



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



SILVANA DOS SANTOS CARVALHO GARCIA

**ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS EM *Euxylophora paraensis* Huber
(RUTACEAE) E *Carapa guianensis* Aubl. (MELIACEAE) PROVENIENTES DE
PLANTIOS EM TERRA FIRME NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM – PA
2014**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



SILVANA DOS SANTOS CARVALHO GARCIA

**ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS EM *Euxylophora paraensis* Huber
(RUTACEAE) E *Carapa guianensis* Aubl. (MELIACEAE) PROVENIENTES DE
PLANTIOS EM TERRA FIRME NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica Tropical, para a obtenção do título de **Mestre**.

Orientador: Drº. João Ubiratan Moreira dos Santos

Co-orientador: Dr. Victor Hugo Pereira Moutinho

**BELÉM – PA
2014**

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois até aqui tem me ajudado, e com fé nele, continuo seguindo para “lugares cada vez mais altos”.

A meus Pais, Silva Carvalho e Antônia Elenice Carvalho, pela vida, amor, carinho, dedicação, entre tantas outras ações, que me permitiram ser o quem sou hoje.

Ao meu irmão, Sérgio Carvalho, que sempre me ajudou e acreditou em mim, quando nem mesmo eu acreditava, seu otimismo e confiança sempre me contagiam.

Ao meu amado esposo, Ricardo Garcia, por todo amor, carinho, incentivo compreensão, ajuda, apoio, companheirismo e ensinamentos. Sua motivação foi essencial nesse processo.

A Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, e ao Museu Paraense Emilio Goeldi, pelo curso de mestrado, em especial a coordenação de Botânica pela capacitação acadêmica. Ao secretário do Curso da pós Anderson, por todo auxílio.

A CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa.

Ao INCT Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia pela concessão de diárias para coleta de campo.

Ao PIME - Projeto Integrado MCT- EMBRAPA, pelos equipamentos.

A Universidade do Oeste do Pará – UFOPA, pelo apoio cedido através do Profº. Victor. A Claudia - engenheira florestal e o senhor Antonio (motorista e guia), que me acompanharam ao campo e se tornaram amigos queridos, e aos demais profissionais do laboratório de Madeira da UFOPA.

A minha orientadora inicial Drª Ana Luiza Albernaz, por todos os esforços iniciais desta pesquisa.

Ao meu co-orientador Drº Victor Moutinho, por ter aceitado minha co-orientação, por toda paciência, pela amizade, pelo conhecimento dividido, pelos insumos e esforços dedicados a essa pesquisa.

Ao meu orientador Drº João Ubiratan, por ter me acolhido em sua equipe de orientandos, por ter acreditado em meu trabalho e por todo subsidio oferecido enquanto orientador e professor.

Aos Profº Everton Cristo e Fernando Jardim pelas valiosas contribuições e esclarecimentos quanto as práticas de manejo florestal.

Ao MSc. Claudio Anholetto, por suas valiosas contribuições neste trabalho, principalmente com as análises dendroclimáticas.

A minha amiga Loriela Cidrônio, pela amizade, carinho e incentivo para prestar a seleção de mestrado.

A Turma de mestrado em Botânica/2012, por todo o aprendizado, companheirismo e amizade. Em especial: Ana Claudia, Cássio, Liliane, Luana, Madson, Marilene, Maria. Amigos que levarei sempre no coração.

A Daniela Barros, pela confecção do mapa, bem como ao restante da turma do laboratório de modelagem, pela amizade e carinho.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Ord.	Descrição	P.
Fig. 1	Identificação da área de estudo no mapa	29
Fig. 2	A-Retirada dos discos com motosserra; B-Anotando (CAP e DAP), identificando os discos; C- Plainando os discos; D-Lixando os discos.....	31
Fig.3	Mensuração e controle dos anéis de crescimento. A- observação e marcação dos anéis em lupa estereoscópica; B- marcação dos raios contagem e mensuração dos anéis; C- Disco com os quatro raios; D- Discos de <i>C. guianensis</i> analisados; E- Discos de <i>E. paraensis</i> analisados; F- Skeleton Plot.....	32
Fig. 4	Demonstração do uso do programa Image Proplus, realizando mensurações nos anéis de crescimento da <i>E. paraensis</i> pelo software de imagem Image-Pro plus	33
Fig. 5	Plano transversal de <i>Euxylophora paraensis</i> Huber.....	35
Fig. 6	Plano transversal de <i>Carapa guianensis</i>	35
Fig. 7	Segmento do disco de <i>E. paraensis</i> , mostrando o disco antes e depois do infectados por fungos. Com anéis de crescimento distintos sendo indicados pelas setas, com delimitação da área atacada por fungos	36
Fig. 8	Observação do disco de <i>C. guianenses</i> , evidenciando o alburno, cerne e medula.....	36
Fig. 9	Graficos dos resultantes das mensurações dos anéis de crescimento de <i>E. guianensis</i> , A-Disco 1, B-Disco 2, C-Disco 3, D-Disco 4, E-Disco 5 e F- Todos os Discos.....	38
Fig. 10	Graficos dos resultantes das mensurações dos anéis de crescimento de <i>C. guianensis</i> , A- Disco 1, B- Disco 2, C- Disco 3, D- Disco 4, E-Disco 5 e F - Todos os Discos.....	39
Fig. 11	As respectivas Séries Master das espécies <i>E. paraensis</i> e <i>C. Guianensis</i> ..	40
Fig. 12	Diagramas ombrotérmicos, representativo para as áreas A - Belterra e B - Monte Alegre (Ano 2012) - Fonte: INMET	41
Fig. 13	Correlações dos índices dos anéis de crescimento da <i>C. guianensis</i> e variáveis climáticas de estação meteorológica do IMET de Belterra e Monte Alegre.....	42
Fig. 14	Correlações dos índices dos anéis de crescimento da <i>E. paraensis</i> e variáveis climáticas de estação meteorológica do IMET de Belterra e Monte Alegre.....	42
Fig. 15	Gráficos do crescimento cumulativo em <i>C. guianensis</i> e <i>E. paraensis</i>	43
Fig. 16	Disco 1 (Raios A e B)	44
Fig. 17	Disco 2 (Raios A e B)	45
Fig. 18	Disco 3 (Raios A e B)	45
Fig. 19	Disco 4 (Raios A e B)	45
Fig. 20	Disco 5 (Raios A e B)	45
Tabela 1	Largura média, Desvio padrão, Médias Max. e Min. dos indivíduos analisados de <i>C. guianensis</i> e <i>E. paraensis</i>	43
Tabela 2	Densidade aparente média, máxima e mínima dos cinco discos de <i>E. paraensis</i>	44

SUMARIO

RESUMO

ABSTRACT

1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	09
1.1. Revisão de literatura	11
1.1.1. - O Manejo Florestal na Amazônia Brasileira e a dendrocronologia.....	11
1.1.2. - A formação de anéis de crescimento anual em árvores de florestas tropicais.....	13
1.1.3. - A Dendrocronologia no Bioma Amazônia	15
1.1.4. - A dendrocronologia nas espécies do estudo.....	17
1.1.4.1. - <i>Euxylophora paraensis</i> Huber.....	17
1.1.4.2. - <i>Carapa guianensis</i> Aubl.	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
2. ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS EM <i>Euxylophora paraensis</i> Huber (RUTACEAE) E <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (MELIACEAE) PROVENIENTES DE PLANTIOS EM TERRA FIRME NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	25
2.1. INTRODUÇÃO	26
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	29
2.2.1. Área de estudo	29
2.2.2. Coleta e preparação do material	30
2.2.3. Analise de dados: Observação, contagem e mensuração dos anéis:.....	31
2.2.3.1. Caracterização Anatômica da madeira das espécies:	31
2.2.3.2. Analises Dendrocronológicas	32
2.2.3.3. Densitometria de raios X em <i>Euxylophora paraensis</i> :	34
2.3. RESULTADOS.....	35
2.3.1. Descrição Macroscópica	35
2.3.1.1. <i>Euxylophora paraensis</i> Huber (Figura 5) Família: Rutaceae/Nome popular: Pau amarelo.....	35
2.3.1.2. <i>Carapa guianensis</i> Albl. (Figura 6) – Família: Meliaceae/Nome popular: Andiroba.....	35
2.3.1.3. Caracterização dos anéis de crescimento.....	36
2.3.2. Análise dendrocronológica para <i>Euxylophora paraensis</i> Huber e <i>Carapa guianensis</i> Aubl.	37
2.3.2.1. Dendroclimatologia para as espécies do estudo.....	40
2.3.2.2. Dinâmica de crescimento das espécies estudadas	42
2.3.3. Densitometria de Raio X em <i>Euxylophora paraensis</i> Huber	43
2.4. DISCUSSÃO.....	46
2.4.1. A formação dos anéis de crescimento nas espécies do estudo.....	46
2.4.1.1. <i>Euxylophora paraensis</i>	46
2.4.1.2. <i>Carapa guianensis</i>	46
2.4.2. Analises dendroclimáticas.....	47
2.4.3. Dinâmica de crescimento das Espécies.....	49
2.4.4. Densitometria de Raio X em <i>E. paraensis</i>	50
2.5. CONCLUSÃO	51

AGRADECIMENTOS.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
APÊNDICES	60
TABELA A: Tabela A: Dados obtidos para <i>C. guianensis</i> DAP, CAP, IMA, ICA, IPA e o CUM.....	60
TABELA B: Dados obtidos para <i>E. paraensis</i> DAP, CAP, IMA, ICA, IPA e o CUM.....	60
TABELA C: Pontos de GPS dos indivíduos no plantio	61
TABELA D: Informações dos indivíduos coletados da espécie <i>E. paraensis</i>	61
TABELA E: Informações dos indivíduos coletados da espécie <i>C. guianensis</i>	61
ANEXO - NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA “FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT”	62

RESUMO

Atualmente o manejo florestal vem sendo praticado com a aplicação de ciclos de corte entre 25 e 35 anos de rotatividade, tendo como 50 cm o diâmetro mínimo. Pesquisas sobre ciclos de crescimento de espécies arbóreas denotam que esse tempo é insuficiente para que algumas populações possam repor os indivíduos retirados pela sistema de exploração, entretanto, há poucos estudos disponíveis para a maioria das espécies neotropicais. Em virtude dos resultados apresentados pela dendrocronologia, acredita-se que esta ciência possa ser uma importante ferramenta na obtenção de conhecimento sobre a dinâmica de crescimento de espécies nativas da Amazônia, uma vez que existe comprovada distinção na marcação de anéis de crescimento e na periodicidade anual de sua formação. Estudos preliminares realizados na região do Tapajós-PA indicaram anéis de crescimento definidos em algumas espécies, o que chamou atenção para um possível potencial dendrocronológico. A área de estudo possui estação de seca bem definida, com déficit hídrico contínuo de 2-3 meses por ano. As coletas foram realizadas na estação experimental de Curuá-Una, no município de Prainha-PA. O estudo objetivou verificar a viabilidade da aplicação da dendrocronologia em árvores de *Euxylophora paraensis* Huber e *Carapa guianensis* Albl., espécies de importância econômica e social. Para tal, foi realizada a calibração da periodicidade e da marcação de anéis, bem como foi verificado a formação de anéis não anuais, mediante a análise de discos do tronco de 5 indivíduos coletados em um plantio de 29 anos para *E. paraensis* e 32 anos para *C. guianensis*, os quais foram submetidos a visualização com lupa, para a caracterização macroscópica da madeira das espécies, os anéis foram analisados um a um e, posteriormente, mensurados com o software Image Pro Plus. Os dados obtidos foram submetidos ao controle de qualidade da datação através do programa COFECHA, que verificou estatisticamente a co-datação entre as séries de anéis dos raios dos discos e entre os discos; os dados também foram submetidos ao programa ARSTAN, que eliminou as tendências biológicas de crescimento, relacionadas com a idade das árvores. As análises climáticas (precipitação-temperatura) foram obtidas através de correlação de Pearson. Concluiu-se que ambas as espécies apresentaram anéis de crescimento distintos e anuais, uma vez que, o quantitativo de anéis corroborou com a idade do plantio, assim como, as correlações climáticas encontradas. Os anéis de crescimento evidenciaram correlações positivas com a temperatura e a precipitação, entretanto, perceberam-se oscilações no crescimento mediante a disponibilidade de água no solo.

Palavras Chave: Dendroclimatologia - Dinâmica de crescimento - Florestas tropicais.

ABSTRACT

Currently forest management has been practiced by applying logging cycles between 25 and 35 years of turnover, with the 50 cm minimum diameter. Research on growth of individual species show that its time is insufficient, so that some populations can replenish individuals removed by the operation; however, there are few studies available for neotropical species. By the results presented by dendrochronology, it is believed that this may be an important tool in improve knowledge about the growth dynamics of native species of Amazon, once proven distinction in marking the growth ring and each year the areas increment. Preliminary studies in the Tapajós region, Pará State, showed defined tree rings in some species, which drew attention to a possible dendrochronology potential. The area has a well defined dry season, with continuous water deficit to 2-3 months per year. Sampling was conducted at the experimental station Curuá-Una, in the village of Prainha-PA. The study aimed to verify the availability of dendrochronology for *Euxylophora paraensis* Huber and *Carapa guianensis* Albl., two species of economic and social importance. For this, the frequency of calibration and marking of rings was performed and was found to the formation of annual tree rings, by using disks trunk of 5 individuals collected in a plantation of 29 years for *E. paraensis* and 32 years for *C. guianensis*. Which were submitted to the display with magnifying glass, for macroscopic characterization of the species, the rings were analyzed one by one, and subsequently measured with Image Pro Plus, the data were subjected to quality control COFECHA, which found statistically co-dating between sets of rings ray discs and between discs, data were also submitted to ARSTAN that eliminated growth trends and removed the residual of chronology. The climate (precipitation, temperature) analyzes were obtained by Pearson correlation using Microsoft Office Excel. It was found that both species have distinct and annual growth rings, since the ring quantitative corroborated the age of the plant. The tree rings showed positive correlations with temperature and precipitation, however, it was noticed fluctuations in growth by the availability of soil water.

Key Words: Dendroclimatology - Growth dynamics - tropical forests

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A exploração madeireira na Amazônia está se tornando cada vez mais intensa com o passar dos anos, gerando divisas e empregos para a economia da região (HOMME, 2011; SCABIN, *et al.*, 2011). Contudo, a maior parte dessa exploração acontece de maneira nociva ao meio ambiente, provocando à diminuição da cobertura vegetal e perda de biodiversidade, o que pode gerar sérios danos à manutenção dos serviços ecossistêmicos, com risco do aumento de queimadas e extinção de espécies (PINTO *et al.*, 2002; MOUTINHO *et al.*, 2011).

Diante disso, verifica-se a necessidade de se desenvolver um sistema de manejo florestal efetivamente sustentável (FIGUEIREDO *et al.*, 2005), visto que, a exploração madeireira, quando inadequada, ignora fatores importantes, como o ritmo de crescimento e de regeneração das espécies, o que pode resultar em superestimação do diâmetro do tronco desses indivíduos, gerando prejuízos na estrutura populacional das espécies envolvidas (FONSECA Jr. *et al.*, 2009).

Na tentativa de promover um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a exploração madeireira, bem como minimizar os impactos resultantes desse processo nas florestas e para as populações locais, em 02 de março de 2006, foi criada a Lei de Gestão de Florestas Públicas (lei nº 11.284), a qual rege a utilização planejada dos recursos naturais, das unidades de conservação de uso sustentável, buscando promover a exploração sustentada (LOBÃO, 2011).

Essa lei visa incentivar a prática de exploração madeireira sustentável a partir do incentivo à criação de unidades de conservação que permite a regularização e facilitando as concessões de exploração, tornando a exploração vegetal mais racional e eficiente. Contudo, para a construção de um planejamento sustentável desses recursos, é indispensável o conhecimento do ritmo de crescimentos das espécies (IMAZON, 2011), fazendo com que os planos estratégicos ganhem maior aplicabilidade ao avaliar-se as potencialidades das espécies madeireiras disponíveis. No entanto, devido a alta riqueza e diversidade existente na Floresta Amazônica, estabelecer um manejo florestal sustentável, acaba por se tornar algo muito complexo, devido a falta de informação sobre o ritmo de crescimento da maioria das espécies florestais (BRIENEN e ZUIDEMA, 2006).

Schöngart (2008) explica que a prática de manejo mediante a modelos de povoamento florestal, pode gerar super-exploração das espécies que não conseguem reestabelecer sua população, já que seu ritmo de crescimento não é condizente com o ciclo de corte de 25-35 anos preestabelecido pela legislação e, por serem de crescimento lento, acabam sendo sobre exploradas.

Na tentativa de obter uma melhor compreensão sobre o crescimento dos indivíduos por espécie, acredita-se que a dendrocronologia pode ser uma importante ferramenta a ser aplicada nas florestas de terra-firme. Entretanto, para a aplicação desta técnica, deve-se comprovar a anuidade da formação dos anéis de crescimento, mediante a existência de algum fator limitante de crescimento, definindo quais fatores ambientais são determinantes para a formação dos anéis (WORBES, 2002).

A região do Tapajós apresenta características climáticas pertinentes que podem induzir a formação de anéis de crescimento em espécies arbóreas. Supõe-se que o período de seca característico da região ocorre devido a influência exercida pela evaporação do rio Tapajós. Dados da PERH-MDA (2007-2011), citado por Farias e Carneiro (2012), ressalta que o rio Tapajós ocupa cerca de 492.263 km², cuja dimensões, em alguns pontos, atinge cerca de 555 km de largura e 1.457 km de comprimento.

Devido à constância da temperatura nessa região, acredita-se que a precipitação possa ser o fator significativo para estagnar ou diminuir a atividade cambial de algumas espécies e com isso marcar anéis de crescimento em seu tronco, como já observado em estudos preliminares (MOUTINHO *et al*, no prelo; TERVIZOR, 2011; ALBERNAZ *et al*, no prelo), que já evidenciaram anéis de crescimento distintos para algumas espécies dessa região.

Assim, este trabalho teve como objetivo verificar se a dendrocronologia pode ser aplicável nas espécies *Euxylophora paraensis* (pau amarelo) e *Carapa guianensis* (andiroba), para a região do Tapajós, uma vez que, informações sobre o crescimento dessas espécies podem auxiliar na definição racional das diretrizes para o manejo florestal sustentável. Logo se buscou responder as seguintes questões: As espécies estudadas possuem anéis de crescimento distintos e anuais? Os anéis de crescimento dessas espécies são influenciados por fatores climáticos da região?

