



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE POS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

JULIANA LIVIAN LIMA DE ABREU

**VARIAÇÕES DAS PROPRIEDADES DE MADEIRAS TROPICAIS ESTOCADAS
POR DIFERENTES PERÍODOS EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NA
AMAZÔNIA**

**BELÉM
2021**

JULIANA LIVIAN LIMA DE ABREU

**VARIAÇÕES DAS PROPRIEDADES DE MADEIRAS TROPICAIS ESTOCADAS
POR DIFERENTES PERÍODOS EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NA
AMAZÔNIA**

Tese apresentada a Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em
Ciências Florestais, para obtenção do título de Doutora.

Área de concentração: Ciências Florestais

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Marcela Gomes da Silva

Coorientador: Prof^ª. Dr^ª. Gracialda Costa Ferreira

**BELÉM
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A162v Abreu, Juliana Livian Lima de
Variações das propriedades de madeiras tropicais estocadas por diferentes períodos em área de mineração de bauxita na Amazônia / Juliana Livian Lima de Abreu. - 2021.
76 f. : il. color.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.

Orientador: Profa. Dra. Marcela Gomes da Silva Silva
Coorientador: Profa. Dra. Gracialda Costa Ferreira.

1. Madeira. 2. Estocagem. 3. Mineração. 4. Deterioração. I. Silva, Marcela Gomes da Silva, *orient.* II. Título

CDD 581.4

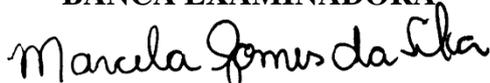
JULIANA LIVIAN LIMA DE ABREU

**VARIAÇÕES DAS PROPRIEDADES DE MADEIRAS TROPICAIS ESTOCADAS
POR DIFERENTES PERÍODOS EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NA
AMAZÔNIA**

Tese apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração Ciências Florestais, para obtenção do título de Doutor.

Aprovada em 31 de março de 2021

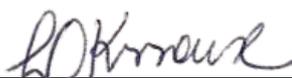
BANCA EXAMINADORA



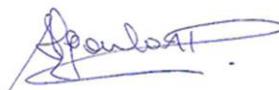
Prof^a. Dr^a. Marcela Gomes da Silva
Orientadora



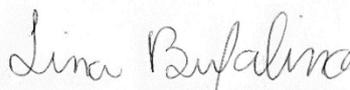
Prof. Dr. Alisson Rodrigo Souza Reis - UFPA
1º examinador



Prof^a. Dr^a Luciana Karla Valéria dos Santos Sousa - UFOPA
2º examinador



Prof^a. Dr^a Selma Lopes Goulart - UFRA
3º examinador



Prof^a. Dr^a. Lina Bufalino - UFRA
4º examinador

Prof^a. Dr^a. Amélia Guimarães Carvalho - UFU
Suplente

À Moirah de Abreu,
Moara de Abreu e
Erisvaldo Santos,
minha força, minha base e minha maior riqueza!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Senhor Deus, que me permitiu chegar até aqui e avançar mais esta etapa e a Nossa Senhora das Graças, que me guarda sob seu manto e me carrega no colo desde sempre.

Aos meus pais Francisco Monteiro de Abreu (*in memoriam*) e Dulcirene Lima de Abreu (*in memoriam*), por me escolher, me educar e me ensinar de uma maneira peculiar a ser forte e corajosa.

Ao meu esposo Erisvaldo Santos, por me apoiar, me incentivar e construir um chão firme para que eu pudesse me fortalecer e seguir em frente, mesmo com todas as adversidades no caminho, obrigada por prover o bem-estar da nossa família e cuidar de tudo na minha ausência para que eu pudesse me dedicar a este trabalho, você é incrível!

Às minhas orientadoras Marcela Gomes e Gracialda Ferreira por todo o suporte e apoio ao longo desta caminhada, dentro e fora dos muros da universidade, dando-me oportunidade de aprender, crescer e liderar, meu muito obrigada!

Ao grupo Hydro Mineração Paragominas S.A, pelo financiamento do projeto de pesquisa a qual esta tese está inserida e a toda equipe do projeto “Deterioração da madeira” especialmente ao Eudes Hohlenwerger e ao Sr. Raimundo, por todo empenho nas coletas de campo, conhecimentos, experiências e bom humor compartilhadas, fazendo com que as jornadas e missões se tornassem metas cumpridas e celebradas com pizza.

Ao Centro Educacional Minha Infância, aqui representados pela diretora Josiane Fadell, coordenadora Paola Fadell e as professoras Simone Vaz e Antônia Nascimento, que cuidaram inúmeras vezes dos meus tesouros para que eu pudesse estar em outras cidades, em campo coletando amostras, em disciplinas, em laboratórios e em eventos acadêmicos.

Ao prof. Dr. Alisson Reis, por me incentivar no caminho da anatomia da madeira e na vida, desde a graduação, quando eu muito precisei.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e seu corpo docente, por todo conhecimento transmitido e oportunidades durante o curso, bem como a secretária Andreza Pereira, pela constante disposição em tirar dúvidas e auxiliar nas etapas burocráticas, sempre eficaz e com um sorriso no rosto.

Aos professores Dr. Thiago Protásio e Dra. Selma Goulart, que me receberam e instruíram em seus laboratórios, possibilitando as análises de colorimetria, agradeço todo conhecimento transmitido e auxílio prestado.

A professora Dra. Vanessa Pamplona, por ser tão prestativa e eficiente nas análises estatísticas, pela sua disponibilidade em tirar dúvidas e por toda dedicação e empenho direcionados em meu auxílio.

Ao Msc. João Silveira do Instituto Tecnológico Vale – ITV, por possibilitar a captura de imagens macroscópicas das madeiras.

Aos meus amigos Isaías de Jesus, Mônica Leal, Camilo Veríssimo, Lisandra Assunção, Wander Ataíde, Talita Praia e Fabrícia Lima, que num momento de fragilidade, dificuldades e incertezas, me acudiram como família! Cuidaram de mim, da minha saúde e das minhas filhas, para que eu pudesse ter plena recuperação, contornar obstáculos e seguir em frente.

À Elayne Oliveira Braga, minha irmã de outro pai! Que me incentiva a ser uma pesquisadora melhor, que escuta desde as minhas hipóteses às minhas lamentações, me aconselha, me acalma e cuida das minhas filhas com muito amor e carinho, um ser humano amoroso e mulher forte! Obrigada mana, tú és uma benção na minha vida.

Aos estagiários do Laboratório de Taxonomia de Árvores – LABTA, Gustavo Borges, Samara Pinheiro e Catarina Miranda, pelo auxílio com separação e manipulação de amostras, além das tardes animadas no laboratório, fazendo o trabalho ser mais produtivo.

Aos meus queridos amigos que fiz durante a passagem pelo laboratório, Thayane Duarte, Fernanda Sakuma, Dayse Braga, Ananda Silva, Lyssa Martins, Marilene Santos, Alana Assunção, Camila Lobato e Renato Oliveira, que por diversas vezes trocaram ideias comigo sobre as análises, ouviam atentos as novidades engraçadas que eu trazia de Moirah e Moara, que vibravam junto comigo em cada etapa concluída, alegraram minhas manhãs e tardes, emprestavam dinheiro para o ônibus, me alimentavam quando por algum motivo eu não tinha como levar almoço, ou organizavam lanchinhos animados e por todos os abraços carinhosos (de alegria e de consolo) recebidos, aqui fica registrado o meu carinho e gratidão, vocês merecem o mundo!

Aos mestres Caio Rodrigues, Marília Brasil e a todos que de alguma forma contribuíram na minha caminhada, para que eu pudesse realizar este trabalho, meu muito obrigada.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1.1 Revisão de literatura	16
1.1.1 Aspectos gerais da composição anatômica da madeira	16
1.1.2 Aspectos gerais da composição química da madeira	17
1.1.3 Aspectos gerais sobre a biodegradação da madeira	18
1.1.4 Aspectos gerais sobre aplicação da colorimetria no estudo de madeiras	20
REFERÊNCIAS	22
2 VARIAÇÕES DAS PROPRIEDADES DE MADEIRAS TROPICAIS ESTOCADAS POR DIFERENTES PERÍODOS EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NA AMAZÔNIA	27
2.1 Introdução	27
2.2 Material e Métodos	28
2.2.1 Área de estudo	28
2.2.2 Coleta de material	29
2.2.3 Delineamento experimental	29
2.2.4 Caracterização macroscópica da madeira.	31
2.2.5 Caracterização microscópica da madeira - Maceração	31
2.2.6 Caracterização microscópica da madeira - Cortes histológicos	31
2.2.7 Caracterização microscópica da madeira - Mensuração dos elementos anatômicos	32
2.2.8 Análise de EDS	33
2.2.9 Densidade básica	33
2.2.10 Solubilidade da madeira em água.	33
2.2.10.1 Extrativos solúveis	34
2.2.11 Colorimetria	34
2.3 Análise estatística dos dados	35
2.4 Resultados e Discussão	36
2.4.1 Caracterização geral das amostras.	36
2.4.2 Caracterização anatômica	37
2.4.3 Densidade básica	57
2.4.4 Solubilidade	60
2.4.5 Colorimetria	65
2.5 Conclusão	72
REFERÊNCIAS	73

RESUMO

A supressão vegetal como etapa da atividade mineradora, gera uma expressiva quantidade de toras de madeira suprimidas para a atividade de escavação. Estas madeiras são comumente empilhadas em pátios de estocagem a céu aberto nas áreas do empreendimento e ficam expostas as mais variadas intempéries, que favorecem o processo de degradação. Desta maneira este trabalho tem como objetivo caracterizar possíveis alterações na estrutura anatômica, variações da densidade e coloração em madeiras estocadas com diferentes períodos em área de mineração. Assim, foram coletadas amostras de troncos de *Jacaranda copaia*, *Astronium lecointei*, *Caryocar villosum* e *Protium altissimum*, armazenadas em pátios de estocagem por um período de 0 a 8 anos. De cada espécie foram coletadas três repetições (toras) por ano de empilhamento, totalizando 54 amostras com diferentes diâmetros. Todas as análises foram realizadas utilizando-se a porção de cerne. Observou-se variações nas dimensões celulares das estruturas anatômicas, mas sem um padrão de aumento ou decréscimo em relação ao tempo de estocagem. Na análise da densidade básica das madeiras, constatou-se variação ao longo do tempo de amostragem, sendo diretamente proporcional em *Caryocar villosum* e *Jacaranda copaia*. A solubilidade em água das madeiras, tanto em água quente quanto em água fria apresentou alternância conforme o tempo de estocagem, sendo diretamente proporcional em *Jacaranda copaia*. Os resultados das análises colorimétricas revelaram que, a coloração da madeira de todas as espécies tendeu ao escurecimento com o tempo de exposição em pátios de estocagem sendo que a espécie *Astronium lecointei* apresentou maior variação de coloração ao longo do tempo.

Palavras-chave: Anatomia. Degradação. Densidade. Extrativos. Colorimetria

ABSTRACT

Vegetable suppression as a stage of mining activity generates a significant amount of suppressed wood logs for the excavation activity. These feats are commonly stacked in open-air storage yards in the areas of the project and are exposed as more varied weather conditions, which favor the degradation process. In this way, this work aimed to characterize possible changes in the anatomical structure, variations in density and color in wood stocked with different periods in the mining area. Thus, samples were collected from the logs of *Jacaranda copaia*, *Astronium lecointei*, *Caryocar villosum* and *Protium altissimum*, placed in storage yards, categorized between 0 to 8 years of storage. From each species, three replicates (logs) were collected per year of stacking, totalizing 54 samples with different diameters. All analyzes were performed using the heartwood portion. Following the methodology traditionally used in studies of wood anatomy, variations in the cellular dimensions of the anatomical structures, were observed, however these changes do not follow a pattern of increase or decrease in relation to the storage time. In the analysis of the basic density of the woods, variations over the sampling time were founded, being directly proportional in *Caryocar villosum* and *Jacaranda copaia*. Their solubility, both in hot and cold water, alternated according to the storage time, being directly proportional in *Jacaranda copaia*. The color of the wood of all species tended to darken with time of exposure in storage yards, with the species *Astronium lecointei* being the one that showed the greatest variation in color over time.

