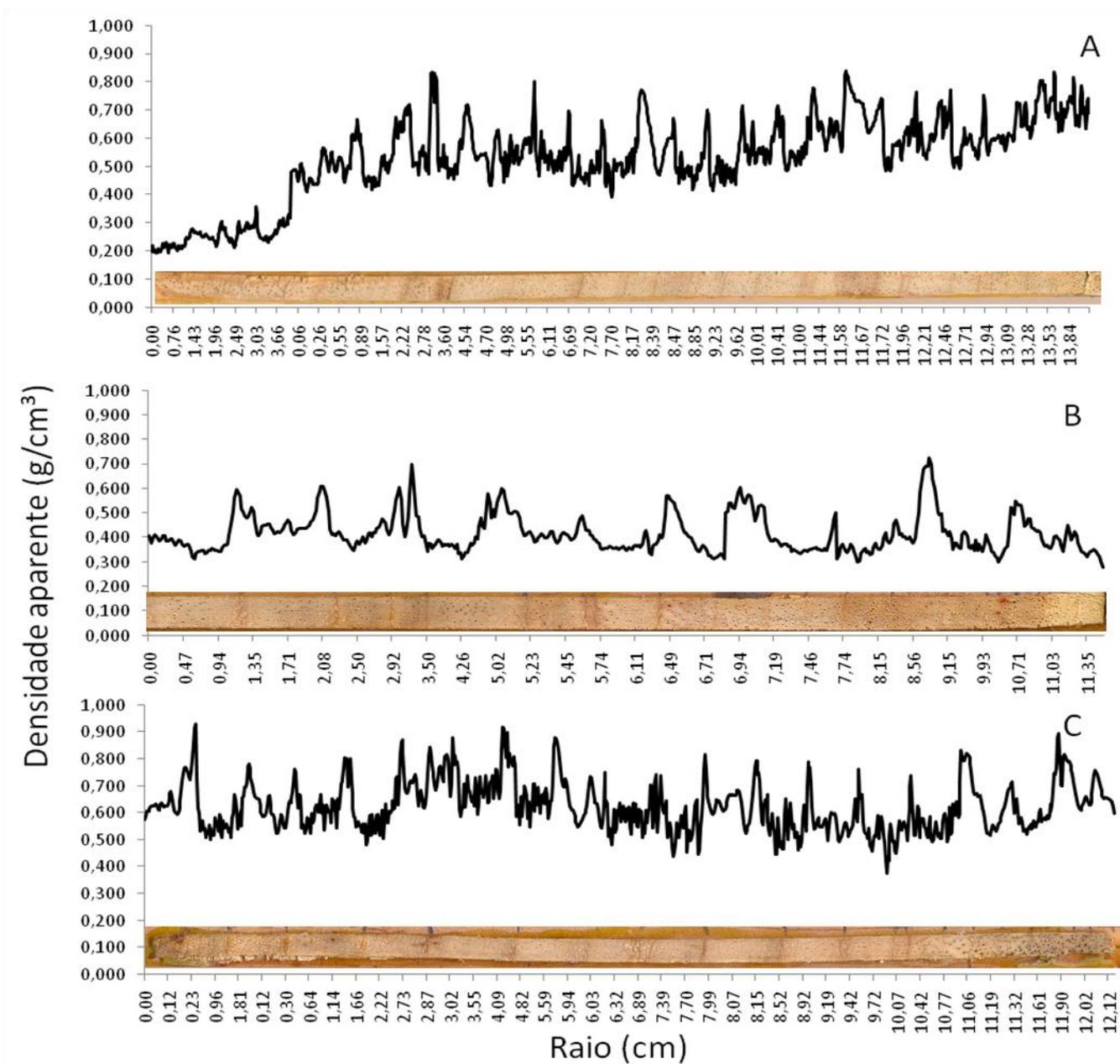
Anexo D6. Perfis densitométricos das árvores de *Cedrela* sp. exploradas na Fazenda São Jorge (A: amostra 7.2; B: amostra 10.2; C: amostra 11.2)



Anexo D7. Perfis densitométricos das árvores de *Cedrela* sp. remanescentes na Fazenda São Jorge. A: amostra SC2; B: amostra SC8; C :amostra SC9)



Anexo D8. Perfis densitométricos referentes às árvores de *Schizolobium amazonicum* situadas nas áreas da REC (A: amostra S5; B: amostra S11; C: amostra S12)



Anexo D9. Perfis densitométricos referentes às árvores de *Schizolobium amazonicum* situadas nas áreas do PZ (A: amostra S19; B: amostra S20; C: amostra S21)