As espécies propostas neste estudo são de interesse econômico, justificando assim a relevância em conhecer a viabilidade da aplicação das técnicas de dendrocronologia ao estudo de seu crescimento. Cabe ressaltar que *E. paraensis* se encontra na lista oficial de espécies vegetais ameaçadas de extinção, divulgada pelo IBAMA (2013), ratificando assim a necessidade de estudos que visem incentivar a sua conservação.

1.1. Revisão de literatura

1.1.1- O Manejo Florestal na Amazônia Brasileira e a dendrocronologia

O manejo florestal sustentável (MFS) é uma técnica de planejamento que visa melhorar a utilização dos recursos naturais de uma área florestal, bem como garantir a manutenção dos aspectos ecológicos do local, no intuito de torná-los constantes (PERRY, 1998). Esta proposta de manejo objetiva o desenvolvimento de um fluxo contínuo de produção, mediante a aplicação de um planejamento específico para o local, desencadeando benefícios econômicos, sociais e principalmente ecológicos (GAMA *et al.*, 2005). Logo se faz necessário uma ampla compreensão dos processos intrínsecos à floresta, pois de outro modo, seu planejamento para a utilização adequada / sustentável dos seus recursos naturais seria dificultada (CARVALHO, 1997).

A exploração controlada, em geral, aplica técnicas de impacto reduzido no processo, o que minimiza os danos aos demais indivíduos da área, tendo-se em vista os processos que preconizam o MFS, e busca preservar a floresta remanescente e a capacidade de regeneração natural da mesma, para que no período cotado se possa dar continuidade ao ciclo de exploração no sítio florestal (HIRAI *et al.*, 2012).

Atualmente no Brasil, os ciclos de corte foram estimados em uma rotatividade florestal de no mínimo 25 e no máximo 35 anos (IN 112/2006), entretanto, pesquisas estimam que o ritmo de crescimento das árvores florestais podem diferir dependendo do ambiente e da espécie e que o tempo necessário para reposição dos estoques pode vir a ser maior que esta estimativa (BOTOSSO e MATTOS, 2002; BRIENEN *et al.*, 2006; SCHONGART, 2008; ROSA, 2008; MATTOS, *et al.*, 2011, LEONI *et al.*, 2011;) havendo assim a necessidade de aprimorar o sistema de manejo florestal com o desenvolvimento de estratégias de exploração que promovam a conservação das espécies (WORBES *et al.*, 2003).

Entretanto, o ciclo de corte atualmente vigente foi projetado visando o crescimento da comunidade a ser explorada no sítio florestal, desconsiderando as possíveis variações nas taxas de crescimento entre as populações, ocasionando uma exploração que desconsidera a necessidade do tempo que as espécies precisam para sua reposição no meio, perdendo com isso a essência de ser realmente sustentável (SCHÖNGART, 2008). Logo, torna-se relevante para a tomada de decisão para o MFS estudos sobre a taxa de crescimento por espécies, logo a identificação dos fatores que influenciam em maior e menor grau o crescimento das árvores; a sensibilidade das espécies; a viabilidade econômica do manejo a ser aplicado, dentre outros (CUNHA, 2009).

A dendrocronologia pode ser uma ferramenta útil para a aplicação do manejo sustentável, pois propicia conhecimento sobre a dinâmica de crescimento das espécies arbóreas e pode possibilitar estimativas confiáveis do ciclo de corte - em relação aos volumes admissíveis para uma exploração sustentável (BOTOSSO e MATTOS, 2002). Isso possibilita a divisão adequada dos talhões de acordo com a rotatividade da área manejada, gerando tempo suficiente para que haja a reposição das árvores retiradas com a exploração (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2001a; BONINSEGNA *et al.*, 2009; CALLADO *et al.*, 2001; DUNISCH *et al.*, 2003; WORBES, 2002).

O desenvolvimento de estudos de crescimento para cada população arbórea é importante pois, segundo Mattos *et al.* (2011), populações de diferentes espécies ou de uma mesma espécie em diferentes locais podem apresentar variações nas respostas de desenvolvimento, relacionadas tanto à genética como às especificidades do meio que estão inseridas, haja vista que espécies de madeira com densidade baixa geralmente possuem crescimento rápido e podem vir a alcançar o diâmetro de corte antes do tempo estabelecido, diferentemente das espécies que apresentam madeira mais densa e consequentemente necessitam de um período de tempo relativamente maior para atingir o diâmetro mínimo de corte – DMC exigido para derrubada (SCHÖNGART *et al.*, 2007; SCHÖNGART, 2008).

Ressalta-se que o abate de árvores é permitido desde que os indivíduos a serem manejados possuam Diâmetro altura do peito - DAP acima de 50 cm, para as espécies que não possuem DMC específico (IN 05 SEMA de 19/5/2011).

O conhecimento inerente sobre a dinâmica de crescimento de uma espécie evidencia, dentre outros fatores, possíveis diferenças no ritmo de crescimento destes e suas particularidades para diferentes ambientes. Diante desta informação é possível associar outros métodos para prever o período de tempo que esta vai levará para atingir o DMC para comercialização, ou seja, a mensuração do ciclo de corte, e os rodízios nos talhões serão condizentes com o crescimento das árvores a serem manejadas. Em outras palavras, para que se alcance o sucesso no plano de manejo deve-se buscar alcançar a sustentabilidade ecológica, situação possível, diante do conhecimento das taxas de crescimento dessas espécies (BOOT e GULLISON, 1995; BRIENEN e ZUIDEMA, 2006).

1.1.2. - A formação de anéis de crescimento anuais em árvores de florestas tropicais

Os anéis de crescimento caracterizam-se pela diferenciação do tecido vegetal, observadas inicialmente como diferenças na textura e coloração, e que correspondem na

organização e composição anatômica do lenho inicial ou primaveril, de cor mais clara, e do lenho tardio ou secundário, de cor mais escura (ENCINAS, *et al.*, 2005).

As células dos anéis de crescimento possuem também especificações anatômicas, tendo o lenho inicial paredes delgadas e lumes largos, enquanto nas do lenho tardio são mais espessas e de menor lume (PINHEIRO, 1999), estando essas conformidades anatômicas diretamente ligadas às variações na densidade da madeira mediante (BOTOSSO e MATTOS, 2002; ALVARADO, *et al.*, 2010).

Fisiologicamente, o espessamento do anel nas plantas lenhosas decorre do pleno desenvolvimento dos tecidos vegetais mediante condições propícias ao crescimento, dando origem ao lenho inicial. Entretanto, quando as condições do meio se alteram e há predomínio de algum fator limitante ao crescimento, este é interrompido ou há uma diminuição no ritmo das atividades metabólicas da planta, logo, as células espessam suas paredes, formando o lenho tardio, no qual o crescimento fica estagnado, até que o ambiente volte a oferecer condições favoráveis ao seu crescimento (BOTOSSO e MATTOS, 2002).

Estudos sobre a formação de anéis de crescimento em região tropical e subtropical foram relatados a partir do sec. XX (WORBES e JUNK, 1999), visto que, até então, acreditava-se que apenas as espécies de clima temperado apresentavam anéis de crescimento distintos e anuais em seu lenho. A ideia de que os anéis não seriam evidenciados nas espécies de clima tropical foi associada à falta de estações climáticas definidas (LIEBERMAN e LIEBERMAN, 1985), bem como a características de crescimento rápido e continuo observado em várias espécies desse habitat (VETTER e BOTOSSO, 1989).

A sazonalidade, ou seja, a variação de fatores ambientais, podem se tornar limitantes ao crescimento, como temperatura, fotoperíodo e precipitação, devido os mesmos influenciarem na ativação do cambio vascular, assim como, a evidencia de substancias de reserva no xilema, que foram obtidas pelo indivíduo em época de condições ambientais propícias ao mesmo (ENQUIST e LEFFLER, 2001). Há regiões de floresta tropical que apresentam um período de seca bem definido, o que poder levar as espécies arbóreas a formar anéis de crescimento no lenho (BRIENEN e ZUIDEMA, 2005; ENQUIST e LEFFLER, 2001). Esta condição, também pode ser causada por períodos longos de inundação (CALLADO *et al.*, 2001a), a exemplo dos locais de várzea, que possuem um regime de inundação constante, onde o excesso de água no solo inativa ou desacelera as atividades cambiais, podendo levar os indivíduos desse meio a marcar anel de crescimento anual (SCHÖNGART *et al.*, 2005).

No entanto, nem todas as espécies arbóreas apresentam condições genéticas favoráveis para formar anéis, ou seja, com anatomia propicia para a visualização desses anéis (OLIVEIRA, 2007). As inconstâncias climáticas nas áreas tropicais podem levar as árvores a apresentarem anéis de crescimento indistintos ou pouco evidentes, anéis descontínuos, ou mesmo, marcar mais de um anel no mesmo ano, sendo estes chamados de anéis falsos, intra-anuais ou não anuais, o que evidentemente dificulta a determinação exata da idade das árvores e consequentemente a aplicação da dendrocronologia (BOTOSSO e MATTOS, 2002).

Uma investigação de estudos dendrocronológicos em algumas florestas tropicais de planícies com regime de inundação (várzea e igapó) registrou várias espécies com anéis anuais evidentes, o que possibilitou a construção de cronologias para as mesmas (BONINSEGNA *et al.*, 2009; DUNISCH *et al.*, 2003).

Trabalhos envolvendo fundamentos da dendrocronologia em ambientes de florestas tropicais tem se tornado cada vez mais frequentes, mediante o desenvolvimento de estudos promissores nesses ambientes (BONINSEGNA *et al.*, 2009; BRANDES, *et al.*, 2011; BRIENEN e ZUIDEMA 2005; DUNISCH *et al.*, 2003; ROZENDAAL e ZUIDEMA, 2011,).

A exemplo disto, Callado *et al.*, (2001) evidenciaram uma correlação entre o crescimento dos indivíduos, a formação de anéis e a fenologia para as espécies de *Tabebuia cassinoides* (Lam.), *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith, *Sympodia globulifera* L., e *Alchornea idifolia* Müll. Arg., em uma floresta de pântano de mata atlântica, no Rio de Janeiro.

Dentre os estudos desenvolvidos em florestas tropicais para ambientes de terra firme, os quais instigaram o interesse nesta linha de pesquisa, houve o projeto dendrogene da Embrapa Amazônia Oriental, nos municípios de Santarém, Mojú, Tailândia e Paragominas no estado do Pará. Foram coletadas amostras do tronco de 100 árvores tropicais, de 64 espécies em 51 gêneros e 20 famílias botânicas, que atribuiu às famílias Fabaceae (26 espécies) e Lecythidaceae (5 espécies), o maior potencial dendrocronológico, devido à presença de anéis de crescimento distintos no lenho (TREVISOR, 2011).

Moutinho *et al.*, (no prelo), desenvolveram análises com 8 espécies provenientes de plantio de 28 anos no município de Belterra - PA, pertencente a Embrapa Amazônia Oriental. Das espécies estudadas, *Bagassa guianensis* Aubl., *Bertholletia excelsa* Humb. & Blonpl., *Carapa guianensis* Aubl., *Copaifera duckei* Dwyer, *Manilkra rahuberi* (Ducke) Chevalier, *Simarouba amara* Aubl. e de *Vochysia maxima* Ducke., apenas *Bagassa guianensis* Aubl. não apresentou anéis de crescimento distintos. Ressaltando que *Bertholletia excelsa*, *Carapa guianensis* e de *Copaifera duckei*, apresentaram número de anéis mais próximos da idade dos

plantios, reafirmando a importância de mais estudos dendrocronológicos para as espécies tropicais, na aplicação de práticas como o manejo sustentável.

1.1.3. - A Dendrocronologia no Bioma Amazônia

Dentre os primeiros estudos dendrocronológicos realizados no cenário Amazônico, temos trabalhos de Worbes (1985, 1995), que se atentou em verificar a influência que os períodos de seca e de inundação exerciam sobre o crescimento das espécies arbóreas de florestas tropicais da Amazônia, no intuito de compreender as possíveis estratégias desenvolvidas por estas para obterem seu desenvolvimento.

Diante das constantes explorações madeireiras ocorridas nesse Bioma, houve a necessidade de garantir a sustentabilidade do MFS, para tal, um eficiente sistema desenvolvido por Schöngart (2008) foi construído e aplicado para as florestas alagáveis de várzea da Amazônia Central, intitulado pelo mesmo de GOL – Growth Orientated Logging. Este novo sistema diferencia-se do tradicional, uma vez que não desconsidera as especificidades de crescimento existentes entre as espécies comerciais durante o planejamento do sistema de manejo, haja vista que as taxas de crescimento arbóreo, levado em consideração no estudo, foram obtidas através de análises dendrocronológicas.

Atualmente, estudos baseados em anéis de crescimento têm sido cada vez mais aplicados e difundidos na Amazônia. Scabin *et al.* (2011) desenvolveram uma pesquisa no Parque Nacional de Anavilhas, na Amazônia brasileira, na qual, foram avaliadas a densidade populacional e as taxas de crescimento no lenho das cinco espécies florestais mais exploradas nesta região. Schongart *et al.*, (2004) conseguiram reconstruir o histórico dos eventos de El-Niño dos dois últimos séculos através do uso da dendrocronologia em uma área de florestas alagáveis. A espécie analisada foi a *Piranhea trifoliata* Baill, característica do ambiente amazônico, que possibilitou observar os graus de frequência e intensidade desse fenômeno na região.

Um ano depois, outro trabalho de natureza similar ao anteriormente citado, no qual Schongart *et al.*, (2005) verificaram que os eventos de El-Niño desempenharam anomalias negativas que influenciaram na precipitação, resultando em menor descarga de água nos rios da Amazônia, ocasionando prolongamento da fase terrestre que por sua vez, permitiu que as árvores de *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth., alcançassem um maior crescimento, em virtude de dispor de mais tempo para tal. Também foi verificada que esta espécie, de ambientes com condições de inundação diferentes (várzea e igapó), apresentou padrões de

crescimento diferenciado, em função de maior quantidade de nutriente na várzea, com crescimento mais rápido que no igapó.

Alvarado (2009) aplicou as técnicas de dendrocronologia em duas populações de *Swietenia macrophylla* King, na floresta tropical Amazônica do Perú, que possibilitou a determinação da idade dos indivíduos analisados, a caracterização macro e microscópica, a formação de anéis de crescimento no lenho e a comprovação da periodicidade anual dos anéis, mostrando o potencial da espécie e da região para estudos climáticos.

Outro estudo objetivou modelar um padrão de crescimento para *Hura crepitans* L., *Cedrela odorata* L., *Ocotea cymbarum* Mez e *Sterculia elata* Ducke, espécies muito exploradas nas Florestas de várzea da Amazônia, a fim de definir ciclos de corte e diâmetros mínimos de derrubada para embasar futuros planos de manejo florestais sustentáveis na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá (RDSM), denotando crescimento diferenciado para essas espécies (ROSA, 2008) mediante a variações na taxa de crescimento entre e dentro das espécies existentes nos ambientes de florestas tropicais.

Lobão (2011) também realizou um estudo dendrocronológico em três sítios diferentes de uma reserva experimental no Acre, com populações de *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata* e de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, no qual evidenciou a influencia da precipitação para a ocorrência das fenofases durante o ano e da relação desta como a evapotranspiração. O estudo evidenciou a possibilidade de separação do lenho adulto e do juvenil nas sessões radiais do tronco mediante o uso da densitometria de raios X, associada a anatomia do lenho, percebendo diferenças nas taxas de crescimentos das espécies, confirmando o potencial dendrocronológico das mesmas nesta região.

1.1.4. - A dendrocronologia nas espécies do estudo

1.1.4.1. - *Euxylophora paraensis* Huber / Nome Vermicular: Pau amarelo

O gênero *Euxylophora*, é monotípico, incluindo apenas a espécie *Euxylophora paraensis* Huber, popularmente conhecida como pau-amarelo devido à coloração amarela que apresenta em seu lenho (MARINHO, 2007). Sua madeira é de densidade média, com boa resistência mecânica e de compressão, o que explica o fato de ter sido muito explorada em décadas passadas para a produção de móveis, fato que contribuiu para a redução dos estoques (ISIDORO *et al.*, 2012) e, consequentemente, à inclusão desta espécie na lista Nacional de espécies ameaçadas de extinção em 1993, perdurando ate os dias atuais (IBAMA, 2012).

Espécie de habito arbóreo, pertencente à família Rutaceae, apresentando, em geral, grande porte quando adulta. Esta família constitui o maior dos grupos das plantas da ordem Sapindales, com aproximadamente 160 gêneros e 1900 espécies, as quais estão amplamente distribuídas por todo o mundo. No entanto, espécies de Rutaceae são mais frequentes na América tropical, sul da África e Austrália. No Brasil existem cerca de 200 espécies descritas, caracterizadas por possuírem uma grande diversidade de metabólicos secundários (ISIDORO *et al.*, 2012). Possui distribuição, desde a região do baixo Amazonas até o estado do Pará, no baixo Tocantins e na estrada de ferro de Bragança até Breves (SUDAM, 1979).

Indivíduos dessa espécie atingem cerca de 40 m de altura e 100 cm de diâmetro, possuem ramos espessos, com casca do tipo pardacenta fissurada, com placas soltas, tendo como habitat as matas de terra-firme, os solos tendendo a ser do tipo humo-argiloso, com germinação do tipo hipógea, com tempo médio de 25 a 35 dias. No que se refere a fenologia, apresenta período de floração no inicio do mês de maio perdurando ate agosto, a frutificação ocorre em meados de agosto até outubro e a dispersão das sementes por volta de outubro a inicio de dezembro. Os frutos dessa espécie são secos, deiscentes, tipo capsula, com 5 carpelos, medindo cerca de 24 mm, suas sementes apresentam cerca de 7,45 mm de comprimento e 5,99 mm de largura, com dispersão através da gravidade e da força dos ventos (MEKDECE *et al.*, 2013).

Atualmente pouco se sabe sobre o potencial dessa espécie para estudos dendrocronológicos, visto que, ainda não há registros de cronologias realizadas em indivíduos da espécie. Entretanto, diante de seu papel ecológico, social e econômico para a região, achou-se interesse avaliar a sua potencialidade dendrocronológica, no intuito de observar o seu ritmo de crescimento, haja vista, que a mesma já se encontra na lista de espécies ameaçadas de extinção.

1.1.4.2. - *Carapa guianensis* Aubl. / Nome Vermicular: Andiroba

Os representantes dessa espécie apresentam em geral dossel com copas espessas, sapopemas baixas, tronco reto de formato cilíndrico e folhas opostas. Ocorrem em toda a bacia Amazônica (COSTA e MARENCO, 2007).