Keywords: Anatomy. Degradation. Density. Extractives. Colorimetry.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Mapa de distribuição dos pátios de estocagem no platô Miltônia III.28
- Figura 2- Aspecto em campo das pilhas de armazenamento com diferentes tempos de estocagem.30
- Figura 3: Elementos anatômicos observados em material macerado de *Jacaranda copaia*. A – E, com 4 anos de armazenamento, F – M, com período inferior a 1 ano de armazenamento. Barras de escala: B e H- 200 μm , A, C, G, J, L e M- 100 μm , D, E, F e I - 30 μm38
- Figura 4: Elementos anatômicos de *Jacaranda copaia*. A – D fotos microscópicas de madeiras com 4 anos de armazenamento, E – H, com 2 anos de armazenamento e I – M, com período inferior a 1 ano de armazenamento.....39
- Figura 5: Elementos anatômicos observados em material macerado de *Astronium lecointei*. A – D, com 8 anos de armazenamento, E – G, com período inferior a 1 ano de armazenamento. Barras de escala: A e F- 100 μm , C e E- 200 μm , B, D e G - 30 μm41
- Figura 6: Elementos anatômicos de *Astronium lecointei*. A – C, com 8 anos de armazenamento, D – F, com 6 anos de armazenamento, G – I, com 4 anos de armazenamento, J – M, com 2 anos de armazenamento e N – P, com período inferior a 1 ano de armazenamento.42
- Figura 7: Microscopia eletrônica de varredura e gráficos de EDS em *Astronium lecointei*. A – Cristal de Oxalato de Cálcio em corte transversal com 8 anos de armazenamento, B – Células das margens do raio com presença de cristais em corte radial em amostra.....43
- Figura 8: Elementos anatômicos observados em material macerado de *Caryocar villosum*. A, C, E, F e H - com 8 anos de armazenamento, B, D, G, I, J - com período inferior a 1 ano de armazenamento. Barras de escala: A e B- 200 μm , C, D, F, H, I- 300 μm45
- Figura 9: Elementos anatômicos de *Caryocar villosum*. A – C, com 8 anos de armazenamento, D – F, com 6 anos de armazenamento, G – I, com 4 anos de armazenamento, J – M, com 2 anos de armazenamento e N – P, com período inferior a 1 ano de armazenamento.46
- Figura 10: Elementos anatômicos observados em material macerado de *Protium altissimum*. A – D, com 8 anos de armazenamento, E – H, com período inferior a 1 ano de armazenamento. Barras de escala: A e E- 200 μm , D e G- 100 μm , B, C, F e H - 30 μm48
- Figura 11: Elementos anatômicos de *Protium altissimum*. A – C, com 8 anos de armazenamento, D – F, com 6 anos de armazenamento, G – I, com 4 anos de armazenamento, J – M, com 2 anos de armazenamento e N – P, com período inferior a 1 ano de armazenamento.49
- Figura 12: Microscopia eletrônica de varredura e gráficos de EDS em *Protium altissimum*. A – Células do raio com presença de cristais em corte radial em amostra com 6 anos de armazenamento B- Cristal de Oxalato de Cálcio em amostra com 8 anos de armazenamento.50

Figura 13: Valores estimados de comprimento (A) e diâmetro (B) dos elementos de vaso por meio das equações de regressão polinomial em função do tempo de armazenamento (anos), por espécie.	52
Figura 14: Valores estimados de comprimento (A), espessura da parede (B) e espessura do lúmen (C) das fibras por meio das equações de regressão polinomial em função do tempo de armazenamento (anos), por espécie.....	54
Figura 15: Valores estimados de altura (A) e largura (B) em micrômetros (μm) e altura (C) e largura (D) em número de células e frequência por milímetro linear (E) dos raios, por meio das equações de regressão polinomial em função do tempo de armazenamento.	56
Figura 16: Valores de densidade em função do tempo de armazenamento: A – <i>Protium altissimum</i> , B – <i>Astronium lecointei</i> , C – <i>Caryocar villosum</i> e D – <i>Jacaranda copaia</i>	59
Figura 17: Solubilidade em água quente em função do tempo de armazenamento, por espécie.	62
Figura 18: Solubilidade em água fria, em função do tempo de armazenamento, por espécie.	63
Figura 19: Comportamento da solubilidade da madeira em água, em função do tempo de armazenamento, por espécie. A – água quente, B – água fria.	64
Figura 20: Comportamento da solubilidade da madeira em água, em função do tempo de armazenamento, por espécie. A – água quente, B – água fria.	64
Figura 21- Fotos macroscópicas dos planos anatômicos de <i>Protium altissimum</i> (A – C) com período 0 de armazenamento e a variação de coloração nas frações de 60 mesh em diferentes períodos de armazenamento (D – H, com 0, 2, 4, 6 e 8 anos de armazenamento – respectivamente).	67
Figura 22- Fotos macroscópicas dos planos anatômicos de <i>Caryocar villosum</i> (A – C) com período 0 de armazenamento e a variação de coloração nas frações de 60 mesh em diferentes períodos de armazenamento (D – H, com 0, 2, 4, 6 e 8 anos de armazenamento – respectivamente).....	67
Figura 23-Fotos macroscópicas dos planos anatômicos de <i>Astronium lecointei</i> (A – C) com período 0 de armazenamento e a variação de coloração nas frações de 60 mesh em diferentes períodos de armazenamento (D – H, com 0, 2, 4, 6 e 8 anos de armazenamento – respectivamente).....	68
Figura 24-Fotos macroscópicas dos planos anatômicos de <i>Jacaranda copaia</i> (A – C) com período 0 de armazenamento e a variação de coloração nas frações de 60 mesh em diferentes períodos de armazenamento (D – F, com 0, 2, e 4 anos de armazenamento – respectivamente)	68
Figura 25-Valores dos parâmetros cromáticos estimados por meio das equações de regressão polinomial em função do tempo de armazenamento (anos), por espécie. A – Luminosidade, B- Saturação da cor e C – Ângulo de tinta	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média dos diâmetros estimados das toras em campo.	36
Tabela 2. Equações de regressão polinomial para comprimento e diâmetro de elementos de vaso, das espécies analisadas em função do tempo de armazenamento (anos).....	51
Tabela 3. Equações de regressão polinomial para comprimento, espessura da parede e espessura do lúmen, das espécies analisadas em função do tempo de armazenamento (anos).	53
Tabela 4. Equações de regressão polinomial para comprimento e largura (μm e nº de células) e frequência por milímetro linear, das espécies analisadas em função do tempo de armazenamento (anos).	55
Tabela 5. Equações de regressão polinomial para a estimativa de densidade em função do tempo de armazenamento (anos).	57
Tabela 6. Valores médios para densidade das espécies estudadas, em função do tempo de armazenamento (anos).....	58
Tabela 7. Equações de regressão polinomial para as espécies analisadas.	60
Tabela 8. Valores médios para solubilidade em água quente e água fria, para as espécies estudadas, em função do tempo de armazenamento.....	61
Tabela 9. Equações de regressão polinomial para a estimativa de luminosidade, saturação da cor e ângulo da tinta em função do tempo de armazenamento (anos).....	65
Tabela 10. Valores médios para luminosidade, saturação da cor e ângulo da tinta das espécies estudadas, em função do tempo de armazenamento (anos).....	66
Tabela 11. Valores calculados para mudança de coloração nos parâmetros colorimétricos, ao longo do tempo de estocagem, por espécie.	69

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Toda atividade econômica, demanda a exploração de recursos naturais, direta ou indiretamente e algumas destas produzem efeitos no ambiente modificando a paisagem de forma mais impactante e significativa do que outras.

Desta maneira, o uso sustentável dos recursos naturais deve se basear no conhecimento sobre o funcionamento dos ecossistemas, da biodiversidade e da complexidade das interações ecológicas (FILHO et al., 2013).

Dentre as atividades econômicas que modificam fortemente a paisagem natural, a mineração se enquadra, no cenário de crescimento econômico como uma das mais impactantes.

Questões relacionadas a mineração e a preocupação com o ambiente ganharam espaço no início do século XXI e tem se constituído em pauta importantíssima em cenários nacionais e internacionais nos quais são debatidos temas relacionados ao desenvolvimento sustentável. (Vieira; Rezende, 2015). A atividade mineradora, no Brasil, compõe uma parcela expressiva na economia, uma vez que o país detém 55 tipologias minerais exploradas, sendo considerado uma potência em recursos minerais no planeta; dentre estes o minério de ferro, bauxita, cobre, cromo e ouro predominam em solos brasileiros (IBRAM, 2015).

Na região amazônica atividades do setor minerador ocasionaram ao longo das últimas décadas, intensas transformações na sua estrutura e organização espacial, motivada pela nova dinâmica regional, pautada no uso dos recursos minerais (CHAVES; SILVA, 2016).

O Estado do Pará, localizado na região Norte do país, tem como uma das principais atividades econômicas o setor minerador, onde se encontra de acordo com o Sindicato de Industrias Mineraias do Estado do Pará (SIMINERAL) as duas maiores jazidas da região, a de Oriximiná e a de Serra dos Carajás, concentrando também as maiores minas de ferro, manganês e bauxita do país (CHAVES; SILVA, 2016), gerando inúmeros empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva local; Atividades deste setor, corresponderam a 88% das exportações do Pará somente ano de 2018, de acordo com as Indústrias de Mineração e Transformação Mineral.

Entretanto, para que ocorra tal atividade, faz-se necessária a retirada da vegetação para escavação do solo. Lana (2015) observou que esta etapa produz efeitos negativos diretos ao ambiente, ocasionando também morte de animais e possível contaminação de componentes abióticos como água e solo; A supressão da vegetação gera habitualmente um volume significativo de material lenhoso, que normalmente passa pela etapa de romaneio e posterior estocagem (MIURA, 2013), por vezes em pátios de armazenamento ao ar livre ou em áreas próximas as estradas de acesso ao local.

Devido a sua estrutura anatômica e a presença de substâncias derivadas do metabolismo secundário como a lignina, as madeiras encontram-se entre os materiais biológicos de mais difícil decomposição (APRILE et al. 1999).

A duração deste processo de decomposição pode variar de acordo com o grau de resistência natural aos ataques biológicos, que é influenciado dentre outros fatores pelas condições do local em que a madeira se encontra, Silveira et al. (2018) mencionaram a constituição química da madeira como um fator determinante para a decomposição, uma vez que a composição química é variável entre espécies e até mesmo entre células da mesma madeira, assim como a presença de extrativos, que podem inibir a proliferação de determinados organismos xilófagos.

Apesar de estarem sujeitas a diversos fatores que podem acelerar o processo de decomposição como, fatores bióticos a exemplo de organismos xilófagos: fungos, insetos e bactérias, que decompõem a madeira para usar parcial ou totalmente os seus constituintes como fonte de energia ; e fatores abióticos que são agentes químicos e físicos como: umidade do ar elevada, alta incidência de radiação solar, variação térmica e ação de chuvas (GONZAGA, 2006; TREVISAN et al., 2007; MORESCHI, 2013), a decomposição total deste material de forma natural poderá estender-se por longos anos.

Áreas licenciadas para atividade mineradora sob jurisdição estadual, estão sujeitas as leis nº 6.958 de 03 de abril de 2007, que destina o uso da madeira oriunda da supressão vegetal a três possíveis finalidades sendo estas: construção de casas populares, escolas e clínicas para tratamento de dependentes químicos e a lei nº 8.515 de 30 de junho de 2017, que permite a comercialização do material lenhoso suprimido para a escavação, por meio de cooperativas, empresas ou entidades sem fins lucrativos.

Entretanto estes possíveis receptores por vezes não detêm condições monetárias para realizar o transporte e transformação desta matéria prima em produto, este fator favorece a permanência destas madeiras por extenso período em pátios de estocagem no empreendimento, dando condições propícias ao processo de biodegradação.

A madeira em processo de decomposição irá apresentar perda de massa, alterações na composição química, mudança de cor e aumento da permeabilidade (VIVIAN et al., 2014; LEÃO et al., 2017), madeiras neste estado tem uma redução significativa em suas propriedades mecânicas, esses fatores em conjunto poderão comprometer a qualidade do material em um uso futuro (SILVEIRA et al., 2016)

A dificuldade de destinação dos produtos florestais oriundos da supressão vegetal, faz com que estes se degradem lentamente em pátios de estocagem, o que para Derivi (2016),

poderiam ser aproveitados, beneficiando cadeias florestais. De acordo com o mesmo autor, outro fator que poderia auxiliar na efetiva destinação do material lenhoso suprimido seria, realizar o planejamento do uso deste material, conjuntamente com o plano de execução da supressão vegetal, uma vez que esta atividade envolve as etapas de corte, transporte, classificação dos diferentes materiais e posterior estocagem.

Diante do exposto, estudos que visam avaliar a degradação do material lenhoso oriundo de supressão vegetal da atividade mineradora, analisando fatores como: possíveis alterações na estrutura anatômica e composição química deste material, merecem destaque e importância no sentido de gerar subsídios para tomadas de decisões em relação a destinação correta e aproveitamento eficiente deste material, aliando desta maneira o desenvolvimento econômico à preservação e conservação do ambiente.

Este trabalho faz parte do projeto “Avaliação de componentes químicos de diferentes espécies florestais armazenadas, passíveis de contaminação no solo”, financiado pelo grupo Hydro.

Na presente pesquisa, as seguintes questões científicas foram levantadas: 1- As quatro espécies possuem vulnerabilidades diferentes a degradação em função de suas propriedades anatômicas? 2- É possível detectar sinais de biodeterioração, fotodeterioração e lixiviação nas madeiras das diferentes espécies estocadas por diferentes períodos de estocagem? 3- As modificações são relevantes para a utilização tecnológica das madeiras?

Nossas hipóteses são 1- Sim, as quatro espécies possuem vulnerabilidades diferentes a degradação em função de suas propriedades anatômicas; 2- Sim, é possível detectar sinais de biodeterioração, fotodeterioração e lixiviação nas madeiras das diferentes espécies estocadas por diferentes períodos de estocagem; 3- Sim, as modificações são relevantes para a utilização tecnológica das madeiras.

OBJETIVO GERAL

Analisar se toras de quatro espécies tropicais estocadas por diferentes períodos em pátios de estocagem apresentam propriedades tecnológicas e graus de deterioração perceptíveis diferentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar macro e microscopicamente *Jacaranda. copaia* (Aubl.) D.Don, *Astronium. lecointei* Ducke, *Caryocar. villosum* (Aubl.) Pers. e *Protium. altissimum* (Aubl.) Swart estocadas por um período de 8 anos;

- Determinar a variação da densidade básica dessas madeiras ao longo do tempo de estocagem;
- Quantificar a alteração na coloração destas madeiras durante o período de estocagem;
- Quantificar os extrativos solúveis em água durante o período de estocagem.

1.1 Revisão de literatura

1.1.1 Aspectos gerais da composição anatômica da madeira

Considerado um valioso instrumento de apoio a outras linhas de pesquisas correlatas como a tecnologia, taxonomia e a filogenia, o estudo anatômico das madeiras é reconhecido desde 1818, data em que o botânico Augustin P. de Candolle utilizou o caráter presença ou ausência de vasos em seu sistema de classificação de plantas (FONSECA, 1998).

Anatomicamente o câmbio vascular é o tecido meristemático responsável pela produção de novas células, que irão compor os tecidos que formarão a madeira.

Este meristema lateral é composto por células iniciais fusiformes, verticalmente alongadas, que darão origem ao sistema longitudinal ou axial do xilema (elementos traqueais, fibras e células de parênquima axial) e iniciais radiais quadradas ou radialmente alongadas, que darão origem as células do raio, que são os elementos do sistema radial (MARCATI; SOFFIATTI, 2013).

Em observação macroscópica, o cerne geralmente, se distingue do alborno por sua coloração mais escura, cuja explicação fisiológica se dá devido a deposição de compostos fenólicos, resinas, óleos e outras substâncias, à medida em que são produzidos novos elementos celulares e incorporadas ao alborno, conferindo ao cerne uma constituição mais compacta, menos arejada e com menos substâncias de reserva, atribuindo-lhe maior resistência mecânica e ao ataque de organismos xilófagos (COSTA et al, 2003; ARAÚJO, 2020)

Estudos que investigam e buscam caracterizar anatomicamente as estruturas que compõem o xilema secundário, são indispensáveis para o conhecimento científico das espécies e geram também informações de relação entre famílias botânicas, auxiliando no entendimento de afinidades entre espécies ou grupos, que darão subsídios para prognosticar utilizações adequadas de acordo com suas características, bem como prever e compreender o comportamento da madeira quanto a sua utilização (METCALFE; CHALK, 1957; BURGER; RICHTER, 1991; PAULA, 2003; ALMEIDA, 2008).

Intimamente relacionada com as características anatômicas, a densidade da madeira para Garcia (1995) pode ser obtida através da quantificação direta do material lenhoso, por unidade

de volume, estando relacionada muitas vezes com propriedades e características tecnológicas importantes para a produção e a utilização dos produtos florestais.

Madeiras com baixa densidade são ricas em parênquima axial ou radial, ou em ambos, podendo apresentar também fibras de paredes finas. Normalmente, as células parenquimatosas possuem parede fina e, portanto, baixo teor de celulose e lignina (PAULA et al., 2000).

Com as mais diversas finalidades, vários autores já estudaram a anatomia do xilema secundário a exemplo de Lisboa (1989) que investigou anatomia sistemática do lenho de *Iryanthera*, traçando o possível caminho da evolução dos elementos vasculares, observando as modificações na placa de perfuração, Lens et al. (2009) basearam-se no padrão de agrupamento dos vasos nas subfamílias Apocynoideae e Periplocoideae para testar o valor filogenético das estruturas de madeira em Apocynaceae, Nisgoski et al. (2012) analisaram a anatomia do lenho carbonizado de duas espécies amazônicas, buscando a diferenciação das mesmas no intuito de fornecer informações para auxiliar no controle do comércio ilegal das mesmas e Braga Júnior et al. (2020) que utilizaram a caracterização anatômica para fins de identificação e determinaram as propriedades tecnológicas de madeiras utilizadas na produção de embarcações no sudeste do Pará, Brasil.

1.1.2 Aspectos gerais da composição química da madeira

O xilema secundário em angiospermas é comumente complexo, apresentando uma variedade anatômica mais ampla de elementos celulares, os quais desempenham diferentes funções como condução, sustentação e armazenamento de substâncias (BURGUER; RICHTER, 1991; SOFFIATTI; MARCATI, 2013; WASTOWSKI, 2018).

É constituído quimicamente por um arranjo ordenado de células que contém componentes estruturais e não estruturais. (FENGEL; WEGNER, 1989). Os componentes estruturais são macromoléculas (polissacarídeos – celulose e hemiceluloses –, lignina), de natureza polimérica e insolúvel que fazem parte da parede das células (MOTA, 2016). Os componentes não estruturais são minoritários e de baixo peso molecular, constituídos por extrativos e substâncias minerais (KLOCK et al., 2005).

Os extrativos são representados pelos óleos essenciais, resinas, taninos e pigmentos (MORAES et al., 2005), e apesar de apresentarem menores proporções na madeira, Oliveira et al., (2005), comentam que estes estão entre os principais responsáveis pela resistência natural da madeira ao ataque de fungos e insetos.

Considerados substâncias de baixo ou médio peso molecular, podem ser extraídos em água ou solventes orgânicos, a porção removível em água corresponde a principalmente alguns sais ou minerais inorgânicos, açúcares e polissacarídeos (SILVÉRIO et al., 2006).

Quimicamente são considerados compostos cromóforos, responsáveis por características sensoriais como a cor, o odor, gosto e propriedades abrasivas, bem como a resistência natural ao apodrecimento, (BARRETO; PASTORE, 2009; SILVA, 2012).

Estes também podem ser responsáveis pelo aparecimento de manchas de coloração marrom em superfícies de madeira. Estas manchas são causadas por alterações químicas que podem ocorrer com os extrativos solúveis em água.

Para Castro e Guimarães (2018), os extrativos hidrossolúveis podem ser alterados por enzimas do tipo peroxidase (grupo de enzimas que oxidam substratos orgânicos), estes são deslocados para a superfície da madeira através do fluxo de água e depositados lentamente, à medida que a água evapora. Posteriormente a oxidação destes extrativos para substâncias coloridas, durante o processo de secagem, resultaria no aparecimento de manchas marrons (SHIELDS et al, 1973 apud PEREIRA, 1992)

Para Wastowski (2018) há três fatores que controlam as propriedades da madeira e sua utilização final, estes são fundamentados no resultado da sua composição química: 1- as características químicas das moléculas dos componentes estruturais e dos extrativos, 2- distribuição dos diferentes componentes na estrutura da parede celular e 3- proporção relativa dos componentes químicos nas células e nos diferentes tecidos que a constituem.

Presente nas células vegetais, a parede celular é composta por celulose, polioses e lignina que estão intimamente associadas e/ou ligadas quimicamente, formando diferentes camadas: a parede primária, formada pelas microfibrilas de celulose; e a parede secundária, composta principalmente por celulose e lignina, que é formada pelas subcamadas S₁, S₂ e S₃. (ARANTES; MILAGRES, 2009).

1.1.3 Aspectos gerais sobre a biodegradação da madeira

A deterioração e/ou degradação de materiais de origem renovável são fundamentais para o balanço natural na continuidade do reaparecimento destes mesmos materiais posteriormente, exigindo disponibilidade de elementos simples como o carbono, oxigênio e hidrogênio na sua composição. (BLANCHETTE, 2000; MORESCHI, 2013).

Por se tratar de material biológico, a madeira está sujeita ao processo de decomposição naturalmente, entretanto para que ocorra tal fenômeno é necessário a ação simultânea de diversos fatores bióticos e abióticos.

Dentre os fatores bióticos, Fengel e Wegener (1989), destacam a ação de diversos micro-organismos, tais como fungos, bactérias e parasitas, dos quais os fungos são os mais eficientes pois atacam a madeira em maiores proporções, desenvolvendo-se com rapidez principalmente em zonas tropicais, uma vez que segundo Mendes e Alves (1988) a temperatura ideal para o desenvolvimento deste varia entre 25° a 30°C. Estes ocasionam a deterioração na madeira através da liberação de enzimas que reagem com os constituintes da parede celular, causando a quebra desta estrutura em níveis moleculares.

Fungos que degradam a madeira podem ser agrupados em cinco categorias: podridão mole - degradando celulose e hemiceluloses (de forma mais lenta quando comparado aos demais); podridão parda – consumindo principalmente celulose e hemiceluloses; podridão branca – que decompõem celulose, hemiceluloses e lignina; manchadores e emboloradores – instalam-se principalmente em células do parênquima radial, em busca do material reserva existente nestas células, bem como nos elementos de vaso e canais resiníferos; sendo os três primeiros responsáveis pela perda de resistência na madeira e agrupados como fungos apodrecedores (LEVY, 1979; MENDES; ALVES, 1988; BLANCHETE, 2000).

Em função da quantidade de substâncias de reserva (que servem como fonte de nutrientes) e do alto teor de umidade, geralmente os fungos emboloradores e manchadores são pioneiros no processo de degradação (MORESCHI, 2013),

Estudando fungos emboloradores e manchadores, ocorrentes em toras de madeira de doze espécies florestais, armazenadas em pátios de estocagem em indústrias madeireiras no estado do Amazonas, Hanada et al. (2003) observaram que as espécies de madeira com baixa densidade foram as que apresentaram uma maior diversidade e intensidade de fungos, principalmente emboloradores.

No que diz respeito os fatores abióticos Mendes e Alves (1988), também comentam que a degradação química pode ocorrer quando a madeira entra em contato com substâncias químicas, tais como: ácidos e bases fortes, óxido de ferro, dióxido de enxofre e sais de sódio, ou até mesmo componentes de madeira que tenham sido pintados com tintas que contenham altos teores de ácidos.

Para Florian (2013), a madeira em decomposição por agentes químicos apresenta-se normalmente amolecida, com a aparência desfibrada ou esgarçada.

A madeira exposta ao tempo sofre deterioração fotoquímica, por exemplo, promovida pela radiação ultravioleta que atua principalmente sobre a lignina, que é considerada um excelente absorvedor de luz, causando alterações no seu aspecto geral, inicialmente mais expressivas na mudança da coloração superficial da madeira e posteriormente na estrutura

celulósica que vai sendo destruída em camadas, que são levadas pela água da chuva. (SGAI, 2000; FEIST; HON, 1984 apud ATAYDE et al., 2011; PANDEY, 2005; CASTRO; GUIMARÃES, 2018). Desta forma, entendemos que a propriedade organoléptica cor, é severamente afetada pela incidência direta da radiação solar.

Chang et al. (1982), estudando a fotodegradação de *Pinus sp.*, concluíram que a deterioração causada pela luz ultravioleta ocorreu pela separação das paredes celulares próximo da lamela média, devido a degradação da lignina que interagiu fortemente com a luz. Esta degradação foi mais acentuada nas superfícies transversal e radial quando comparadas a superfície tangencial.

1.1.4 Aspectos gerais sobre aplicação da colorimetria no estudo de madeiras

Amplamente empregada como termo genérico, a palavra cor é constantemente associada visualmente a presença de corantes, pigmentos e materiais similares.

Podemos defini-la como sendo a propriedade dos corpos em absorver e refletir luz e tem como atributos principais, o matiz, a luminosidade e a saturação (FERREIRA; SPRICIGO, 2017). Entretanto, por ser um quesito subjetivo, visto que a percepção muda conforme o observador, constatou-se a necessidade de aprimorar os padrões já utilizados na tentativa de uniformizar o reconhecimento da cor, sem parcialidade.

Deste modo, a colorimetria surge como uma técnica, que busca com o auxílio de modelos matemáticos, descrever, quantificar e simular a percepção da cor pelo homem. É a interação da luz com os materiais que, como sensação, é percebida pelo olho humano e interpretada pelo cérebro (LOPES, 2009)

O colorímetro é um equipamento portátil, apropriado para descrever numericamente, elementos da composição de uma cor em superfícies, ele separa os componentes RGB da luz, funcionando de forma análoga ao sistema visual humano, fornecendo coordenadas colorimétricas (L^* a^* b^*) universais, sob iluminantes e observadores padronizados, este instrumento é extensivamente utilizado na avaliação não destrutiva da coloração dos tecidos vegetais (SILVA et al., 2016; FERREIRA; SPRICIGO, 2017)

Na madeira, a mudança de coloração, pode estar relacionada ao teor de umidade, a temperatura e por degradações provocadas pelo ataque de organismos xilófagos, ou ainda por reações fotoquímicas dos componentes químicos presentes em sua estrutura (ATAYDE et al., 2011; CAMARGOS; GONÇALEZ, 2011)

Inúmeras pesquisas, investigando: a mudança de coloração na madeira, seja ela natural ou em ensaios artificiais, a caracterização colorimétrica para fins de comparação entre as seções

anatômicas ou ainda a aplicação do método colorimétrico na ciência e tecnologia da madeira como: a ação de agentes biodeterioradores e do intemperismo, vem sendo desenvolvidos ao longo do tempo.

A exemplo de Barreto e Pastore (2009) que avaliaram a resistência ao intemperismo artificial de madeiras tropicais examinando o efeito dos extrativos, Costa et al (2010), que observaram a fotodegradação de *Hymenaea courbaril* e *Couratari oblongifolia* submetidas a radiação ultravioleta artificial, constatando um escurecimento destas com 168 horas de irradiação, também Camargos e Gonçalez (2011), utilizaram a colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira, utilizando 350 espécies, classificando-as em 33 grupos de cores homogêneas.

Barros et al. (2014) caracterizaram colorimetricamente três espécies amazônicas concluindo que este método pode ser empregado desde o desdobro da tora até o aproveitamento final, possibilitando também agregação de valor ao produto, Silva et al (2017), analisaram a colorimetria da madeira de trinta espécies tropicais, categorizando-as em cinco grupos distintos, Sousa et al. (2019), utilizaram a colorimetria da madeira para a caracterização de espécies amazônicas, subsidiando uma classificação mais eficiente quando comparado ao método tradicional utilizado em anatomia da madeira.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F., **Anatomia foliar e da madeira de espécies de *Xylopia* L. (Anonaceae)**. 2008. 88f. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Botânica Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2008.
- APRILE, F. M.; DELITTI, W. B. C.; BIANCHINI JR., L. Aspectos cinéticos da degradação de laminados de madeira em ambientes aquático e terrestre. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 3, p. 485 – 492, 1999.
- ARANTES, V., MILAGRES, A. M. F. Relevância de compostos de baixa massa molar produzidos por fungos e envolvidos na biodegradação da madeira. **Quim. Nova**, v. 32, n. 6, p. 1586 – 1595, 2009.
- ARAÚJO, H. J. B. de. Caracterização do material madeira. In: SEABRA, G. (Org). **Educação Ambiental: o desenvolvimento sustentável na economia globalizada**. Ituiutaba, MG Barlavento, 2020. p. 31 – 44.
- ATAYDE, C. M.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de Muirapiranga (*Brosimum sp.*). **Cerne**, Universidade Federal de Lavras, v. 17, n. 2, p. 231 – 235, 2011.
- BARRETO, C. C. K., PASTORE, T. C. M. Resistência ao intemperismo artificial de quatro madeiras tropicais: o efeito dos extrativos. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 1, p. 23 – 30, Jan-Mar, 2009.
- BARROS, S. V. dos S, et al. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **Cerne**, Universidade Federal de Lavras, v. 20, n. 3, p. 337 – 342, 2014.
- BLANCHETTE, R. A. A review of microbial deterioration found in archaeological wood from diferente environments. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 46, p. 189 – 204, 2000.
- BRAGA JÚNIOR, et al. Technological properties of woods used in boat's production in the Southeast of Pará, Brazil. **Rodriguésia**, v. 71, 14p, 2020.
- BURGER, L. M., RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo, Nobel, 1991. 154p.
- CAMARGOS, J. A.A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal** n. 71, Setembro, 2001.
- CASTRO, V. G.; GUIMARÃES, P. P. Agentes deterioradores abióticos. In: CASTRO, et al. **Deterioração e Preservação da madeira**. Mossoró, EdUFERSA, 2018. p. 07 – 20.