A *Carapa guianensis* pertence à família Meliaceae, é popularmente conhecida como andiroba, angirova, carapa e purga-de-santo-inácio. Seus exemplares são, em geral, árvores de grande porte, podendo atingir 30m de altura. Possui madeira de peso médio, com coloração avermelhada e praticamente inatacável por cupins. Seu uso está relacionado aos setores de

fabricação de móveis, construção civil e indústria naval (NEVES *et al.*, 2004). Apresenta densidade média de com cerca de 0,43 a 0,55 g/cm³ (LOBÃO *et al.*, 2010).

Outras características morfológicas dos indivíduos dessa espécie são copa média e ramosa, com fuste cilíndrico e reto, diâmetro do tronco com média de 50 a 120 cm, com casca de coloração bege com descamação em placas, geralmente apresenta sapopemas. A espécie é nativa da floresta Amazônica, possui germinação do tipo hipógea, com tempo médio de 26 a 35 dias, o período de floração ocorre no inicio do mês de agosto a setembro, a frutificação ocorre de outubro a fevereiro, e dispersão das sementes por volta de fevereiro a maio. Os frutos dessa espécie são secos, indeiscentes, tipo capsula, com 4 a 6 válvula, medindo cerca de 8,83 cm de comprimento e 8,52 cm de diâmetro, suas sementes apresentam cerca de 49,28 cm de comprimento e 35,84 cm de largura, com alto valor comercial mediante a abundância de óleo, com dispersão por gravidade e mamíferos terrestres (MEKDECE *et al.*, 2013).

Trabalhos dendrocronológicos realizados com esta espécie evidenciaram a formação de anéis de crescimento distintos, em indivíduos de áreas sob regime de inundação (várzea) em florestas tropicais, entretanto, a presença de anéis distintos foi evidenciada apenas em indivíduos adultos, ou seja, são indistintos em indivíduos juvenis (DÜNISCH *et al.*, 2002a). Outros estudos dendrocronológicos desenvolvidos com esta espécie, em áreas alagadas, confirmam sua potencialidade para trabalhos dessa natureza (VETTER e BOTOSO, 1989; WORBES, 1995; TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2001b; DUNISCH *et al.*, 2002b).

Foi investigado o potencial dendrocronológico em algumas espécies florestais Amazônicas, no qual se evidenciou a presença de anéis de crescimento distintos no lenho de 26 espécies dentre as árvores analisadas, e entre elas a *Carapa guianensis*. O estudo foi realizado em habitat de terra-firme de quatro municípios do estado do Pará, a citar Mojú, Tailândia, Santarém e Paragominas, a pesquisa surgiu da parceria entre Ibama, Embrapa e de várias instituições de pesquisa, o qual foi intitulado de dendrogene (TREVIZOR, 2011).

Contudo, sabe-se de trabalhos que já desenvolveram investigações sobre o potencial dendrocronológico de espécies da família Meliaceae, ((Boninsegna *et al.*, 1989; Worbes 1995, 2002; Dunisch *et al.*, 2002a, 2002b, 2003; Dünisch, 2005; Tomazello *et al.*, 2001b, 2002; Brienen e Zuidema, 2005), entretanto, devido a presença de diferentes variáveis existentes no meio, as quais possam vir a influenciar na formação de anéis de crescimento distintos no lenho, acredita-se na necessidade de atentar-se as particularidades ambientais de cada meio. Nesse sentido fica clara a importância de estudos dessa natureza para diferentes locais, que venham demonstrar se há particularidades nas estratégias de crescimento destas em função do meio, o que poderá auxiliar na tomada de decisão no manejo dessa população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, J. R.; TOMAZELLO, M. F.; POLLITO, P. A. Z.; LOBÃO, M. S. Variação da densidade e do lenho e relação com a largura dos anéis de crescimento de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta tropical amazônica do Peru 478 *Scintia Forestalis*, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 171-179. 2010.
- BONINSEGNA, J.A.; ARGOLLO, J.C.; ARAVENA, J.; BARICHIVICH, D.; CHRISTIE, M.E.; FERRERO, A.; LARA, C.; LE QUESNE, B.H.; LUCKMAN, M.; MASIOKAS, M.; MORALESOLIVEIRA, J.M.; ROIG, F.; SRUR, A.; VILLALBA, R. Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 281: 210–228, 2009.
- BOOT, R.G.A & GULLISON, R.E. Aproporaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological Applications*. 5(4): 896 – 903, 1995.
- BOTOSO, P.C. & MATTOS, P.P. Conhecer a idade das árvores: Importância e aplicação. 1 ed. Colombo – *Embrapa Florestas*, 25 p. Revista Embrapa, 2002.: disponível em <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC112.pdf> Acessado em 17 de setembro de 2012.
- BRANDES, A. F. N.; LISI, C.S.; BARROS, C.F.. Dendrochronology of lianas of the Leguminosae family from the Atlantic Forest, Brazil. *Trees*. 25:133–144, 2011.
- BRIENEN, R. J. W. & ZUIDEMA, P. A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia*. 146: 1–12, 2005.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A.; DURING, H. J. Auto correlated growth of tropical forest trees: unravelling patterns and quantifying consequences. *Forest Ecology and Management*. 237:179–190, 2006.
- CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J.; SCARANO, F. R.; COSTA C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees*. 15: 492–497, 2001.
- COSTA, G. F. & MARENCO, R. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amazonica*. Vol. 37(2): 229 – 234, 2007.
- CUNHA, T. A. Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica. *Dissertação de mestrado* – Universidade Federal de Santa Maria -(UFSM, RS). Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Florestal, 88 p, 2009.
- DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L. Cambial growth dynamics and formation of increment zones in the xylem of *Swietenia macrophylla* King., *Carapa guianensis* Aubl., and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). *IAWA Journal*, Madison, 23: 101–119, 2002a.
- DUNISCH, O.; BAUCH J.; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intra annual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis*, and *Cedrela odorata* (Meliaceae). *IAWA Journal*. 23(2):101-119, 2002b.

- DUNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees-Structure and Function*. 17: 244 – 250, 2003.
- ENCINAS, I. J.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. *Idade e crescimento das árvores – Comunicações técnicas florestais*. v.7, n.1. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 43p, 2005.
- ENQUIST, B. J. & LEFFLER, A. J. Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dry- forest trees: individualistic responses to climatic variation. *Journal of tropical ecology*, 17, 41-60, 2001.
- FARIAS, E. M. B. & CARNEIRO, D. S. Alterações Geomorfológicas no Rio Amazonas – Santarém/Pa. *Revista Geonorte*, Edição Especial, V.2, N.4, p.72 – 79, 2012.
- FIGUEIREDO, A. M.; LOPES, M. L. B.; Filgueiras, G. C. Extração de madeira e agregação ao Pib da região Amazônica. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*. Belém, v.1, n.1, jul./dez., 2005.
- FONSECA-JUNIOR, 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 (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. *Trees*, v. 23, p. 127–134, 2009.
- HIRAI, E.H.; CARVALHO, C.J.R.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; QUEIROZ, W.T. Efeito da exploração florestal de impacto reduzido sobre a regeneração natural em uma floresta densa de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 306-315, set. 2012.
- HOMMA, A. K. O. Madeira na Amazônia: Extração, Manejo Ou Reforestamento? *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*. Belém, v. 7, n. 13, jul./dez., 2011
- IBAMA, 2012. <http://www.ibama.gov.br/flora/extincao.htm>. Acessado em setembro de 2012.
- IMAZON, 2012. <http://www.imazon.org.br/publicacoes/outros/guia-samflor>. Acessado em dezembro de 2012.
- ISIDORO, M. M.; SILVA, M. F. G. F.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C.; ARRUDA A. C.; SILVA, S. C. Fitoquímica e quimiossistêmática de *Euxylophora paraensis* (Rutaceae). *Quim. Nova*, Vol. XY, No. 00, 1-6, 2012.
- LIEBERMAN, M. & LIEBERMAN, D. Simulation of growth curves from periodic increment data. *Ecology*, New York, v. 66, p. 632-635, 1985.
- LEONI, J. M.; FONSECA JUNIOR., S. F.; SCHONGART, J. Growth and population structure of the tree species *Malouetia tamaquarina* (Aubl.) (Apocynaceae) in the central Amazonian floodplain forests and their implication for management. *Forest Ecology and Management*, v. 261, n. 1, p. 62–67, Jan. 2011.
- LOBÃO, M.S.; CHAGAS, M.P.; COSTA, D.S.P.; SETTE JR, C.R.; FERREIRA A.T.B.; CARVALHO, I.L.; TOMAZELLO FILHO, M. Agrupamento de espécies florestais pela similaridade das características físico-anatômicas e usos da madeira. *Cerne*, Lavras, v. 16, Suplemento, p. 97-105, jul., 2010.

LOBÃO, M. S. Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. E *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. Ex Ducke, no estado do Acre, Brasil . *Tese (Doutorado)* - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ. São Paulo: Piracicaba, 215 p.,2011.

MARINHO, P. S. B. Estudo químico das espécies *Khaya ivorensis* (Meliaceae) e *Euxylophora paraensis* (Rutaceae). *Tese de doutorado* – Universidade de São Carlos – UFS Car. São Carlos, 2007, 198p.

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. O.; HESS, F. A.; SALIS, M. S. A dendrocronologia e o Manejo florestal sustentável em florestas tropicais. 1 ed. Colombo: *Embrapa Florestas*. 37 p.,2011.

MEKDECE, F.S.; ALMEIDA, E. C; RAYOL, B. P. Manual de sementes Florestais do Oeste do Oeste de Pará – Coleta, beneficiamento e análise. 1 ed. Santarém, PA: Universidade do Oeste do Pará – Instituto de Biodiversidade e Floresta – Laboratório de sementes florestais, 2013. 70 p.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.3, p. 343-349,2004.

OLIVEIRA, J. M. Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: Bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. *Tese de doutorado*. UFRS – Brasil,2007.

PINHEIRO, A. L. *Considerações sobre a taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia e qualidade da madeira*. Viçosa: SIF, 1999, p.32.

PERRY, D.A., 1998. The scientific basis of forestry. Annual Review of Ecology and Systematics, 29: 435-466.

PINTO, A.C.M.; SOUZA, A.L. de; SOUZA, A.P. de; MACHADO, C.C.; MINETTE, L.J.; VALE, A.B. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na Amazônia oriental. *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.4, p.459-466, 2002.

PHILLIPS, P. D.; AZEVEDO, C. P.; DEGEN, B.; THOMPSON, I. S.; SILVA, J. N. M.; VAN GARDINGEN, P. R. An individual-based spatially explicit simulation model for strategic forest management planning in the eastern Amazon. Ecological Modeling, Amsterdam, v. 173, p. 335-354, 2004.

ROZENDAAL, D. M. A. e ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. *Trees*.25: 3–16, 2011.

SCABIN, A. B.; COSTA F. R. C.; SCHÖNGART, J. The spatial distribution of illegal logging in the Anavilhanas archipelago (Central Amazonia) and logging impacts on species. *Environmental Conservation*: page 1 of 11 C_ Foundation for Environmental Conservation.,2011.

- SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F.; JUNK, W.J.; WORBES, M. Wood growth patterns of *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) (Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water Floodplain Forests. *Oecologia*. 145: 454 – 461, 2005.
- SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F.; WORBES, M.; PIEDADE, M.T.F.; KRAMBECK, H.-J.; JUNK, W.J. Management criteria for *Ficus insipida* Willd. (Moraceae) in Amazonian white – water floodplain forests defined by tree – rings analysis. *Annals of Forest Science*. 64: 657 – 664, 2007.
- SCHÖNGART, J. Growth-oriented logging (GOL): a new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecology and Management*. 256: 46–58, 2008.
- ROSA, S. A. Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de Floresta de várzea da Amazônia central por meio de métodos Dendrocronológicos. *Dissertação de mestrado* – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas – Programa de pós – graduação em biologia tropical e recursos naturais. Manaus. 2008.
- SUDAM, *Departamento de Recursos Naturais – Centro de Tecnologia Madeireira – Pesquisas e Informações sobre espécies florestais da Amazônia*. Belém. 1979.
- TREVIZOR, T. T. Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical Amazônica no estado do Pará. *Dissertação (Mestrado)* - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ. São Paulo: Piracicaba, 214 p. 2011.
- TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. *Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia*. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARELLA, W. (Org.). Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. EDUC, p.117-143. 2001a.
- TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C.S.; SPATHELF, P. *Cedrela angustifolia*, Meliaceae: potential species for tropical dendrochronology. *Palaeobotanist*, n. 50, p. 47 - 53. 2001b.
- VETTER, R., BOTOSSO, P. C. 1989. Remarks on Age and Growth Rate Determination of Amazonian Trees. *IAWA Bull.* Vol. 10 (2):133- 145.
- WITTMANN F., SCHONGART J., QUEIROZ, H. L., WITTMAN, A. O., CONSERVA, A. S., PIEDADE, M. T. F., KESSELMER, J., JUNK, W. J. 2009, The Amazon floodplain Demonstration Site: Sustainable timber production and management of Central Amazonian white-water floodplains. *Ecohydrology & Hydrology*, v. 9.
- WORBES, M. 1989. Growth Rings, Increment and Age of trees in Inundation Forests Savannas and a Mountain Forest in the Neotropics. *IAWA Bulletin* 10(2): 109-122.
- WORBES, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*. 20 (1 – 2): 217 – 231.
- WORBES, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees – A review. *IAWA Journal*, Leiden, v.16, n. 4, p.337-351.
- WORBES, M. & JUNK, W. J. 1999. How old are the trees? The persistence of a myth. *IAWA Journal*. 20 (3): 255 – 260.

MOUTINHO, V. H. P., ; LIMA, J.T. ; ÁGUIAR, O.J.R. de ; COUTO, A. M. ; NOGUEIRA, M. O. G. Energetic characterization of Wood species known in brasilián rainforest as matá-matá (*Eschweilera Mart Ex Dc*). *Scientia Forestalis* (IPEF).v. 39, p. 457/8-461, 2011.

MOUTINHO, V. H. P.; CHAGAS, M. P.; KANASHIRO, M.; JÚNIOR, S. B.; TOMAZELLO FILHO, M.. *Estudo Preliminar da Anuidade dos Anéis de Crescimento em árvores de espécies ocorrentes na região do Tapajós, Pa.* Editora do Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, PA, 416p. No prelo.

2- ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS EM *Euxylophora paraensis* Huber (RUTACEAE) E *Carapa guianensis* Aubl. (MELIACEAE) PROVENIENTES DE PLANTIOS EM TERRA FIRME NA AMAZÔNIA ORIENTAL

S.S.C. GARCIA^{a,b1}, V.H.P. MOUTINHO^c, A.L.K.M. ALBERNAZ^b, J.U.M. SANTOS^a

a-Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Av. Perimetral. 2501, CEP 66077-530, Belém – PA, Brasil.

b-Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG, Campus de Pesquisa, Coordenação CCTE, Av. Perimetral, 1901, Terra Firme -CEP. 66017-970, Belém-PA, Brasil.

c-Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Campos Tapajós, R. Vera Paz, s/n – Salé – CEP 68040-255. Santarém, Pa, Brasil.

RESUMO

Atualmente o manejo florestal vem sendo praticado com a aplicação de ciclos de corte entre 25 e 35 anos de rotatividade, tendo como 50 cm o diâmetro mínimo. Pesquisas sobre ciclos de crescimento de espécies arbóreas denotam que esse tempo é insuficiente para que algumas populações possam repor os indivíduos retirados pela sistema de exploração, entretanto, há poucos estudos disponíveis para a maioria das espécies neotropicais. Em virtude dos resultados apresentados pela dendrocronologia, acredita-se que esta ciência possa ser uma importante ferramenta na obtenção de conhecimento sobre a dinâmica de crescimento de espécies nativas da Amazônia, uma vez que existe comprovada distinção na marcação de anéis de crescimento e na periodicidade anual de sua formação. Estudos preliminares realizados na região do Tapajós-PA indicaram anéis de crescimento definidos em algumas espécies, o que chamou atenção para um possível potencial dendrocronológico. A área de estudo possui estação de seca bem definida, com déficit hídrico contínuo de 2-3 meses por ano. As coletas foram realizadas na estação experimental de Curuá-Una, no município de Prainha-PA. O estudo objetivou verificar a viabilidade da aplicação da dendrocronologia em árvores de *Euxylophora paraensis* Huber e *Carapa guianensis* Albl., espécies de importância econômica e social. Para tal, foi realizada a calibração da periodicidade e da marcação de anéis, bem como foi verificado a formação de anéis não anuais, mediante a análise de discos do tronco de 5 indivíduos coletados em um plantio de 29 anos para *E. paraensis* e 32 anos para *C. guianensis*, os quais foram submetidos a visualização com lupa, para a caracterização macroscópica da madeira das espécies, os anéis foram analisados um a um e, posteriormente, mensurados com o software Image Pro Plus. Os dados obtidos foram submetidos ao controle de qualidade da datação através do programa COFECHA, que verificou estatisticamente a co-datação entre as séries de anéis dos raios dos discos e entre os discos; os dados também foram submetidos ao programa ARSTAN, que eliminou as tendências biológicas de crescimento, relacionadas com a idade das árvores. As análises climáticas (precipitação-temperatura) foram obtidas através de correlação de Pearson.

Este artigo será traduzido e adequado para ser submetido à revista Forest Ecology and Management.

1- Correspondência do Autor: fone: (+55) 91 8116-9817, e-mail: silvana_d_carvalho@hotmail.com (S.S.C. GARCIA).

Concluiu-se que ambas as espécies apresentaram anéis de crescimento distintos e anuais, uma vez que, o quantitativo de anéis corroborou com a idade do plantio, assim como apresentaram correlações positivas com a temperatura e a precipitação, entretanto, perceberam-se oscilações no crescimento mediante a disponibilidade de água no solo.

Palavras Chave: Dendroclimatologia - Dinâmica de crescimento - Florestas tropicais.

2.1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre o crescimento de espécies florestais podem contribuir para estimar a duração de ciclos de corte sustentáveis (Mendes *et al.*, 2006). Entretanto, sabe-se que o manejo é realmente sustentável quando os períodos de intervalo planejados entre os ciclos de exploração atendem o período de tempo necessário para que as espécies possam atribuir resposta decorrente do ambiente em que estão crescendo (Cruz *et al.*, 2008; Schöngart, 2008; Leoni *et al.*, 2011).

Atualmente, três métodos têm sido eficientes para o estudo de crescimento: (1) parcelas permanentes (Martinez-Ramos e Alvarez-Buylla, 1998); (2) datação com C¹⁴, (Worbes e Junk, 1999; Botosso e Mattos, 2002); (3) e a dendrocronologia (Rozendaal e Zuidema, 2011; Worbes 2002, 2003), sendo esta ultima aplicada neste trabalho. Entretanto, para a aplicação da dendrocronologia é necessário a verificação da periodicidade dos anéis, e para tal, temos técnicas como, janelas de Mariaux, observações da fenologia dos indivíduos (Chagas, 2009) e estudos em plantio com idade conhecida (Alvarado *et al.*, 2010).