CHANG, S. T.; HON, D. N.; FEIST, W. C. Photodegradation and photoprotection of wood surfaces. **Wood and Fiber**, v. 14, n. 2, p. 104 – 117, 1982.

CHAVES, D. A., SILVA, J. M. P. O Plano nacional da mineração (2010-2030) e seu Rebatimento no território Amazônico. **Revista Política e planejamento regional**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 39 – 52, 2016.

COSTA, C. G. et al. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Editoras). **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. p. 129 – 154.

COSTA, J. A. et al. Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas a radiação ultravioleta. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 133 – 139, Jan-Mar, 2011.

DERIVI C. et al. **Grandes obras da Amazônia**: aprendizados e diretrizes. Rio de Janeiro: FGV, 2016. Supressão Vegetal Autorizada. Disponível em: http://mediadrawer.gvces.com.br/grandesobras/original/grandesobrasnaamazonia_documento_completo_09.pdf. Acesso em 28 de janeiro de 2019.

FENGEL, D.; WEGENER, G. Wood, chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin: W. de Gruyter, 1989. 613 p.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria – princípios e aplicações na agricultura. In: FERREIRA, M. D. (ed. técnico) **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa instrumentação, 2017. p. 209 – 220.

FILHO, N. L., et al. Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauração de áreas degradadas na Amazônia Brasileira. **Revista árvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 587 – 597, 2013.

FLORIAN, A., Principais agentes deterioradores da madeira. **Remade**, edição 134, Março, 2013.

FONSECA, C. N., **Anatomia da madeira das Linaceae da Amazônia Brasileira**. 1998. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1998.

GARCIA, C. B. **Anatomia, composição e propriedades de cinco madeiras Paraguias**. 1995. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

GONZAGA, L. A. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília, 2006, 246 p.

HANADA et al. Fungos emboloradores e manchadores de madeira em toras estocadas em indústrias madeireiras no município de Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 33, n. 3, p. 483 – 488, 2003.

INSTITUTO Brasileiro de Mineração - IBRAM. **Informações sobre a Economia Mineral Brasileira**. 2015. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005484.pdf>>. Acesso: 28 de Janeiro de 2018.

KLOCK, U. et al. **Química da madeira**. 3º ed. Curitiba: 2005. 86p.

LANA, Z. M. DE O. A atividade mineradora em Minas Gerais e em Ouro Preto: Impactos Socioambientais e Intervenções para a sustentabilidade. **Sociedade e Território**, v. 27, n. 3, p. 45 – 59, 2015.

LEAO, R. M. et al. Efeitos de tratamentos termomecânicos sobre a resistência biológica da madeira perante o ataque de fungos. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 24 – 43, 2017.

LENS, F.; ENDRESS, M. E., BAAS, P., JANSEN, S.; SMETS, E. Vessel grouping patterns in subfamilies Apocynoideae and Periplocoideae confirm phylogenetic value of wood structure within Apocynaceae. **American Journal of Botany**. v. 96, n. 12, p. 2168 – 2183. 2009.

LEVY, J. S., **Fundamental record in wood preservation**. 1979.

LISBOA, P. L. B. Aspectos da anatomia sistemática do lenho de *Iryanthera* Warb. (Myristicaceae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica**. v. 5, n. 02, p. 83 – 134. 1989.

LOPES, L. da C. **Controle metrológico da cor, aplicado a estamperia digital de materiais têxteis**. 2009. 142f. Dissertação de Mestrado em Metrologia para a qualidade e inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MARCATI, C. R.; SOFFIATTI, P. Câmbio vascular. In: EVERT, R. F. **Anatomia das plantas de Esaú: meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2013. p. 397 – 433.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S., **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília, IBDF/DPq-LPF. 1988.

METCALF, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, 1957, v. 1, p. 349 – 358.

MIURA, Y. S. **Estudo do potencial de comercialização de madeira proveniente de supressão vegetal em mineradoras da Amazônia**. 2013. 40f. Trabalho de especialização Pós-

Graduação em Gestão Florestal do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2013.

MORAES, S. A. L., et al. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 461–470, 2005.

MORESCHI, J. C., **Biodegradação e Preservação da madeira**. 4 ed. Paraná. 2013.

MOTA, G. S., **Características anatômicas e ecológicas de casca de madeira de *Anadenanthera***. 2016. 134f. Tese de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

NISGOSKI, S. et al. Anatomia do lenho carbonizado de *Copaifera* cf. *langsdorfii* Desf. e *Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild. **Ciência da madeira (Brazilian Journal of wood science)** v. 3, n. 2, p. 66 – 79. 2012.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista árvore**. Viçosa, v, 29, n. 5, p. 819 – 826, 2005.

PANDEY, K. K. A note on the influence of extractives on the photo-discoloration and photo-degradation of wood. **Polymer Degradation and Stability** n.87, p. 375 – 379, 2005.

PAULA, J. E., et al. Caracterização anatômica de madeiras nativas de matas ciliares do Centro-oeste brasileiro. **Scientia forestalis** n. 58, p. 73 – 98, 2000.

PAULA, J. E., Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia, com vistas à produção de energia e papel. **Acta amazônica**. v. 33, n. 2, p. 243 – 262. 2003.

PEREIRA, J. C. D. **Formação e controle da mancha marrom em madeira serrada de *Pinus elliottii* Engelm Var. *elliottii***. 1992. 92f. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

SGAI, R. D., **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras**. 2000. 130f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia civil. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SILVA, S. S., **Estudo do xilema secundário de espécies da família *Burseraceae* produtoras de óleos**. 2012. 157f. Tese de doutorado – Ciência e Tecnologia da madeira. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SILVA, T. R. B. et al. Utilização do colorímetro como medidor portátil de clorofila em folhas de milho. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**. v. 4, n. 1, p. 1 – 4, 2016.

SILVA, R. A. F. et al. Colorimetria da madeira de trinta espécies tropicais. **Ciência da madeira (Brazilian Journal of wood Science)** v. 8, n. 1, p. 36 – 41, 2017.

SILVÉR

IO, F. O. et al. Metodologia de extração e determinação do teor de extrativos em madeira de Eucapilto. **Revista árvore**. Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1009 – 1016, 2006.

SILVEIRA, A. G. et al. Deterioração da madeira de acácia-negra em dois ambientes de exposição. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Candido Rondon, v. 15, n. 3, p. 251 – 255, 2016.

SILVEIRA, A. G. et al. Decomposição da madeira de *Acacia mearnsii* De Wild. (Fabaceae) proveniente de diferentes áreas de apodrecimento. **Scientia Agraria Paranaensis**. Marechal Candido Rondon, v. 17, n. 2, p. 244 – 246, 2018.

SOFFIATTI, P.; MARCATI, C. R. Xilema: Xilema secundário e variações na estrutura da madeira. In: EVERT, R. F. **Anatomia das plantas de Esaú: meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2013. p. 359 – 396

SOUZA, W. C. S. et al. Wood colorimetry for the characterization of amazonian tree species: a subsidy for a more efficient classification. **Cerne**, v. 25, n. 4, p.451-462, 2019.

TREVISAN, H. et al. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, 2008.

VIEIRA, E. G.; REZENDE, E. N. Mineração de areia e meio ambiente: é possível harmonizar? **Revista do Direito Público**, Londrina, v. 10, n. 3, p. 181 – 212, 2015.

VIVIAN, M. A. et al. Resistência biológica da madeira tratada de duas espécies de *Eucalyptus* em ensaio de campo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 425 – 433, 2014.

WASTOWSKI, A. D. **Química da madeira**. 1º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2018. 584p. il

2 VARIAÇÕES DAS PROPRIEDADES DE MADEIRAS TROPICAIS ESTOCADAS POR DIFERENTES PERÍODOS EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NA AMAZÔNIA

2.1 Introdução

O Estado do Pará tem como grandes propulsores da economia, o setor madeireiro, o setor minerador e da pecuária. Para Veríssimo et al. (2006), isso se deve às atividades de incentivo que ocorreram a partir da década de 70 para a popularização da Amazônia. Assim, foram se formando empresas madeireiras ao longo das rodovias, além do incentivo à pecuária e sondagem mineral, atraindo deste modo grande interesse em atividades de exploração.

Silva et al. (2012) comentam que na atividade de mineração, grandes volumes e massas de materiais são extraídos e movimentados. A quantidade de resíduos gerada por esta atividade está intimamente relacionada ao processo utilizado para extração do minério, à concentração da substância mineral estocada na rocha matriz e à localização da jazida em relação à superfície.

Uma parcela desse volume extraído, são as madeiras oriundas da área de supressão vegetal. Este material, uma vez retirado do solo é armazenado em pátios de estocagem a céu aberto nas áreas do empreendimento até sua destinação final. Sgai (2000) explica que quando a madeira é exposta ao tempo, sofre a influência de variações de temperatura, de precipitações pluviométricas, de substâncias químicas presentes no meio e de organismos xilófagos. A exposição à luz solar provoca a deterioração de seus constituintes, alterando também suas propriedades organolépticas como a cor, enquanto a alternância de chuvas resulta na absorção e perda de água causando inchamento e contração, podendo favorecer a deterioração.

Para Arantes e Milagres (2009), o entendimento deste processo contribui com a compreensão do ciclo natural do carbono, que tem início na biossíntese dos seus constituintes a partir de H_2O , CO_2 e energia solar e termina com a mineralização destes constituintes e liberação de CO_2 e H_2O , em decorrência da decomposição causada principalmente por fungos.

Sgai (2000) comenta que a ação destes fungos pode mudar as propriedades físicas e químicas das paredes das células ou das cavidades celulares, afetando seriamente a resistência da madeira. Castro e Silva; Aguiar (2001), observando a degradação da madeira por fungos lignolíticos constatou a degradação da lignina e celulose. Observou também que durante o estágio inicial de deterioração o fungo movimenta-se verticalmente através dos elementos de vaso colonizando, posteriormente, as células parenquimáticas adjacentes, atacando também as células radiais.

Desta maneira, o estudo das características anatômicas, destas madeiras estocadas por longos períodos são objetos de estudo deste trabalho, buscando caracterizar possíveis alterações

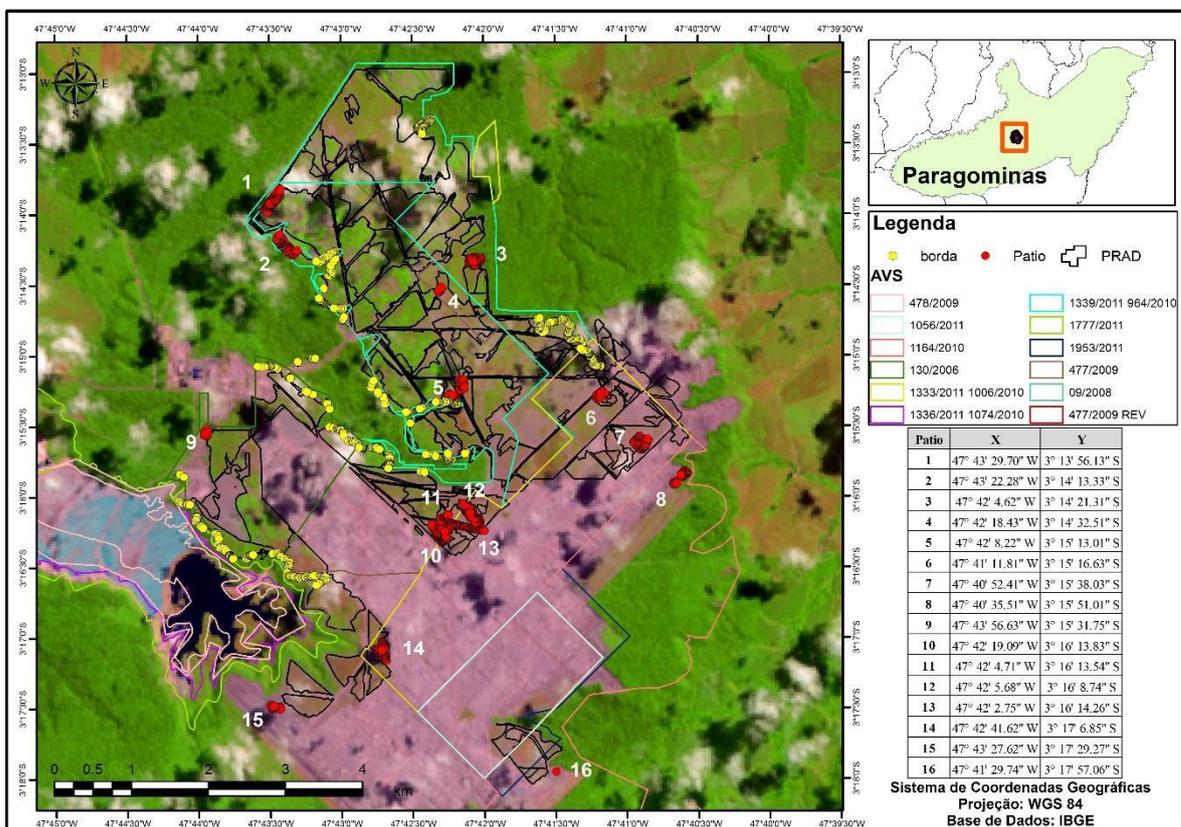
na estrutura anatômica destas madeiras e quantificar variação da densidade básica e coloração delas, ao longo do tempo de estocagem.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Área de estudo

As madeiras analisadas foram provenientes de pátios de estocagem a céu aberto, oriundas de supressão vegetal para exploração de bauxita no município de Paragominas, mesorregião Sudeste Paraense. Neste local as madeiras suprimidas, são empilhadas de acordo com Autorização de Supressão Vegetal (ASV) e distribuídas nas áreas do platô Miltônia III (Figura 1).

Figura 1- Mapa de distribuição dos pátios de estocagem no platô Miltônia III.



2.2.2 Coleta de material

Foram selecionadas quatro espécies com maior frequência nas planilhas de romaneio das áreas do empreendimento, sendo estas: 1- Parápará, *Jacaranda copaia* (Aubl.) D.Don (Bignoniaceae), 2- Muiracatiara, *Astronium lecointei* Ducke (Anacardiaceae), 3- Piquiá, *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) e 4- Breu barrote, *Protium altissimum* (Aubl.) Swart (Burseraceae)

Em campo, após identificação da madeira por um parataxônomo e com auxílio de motosserra foram retirados discos ou fração da extremidade das toras com diferentes diâmetros, empilhadas nos pátios de estocagem, das ASV's 477/2009, 1953/2011, 2324/2013, 1410/2015 e 3098/2016, conforme a disponibilidade de alcance nas pilhas de madeira.

Foi coletado um disco/fração de cada espécie em três pilhas diferentes do mesmo ano de armazenamento (árvores diferentes), em cada pilha coletada foram anotadas as coordenadas geográficas utilizando-se GPS e estimado o diâmetro da tora. Este material foi devidamente identificado e acondicionado em sacos de polietileno transparentes e posteriormente encaminhados para o Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais- LTPF, na Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA.

2.2.3 Delineamento experimental

De cada espécie, foram coletadas três repetições em cinco períodos de armazenamento: 8 anos de armazenamento (pilhas de 2009), 6 anos (pilhas de 2011), 4 anos (pilhas de 2013), 2 anos (pilhas de 2015) e período inferior a 1 ano de armazenamento – considerado o ano 0 (pilhas de 2017), conforme Figura 2, com exceção de *J. copaia*, que devido ao avançado estado de deterioração impossibilitou análise de amostras estocadas nos anos de 2009 e 2011. Deste modo tem-se, 15 amostras para cada um das espécies, *A. lecointei*, *C. villosum* e *P. altissimum* e 09 amostras para *J. copaia*, perfazendo um total de 54 amostras.

Figura 2- Aspecto em campo das pilhas de armazenamento com diferentes tempos de estocagem.



Fonte: A autora

2.2.4 Caracterização macroscópica da madeira.

O material recém-chegado de campo, passou por limpeza e foi encaminhado para confirmação das espécies por técnicos, através de comparação. Quando necessário o material foi seco em estufa a 60°C por 48 h para retirada da umidade.

De cada disco/fragmento coletado, foram retirados 3 corpos de prova da porção de cerne, com tamanho aproximado de 2 x 2 x 2 cm, nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial.

A caracterização macroscópica foi realizada com auxílio de lâmina descartável afiada, na qual os planos anatômicos foram aplainados, para melhor visualização das estruturas anatômicas e uma lupa conta fios de 10x de aumento. As propriedades organolépticas como: cheiro e gosto não foram levadas em consideração por se tratar de material oriundo de estocagem, as quais por sua vez, já perderam essas características gradativamente conforme o tempo de armazenamento. Para esta descrição seguiu-se as normas de Coradin e Muñiz (1992).

Para a captura de fotomicrografias, no laboratório de Taxonomia Vegetal do Museu Paraense Emílio Goeldi (LABTAX-MPEG) utilizou-se um Stereomicroscópio óptico – Zeiss, modelo: Discovery. V8 acoplado a uma câmera AxioCam ICc 5, com resolução fotográfica de 2452 x 2056 e *software* Zen 2,3 lite.

2.2.5 Caracterização microscópica da madeira - Maceração

Para obtenção de material macerado, foram retirados fragmentos longitudinais de cada corpo de prova e inseridos em frascos de penicilina com 8 ml de solução macerante, utilizando-se o método de Franklin (1945), solução constituída de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1, mantidos em estufa a 60°C por 24 horas até o branqueamento total do material. Em seguida, foi retirada a solução macerante e posteriormente o material dissociado foi lavado em água destilada por 4 vezes, utilizando-se o processo de decantação.

Por fim o material foi corado com safranina aquosa 1% e conservado em água destilada. Para observação dos elementos celulares dissociados foram confeccionadas em média 40 lâminas temporárias de cada amostra, misturando-se uma pequena quantidade do material macerado em gotas de glicerina.

2.2.6 Caracterização microscópica da madeira - Cortes histológicos

Para obtenção dos cortes histológicos, os corpos de prova foram submersos em água destilada por 24 a 72 horas para o amolecimento e aparos, o material mais resistente foi fervido

em solução de água e glicerina na proporção de 1:4 por 7 – 10 horas. Utilizando-se um micrótomo de deslize *Reich*, foram obtidos cortes histológicos nos três planos anatômicos com espessura variando de 18 a 25 μm . Estes foram divididos em dois grupos, um deles submetido a clarificação e coloração e o outro mantido ao natural para a observação de possíveis inclusões minerais. Para a coloração do tecido, foi utilizada a técnica de Johansen (1940).

Primeiramente os cortes foram clarificados em solução de hipoclorito de sódio comercial (2,5%); em seguida, lavados por 3 vezes até a completa remoção do mesmo. Na sequência os cortes passaram pelas seguintes etapas: coloração com safranina aquosa 1% (5 segundos), série etílica progressiva com álcool 60%, 70%, 80%, 90% e álcool absoluto (20 minutos em cada), álcool / acetato 1:1 e acetato (20 minutos em cada). Após coloração e desidratação, os cortes foram montados entre lâmina e lamínula em Entellan®. Os cortes conservados ao natural foram submetidos à desidratação e montagem. Foram montadas três lâminas permanentes para cada amostra.

Parte do material conservado ao natural, passou pelo processo de desidratação em série etílica progressiva (60%, 70%, 80%, 90% e Álcool absoluto) com duração de 60 minutos cada e posteriormente armazenados em recipiente com sílica em gel e submetido a Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e Espectroscopia de raios x por dispersão em energia (EDS), no Laboratório de Microanálises do Instituto de Geologia da Universidade Federal do Pará.

2.2.7 Caracterização microscópica da madeira - Mensuração dos elementos anatômicos

Foram realizadas contagens e mensurações dos poros (n°/mm^2) e tipo de agrupamento (%), de raios (largura e altura em número de células, em micrômetros e frequência por mm linear) nas seções transversal e longitudinal tangencial, utilizando-se um sistema de análise digital no *Software Motic Image plus 3.0* com microscópio MOTIC BA310-E, acoplado ao *tablet*.

As medidas da espessura de parede, espessura do lúmen e do comprimento das fibras, bem como o diâmetro e comprimento dos elementos de vasos foram realizadas diretamente em material macerado. Diâmetro de fibras e de elementos de vasos foram mensurados na região mediana das células, o comprimento do elemento de vaso excluiu o apêndice, quando presente. Para cada parâmetro foram realizadas 50 observações.

Para a descrição da estrutura anatômica da madeira, foram utilizadas as recomendações da International Association of Wood Anatomists / IAWA Committee (1989).

2.2.8 Análise de EDS

As análises de EDS (energy dispersive spectroscopy) foram realizadas no Laboratório de Microanálises do Instituto de Geociências (IG) da UFPA. O equipamento utilizado foi um MEV Zeiss modelo LEO-1430 com EDS IXRF modelo Sirius-SD acoplado. As condições de operação foram: corrente do feixe de elétrons = 90 μ A, voltagem de aceleração constante = 20 kV, distância de trabalho = 15 mm, tempo de contagem para análise dos elementos = 30 s.

2.2.9 Densidade básica

As amostras referentes aos períodos de estocagem de cada espécie foram submetidas a análise de densidade básica, procedimento realizado de acordo com a norma NBR 11.941 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT, 2003).

Foram armazenadas em recipientes com água para saturação e quando disponível foi utilizado dessecador com água e realizada a aplicação de vácuo. Depois de saturada, cada amostra foi imersa em becker com água por meio de um suporte, garra e haste de metal, evitando o contato da madeira com o recipiente, sob uma balança de precisão de 0,01g para obtenção do volume saturado (v sat) em cm^3 .

As amostras foram armazenadas em estufa de circulação de ar a temperatura de $\pm 105^\circ\text{C}$ até a obtenção de massa constante (considerada quando, no intervalo de duas pesagens sucessivas, o valor não excedeu 0,5g), sendo posteriormente pesadas para aquisição da massa seca (ms) expressa em gramas (g).

A densidade básica foi determinada pela equação 1:

$$D_b = M_s / V_{\text{sat}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

D_b = Densidade básica (g/cm^3)

M_s = massa seca (g)

V_{sat} = volume saturado (cm^3)

2.2.10 Solubilidade da madeira em água.

Amostras de madeira foram trituradas em moinho analítico IKA. Em seguida com os fragmentos obtidos da trituração, foi realizada uma classificação em peneira de 40 e 60 mesh. As frações de serragem que ficaram retidas na peneira de 40 foram descartadas, aquelas que ficaram retidas na peneira de 60 mesh aproveitadas.

O material das diferentes repetições das mesmas espécies foram homogeneizadas para a obtenção de amostra composta.

2.2.10.1 Extrativos solúveis

O teor de extrativos solúveis em água quente e água fria foram determinados de acordo com a norma NBR 14.577 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT, 2003), com a extração em água fria realizada por 48 horas, em triplicata, sem a agitação em cadinho de placa porosa.

2.2.11 Colorimetria

Para a leitura dos parâmetros cromáticos, no Laboratório de Energia e Carbonização da Madeira, foi utilizado um colorímetro portátil Konika Minolta (modelo CR-410) devidamente calibrado. Este aparelho utiliza o sistema conhecido como CIELa*b*, atualmente empregado na colorimetria, seguindo os padrões da Commission Internationale de L'Eclairage.

As 54 (cinquenta e quatro) amostras de madeira foram fracionadas em granulometria de 60 mesh. Aproximadamente 15g de cada amostra, foram divididos em porções de 3g, colocados em placa de Petri, sob superfície branca realizando-se 5 repetições, totalizando 270 leituras.

Pela visualização direta no colorímetro, foram obtidos os valores de luminosidade (L), coordenada cromática verde-vermelho (a*), coordenada cromática azul-amarelo (b*) e a partir destes foi calculado a saturação da cor (C) e o ângulo de tinta (h*) utilizando-se as equações abaixo propostas por Camargos e Gonzalez (2011).

$$C = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0,5} \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

C= Cromaticidade (Saturação de cor)

a*= Coordenada cromática verde-vermelho

b*= coordenada cromática azul-amarelo

$$h^* = \text{tang}^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \text{ (Equação 3)}$$

Onde:

h*= ângulo de tinta

a*= Coordenada cromática verde-vermelho

b*= coordenada cromática azul-amarelo

2.3 Análise estatística dos dados

Os dados coletados foram tabulados em planilhas eletrônicas e em seguida foi realizada a análise descritiva por meio de média, desvio-padrão e coeficiente de variação. Os parâmetros foram analisados seguindo o delineamento inteiramente ao acaso.

Para a verificação dos pressupostos para a aplicação da análise de variância, os dados foram submetidos aos testes de homogeneidade de variâncias de Levene e de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, enquanto a independência dos resíduos foi realizada por meio da análise gráfica. Quando os pressupostos não eram atendidos, foi aplicada a transformação de Box-Cox aos dados, e estes dados transformados foram utilizados para efetuar a análise estatística. Entretanto, para facilitar o entendimento dos resultados, eles foram apresentados com os dados não transformados.

Para verificar se os valores médios dos parâmetros analisados, para as diferentes espécies, diferiram estatisticamente em relação ao tempo de armazenamento, foi realizada a análise de variância por meio do teste F, quando diferenças foram observadas, foi realizado o teste de Tukey a 5% de significância.

Para analisar a tendência do comportamento das variáveis anatômicas, dos parâmetros colorimétricos, dos valores de densidade e de solubilidade em água, em função do tempo de armazenamento, foram realizados ajustes de modelos de regressão polinomial linear e quadrático para cada espécie. Estes modelos foram escolhidos devido à sua ampla adaptação para descrever fenômenos biológicos.

A seleção do modelo mais adequado para explicar o comportamento de cada parâmetro avaliado foi realizada de acordo critérios como: significância do modelo de regressão por meio do teste F, coeficiente de determinação e desvio padrão residual.

A análise estatística foi realizada com o auxílio dos programas AgroEstat (2015) (BARBOSA; MALDONADO, 2015) e IBM SPSS.

2.4 Resultados e Discussão

2.4.1 Caracterização geral das amostras.

As madeiras retiradas das diferentes pilhas de estocagem, apresentavam superfície rugosa, com trincas e/ou rachaduras tanto na face transversal quanto longitudinal, principalmente nas amostras com mais de 6 anos de armazenamento. Com diâmetros diferentes, expressos na Tabela 1, as madeiras evidenciavam variação na coloração, apresentando tonalidade mais escurecida e acinzentada nas amostras das pilhas com 8 e 6 anos de armazenamento, ocasionadas provavelmente pela incidência direta da luz solar.

Tabela 1. Média dos diâmetros estimados das toras em campo.

Espécie	2009	2011	2013	2015	2017	Média (cm)
<i>J. copaia</i>	-	-	65 cm	75 cm	64 cm	68
<i>P. altissimum</i>	74 cm	81 cm	93 cm	83 cm	75 cm	81
<i>C. vilossum</i>	160 cm	91 cm	87 cm	126 cm	166 cm	126
<i>A. lecointei</i>	60 cm	68 cm	72 cm	65 cm	70 cm	67

Fonte: A autora

2.4.2 Caracterização anatômica

Jacaranda copaia (Aubl.) D.Don (Bignoniaceae) – Parápará

As amostras com 4 anos de armazenamento apresentaram fissuras no lúmen das fibras e nos elementos de vaso. Foram observadas fibras bifurcadas (Figura 3C) conforme a descrição a seguir: **Camadas de crescimento** distintas individualizadas por zonas fibrosas transversais mais escuras. **Poros/vasos** visíveis a olho nu, difusos, com arranjo tendendo ao diagonal, com comprimento médio de 466 μm e largura média de 230 μm , com 73% solitários, 23% múltiplos de 2, 3% múltiplos de 3 e 1% múltiplos de >4 , com contorno angular, placa de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas (Figura 4H), ocorrendo também escalariforme (Figura 3D), pontoações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhantes às intervasculares em tamanho e forma, no raio da célula, em observação macroscópica as linhas vasculares apresentaram-se de forma retilíneas em seção tangencial. **Fibras** não septadas (Figura 4F), com comprimento médio de 1157,35 μm **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal aliforme de extensão linear com aletas finas (Figura 4A), ocasionalmente ocorrendo confluência, com cinco a oito células por strand de parênquima **Raios** visíveis a olho nu nas seções transversal e tangencial, não estratificado, com altura média de 331 μm e largura média de 33 μm , constituído com corpo de células procumbentes principalmente com duas a quatro filas de células marginais quadradas e/ou eretas em observação macroscópica o espelhado dos raios foi considerado contrastado em seção radial.