Apesar das particularidades genéticas de cada espécie, em geral, os indivíduos provenientes de locais com clima temperado, apresentam anéis de crescimento visíveis, geralmente anuais, todavia, os de clima tropical ou subtropical são mais complexos em sua formação, já que nem sempre apresentam anéis nítidos, nem tão pouco anuais, devido as constantes variações intra-anuais nessas regiões (Botosso e Mattos, 2002).

Sabe-se que o clima atua sobre o crescimento arbóreo como um fator limitante, influenciando diretamente a espessura dos anéis de crescimento (Callado *et al.*, 2001). O que explica o fato dessa ciência ser mais aplicada em regiões de clima temperado, onde a temperatura é o principal fator responsável pela marcação dos anéis. Já nas regiões tropicais observou-se na precipitação, condições que proporcione a formação de anéis anuais, devido ao crescimento diferencial entre o período de seca e o chuvoso (Worbes e Junk, 1999). A ocorrência de anéis intra-anuais (anéis falsos) surge devido as irregularidades, entre períodos

de seca e chuva (Encinas *et al.*, 2005). Por isso, para se aplicar a dendrocronologia com eficiência nessas regiões, é fundamental estudar o caráter anual dos anéis.

Atualmente, as investigações realizadas com uso da dendrocronologia na Amazônia Brasileira geralmente relacionam-se a espécies de áreas alagáveis. Nisto um dos primeiros estudos mais abrangente para espécies de terra firme da Amazônia Brasileira foi desenvolvido no âmbito do Projeto Integrado MCTI-EMBRAPA (PIME), realizado na região de Santarém, onde se partiu da premissa de que a estação seca prolongada, e consequente o estresse hídrico seriam capazes de promover o crescimento diferencial e a formação de anéis em algumas espécies florestais (Albernaz, no prelo). Durante o projeto, foi analisada a anatomia da madeira de 64 espécies, o que evidenciou potencial dendrocronológico, devido à presença de anéis distintos em 26 destas (Trevizor, 2011). Partindo deste, o embasamento para a proposta de aplicação deste método para espécies dessa região.

No entanto, o sucesso da aplicação da técnica depende da prévia compreensão das características anatômicas da madeira, da periodicidade e consistência da marcação de anéis entre diferentes indivíduos e da propensão das espécies a marcar anéis falsos ou ausentes. Este estudo pretende contribuir para o conhecimento da caracterização anatômica das madeiras, no que se refere à consistência dos anéis de crescimento, determinar se existe a formação anual dos mesmos para duas espécies de importância econômica e social, as quais ocorrem no estado do Pará, a citar: *Euxylophora paraensis* Huber e *Carapa guianensis* Aubl., sendo que a primeira está incluída na lista de espécies ameaçadas da flora do estado do Pará (SECTAM, 2007). Pretende-se, também, por meio da dendroclimatologia, inferir sobre a influência da precipitação e da temperatura no incremento radial dessas espécies.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. – Área do estudo

O estudo foi desenvolvido em plantios da estação experimental de Curuá-una, a qual possui uma área de cerca de 71.250 ha, localizada na cidade de Prainha, Estado do Pará, às margens do rio Curuá-una (Mekdece, *et al.*, 2013). A Estação Experimental de Curuá-una encontra-se nas seguintes coordenadas geográficas S02°32'40,1" e W054°05'26,9" a 498 m acima do nível do mar (Figura 1).

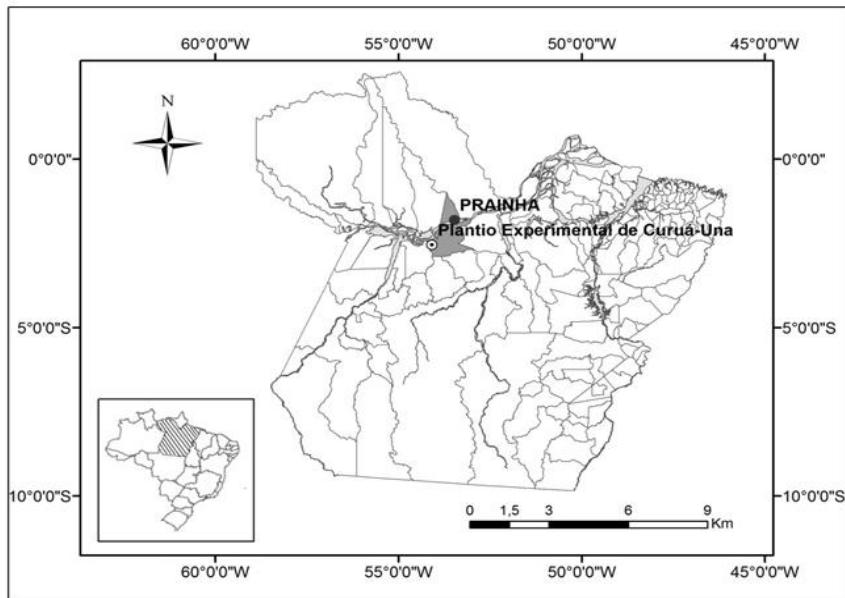


Figura1: Identificação da área de estudo no mapa (Fonte primeiro autor e Daniela Barros)

Os plantios usados no estudo foram produzidos pelo Centro de Tecnologia Madeireira - CTM da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM, na década de 80. Ressalta-se a existência de outros plantios de diferentes espécies na área, com diferentes idades, sendo que todos foram desenvolvidos no intuito de melhorar os processos silviculturais para espécies florestais (Sudam, 1979).

A região do Tapajós é também conhecida como “corredor seco da Amazônia”. Tal denominação advém do fato dessa área apresentar um período de seca prolongado, bem característico, com temperaturas constantes em quase todos os meses do ano e baixos índices de precipitação durante a estação seca, remetendo a ideia de que a seca na região é bem marcada e se prolonga por mais tempo que nas demais cidades da Região Norte do país. (Albernaz, no prelo).

O clima em Curuá-una é caracterizado como tropical úmido, com precipitação mensal de menos que 50 mm. As médias anuais para a precipitação são de 1720 mm e de temperatura 27,5°C. As áreas de terra firme do plantio apresentam dois tipos de solos: o argiloso na região de planalto e o arenoso na região de flanco. Os plantios deste estudo estão na área de planalto, cuja topografia é plana, com latossolo amarelo, limo argiloso, profundo, de textura pesada, solo friável e bastante ácido (pH 4,5-5), presença de sílica, óxido hidratado de ferro e alumínio, contendo também argila caolinítica, apresentando uma camada de folhas semidecompostas sobre o piso florestal (Mekdece, *et al*, 2013).

O perfil dos plantios apresenta-se com a predominância de copa emergente, denotando crescimento homogêneo para estas espécies, entretanto, fica evidente a falta de

tratos silviculturais na área, haja vista, a presença de outras espécies no entorno dos indivíduos coletados, aumentando a competição entre eles, o que pode ter ocasionado perda de algumas características de comportamento no que se refere ao crescimento desses indivíduos em ambos os plantios. Cada indivíduo obteve seu ponto geográfico demarcado (ver apêndice tabela C), por meio da utilização de um GPS (GARMIN MAP 62 SC).

Ressalta-se que, no plantio de pau-amarelo, os espaçamentos entre os indivíduos eram de 3 m x 3 m, com altura comercial estimada variando entre 7 m e 11 m. Já no plantio de andiroba, os espaçamentos apresentaram medidas de 3 m x 2,80 m, com altura comercial estimada variando entre 8 m e 13 m.

2.2.2 – Coleta e preparação do material

A coleta foi realizada em setembro de 2012, os indivíduos representativos para as duas populações abordadas foram escolhidos ao acaso, atentando para as características fenotípicas, tais como: sanidade da árvore, diâmetro do tronco e fuste retilíneo. De cada indivíduo coletou-se um disco inerente ao DAP para essa pesquisa, bem como, discos de outras alturas para estudos futuros, todos retirados mediante o uso de uma motosserra Stihl modelo MS361, totalizando cinco discos para cada espécie com aproximadamente 8 cm de espessura, devidamente marcados para controle e identificação.

As amostras obtidas foram inicialmente plainadas com plaina elétrica para madeira Dewalt, modelo Dw680, visando uma superfície mais homogênea para posterior lixamento com uma lixa de mesa curta, marca Skill, modelo 7232, com granulometrias de 60, 80, 100, 120, 180, 200, 220, 1200 e 1400 mesh, conforme procedimento adaptado de Stokes e Smiley (1986) (Figura2).



Figura 2: Coleta e preparo do material. A-Retirada dos discos com motosserra; B-Obtenção de dados de coleta (CAP e DAP) e identificação dos discos; C- Aplainamento do material; D-Lixamento dos discos. (Fonte primeiro autor)

2.2.3. - Analise de dados: Observação, contagem e mensuração dos anéis:

2.2.3.1. - Caracterização anatômica através de macroscópia na madeira das espécies:

Na descrição macroscópica de ambas as espécies foram observadas as características organolépticas da madeira, tais como: cor, cheiro, textura, presença ou ausência de anéis de crescimento, entre outros. Também foram descritas as características anatômicas microscópicas presentes no lenho, como: presença e ausência de parênquima axial, quanto ao tipo, visibilidade, disposição; quanto a visibilidade, tamanho e frequência do parênquima radial; bem como vasos, fibras e raios. As diretrizes aplicadas para a execução das análises realizadas baseou-se na IAWA (Iawa Committee, 1989).

2.2.3.2- Analises Dendrocronológicas:

Após o polimento do material, os anéis de crescimento foram observados e contados em mesa de projeção com lupa estereoscópica, Marca BEL Photonics, modelo SZ. Para tal, projetou-se quatro raios em direções diferentes em cada disco, evitando áreas de mácula, no intuito de obter repetições estatísticas.

Os anéis de crescimento foram analisados e contados no sentido medula-casca, aplicou-se a técnica do SKELETONPLOT (Stokes e Smiley, 1969), como uma análise preliminar sobre a presença ou não de possíveis sincronias entre raios e discos.

Posteriormente, foram analisadas as séries radiais dos discos no intuito de se perceber padrões comum no crescimento destes, mediante datação cruzada (Figura 3).



Figura 3: Mensuração e controle dos anéis de crescimento. A- observação e marcação dos anéis em lupa estereoscópica; B- marcação dos raios contagem e mensuração dos anéis; C- Disco com os quatro raios demarcados; D- Discos de *C. guianensis* analisados; E- Discos de *E. paraensis* analisados; F- SkeletonPlot (Fonte primeiro autor).

Em seguida as amostras foram escaneadas com resolução de 1200 bpi, em um scanner de mesa, marca Hewlett Packard, modelo SCANJET G2710, e posteriormente as imagens submetidas ao software Image Pro-plus, com calibração de 0,001 mm de precisão, onde realizou-se as mensurações dos discos, sentido medula casca. As larguras dos aneis foram obtidas mediante a indicação manual das extremidades dos limites dos aneis de crescimento. Os dados obtidos foram exportados para planilha do Excel 2010, que permitiu a observação gráfica do comportamento dos raios e entre árvores (Figura 4).

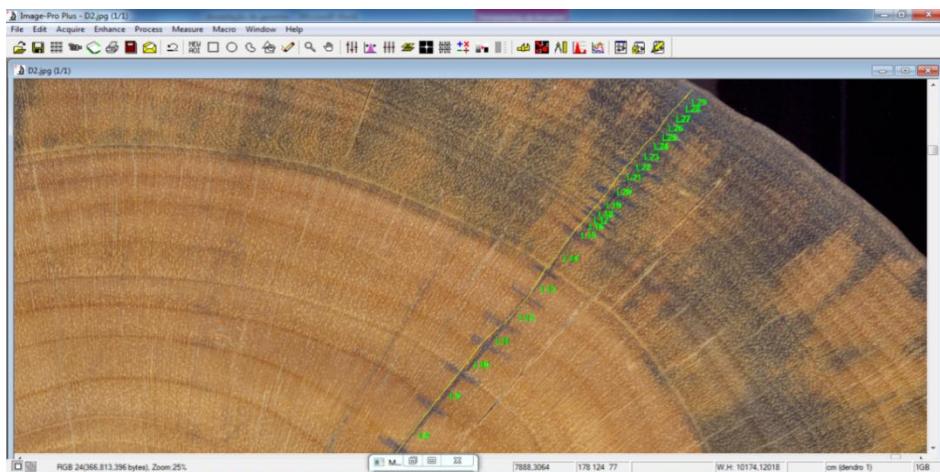


Figura 4: Demonstração do uso do programa Image Proplus, realizando mensurações nos anéis de crescimento da *E. paraensis* (Fonte primeiro autor).

Através do COFECHA (Holmes *et al.*, 1986), Foi elaboradas correlações de Pearson entre as series dos raios e entre os discos, por conseguinte, os dados foram organizados e processados, executando um controle de qualidade da datação, bem como verificou-se a presença de sincronismo entre as séries de largura de anéis de crescimento cada disco. Com bases nas médias dos raios e com as mensurações dos anéis de crescimento, foi construída uma série “Master” para cada espécie, que possibilitou calcular os valores de DAP, CAP, Incremento Médio Anual, Incremento Corrente Anual, Incremento PA e o Crescimento cumulativo das espécies para observar o incremento anual (Apêndice tabelas A e B).

Não foi possível ter acesso a uma série histórica dos fatores climáticos do local dos plantios, entretanto se correlacionou os dados dos anéis de crescimento com as variáveis climáticas de duas estações meteorológicas mais próximas, situadas nas cidades de Belterra e Monte Alegre, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, as quais serão denominadas como área A e B, respectivamente. Para tal, determinou-se a distância entre elas tomando como marco a cidade de Prainha, onde está situado os plantios, logo, Belterra fica cerca de 178 km e Monte Alegre cerca de 60 km, ressaltando que ambas as distâncias foram analisadas em linha reta, por meio de projeções de satélite, no site distância entre cidades, disponíveis na web (<http://www.distanciaentreascidades.com.br>).

Para as análises dendroclimáticas, utilizou-se dados de precipitação acumulada e temperatura (médias mensais) das estações meteorológicas referentes às áreas A e B, bem como, o uso de informações específicas dos plantios de Curuá-una, existentes na literatura atual.

Para a realização das correlações climáticas e obtenção das cronologias para as duas espécies, foi utilizado o programa ARSTAN (Holmes *et al.*, 1986; Cook, 1985), o qual realiza o ajuste de uma função de regressão na largura dos anéis, que retira as tendências do crescimento. Posteriormente, utilizou-se o Office Excel para aplicar as correlações de Pearson entre as médias mensais de temperatura e precipitação, e os dados obtidos mediante as mensurações dos anéis de crescimento nos 24 meses, ou seja, o ano de formação do anel e o ano anterior.

2.2.3.3. - Densitometria de raios X:

As amostras de *E. paraensis* foram submetidas à técnica de densitometria de raios X, que possibilitou identificar com mais consistência a demarcação exata dos limites dos anéis de crescimento no lenho dessas árvores, permitindo aumentar a confiabilidade das marcações, já que informações sobre a formação de anéis de crescimento com periodicidade anual para essa espécie são escassas.

A densitometria de raios X fornece dados sobre a densidade aparente da madeira, evidenciando a variação de densidade nas sessões radiais dos discos, consequentes das diferenças de organização e constituição anatômicas das camadas de crescimento. Esta percepção é possível devido o lenho inicial do anel de crescimento apresentar menor densidade, devido suas paredes finas, quando comparadas as do lenho tardio, e possuem maior densidade (Luz, 2011). Diante desta é possível observar as variações de densidade inter-anual e intraanual nas sessões radiais do lenho (Chagas, 2009).

2.3. RESULTADOS

2.3.1. - Descrição Macroscópica:

2.3.1.1. *Euxylophora paraensis* Huber (Fig 5) Família: Rutaceae / Nome vernacular: Pau amarelo.

Caracteres gerais: Madeira de densidade média a pesada, de cor amarela brilhante, apresentando cerne e alburno pouco distinto, grã direta, textura fina, cheiro indistinto e gosto amargo. Possui resistência mecânica moderadamente dura ao corte manual no plano transversal. Com presença de máculas e sem



Figura 5 – Plano transversal de *Euxylophora paraensis* Huber (Fonte primeiro autor).

canais secretores. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas por zonas fibrosas transversais, de coloração mais escura, havendo a diminuição do tamanho dos poros por conta do espessamento das paredes das fibras. **Parênquima Axial** escasso ou invisível sob lente 10 X. **Parênquima Radial** visível a olho nu, finos e numerosos. **Poros** visíveis somente sob lente 10X, difusos, predominantemente solitários, apresentando-se parcialmente obstruídos por tiloses (coloração amarela clara). **Raios** visível somente sob lente 10 X, não estratificado, com linhas vasculares retilíneas, espelhado contrastado.

Dentre as condições determinantes para identificação dos anéis, houve a diminuição no numero e no tamanho dos poros, no lenho tardio. As amostras dessa espécie foram infectadas por fungos, gerando manchas escuras na região do alburno, entretanto, não impediram a visualização e mensuração dos anéis de crescimento como mostra a figura 7

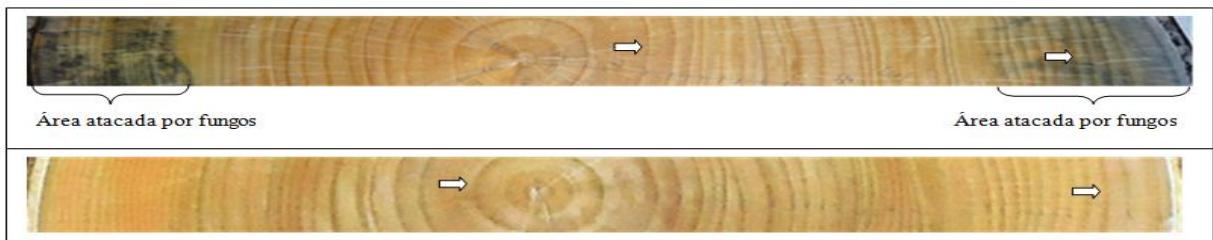


Figura 7: Segmento do disco de *E. paraensis*, mostrando o disco antes e depois do ataque de fungos. Anéis de crescimento distintos sendo indicados pelas setas, com delimitação da área infectada por fungos (Fonte primeiro autor).

2.3.1.2. - *Carapa guianensis* Aubl. (Figura 6) – Família: Meliaceae / Nome vernacular: Andiroba.