Figura 3: Elementos anatômicos observados em material macerado de *Jacaranda copaia*. A – E, com 4 anos de armazenamento, F – M, com período inferior a 1 ano de armazenamento. Barras de escala: B e H- 200 μ m, A, C, G, J, L e M- 100 μ m, D, E, F e I - 30 μ m

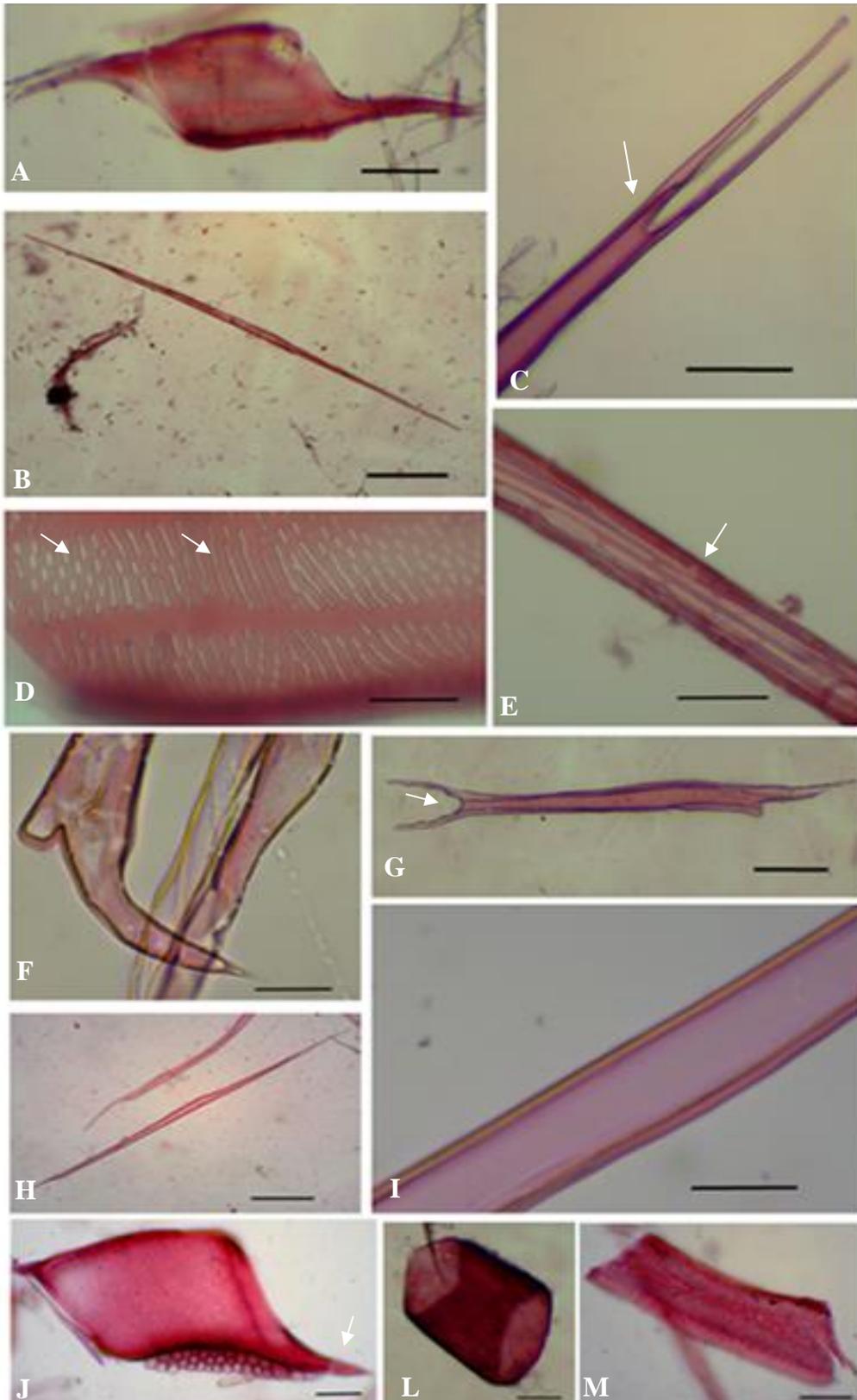
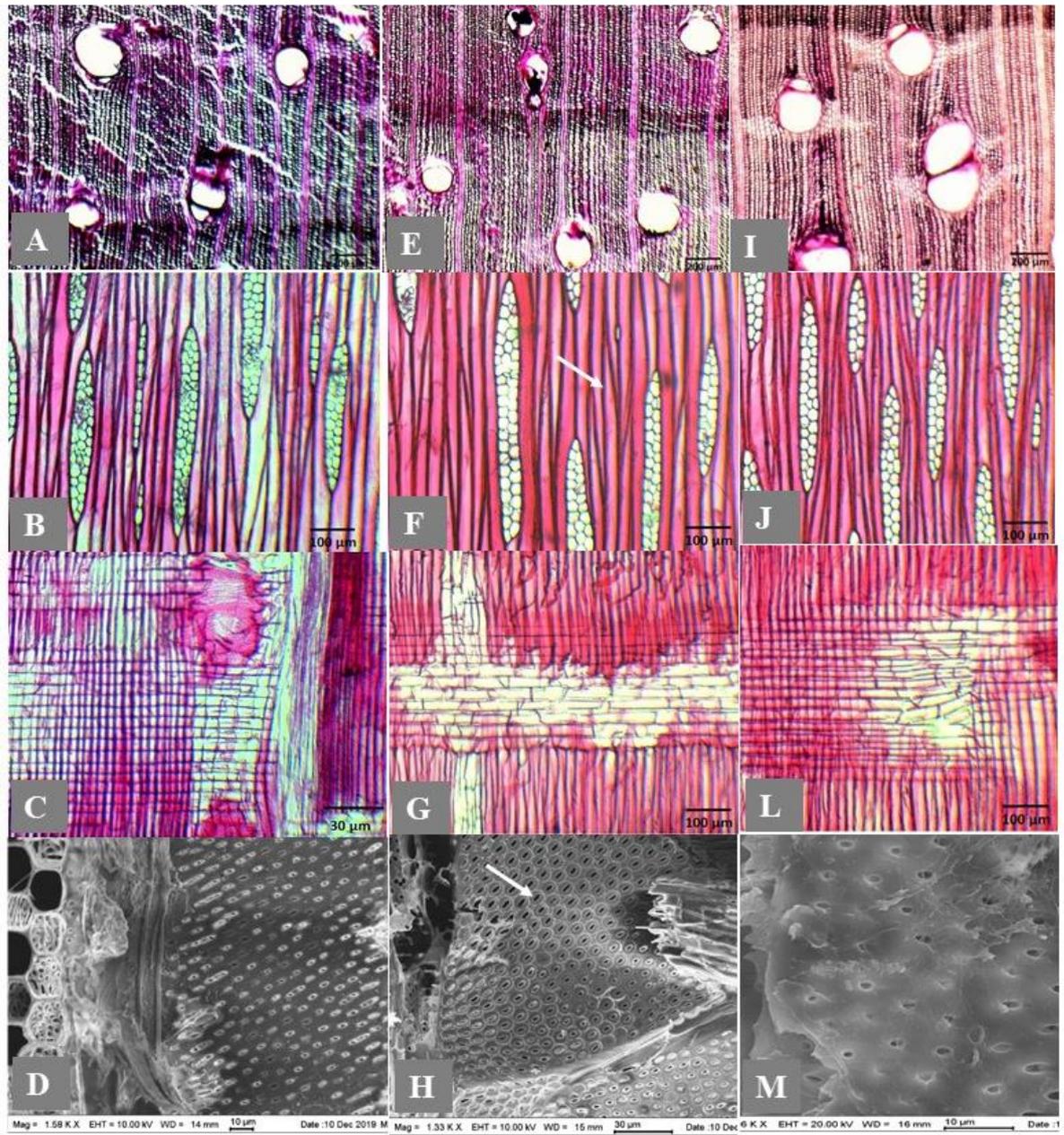


Figura 4: Elementos anatômicos de *Jacaranda copaia*. A – D fotos microscópicas de madeiras com 4 anos de armazenamento, E – H, com 2 anos de armazenamento e I – M, com período inferior a 1 ano de armazenamento

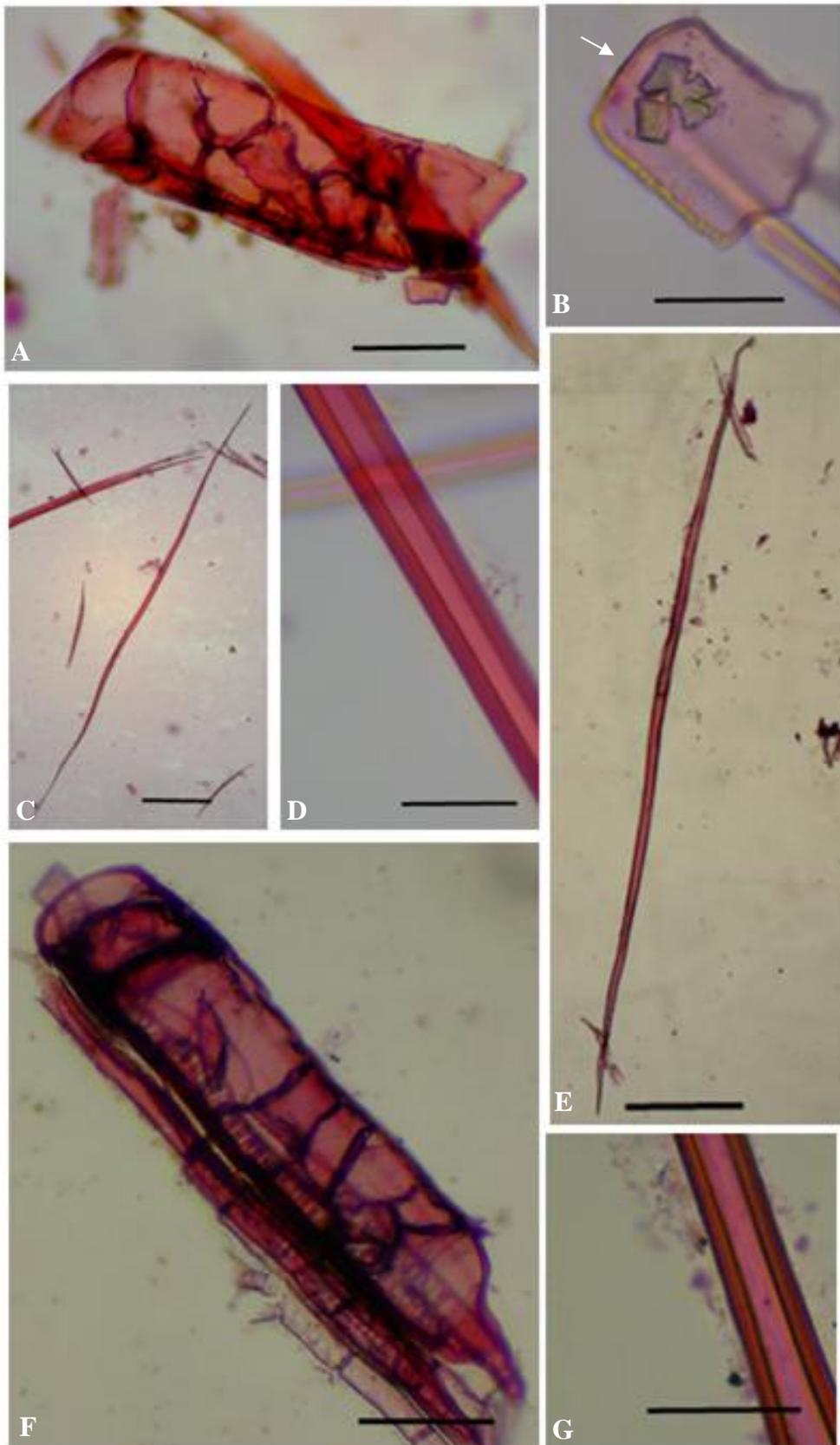


Fonte: A autora

Astronium lecointei Ducke (Anacardiaceae) – Muiracatiara

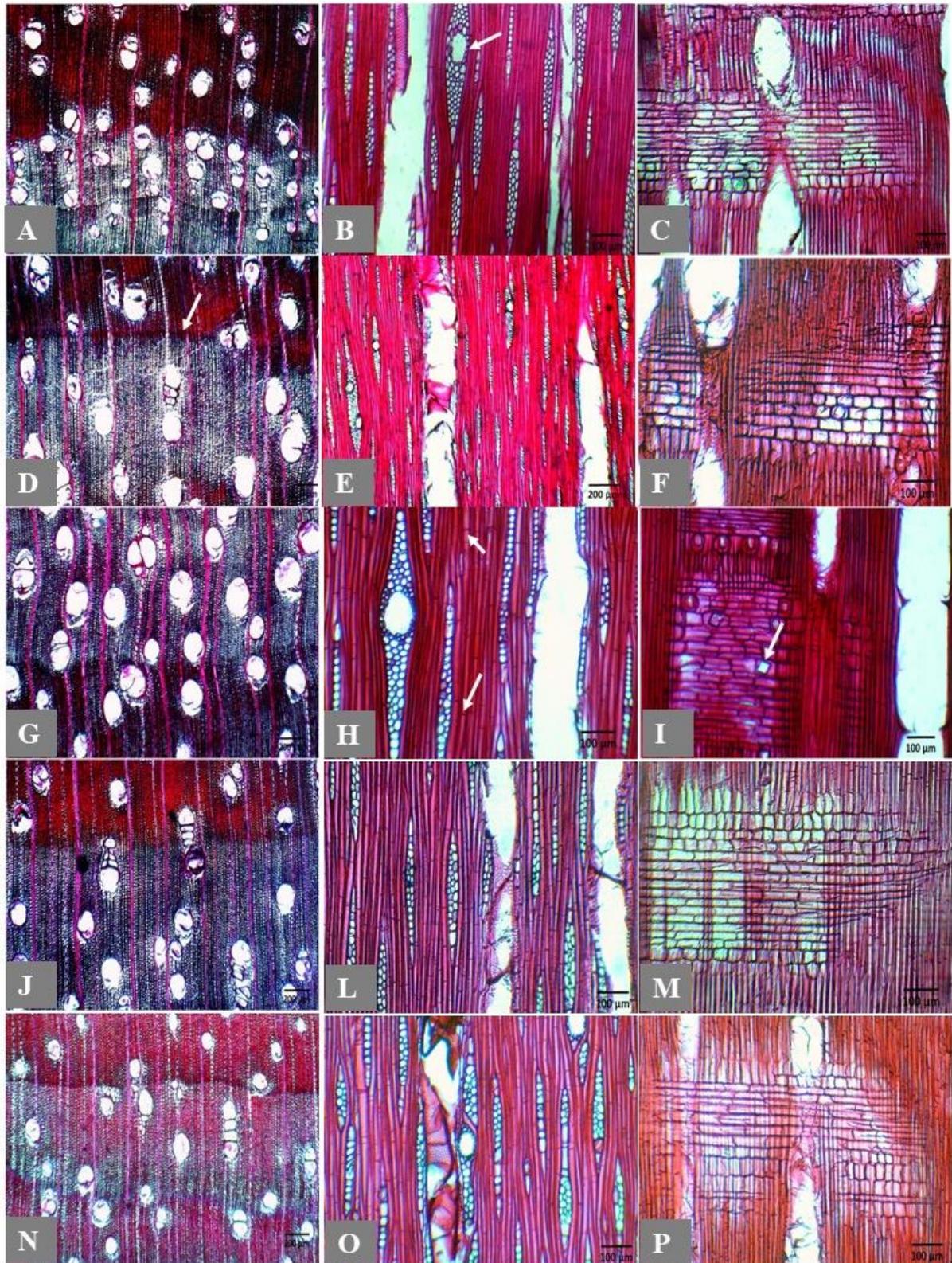
Foram analisados 15 corpos de prova dos diferentes anos de armazenamento, realizando-se a caracterização macroscópica, microscópica e observação de elementos celulares em material macerado, com descrição a seguir, **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas por zonas fibrosas transversais mais escuras (Figura 6D). **Poros/vasos** visíveis somente sob lente de 10x de aumento, difusos, com arranjo sem padrão definido, por vezes tendendo ao diagonal, com comprimento médio de 338 μm e largura média de 134 μm , 60% solitários, 19% múltiplos de 2, 10% múltiplos de 3 e 5% múltiplos de 4 e 6% múltiplos de >4, por vezes obstruído por substância de aspecto brilhoso ou esbranquiçada macroscopicamente e por tilose microscopicamente (Figura 5A e 5F) com placa de perfuração simples, contorno circular, em observação macroscópica as linhas vasculares apresentaram-se de forma retilíneas em seção tangencial, pontoações intervasculares alternas, pontoações raio vasculares com aréolas bem reduzidas até aparentemente simples. **Fibras** septadas (Figura 6H), com comprimento médio de 1139 μm . **Parênquima axial** visível somente sob lente de 10x de aumento, paratraqueal escasso, ocorrendo também por vezes do tipo vasicêntrico em menor quantidade, foram observados a presença de cristais em células de parênquima (Figura 5B). **Raios** visíveis a olho nu nas seções transversal e tangencial, não estratificado, com altura média de 345 μm e largura média de 23 μm , constituídos com corpo de células procumbentes principalmente com 2 a 4 filas de células marginais, presença de raios fusionados (Figura 6B), por vezes com conteúdo composto por carbono, constatado em análise de EDS (Figura 7C), em observação macroscópica o espelhado dos raios foi considerado contrastado em seção radial. **Cristais** prismáticos de Oxalato de Cálcio foram observados nas células quadradas dos raios (Figuras 6I e 7B),

Figura 5: Elementos anatômicos observados em material macerado de *Astronium lecointei*. A – D, com 8 anos de armazenamento, E – G, com período inferior a 1 ano de armazenamento. Barras de escala: A e F- 100 μm , C e E- 200 μm , B, D e G - 30 μm



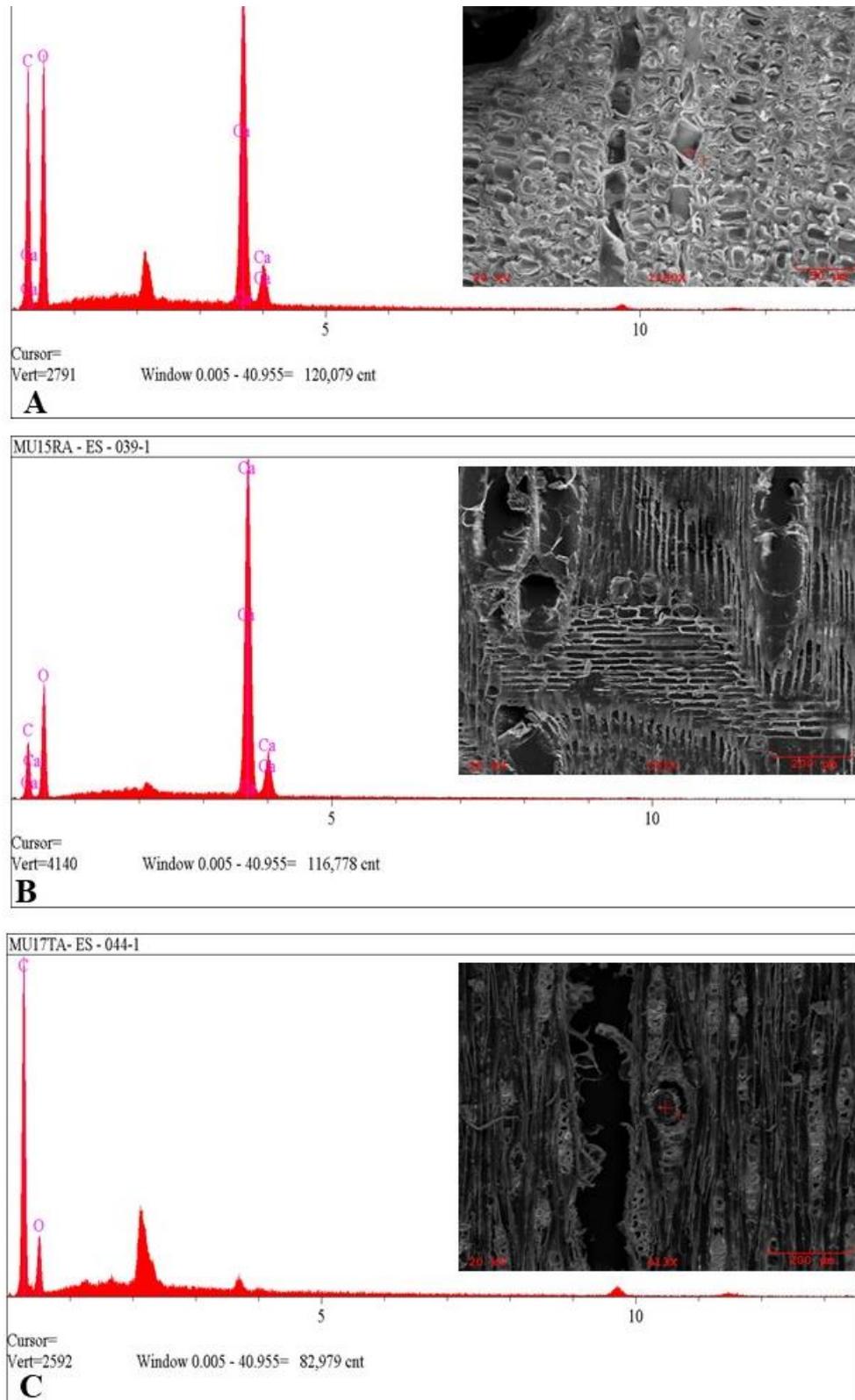
Fonte: A autora.

Figura 6: Elementos anatômicos de *Astronium lecoitei*. A – C, com 8 anos de armazenamento, D – F, com 6 anos de armazenamento, G – I, com 4 anos de armazenamento, J – M, com 2 anos de armazenamento e N – P, com período inferior a 1 ano de armazenamento.



Fonte: A autora

Figura 7: Microscopia eletrônica de varredura e gráficos de EDS em *Astronium lecointei*. A – Cristal de Oxalato de Cálcio em corte transversal com 8 anos de armazenamento, B – Células das margens do raio com presença de cristais em corte radial em amostra

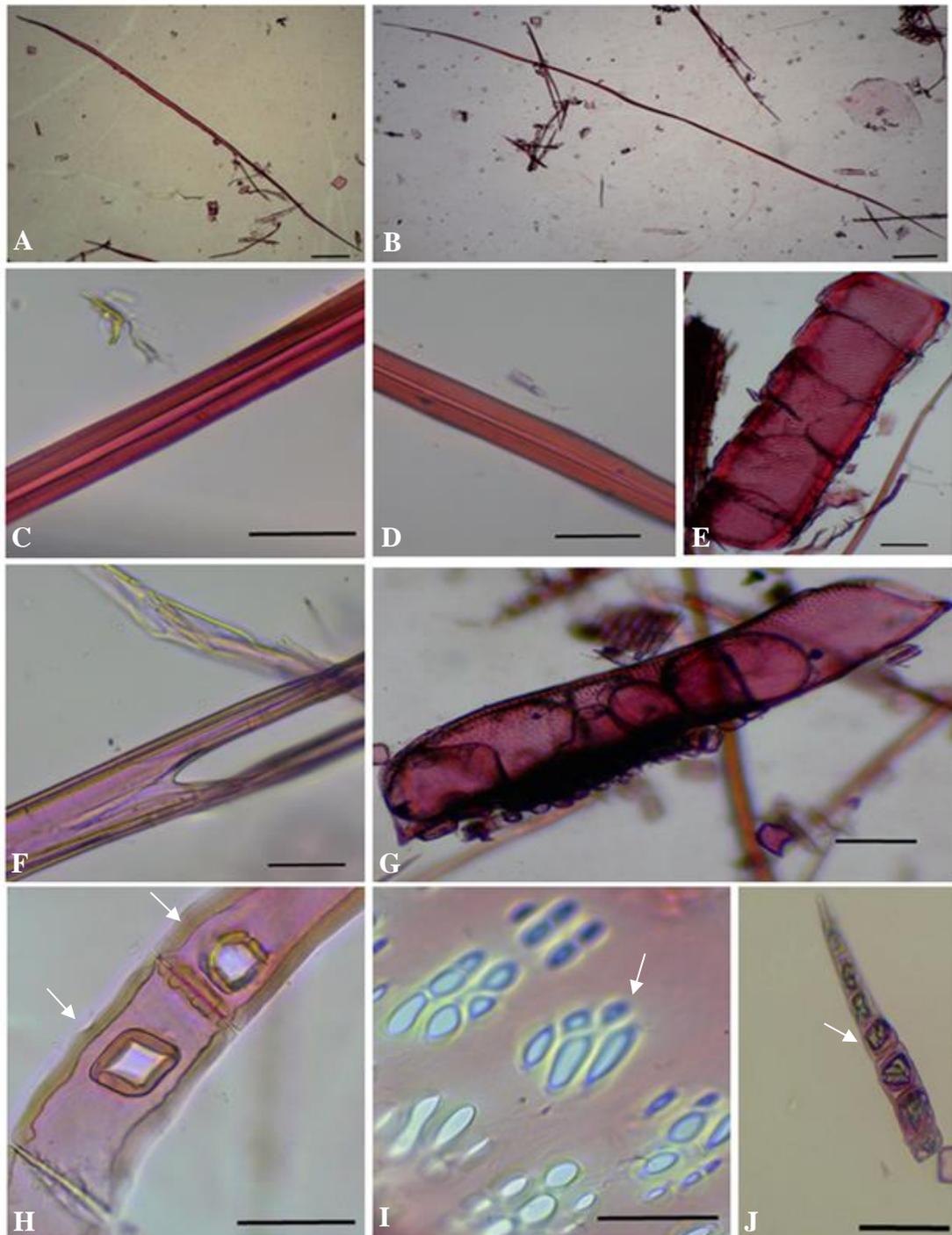


Fonte: A autora

Caryocar villosum (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) – Piquiá