Caracteres gerais: Madeira de densidade média, de cor marrom avermelhada, apresentando cerne e alburno bastante distintos, grã reversa, textura média, cheiro e gosto indistinto. Possui resistência mecânica moderadamente dura ao corte manual no plano transversal. Com presença de máculas e sem canais secretores. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas por zonas fibrosas transversais, de coloração mais escura, associados ou não a parênquima marginal. **Parênquima Axial** visível a olho nu, em faixas estreitas ou linhas marginais. **Parênquima Radial** visível a olho nu, finos e numerosos. **Poros** visíveis a olho nu, difusos, predominantemente solitários, apresentando-se parcialmente obstruídos por uma resina

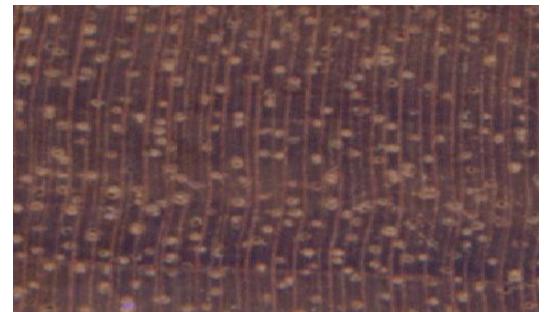


Figura 6 – Plano transversal de *Carapa guianensis* (Fonte primeiro autor).

marrom escura. **Raios** visível somente sob lente 10 X, não estratificado, com linhas vasculares retilíneas, espelhado pouco contrastado.

Os indivíduos representativos apresentaram muitos anéis, entretanto, não se observou diminuição na quantidade nem no tamanho dos poros, mas sim a presença de faixas estreitas de parênquima marginal para 32 anéis dos 41 inicialmente contabilizados por controle ótico (figura 8).

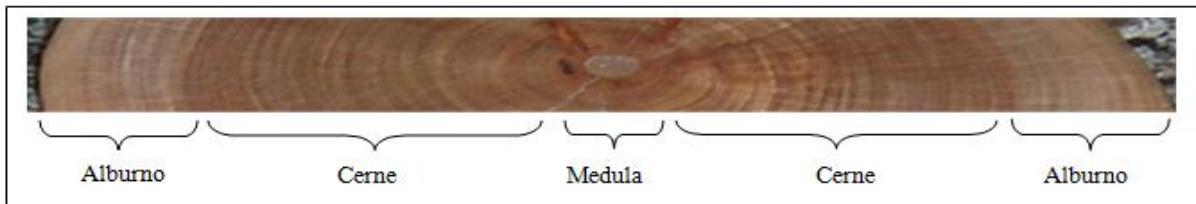


Figura 8: Observação do disco de *C. guianensis*, evidenciando o alburno, cerne e medula (Fonte primeiro autor).

2.3.2. – Análise dendrocronológica das espécies *Euxylophora paraensis* Huber (Rutaceae) e *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae).

Para cada uma das espécies foi analisada 20 amostras radiais, devido cada disco ter 4 raios, totalizando 5 discos (árvores) por espécie, porém, algumas amostras radiais não apresentaram correlações significativas com as demais e foram retiradas da análise dendrocronológica. Para as correlações desenvolvidas nas amostras radiais de *E. paraensis*, obteve-se boas correlações em 17 das 20 amostras, havendo a retirada de 3 amostras, assim como para a *C. guianensis*, que obteve boas correlações significativas em 14 das 20 analisadas (logo se retirou 6 amostras radiais).

Nas amostras radiais de ambas as espécies analisadas verificaram-se tendências comuns no padrão comportamental dos anéis de crescimento, o que permitiu criar uma série “Master”, que representou variações no crescimento destas. O padrão em crescimento radial, que exemplifica o sincronismo existente nos indivíduos representativos de ambas as populações, verificadas nas linhas dos gráficos analisadas nesse estudo (Figuras 9 e 10). Logo as mensurações realizadas nas larguras do anéis de crescimento possibilitou projetar a tendência de crescimento dos indivíduos mediante o uso de graficos, através do Office Excel.

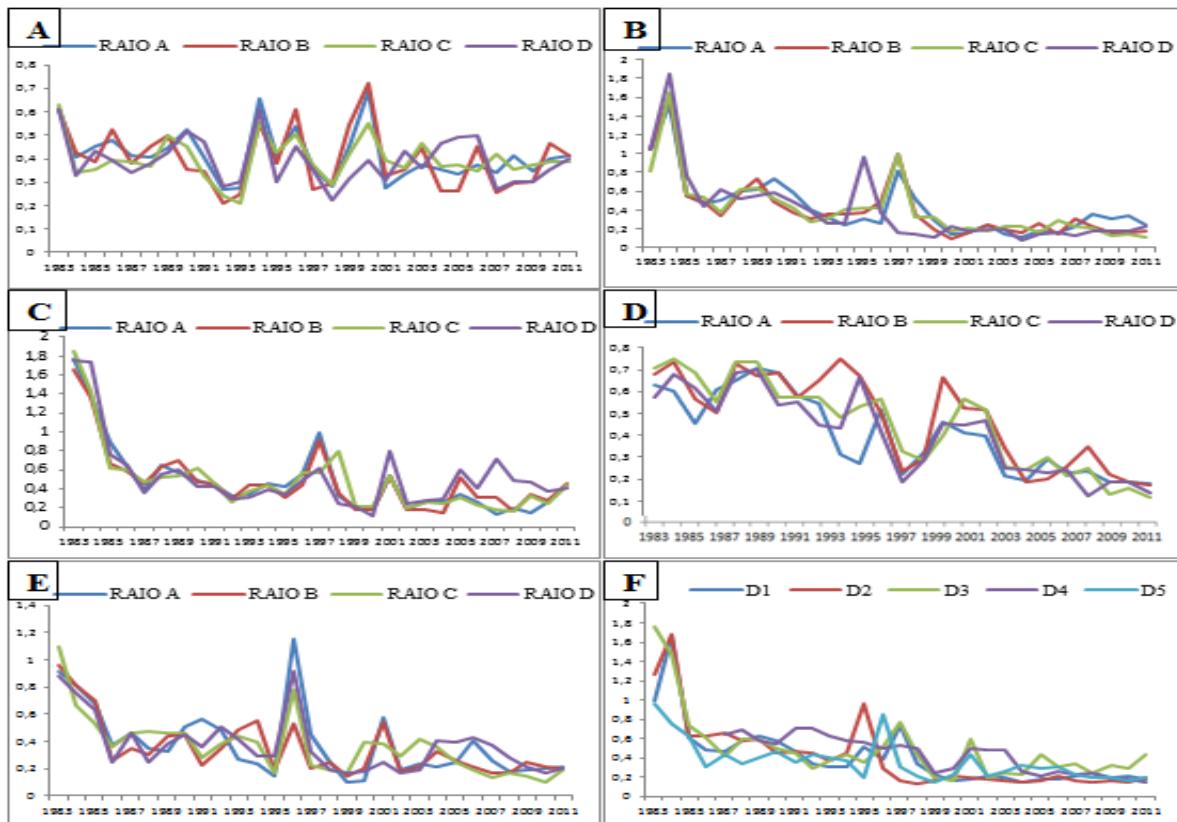


Figura 9: Graficos dos resultantes das mensurações dos anéis de crescimento de *E. guianensis*, A-Disco 1, B-Disco 2, C-Disco 3, D- Disco 4, E-Disco 5 e F-Todos os Discos.

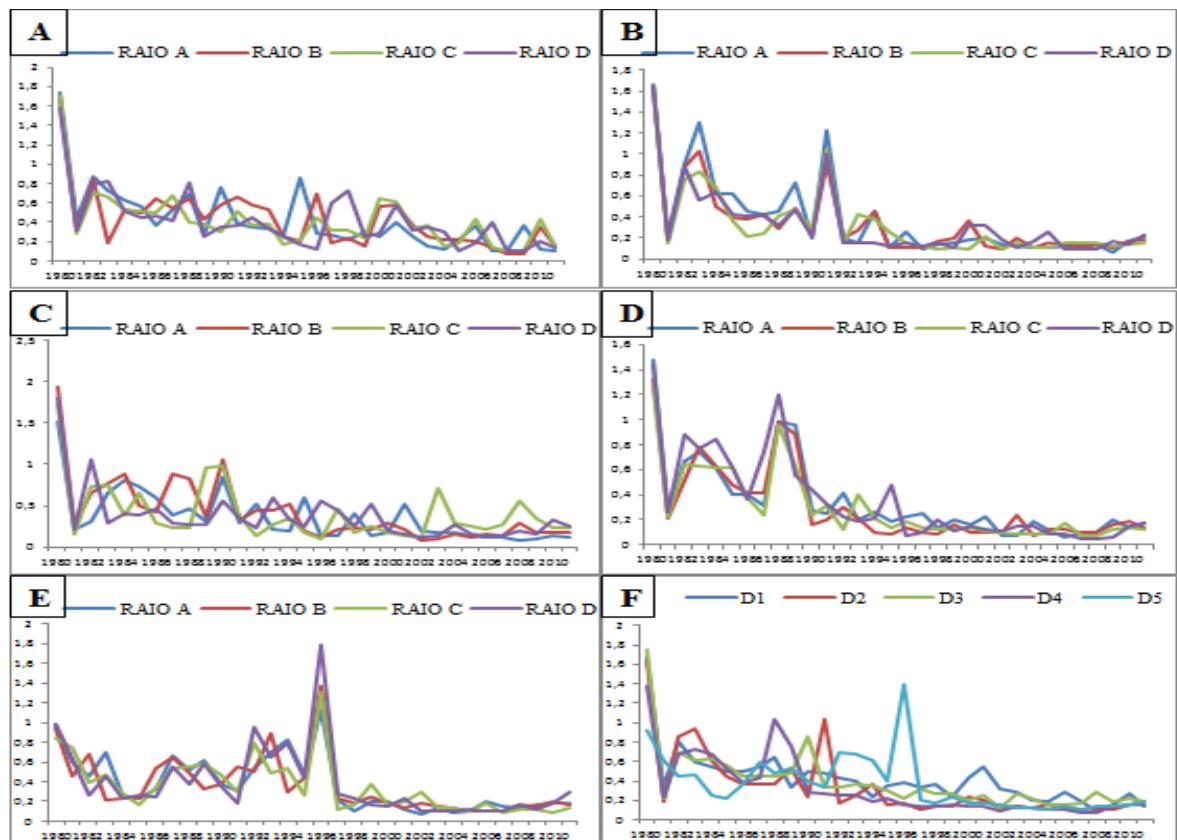


Figura10: Gráficos dos resultantes das mensurações dos anéis de crescimento de *C. guianensis*, A- Disco 1, B-Disco 2, C- Disco 3, D- Disco 4, E-Disco 5 e F - Todos os Discos.

Mediante o controle de qualidade realizado pelo COFECHA, foram obtidas as idades: 32 anos (1980-2011) para *C. guianensis* com correlação de .482 entre as séries individuais, sendo o indice de significancia determinado pelo programa de .4226. Para a *E. paraensis* foi determinado 29 anos (1983-2011), com correlação de .595, enquanto que, o indice de significancia gerado pelo programa foi de .5155. Em ambas as analises, as idades obtidas pelo numero de aneis de crescimento foram corroboradas pela idade dos plantios estudados.

Este resultado permitiu comprovar a anuidade dos aneis de crescimento das duas espécies, a eficácia da aplicação da técnica de dendrocronologia na região de Curuá-una/Pa, e a criação de uma série master (figura 11) para as populações deste estudo.

Os dados das mensurações dos anéis de crescimento sincronizados foram submetidos ao programa ARSTAN, o qual retirou as tendências de crescimento, e gerou dentre outros resultados uma cronologia “Standard” referente aos índices de crescimento arbóreo.

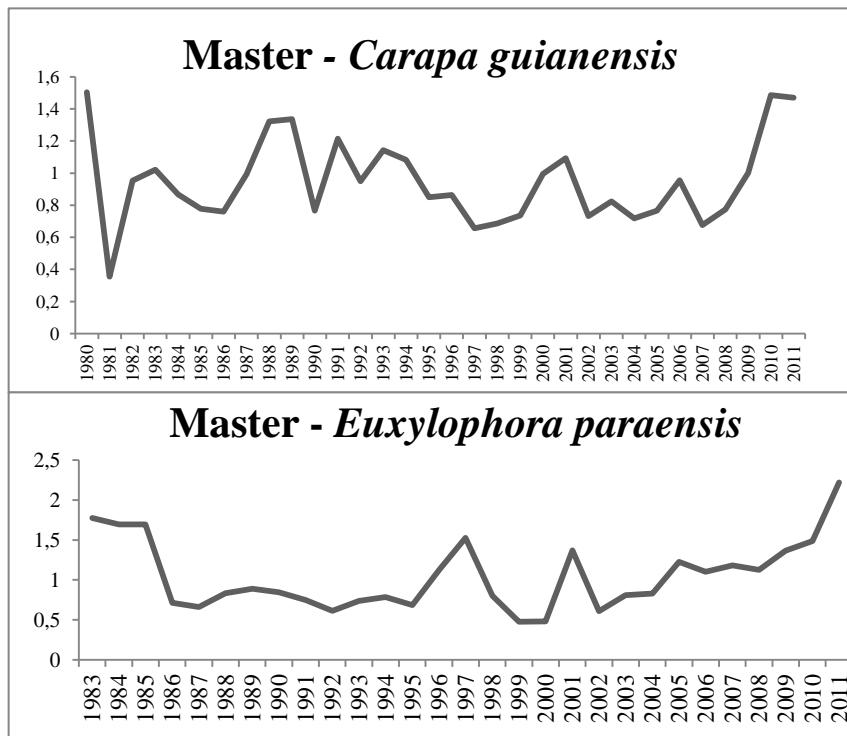


Figura 11: As respectivas Séries Master das espécies *C. guianensis* e *E. paraensis*

2.3.2.1. - Dendroclimatologia das espécies do estudo:

Uma vez comprovada a periodicidade anual dos anéis de crescimento das espécies estudadas, e diante das analises dos perfis radiais destes, verificou-se, que o crescimento radial de ambas as espécies, foi possivelmente influenciado pelas condições ambientais dessa

região (figuras 9 e 10), devido um padrão de similaridade, comum aos indivíduos representativos das duas espécies.

Para iniciar as análises foi construído diagrama ombrotérmico para cada uma das áreas representativas, A- Belterra e B-Monte Alegre, tomando como base o ano mais recente - 2012 (figura 12). Estes demonstraram a similaridade entre o período de seca das áreas A e B. De acordo com a metodologia de Bagnouls e Gausson (1957) onde o período seco de uma região seria a representação gráfica de quando os índices de chuvas passam a ser inferiores a temperatura. Evidenciando que tanto na área A como na B a seca ocorre de agosto a novembro. Entretanto divergem de Curuá-una, cujo período de seca ocorre de junho a outubro, conforme a afirmação de Mekdece *et al*, (2013).

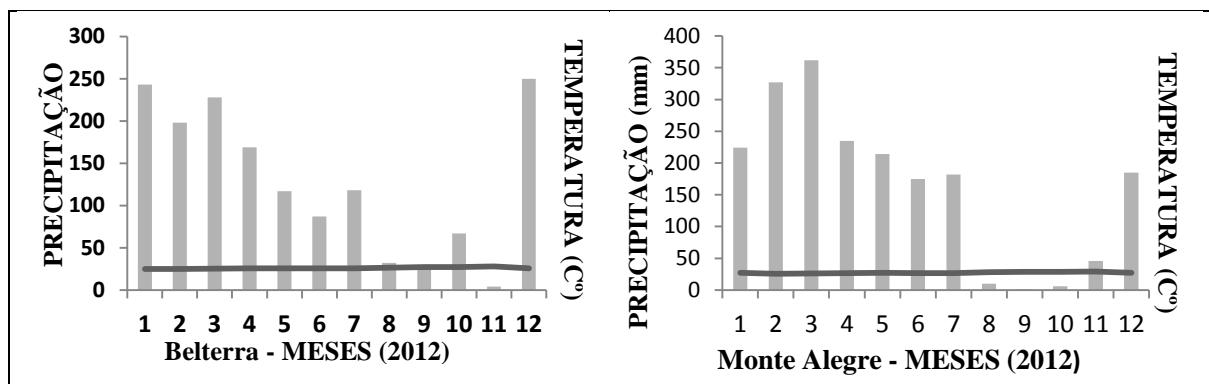


Figura 12: Diagramas ombrotérmicos, representativo para as áreas A - Belterra e B -Monte Alegre (Ano 2012) -
Fonte: dos dados INMET

Entretanto, nota-se que tanto a *C. guianensis* como a *E. paraensis* apresentaram correlações positivas com as oscilações de temperatura anual das duas áreas, devido os índices de temperatura nessas áreas serem constantes durante todo o ano. Já nas correlações com a precipitação, para ambas as áreas, apesar de também positivas, a ocorrência diminui para poucos meses dos anos analisados.

Possivelmente devido às oscilações naturais nos índices de temperatura anual desses locais, logo, as variações de precipitação dessas áreas, interferem significativamente na dinâmica de crescimento dessas espécies, mediante a disponibilidade de água no solo (figuras 13 e 14).

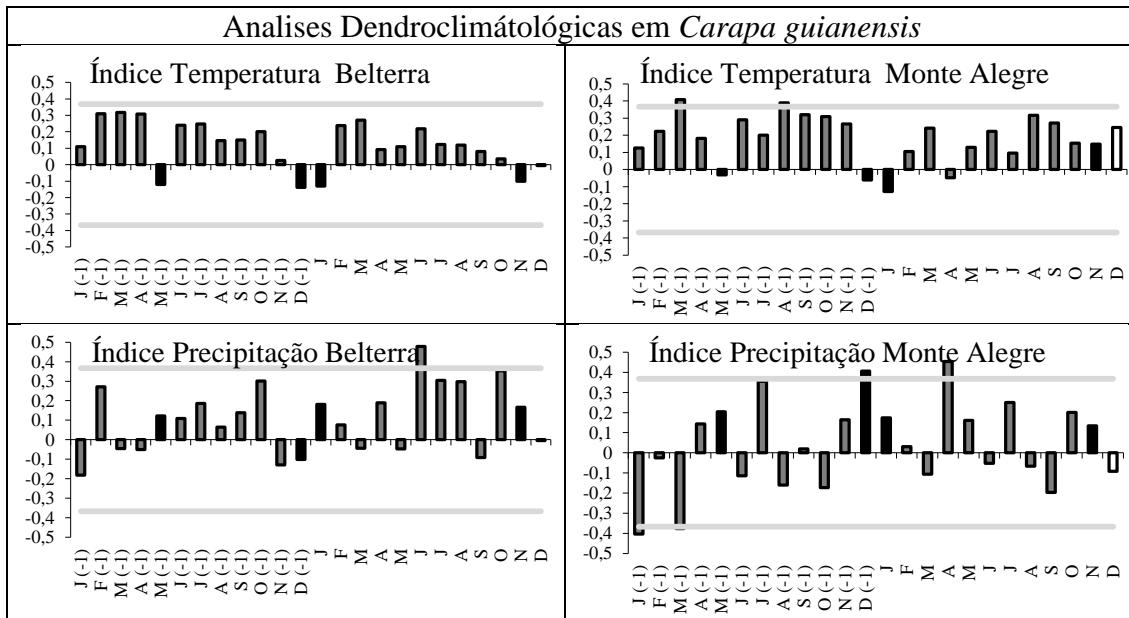


Figura 13: Correlações dos índices dos anéis de crescimento da *C. guianensis* e variáveis climáticas de estação meteorológica do IMET de Belterra e Monte Alegre.

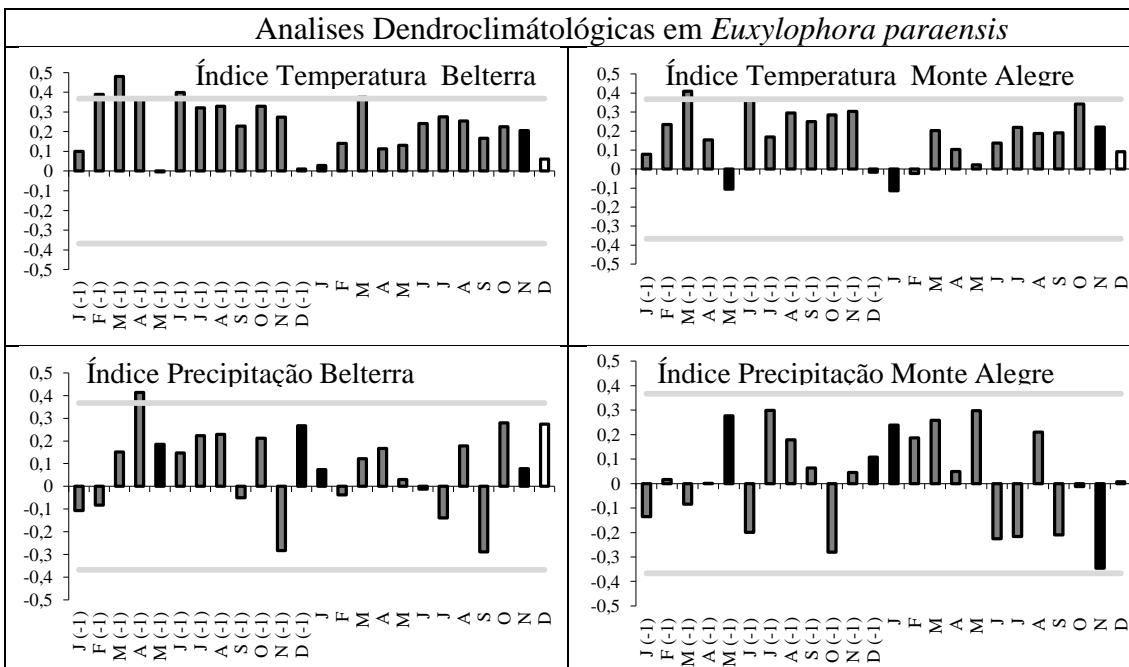


Figura 14: Correlações dos índices dos anéis de crescimento da *E. paraensis* e variáveis climáticas de estação meteorológica do IMET de Belterra e Monte Alegre.

2.3.2.2. - Dinâmica de crescimento das espécies estudadas

Mediante a “Master” obtida a partir das médias das mensurações dos anéis de crescimento, foi calculado o DAP- Diâmetro a Altura do Peito, IMA - Incremento Médio Anual, ICA - Incremento Corrente Anual, IPA - Incremento Periódico Anual e o CUM - Crescimento Cumulativo, conforme tabelas A e B (apêndices A e B), informações estas

importante para mensurações florestais (porém não houve a necessidade de serem usadas diretamente nesse estudo).

Analizando as tendências de crescimento das duas espécies, foi possível realizar uma análise de variância no IMA que permitiu conhecer a largura média dos anéis, o desvio padrão e as medidas máximas e mínimas do incremento anual em ambas as espécies. Conforme a tabela 1.

Espécies	Largura Média (mm)	Desvio Padrão	Média Max. (mm/ano)	Média Min. (mm/ano)
<i>C. guianensis</i>	1,13	0,40	2,80	0,72
<i>E. paraensis</i>	1,34	0,46	2,64	0,87

Tabela 1: Largura média, Desvio padrão, Médias Max. e Min. dos indivíduos analisados de *C. guianensis* e *E. paraensis*

Os indivíduos analisados das duas espécies não apresentaram diferenças significativas no ritmo de crescimento anual, e os valores das médias máximas e mínimas obtidos foram relativamente próximos entre sí. Entretanto supõe-se que essa variação na taxa de crescimento seja resultante das particularidades genéticas dessas espécies, uma vez que as condições ambientais eram similares nos dois plantios. Conforme observado na figura 15.

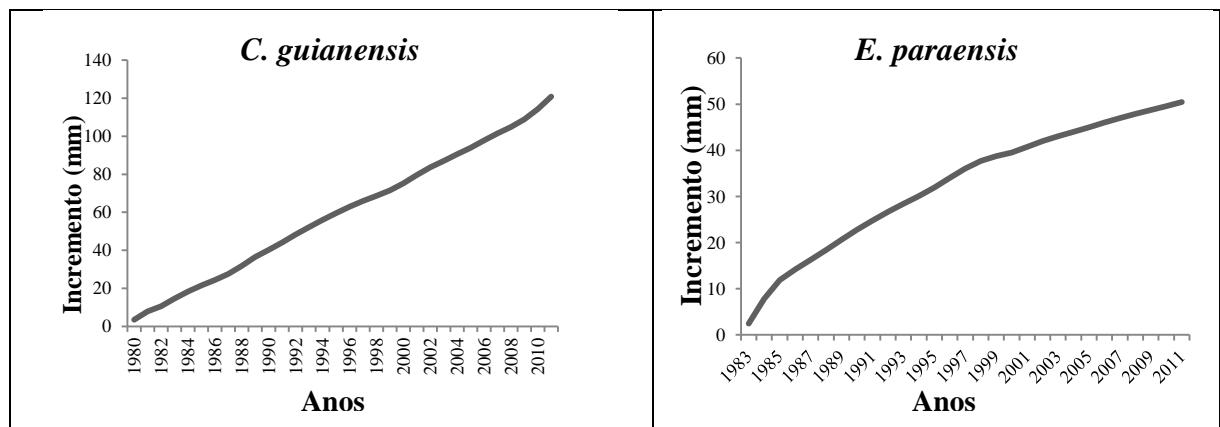


Figura 15: Gráfico do crescimento cumulativo em *C. guianensis* e *E. paraensis*

2.3.3. – Densitometria de Raios X em árvores de *Euxylophora paraensis* Huber:

As amostras de *E. paraensis* foram submetidas à técnica de densitometria de raios X, no intuito de conhecer a relação dos anéis de crescimento existentes no lenho e a densidade aparente da madeira. Diante dos perfis da densidade aparente, obtidos através da análise dos discos da base do tronco das cinco árvores, foi possível observar pequenas oscilações nos valores da densidade (0.8 - 0.84), das seções A e B dos 5 discos, conforme tabela 2. Essas

variações são consideradas inter-anual, mediante a presença de anéis de crescimento (lenho inicial e tardio).

Amostras	Densidade aparente (g/cm^3)				
	Média	Desv. Padr.	Coef. Var. (%)	Máx	Mín
Disco 1A	0,81	0,071	8,735	1,038	0,581
Disco 1B	0,828	0,073	8,784	1,121	0,576
Disco 2A	0,907	0,072	7,966	1,104	0,708
Disco 2B	0,87	0,073	8,405	1,131	0,623
Disco 3A	0,809	0,092	11,400	1,047	0,462
Disco 3B	0,836	0,082	9,814	1,116	0,586
Disco 4A	0,82	0,072	8,802	1,023	0,547
Disco 4B	0,852	0,072	8,459	1,090	0,528
Disco 5A	0,82	0,076	9,310	1,036	0,568
Disco 5B	0,845	0,078	9,236	1,066	0,558
Média	0,8397	0,07611	9,091	1,077	0,573681

Tabela 2: Densidade aparente média, máxima e mínima dos cinco discos de *E. paraensis*.

Foram obtidos valores da densidade aparente: média, mínima e máxima, entretanto a presença de fungos na madeira (alburno) resultou na diminuição dos valores de densidade nesta porção da madeira e, consequentemente, nos valores médio, máximo e mínimo. Esses dados são resultantes das variações encontradas no lenho, representadas pela composição estrutural anatômica e pelos arranjos das fibras das zonas de crescimento que constituem o lenho dos indivíduos amostrados de *E. paraensis*. Os resultados foram, respectivamente, 0,83, 0,57 e 1,07 g/cm^3 (conforme tabela 2).

Contudo, a técnica de densitometria foi eficiente com relação a marcação de anéis de crescimento do lenho de *E. paraensis*, em função das oscilações de densidade apresentadas no decorrer dos raios. Onde o lenho inicial apresenta menor densidade em relação ao lenho tardio (figuras 16 a 20).

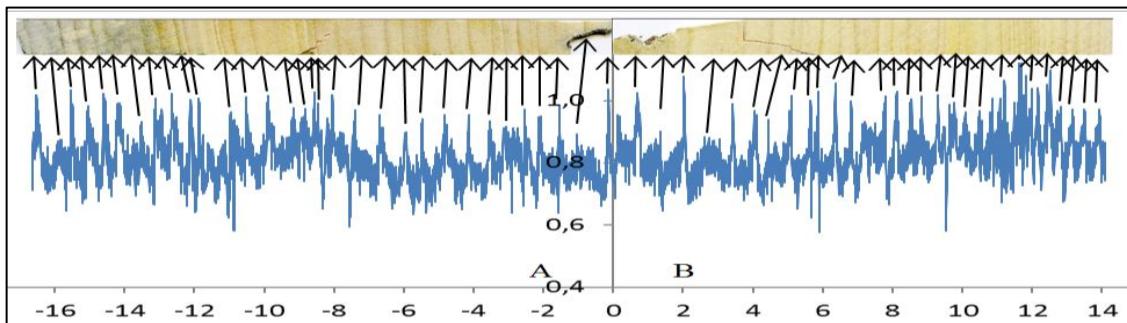


Figura 16: Disco 1 (Raios A e B)

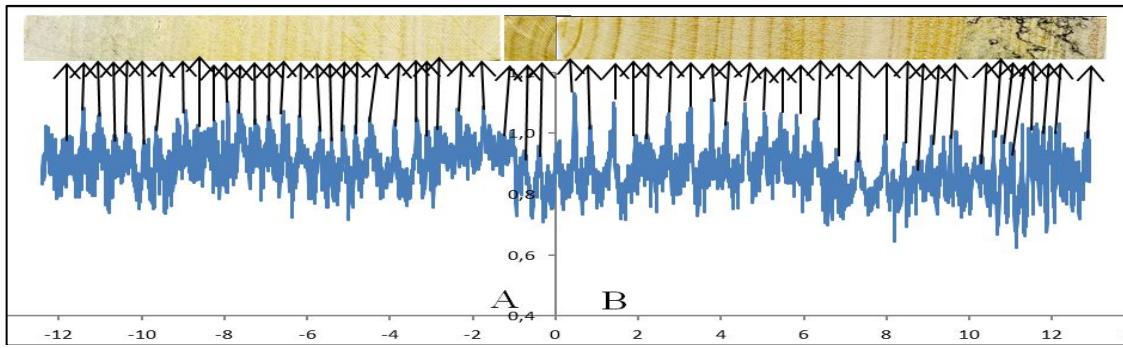


Figura17: Disco 2 (Raios A e B)

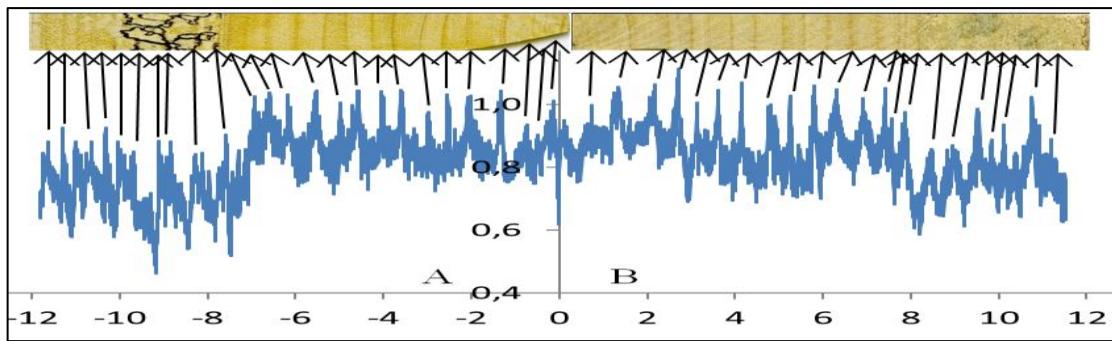


Figura18: Disco 3 (Raios A e B)

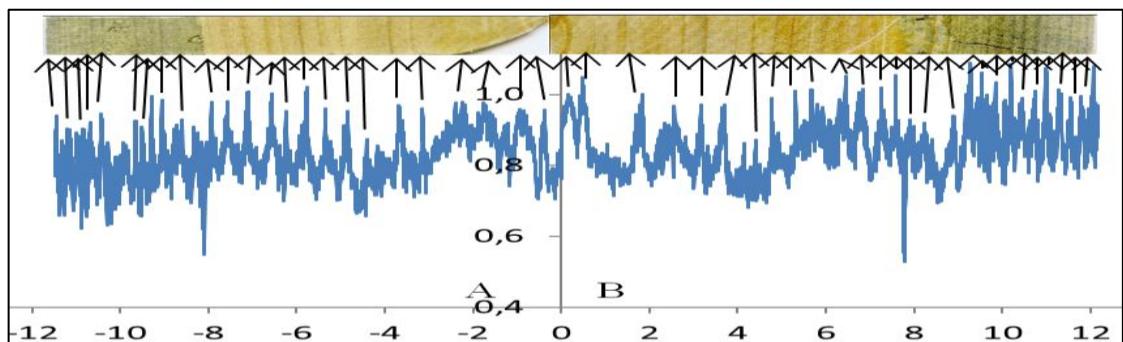


Figura 19: Disco 4 (Raios A e B)

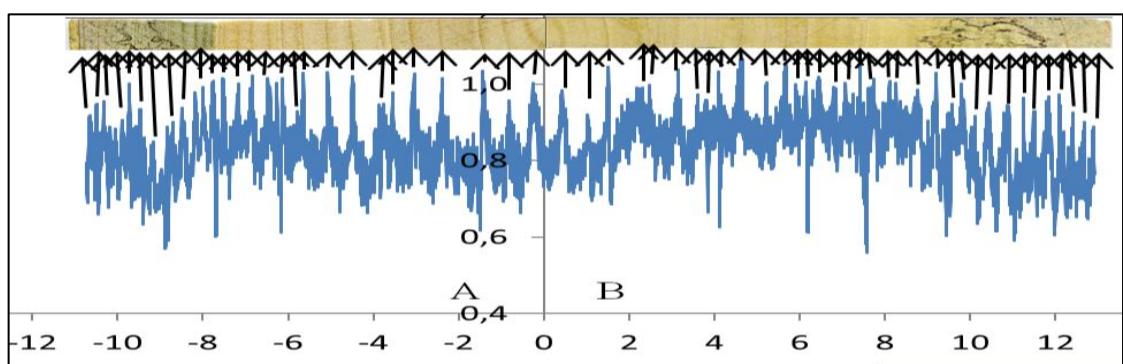


Figura 20: Disco 5 (A,B)

2.4. – DISCUSSÃO

2.4.1. - Formação dos anéis de crescimento nas espécies do estudo

2.4.1.1. - *Euxylophora paraensis*

A presença de anéis de crescimento distintos para a *E. paraensis*, até então, não havia sido observada, o que reafirma a influencia do meio sobre a anatomia dos indivíduos, além dos fatores genéticos (Mattos *et al.*, 2011). Entretanto Alves *et al.* (2012) não encontraram anéis de crescimento distintos no lenho desta espécie no estado de Espírito Santo, o que reitera a hipótese que entre as condições ambientais de Curuá-una, há fatores limitantes ao crescimento desta espécie, que propiciou a marcação de anel de crescimento no lenho, enfatizando um possível potencial para dendrocronologia.

Até então, a literatura mostra poucas espécies da família Rutaceae, para as quais já foi evidenciado potencial dendrocronológico, tais como *Zanthoxylum compactum* (Albuq.) P.G. Waterman, observada na pesquisa de Worbes (2002), bem como as *Balfourodendron riedelianum* Engl., e *Esenbeckia leiocarpa* Engl., descritas no trabalho de Lisi *et al.*, (2008), Ferreira (2002), Botosso & Tomazello Filho (2001). Esses trabalhos evidenciam a necessidade de desenvolverem-se mais estudos dessa natureza, com esta e outras famílias botânicas e que estes possam contemplar diferentes regiões do globo, em virtude desse potencial.

2.4.1.2. *Carapa guianensis*.

O resultado obtido neste trabalho sustentou as informações existentes na literatura, sobre a potencialidade da família Meliaceae para estudos dendrocronológicos, mediante a presença de anéis de crescimento distintos. (Boninsegna *et al.*, 1989; Worbes 1995, 2002; Dunisch *et al.*, 2002a, 2002b, 2003; Dünisch, 2005; Tomazello *et al.*, 2001b, 2002; Brienen e Zuidema, 2005).

A presença de parênquima marginal delimitando os anéis de crescimento em indivíduos da família Meliaceae é descrita como uma característica comum na anatomia deste grupo (Worbes, 2002). Supõe-se que as linhas ou faixas estreitas de parênquima marginal, encontrada nos discos, bem como o aparecimento de zonas fibrosas formando os anéis, foram induzidas diante da escassez de água no solo. Outros trabalhos realizados também correlacionaram a formaram anéis de crescimentos mediante as interrupções das atividades cambiais, por períodos de seca (Vetter e Botosso, 1989; Dunish *et al.* 2002a, 2003; Costa *et al.*, 2006).

Houve na cronologia a presença de anéis de crescimento falsos ou também chamados de anéis intra-anuais em ambas as espécies, entretanto, a *E. paraensis* apresentou menor quantidade, quando comparada ao numero encontrado na *C. guianensis*. A frequência de anéis intra-anuais nas espécies pode ter ocorrido devido a fator genético, ou as condições ambientais, conforme explicado por Tomazello *et al.*, (2002).

Contudo, Worbes (1995) explica que muitas espécies podem apresentar anéis intra-anuais, os ditos falsos anéis, entretanto, o conhecimento da periodicidade de crescimento pode auxiliar a identificação destes, no decorrer da cronologia analisada. Outros trabalhos ressaltam que nas regiões tropicais é comum a ocorrência de anéis intra-anuais e de anéis ausentes, devido a falta de um regime sazonal bem definido, com há nas regiões temperadas (Wimmer *et al.*, 2000; Hienrich, 2004).

2.4.2. - Analises dendroclimáticas

A metodologia utilizada neste trabalho foi empregada com sucesso por Anholetto (2013), quando correlacionou cronologias encontradas para as espécies de seu estudo com os dados climáticos de sítios diferentes.

Mekdece, *et al.*, (2013), apresenta pesquisas com plantios de 55 espécies florestais de Curuá-una, dentre as quais temos as espécies deste estudo, o que possibilitou conhecer a fenologia destas, haja visto, a distância e dificuldade de acesso aos plantios em relação ao laboratório onde ocorreram as analise dessa pesquisa.

Estes autores mencionam que a espécie *E. paraensis* tem floração de maio a agosto, com frutificação de agosto a novembro, e com dispersão de outubro a dezembro, ocasionando intenso gasto de energia para as árvores, condição esta que coincidi com período de seca da região. Contudo a *C. guianensis* apresenta floração de agosto a setembro, com frutificação de outubro a fevereiro, e dispersão de fevereiro a abril, de modo que algumas atividades estas que também ocorrem no período de seca da região. Essas informações são corroboradas com as observações feitas durante a coleta de campo (outubro), na qual foi percebido que e os indivíduos de *E. paraensis* apresentavam frutos, e os de *C. guianensis* não estavam férteis. Essas informações reforçam a ideia desse estudo, de que o crescimento cambial dessas espécies ocorre em consonância ao período chuvoso dessa área, mediante o grande gasto de energia com a reprodução em consonância com déficit hídrico no solo, durante o período de seca.

Essa afirmação mencionada no parágrafo anterior ganha robustez diante da afirmação de Worbes (1999, 2002), que associou o crescimento das espécies da região da Amazônia central, mais intenso na presença de precipitação para indivíduos de terra-firme, bem como outros trabalhos, que reiteram a ativação do crescimento em indivíduos de floresta tropical em virtude da presença de agua no solo (Dunish, *et al.*, 2002a; 2003). Haja vista que períodos de estação seca anual de 2-3 meses tendo precipitação mensal inferior a 60 mm certamente diminui ou para o ritmo das atividades cambiais, resultando na marcação de anéis (Worbes, 1995).

Outra condição observada nestas espécies *E. paraensis* e *C. guianensis*, relaciona-se ao fato de serem indivíduos perenifólios, ou seja, apresentam substituição foliar durante todo o ano, mesmo assim, a falta de abscisão foliar não interferiu na formação de anéis de crescimento. Resultados semelhantes foram observados por Callado *et al.*, (2001) que também evidenciaram a formação de anéis de crescimento em espécies perenifólia.

2.4.3. Dinâmica de crescimento das espécies

Através da observação da anuidade dos anéis de crescimento das espécies estudadas, foi possível realizar inferências sobre o incremento anual do tronco, no intuito de compreender a dinâmica de crescimento destas espécies, com o uso de análises matemáticas e estatísticas das medidas dos anéis de crescimento, conforme sugerido por Schweingruber (1988).

As informações sobre o crescimento arbóreo são de suma importância para a construção de modelos de crescimento, aplicação de práticas silviculturais, dentre outros conhecimentos necessários para a tomada de decisão, referente ao manejo florestal sustentável (Worbes, 1997). Nesse caso, o crescimento secundário ou incremento radial anual, nada mais é do que o reflexo das constantes interações entre os indivíduos, mediante a competição pelos recursos do meio favorável ao seu crescimento, os quais podem variar regionalmente (Mattos *et al.*, 2011). Nisto, Gerwing (2002) também relacionou o crescimento temporal das espécies estudadas com as suas condições ecológicas e os aspectos ambientais circundantes.

Os valores obtidos diante do crescimento desses indivíduos, encontram-se dentro do padrão citado por Laurance *et al.*,(2004), que encontrou indivíduos arbóreos da região Amazônica de terra-firme com incremento radial estimado entre 1 a 3 mm/ano. Contudo, o desenvolvimento de modelos de crescimento individual, para as espécies florestais nos

trópicos ainda são escassos (Brienen e Zuidema, 2007; Schöngart *et al.*, 2007) e pouco utilizados no atual sistema de exploração madeireira.

Este trabalho testou a periodicidade dos anéis de crescimento, mediante a comparação com idade conhecida (plantio) como Oliveira *et al* (2011) e Alvarado *et al*, (2010), que também obtiveram êxito mediante esta técnica. Mattos *et al.*, (2011) cita a importância de estudos dendrocronológicos, diante da necessidade que se tem de informações sobre o potencial das espécies arbóreas de florestas tropicais, mediante a formação de anéis anuais, os quais possibilitam estimar a idade e o ritmo de crescimento diamétrico dos indivíduos arbóreos. Ressaltam que essa ferramenta deveria ser incorporada definitivamente, nos processos de tomadas de decisão referentes ao manejo florestal sustentável, diante dos bons resultados apresentados em trabalhos dessa ordem.

Entretanto, Rosa (2008) acredita que apesar de atualmente, haver trabalhos que desenvolveram modelos de exploração madeireira, com rotatividade baseada no ritmo de crescimento individual das espécies através da dendrocronologia, ainda há um grande desafio, que consiste em converter dados de pesquisas científicas em políticas públicas no cenário atual. Entretanto, apresenta-se otimista, visto que, acredita que essa luta ganha força, mediante mudanças ocorridas no cenário madeireiro, através da IN nº de 2006, permitindo a alteração do diâmetro limite de corte e consequentemente dos ciclos de corte, baseados em dados de pesquisas científicas, o que promoverá explorações condizentes com as capacidades de regeneração de cada espécie.

2.4.4. – Densitometria de raios X em *E. paraensis*

Vetter (2000) recomenda esta técnica, como sendo eficiente para investigações dos limites de anéis de crescimento no lenho espécies arbóreas tropicais. Devido a presença de variações radiais na densidade, mediante a presença de anéis de crescimento. Sabe-se, que o lenho inicial apresenta paredes celulares mais finas, sendo menos densas e o lenho tardio, entretanto é composto de paredes celulares mais espessas e consequentemente mais densas (Schweingruber, 1988). Este contraste permite observar o perfil radial da densidade da madeira.

Alvarado *et al.*, (2010) também verificaram maior variação de densidade na madeira de árvores de *Swietenia macrophylla* King., (Meliaceae), da floresta tropical Amazônica do Peru. Esses picos de densidade ocorreram em virtude da formação do lenho inicial, caracterizado como mais largos e com baixa densidade com os do lenho tardio, intitulado como mais estreitos e de alta densidade.

Foi observado que os valores máximos obtidos de densidade, nas sessões radiais dos discos, ocorreram na presença de espessamento da parede das fibras do lenho tardio, dos anéis de crescimento, uma vez que, Tomazello *et al.* (2008), explicam em seu estudo, a relação direta entre a espessura das paredes celulares e o aumento da densidade.

O uso dessa técnica também foi positivo para outros trabalhos como: Chagas (2009), que demarcou os limites dos anéis de crescimento nas árvores de *Grevillea robusta* A., Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. E *Terminalia catappa* L., em Piracicaba e Paulínia/SP, e determinou as densidades inter e intra-anéis. Oliveira, *et al.* (2011), por sua vez, também utilizou essa técnica com a qual verificou o incremento anual de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, de um plantio em Rio Claro/RJ, obtendo correlações positivas entre a precipitação e o incremento anual, demonstrando o potencial dendroclimatológico desta espécie para a região.

O uso da densitometria de raio X, atribuiu mais robustez ao presente estudo, visto que, se utilizou desta para comprovação de formação de anéis de crescimento no lenho dos indivíduos de *E. paraensis*, em relação a densidade. Porém, os picos de densidade apresentados nos gráficos não foram associados a idade do plantio, devido as amostras submetidas a esta análise, terem sido tiradas da base do tronco e as amostras submetidas as mensurações dos anéis foram do DAP a 1,30 m do solo. Uma vez que Encinas (2005) explica que a quantidade de anéis varia em decorrência da altura do tronco, com tendência de diminuição no sentido base-topo.

2.5. CONCLUSÕES:

A dendrocronologia foi eficiente na determinação da idade das espécies *E. paraensis* (29 anos) e *C. guianensis* (32 anos), onde o quantitativo de anéis corroborou com a idade esperada para os plantios.

Os anéis de crescimento das espécies estudadas, provenientes de Curuá-una na região do Tapajós, são distintos e anuais.

Na cronologia de ambas as espécies observaram-se anéis de crescimento intra-anuais, mediante o uso de análises anatômicas do lenho, e aplicação de datação cruzada entre os discos.

As espécies estudadas apresentaram correlação positiva entre sua dinâmica de crescimento e a precipitação regional.

AGRADECIMENTOS:

A Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, ao Museu Paraense Emilio Goeldi – MPEG, a Universidade do Oeste do Pará – UFOPA, pelo apoio, equipe, e infraestrutura disponibilizada. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES, pela concessão da bolsa de estudo. Ao projeto INCT Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia, pela concessão de diárias para coleta de campo. Ao PIME - Projeto Integrado MCT- EMBRAPA, pelos equipamentos. Ao pesquisador Claudio Anhottello pelas valiosas contribuições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J.R.; Tomazello, M.F.; Pollito, P.A.Z.; Lobão, M.S. 2010. Variação da densidade e do lenho e relação com a largura dos anéis de crescimento de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta tropical amazônica do Peru 478. *ScintiaForestalis*, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 171-179.
- Anholetto Junior, C.R. 2013. Dendroecologia e composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) dos anéis de crescimento de árvores de *Cedrela odorata*, Meliaceae, na Caatinga e Mata Atlântica do Estado de Sergipe, Brasil. Dissertação - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 103 p.
- Alves, R.C.; Oliveira, J.T.S.; Motta, J.P.; Paes, J.B. 2012. Caracterização Anatômica Macroscópica de Madeiras Folhosas Comercializadas no Estado do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*. 19(3): 352-361
- Bagnouls, F.; Gaussen, H. 1957. Les climats biologiques et leur classification. *Annales de Géographie*. t. 66, n° 355,193 - 220 pp.
- Boninsegna J.A.; Villalba, R.; Amarilla, L. Campo, J. 1989. Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Missiones, Argentina. *AIWA Bull.* 10(2):161-169
- Boninsegna, J.A.; Argollo, J. Aravena, J.C.; Barichivich,J.D;Christie, M. E.; Ferrero, A.; Lara, C.; Le Quesne, B. H.; Luckman, M.; Masiokas, M.; Morales, Oliveira, J. M.; Roig, F.; Roig, F.; Sur A.; Villalba, R. 2009 .Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 281: 210–228
- Botosso, P.C. & Mattos, P.P. 2002. Conhecer a idade das árvores: Importância e aplicação. 1 ed. Colombo – *Embrapa Florestas*, 25 p. Revista Embrapa: disponível em <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC112.pdf> Acessado em 17 de setembro de 2012.
- Botosso, P.C.; Tomazello Filho, M. 2001. 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. (Org.). **Indicadores ambientais**: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC, p. 145-171.

Brandes, A.F.N.; Lisi, C.S.; Barros, C.F. 2011. Dendrochronology of lianas of the Leguminosae family from the Atlantic Forest, Brazil. *Trees*. 25:133–144

Brienen, R.J.W. & Zuidema, P.A. 2005. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia*. 146: 1–12

Brienen, R.J.W.; Zuidema, P.A.; During, H.J. 2006. Autocorrelated growth of tropical forest trees: unraveling patterns and quantifying consequences. *For Ecol Manage* 237:179–190

Brienen, R.J.W. & Zuidema, P.A. 2007. Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. *The Ecological Society of America. Frontiers in Ecology and the Environment*. 5(6): 302 – 306.

Chagas, M.P. 2009. Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminaliacatappa*L. Nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP. *Dissertação de Mestrado* - Universidade de São Paulo - ESALQ.

Callado, C.H.; Silva Neto, S.J.; Scarano, F.R.; Costa, C.G. 2001. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees* . 15: 492–497

Carvalho, J.O.P. 1997. Dinâmica de Florestas Naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: Curso de Manejo Florestal Sustentável: Tópicos Em Manejo Florestal Sustentável, Colombo: Palestras - Colombo: Embrapa Florestas, 1997. p. 43-55. (Documento, 34).

Cook, E.R. 1985. A time series analysis approach to tree-ring standardization. Thesis (PhD in Management of Watersheds) - University of Arizona, Tucson, 171 p.

Corona, E. 1986. Dendrochronologia: principi e applicazioni. Verona: *Istituti Italiano diDendrochronologia*. 103 p. Attidel Seminario tenuto a Verona neigiorni 14 e 15 novembre 1984.

Costa, C.G.; Callado, C.H.; Coradin, V.T.R.; Carmello-Guerreiro, S.M. Xilema. In: Apezzato-da-Glória, B.E;Carmello-Guerreiro, S.M. (2 Ed. atual). 2006. *Anatomia Vegetal*.Viçosa: Editora UFV, p. 129-154.

Costa, G.F. & Marenco, R. 2007. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amazonica*. Vol. 37(2): 229 - 234

Costa, D. A. da ; Ferreira, G. D. G. ; Araujo, C. V. ; Colodo, J. C. N. ; Moreira, G. R. ; Figueiredo, M. R. P., 2010. Intake and digestibility of diets with levels of palm kernel cake in sheep. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, 11 (3): 783-792

Cunha, T.A. 2009. Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica. *Dissertação de mestrado* – Universidade Federal de Santa Maria -

(UFSM, RS). Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Florestal, 88 p.

Cruz, J.P.; Leite, H.G.; Soares, C.P.B.; Campos, J.C.C.; Smit, L.; Nogueira, G.S.; Oliveira, M.L.R. 2008. Modelos de Crescimento e Produção para plantios comerciais jovens de *Tectonagrandisem* Tangará da Serra, Mato Grosso. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.32, n.5, p.821-828.

De Graaf, N.N.; Filius, A.M.; Huesca Santos, A.R. 2003. Financial analysis of sustained forest management for timber: Perspectives for application of the CELOS management system in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*.177: 287 – 299.

Dünisch, O.; Bauch, J.; Gasparotto, L. 2002a. Cambial growth dynamics and formation of increment zones in the xylem of *Swietenia macrophylla* King., *Carapa guianensis* Aubl., and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). *IAWA Journal*, Madison, 23: 101–119.

Dunisch, O.; Bauch J.; Gasparotto, L. 2002b. Formation of increment zones and intra annual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis*, and *Cedrela odorata* (Meliaceae). *IAWA J.* 23(2):101-119.

Dunisch, O.; Montóia, V.R.; Bauch, J. 2003. Dendroecological investigations on *Swieteniamacrophylla* King and *Cedrelaodorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees-Structure and Function* . 17: 244 – 250.

Dünisch, O. 2005. Influence of the El-niño southern oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell. in tropical and subtropical Brazil. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 79:5-11

Eckstein, D. 2004. Change in past environments - secrets of the tree hydrosystem. *New Phytologist*. Vol. 163, pp. 1-4.

Encinas, I.J.; Silva, G.F.; Pinto, J.R.R. 2005. Idade e crescimento das árvores – Comunicações técnicas florestais. v.7, n.1. Brasília: *Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal*, 43p.

Enquist, B.J. &Leffler, A.J. 2001. Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dry-florest trees: individualistic responses to climatic variation. *Journalof tropical ecology*, 17, 41-60.

Ferreira, L. 2002. Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo. 103 f. *DissertaçãoMestrado em Ciências Florestais* - ESALQ, Piracicaba.

Figueiredo, A.M.; Lopes, M.L.B.; Filgueiras, G.C. 2005. Extração de madeira e agregação ao Pib da região Amazônica. Amazônia: *Ci. &Desenv.*, Belém, v.1, n.1, jul. /dez.

Fonti, P.; Solomonoff,N.;García-González,I. 2007. Earlywood vessels of *Castanea sativa* record temperature before their formation. *New Phytologist*.2007, Vol. 173, pp. 562-570.

Forster, T.; Schweingruber,F.H.;Denneler,B. 2000. Increment puncher: A tool for extracting small cores of wood and bark from living trees. *IAWA Journal*. Vol. 21 (2), pp. 169-180.

- Fritts, H. C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press, London Fujii T, Marsoem SN, Fujiwara T (1998) Annual growth rings in mahogany (*Swietenia macrophylla*) growing in Java. *IAWA Jurnal*. 19: 449–450.
- Gerwing, J.J. 2002. Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*. 157: 131 – 141.
- Hienrich, I. 2004. *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.
- Hidroweb, 2012 -<http://hidroweb.ana.gov.br>. Acessado em novembro de 2012.
- Holmes, R.L.; Adams, R.K.; Fritts, H.C. 1986. Quality control of crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA. In: _____. *Tree-ring chronologies of Western North America*: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Tucson: Arizona University, p. 15-35.
- IBAMA, 2013 -<http://www.ibama.gov.br/flora/extincao.htm>. Acessado em setembro de 2013.
- IMAZON, 2012 -<http://www.imazon.org.br/publicacoes/outros/guia-samflor>. Acessado em dezembro de 2012.
- Isidoro, M.M.; Silva, M.F.G.F.; Fernandes, J.B.; Vieira, P.C.; Arruda A.C.; Silva, S. C. 2012. *Fitoquímica e quimiossistêmática de Euxylophora paraenses (Rutaceae)*. *Quim. Nova*, Vol. XY, No. 00, 1-6.
- Iawa Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, v. 10, n. 3, p. 219-332.
- Laurance, W.F.; Nascimento, H.E.M.; Laurance, S.G.; Condit, R.; D'Angelo, S.; Andrade, A. 2004. Inferred longevity of Amazonian rainforest trees based on a long-term demographic study. *Forest Ecology and Management*. 190: 131 – 143.
- Lieberman, M. & Lieberman, D. 1985. Simulation of growth curves from periodic increment data. *Ecology*, New York, v. 66, p. 632-635.
- Lisi, C.S.; Tomazello Filho, M.; Botosso, P.C.; Roig, F.A.; Maria, V.R.B.; Ferreira-Fedele, L.; Voigt, A.R.A. 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous Forest in southeast Brazil. *IAWA Journal*, Utrecht, v. 29, p.189-207.
- Luz, M.O.L.A. 2011. Análise da formação dos anéis de crescimento anual das árvores ao longo dum ciclo de actividade cambial. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais* – Instituto Superior de Agronomia/Universidade técnica de Lisboa/Portugal, 118p.

Marinho, P.S.B. 2007. Estudo químico das espécies *Khayaivorensis*(Meliaceae) e *Euxylophora paraensis* (Rutaceae). *Tese de doutorado* – Universidade de São Carlos – UFSCar. São Carlos, p. 198.

Martinez-Ramos, M.; Alvarez-Buylla, E. R. 1998. How old are tropical rain forest trees? *Trends Plant Sci* 3:400–405.

Mattos, P.P.; Braz, E.O.; Hess, F.A.; Salis, M.S. 2011. A dendrocronologia e o Manejo florestal sustentável em florestas tropicais. 1 ed. Colombo: *Embrapa Florestas*. 37 p.

Mekdece, F.S.; Almeida, E.C; Rayol, B.P. 2013. Manual de sementes Florestais do Oeste do Oeste de Pará – Coleta, beneficiamento e análise. 1 ed. Santarém, PA: Universidade do Oeste do Pará – Instituto de Biodiversidade e Floresta – Laboratório de sementes florestais, 70 p.

Metcalfe, C.R.; Chalk, L. 1983. *Anatomy of the dicotyledons, wood structure and conclusion of the general introduction*. Oxford: Clarendon, 297p.

Nebel, G. & Meilby, H. 2005. Growth and population structure of timber species in Peruvian Amazon flood plains. *Forest Ecology and Management*. 215: 1 – 3.

Neves, O.S.C.; Benedito, D.S.; Machado, R.V.; Carvalho, J.G. 2004. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis*Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.3, p. 343-349.

Oliveira, J.M. 2007. Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: Bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. *Tese de doutorado*. UFRS - Brasil.

Oliveira, B.R.U.; Latorraca, J.V.F.; Tomazello Filho, M.; Garcia, R.A.; Carvalho, A.M. 2011. Correlações dendroclimatológicas do *Eucalyptusgrandis*Hill exMaiden na região de Rio Claro, RJ. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 499-508, jul.-set.

Pinheiro, A.L. 1999. Considerações sobre a taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia e qualidade da madeira. Viçosa: *SIF*, p.32.

Putz, F.E.; Blate, G.M.; Redford, K.H.; Fimbel, R.; Robinson, J. 2001. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology*15: 7–20.

Rozendaal, D.M.A. & Zuidema, P.A. 2011. Dendroecology in the tropics: a review. *Trees*. 25: 3–16

Scabin, A.B.; Costa F.R.C.; Schöngart, J. 2011. The spatial distribution of illegal logging in the Anavilhanas archipelago (Central Amazonia) and logging impacts on species. *Environmental Conservation*: page 1 of 11 C_ Foundation for Environmental Conservation.

Schöngart, J.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Ayres, J.M.; Hüttermann, 2004. A and WORBES, M. Teleconnection between Tree Growth in the Amazonian Floodplain and El Niño-Southern Oscillation Effect. *Global Change Biology*.10: 683-692.

Schöngart, J.; Piedade, M.T.F.; Wittmann, F.; Junk, W.J.; Worbes, M. 2005. Wood growth patterns of *Macrolobiumacaciifolium*(Benth.) (Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water Floodplain Forests. *Oecologia*.145: 454 – 461.

Schöngart, J.; Wittmann, F.; Worbes, M.; Piedade, M.T.F.; Krambeck, H.-J.; Junk, W.J. 2007. Management criteria for *Ficusinsipida* Willd. (Moraceae) in Amazonian white – water floodplain forests defined by tree – rings analysis. *Annals of Forest Science*. 64: 657 – 664.

Schöngart, J. 2008. Growth-oriented logging (GOL): a new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecology and Management* 256: 46–58.

Schweingruber, F.H. 1988. Tree rings: basics and applications of dendrochronology. *Dordrecht: Reidel*. 276 p.

Schweingruber F.H., 1996. *Tree rings and environment dendroecology*, Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 pg.

Schweingruber, F. H. 2007. *Wood Structure and Environment*. Birmensdorf : Springer-Verlag, 2007. p. 279.

Stokes, M.A. & Smiley, T.L., 1968. *An Introduction to Tree-Ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago.

Stokes, M.A. & Smiley, T.L. 1969 - Tree-ring dates from the Navajo Land Claim IV. The eastern sector. *Tree-Ring Bulletin*. 29.(1-2). pp. 2-15.

Sema. 1994. Diretrizes de Pesquisa Aplicada ao Planejamento e Gestão Ambiental. Divisão de Desenvolvimento de Tecnologias Ambientais. Brasília.

Rosa, S.A. 2008. Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de Floresta de várzea da Amazônia central por meio de métodos Dendrocronológicos. *Dissertação de mestrado* – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas – Programa de pós – graduação em biologia tropical e recursos naturais. Manaus.

Sudam, 1979. *Departamento de Recursos Naturais* – Centro de Tecnologia Madeireira – Pesquisas e Informações sobre espécies florestais da Amazônia. Belém.

Trevizor, T.T. 2011. Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical Amazônica no estado do Pará. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ. São Paulo: Piracicaba, 214 p.

Tomazello Filho, M.; Botosso, P.C.; Lisi, C.S. 2001a. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e

dendroclimatologia. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARELLA, W. (Org.). Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. EDUC, p.117-143.

Tomazello Filho, M.; Botosso, P.C.; Lisi, C.S.; Spathelf, P. 2001b. *Cedrelaangustifolia*, Meliaceae: potentialspecies for tropical dendrochronology. *Palaeobotanist*, n. 50, p. 47 - 53.

Tomazello-Filho, M.; Botosso, P.C.; Lisi, S.C. 2002. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia.In Indicadores ambientais. p. 117-143, 2002.

Tomazello Filho, M.; Brazolin, S.; Chagas, M. P.; Oliveira, J. T. S.; Ballarim, A. W.; Benjamin, C. A. 2008. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of *Eucalypt Wood.Madeiras, Ciencia y Tecnologia*, Concepción, v. 10, n. 2, p. 139-149.

Vetter, R. & Botosso, P.C. 1989. Remarks on Age and Growth Rate Determination of Amazonian Trees. *IAWA Bull.* Vol. 10 (2):133- 145.

Vetter, R.E. 2000. Growth periodicity and age of Amazonian tree species. Methods for their determination. In: Roig, F.A. (Ed.). *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza: Ediunc, p.135-155.

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

Worbes, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*. 20 (1 – 2): 217 – 231.

Worbes, M.; Staschel, R.; Roloff, A.; Junk, W.J. 2003. The ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*. 173: 105–123.

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

Worbes, M. 1997. *A study of forest dynamics and wood production in flooded forests (várzea) in the amazon basin, Brazil, using growth ring analyses for developing sustainable management systems*.In Natural Resources and Development, Institute for Scientific Co-operation, Tübingen, Federal republic of Germany, v. 45/46, p. 54-75.

Worbes, M. & Junk, W.J. 1999. How old are the trees? The persistence of a myth. *IAWA Journal*.20 (3): 255 – 260.

Mendes, B.R.; Calegario, N.; Volpato, C.E.S.; Mello, A.A. 2006. Desenvolvimento de modelos de crescimento de árvores individuais fundamentado em equações diferenciais. *Cerne, Lavras*, v. 12, n. 3, p. 254-263, jul./set.

Moutinho, V. H. P.; Chagas, M. P.; Kanashiro, M.; Júnior, S. B.; Tomazello Filho, M. (no prelo). Estudo Preliminar da Anuidade dos Anéis de Crescimento em árvores de espécies ocorrentes na região do Tapajós, Pa. Editora do Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, PA, 416p.

In: Albernaz, A. L. (Org) (no prelo). O Distrito Florestal da BR-163: Dinâmicas sociais, Caracterização ambiental e produção Florestal. Editora do Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, PA, 416p.

Brienen, R.J.W. & Zuidema, P.A. 2006. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology*. 94: 481 – 493

Worbes, M. 1999. Annual grow rings, rainfall-dependent growth and long-term grrowth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*. 87: 391 – 403.

APÊNDICES

TABELA A: Tabela A: Dados obtidos para *C. guianensis* DAP, CAP, IMA, ICA, IPA e o CUM.

Ano	Raio	DAP	CAP	IMA mm/ano	ICA	IPA	Cum
1980	1,40	2,81	8,82	2,81		0,35	2,81
1981	1,75	3,50	11,00	1,75	0,69	0,46	6,31
1982	2,44	4,89	15,36	1,63	1,39	0,34	8,39
1983	3,13	6,25	19,65	1,56	1,36	0,21	11,14
1984	3,65	7,30	22,92	1,46	1,04	0,14	13,55
1985	4,07	8,15	25,60	1,36	0,85	0,11	15,45
1986	4,48	8,95	28,13	1,28	0,80	0,12	17,10
1987	4,96	9,93	31,18	1,24	0,97	0,14	18,88
1988	5,59	11,18	35,14	1,24	1,26	0,11	21,11
1989	6,13	12,26	38,52	1,23	1,08	0,06	23,44
1990	6,48	12,97	40,73	1,18	0,70	0,09	25,23
1991	7,02	14,03	44,08	1,17	1,07	0,06	27,00
1992	7,41	14,82	46,55	1,14	0,79	0,06	28,85
1993	7,80	15,61	49,03	1,11	0,79	0,05	30,42
1994	8,15	16,31	51,23	1,09	0,70	0,04	31,91
1995	8,44	16,88	53,01	1,05	0,57	0,06	33,18
1996	8,96	17,93	56,33	1,05	1,05	0,02	34,80
1997	9,17	18,34	57,60	1,02	0,41	0,02	36,26
1998	9,37	18,75	58,89	0,99	0,41	0,02	37,08
1999	9,56	19,13	60,10	0,96	0,38	0,02	37,87
2000	9,81	19,62	61,64	0,93	0,49	0,02	38,75
2001	10,08	20,16	63,32	0,92	0,53	0,02	39,78
2002	10,25	20,51	64,43	0,89	0,35	0,01	40,67
2003	10,43	20,86	65,52	0,87	0,35	0,01	41,36
2004	10,57	21,14	66,42	0,85	0,29	0,01	42,00
2005	10,71	21,42	67,28	0,82	0,27	0,01	42,56
2006	10,88	21,75	68,34	0,81	0,34	0,01	43,17

2007	11,00	22,00	69,12	0,79	0,25	0,01	43,75
2008	11,11	22,23	69,83	0,77	0,23	0,01	44,23
2009	11,25	22,50	70,70	0,75	0,28	0,01	22,50
2010	11,44	22,88	71,87	0,74	0,37	0,01	45,38
2011	11,61	23,22	72,95	0,73	0,34		46,10

TABELA B: Dados obtidos para *E. paraensis* DAP, CAP, IMA, ICA, IPA e o CUM.

Ano	Raio	DAP	CAP	IMA mm/ano	ICA	IPA	Cum
1983	1,24	2,49	7,82	2,49		1,40	2,49
1984	2,64	5,28	16,60	2,64	2,79	0,44	7,77
1985	3,29	6,59	20,70	2,20	1,31	0,26	11,87
1986	3,80	7,61	23,91	1,90	1,02	0,21	14,20
1987	4,33	8,66	27,20	1,73	1,05	0,19	16,27
1988	4,89	9,77	30,70	1,63	1,11	0,16	18,43
1989	5,45	10,90	34,23	1,56	1,12	0,13	20,67
1990	5,96	11,92	37,44	1,49	1,02	0,11	22,81
1991	6,45	12,89	40,50	1,43	0,97	0,09	24,81
1992	6,89	13,78	43,28	1,38	0,89	0,08	26,67
1993	7,30	14,61	45,90	1,33	0,83	0,07	28,39
1994	7,73	15,47	48,58	1,29	0,86	0,08	30,07
1995	8,25	16,50	51,83	1,27	1,03	0,07	31,96
1996	8,76	17,51	55,02	1,25	1,02	0,07	34,01
1997	9,26	18,52	58,18	1,23	1,00	0,04	36,03
1998	9,58	19,16	60,20	1,20	0,65	0,02	37,68
1999	9,78	19,55	61,43	1,15	0,39	0,02	38,72
2000	9,99	19,98	62,76	1,11	0,42	0,04	39,53
2001	10,37	20,74	65,15	1,09	0,76	0,03	40,72
2002	10,63	21,25	66,77	1,06	0,51	0,03	41,99
2003	10,89	21,79	68,44	1,04	0,53	0,02	43,04
2004	11,12	22,23	69,85	1,01	0,45	0,02	44,02
2005	11,38	22,75	71,48	0,99	0,52	0,02	44,99
2006	11,63	23,26	73,06	0,97	0,50	0,02	46,01
2007	11,87	23,73	74,56	0,95	0,47	0,02	46,99
2008	12,08	24,17	75,92	0,93	0,43	0,02	47,90
2009	12,30	24,59	77,26	0,91	0,43	0,01	48,76
2010	12,50	24,99	78,51	0,89	0,40	0,02	49,58
2011	12,73	25,46	79,97	0,88	0,47		50,45

TABELA C:Pontos de GPS dos indivíduos no plantio

Nº	Descrição	Coordenadas
01	Árvore 1 - Pau Amarelo	S 02°34'03,1" W 054°02'47,6"
02	Árvore 2 - Pau Amarelo	S 02°34'03,4" W 054°02'48,0"
03	Árvore 3 - Pau Amarelo	S 02°34'04,2" W 054°02'47,9"
04	Árvore 4 - Pau Amarelo	S 02°34'03,1" W 054°02'47,5"
05	Árvore 5 - Pau Amarelo	S 02°34'03,0" W 054°02'47,6"
06	Árvore 1 – Andiroba	S 02°33'52,9" W 054°02'29,4"

07	Árvore 2 – Andiroba	S 02°33'53,0" W 054°02'29,7"
08	Árvore 3 – Andiroba	S 02°33'52,8" W 054°02'29,6"
09	Árvore 4 – Andiroba	S 02°33'52,6" W 054°02'29,8"
10	Árvore 5 – Andiroba	S 02°33'52,9" W 054°02'35,1"

TABELA D: Informações dos indivíduos coletados da espécie *E. paraensis*:

Espécie	Identificação	Altura comercial (m)	CAP (cm)
<i>E. paraensis</i>	Arvore 1.1	7	70
	Arvore 1.2	8,5	80
	Arvore 1.3	11	99
	Arvore 1.4	7,5	72
	Arvore 1.5	8,5	81

TABELA E: Informações dos indivíduos coletados da espécie *C. guianensis*:

Espécie	Identificação	Altura comercial (m)	CAP (cm)
<i>C. guianensis</i>	Arvore 2.1	10	90
	Arvore 2.2	8	75
	Arvore 2.3	13	112
	Arvore 2.4	6	68
	Arvore 2.5	7,5	72

ANEXO - NORMAS DE PUBLICAÇÃO “ FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT”**GUIDE FOR AUTHORS****INTRODUCTION**

Forest Ecology and Management publishes scientific articles that link forest ecology with forest management, and that apply biological, ecological and social knowledge to the management and conservation of man-made and natural forests. The scope of the journal includes all forest ecosystems of the world.

A refereeing process ensures the quality and international interest of the manuscripts accepted for publication. The journal aims to encourage communication between scientists in disparate fields who share a common interest in ecology and forest management, and to bridge the gap between research workers and forest managers in the field to the benefit of both.

Authors should demonstrate a clear link with forest ecology and management. For example, papers dealing with remote sensing are acceptable if this link is demonstrated, but not acceptable if the main thrust is technological and methodological. Similarly, papers dealing with molecular biology and genetics may be more appropriate in specialized journals, depending on their emphasis. The journal does not accept articles dealing with agro-forestry. The journal does not recognize 'short communications' as a separate category.

The editors encourage submission of papers that will have the strongest interest and value to the Journal's international readership. Some key features of papers with strong interest include:

1. Clear connections between the ecology and management of forests;
2. Novel ideas or approaches to important challenges in forest ecology and management;
3. Studies that address a population of interest beyond the scale of single research sites (see the editorial),Three key points in the design of forest experiments, Forest Ecology and Management 255 (2008) 2022-2023;
4. Review Articles on timely, important topics. Authors are encouraged to contact one of the editors to discuss the potential suitability of a review manuscript.

We now receive many more submissions than we can publish. Many papers are rejected because they do not fit within the aims and scope detailed above. Some examples include:

1. Papers in which the primary focus is, for example, entomology or pathology or soil science or remote sensing, but where the links to, and implications for, forest management are not clear and have not been strongly developed;
2. Model-based investigations that do not include a substantial field-based validation component;
3. Local or regional studies of diversity aimed at the development of conservation policies;
4. The effects of forestry practices that do not include a strong ecological component (for example, the effects of weed control or fertilizer application on yield);
5. Social or economic or policy studies (please consider our sister journal, 'Forest Policy and Economics').

Types of paper

1. Regular papers. Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.
2. Review articles. Review articles are welcome but should be topical and not just an overview of the literature. Before submission please contact one of the Chief Editors.

3. Papers for Special Issues. Forest Ecology and Management publishes Special Issues from time to time. If your paper has been invited by a Guest Editor as a contribution to a Special Issue, please mark it as such on the title page.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop <http://webshop.elsevier.com/languageediting/> or visit our customer support site <http://support.elsevier.com> for more information.

Full Online Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

PREPARATION

Use of wordprocessing software It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format, and 1.5 line-spacing and line-numbering should be used throughout. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required (not longer than 400 words). The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be

able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531×1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5×13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstractsforexamples>. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlightsforexamples>.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.)

Units

SI (Système International d'unités) should be used for all units except where common usage dictates otherwise. Examples of non-SI that may be more appropriate (depending on context) in many ecological and forestry measurements are ha rather than m², year rather than second. Use Mg ha⁻¹, not tonnes ha⁻¹, and use µg g⁻¹, not ppm (or for volume, µL L⁻¹ or equivalent). Tree diameter will generally be in cm (an approved SI unit) rather than m. Units should be in the following style: kg ha⁻¹ year⁻¹, kg m⁻³. Non-SI units should be spelled in full (e.g. year). Do not insert 'non-units' within compound units: for example, write 300 kg ha⁻¹ of nitrogen (or N), not 300 kg N ha⁻¹.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>
You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure Captions

Number figures consecutively in accordance with their appearance in the text. Ensure that each figure has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the figure. Keep text in the figures themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith , R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to

Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;
CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/content/references/corejournals>