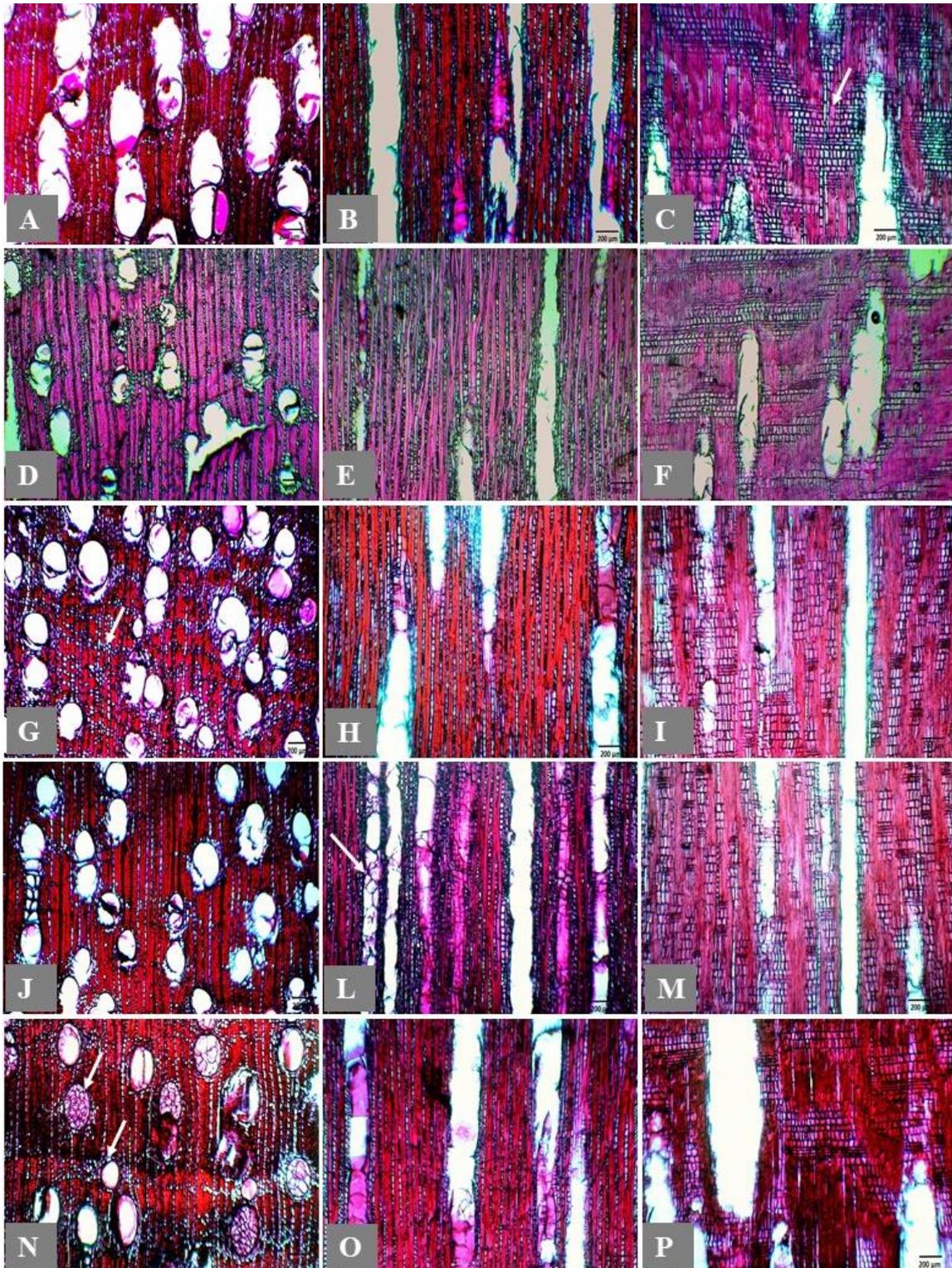
Foram analisados 15 corpos de prova dos diferentes anos de armazenamento, realizando-se a caracterização macroscópica, microscópica e observação de elementos celulares em material macerado, com descrição a seguir, **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas ora por uma camada de tecido fibroso (Figura 9N), ora por faixas de parênquima simulando parênquima marginal (Figura 9G). **Poros/vasos** visíveis somente sob lente de 10x de aumento, difusos, arranjo radial, com comprimento médio de 570 μm e largura média de 215 μm , 58% solitários, 28% múltiplos de 2, 9% múltiplos de 3, 2% múltiplos de 4 e 2% múltiplos de >4, obstruídos por substância de aspecto brilhoso macroscopicamente e por tilose microscopicamente (Figuras 9N e 9L), com placa de perfuração simples, contorno circular, em observação macroscópica as linhas vasculares apresentaram-se de forma retilíneas em seção tangencial, pontoações intervasculares alternas e escalariforme, pontoações raio vasculares horizontais (escalarifomes, gash-like). **Fibras** não septadas, ocorrendo fibras bifurcadas (Figura 8F), com comprimento médio de 2309 μm . **Parênquima axial** visível somente sob lente de 10x de aumento, paratraqueal difuso, ocorrendo também difuso em agregado, foram observados presença de cristais em células de parênquima (Figuras 8H e 8J). **Raios** visíveis a olho nu na seção transversal e visível somente sob lente de 10x na seção tangencial e não estratificado, com altura média de 674 μm e largura média de 20 μm , constituídos por corpo das células procumbentes principalmente com 2 a 4 filas de células marginais quadradas e/ou eretas (Figura 9C), em observação macroscópica o espelhado dos raios foi considerado contrastado em seção radial.

Figura 8: Elementos anatômicos observados em material macerado de *Caryocar villosum*. A, C, E, F e H - com 8 anos de armazenamento, B, D, G, I, J - com período inferior a 1 ano de armazenamento. Barras de escala: A e B- 200 μm , C, D, F, H, I- 300 μm .



Fonte: A autora

Figura 9: Elementos anatômicos de *Caryocar villosum*. A – C, com 8 anos de armazenamento, D – F, com 6 anos de armazenamento, G – I, com 4 anos de armazenamento, J – M, com 2 anos de armazenamento e N – P, com período inferior a 1 ano de armazenamento.

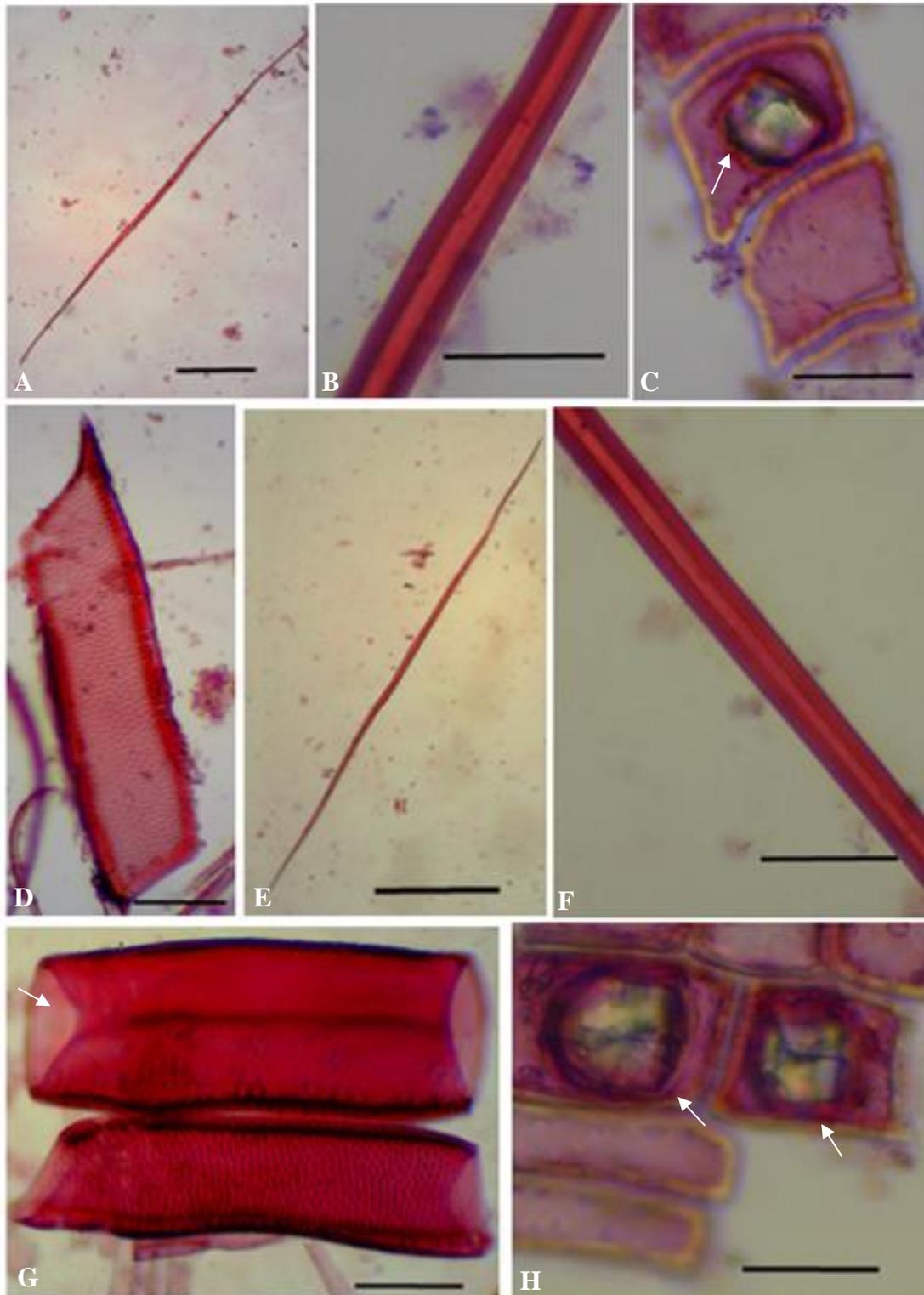


Fonte: A autora

Protium altissimum (Aubl.) Swart (Burseraceae) – Breu barroto

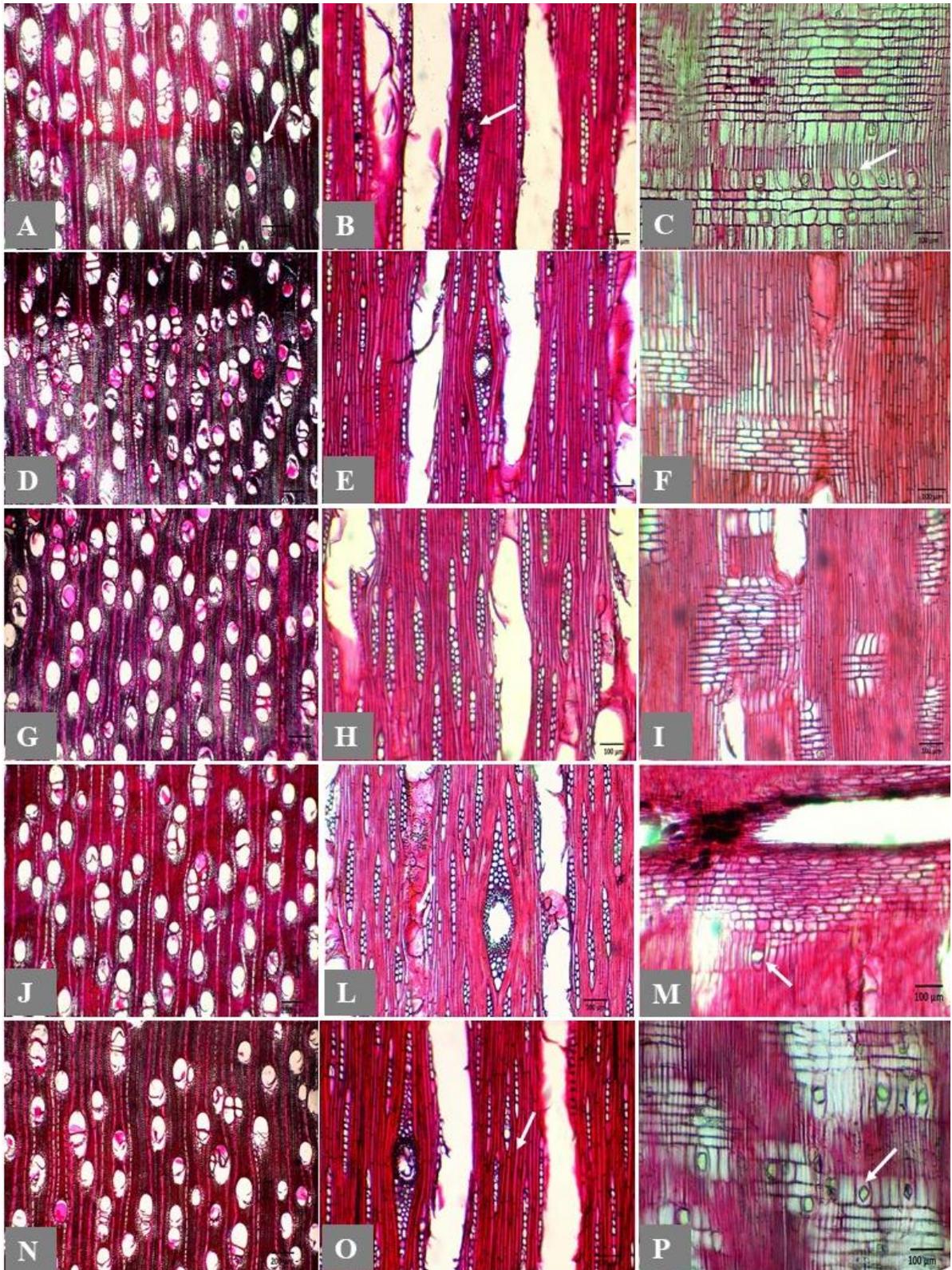
Foram analisados 15 corpos de prova dos diferentes anos de armazenamento, realizando-se a caracterização macroscópica, microscópica e observação de elementos celulares em material macerado, com descrição a seguir. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas ora por uma camada de tecido fibroso (Figura 11A), ora por faixas de parênquima simulando parênquima marginal. **Poros/vasos** visíveis somente sob lente de 10x de aumento, difusos, arranjo radial, com comprimento médio de 333 μm e largura média de 132 μm , 76% solitário, 11% múltiplos de 2, 7% múltiplos de 3, 3% múltiplos de 4 e 2% múltiplos de >4, com contorno angular, obstruídos por substância de aspecto brilhoso em visualização macroscópica e por tilose em visualização microscópica (Figura 11L), com placa de perfuração simples (Figura 10G), pontoações intervasculares alternas, pontoações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhante às intervasculares em tamanho e forma, no raio da célula, em observação macroscópica as linhas vasculares apresentaram-se de forma retilíneas em seção tangencial. **Fibras** septadas (Figura 11O), com comprimento médio de 990 μm . **Parênquima axial** visível somente sob lente de 10x de aumento, paratraqueal escasso (ocorrendo também do tipo unilateral), com três a quatro células por strand de parênquima. **Raios** visíveis a olho nu na seção transversal e visível somente sob lente de 10x na seção tangencial e não estratificado, com altura média de 266 μm e largura média de 20 μm constituídos com o corpo das células procumbentes com uma fila de células marginais quadradas e/ou eretas em observação macroscópica o espelhado dos raios foi considerado contrastado em seção radial, presença de canais radiais em raios fusiformes (Figura 11B). **Cristais** de oxalato de cálcio (Figura 12A) foram observados em células quadrada e eretas dos raios. (Figuras 11C, 11M e 11P),

Figura 10: Elementos anômicos observados em material macerado de *Protium altissimum*. A – D, com 8 anos de armazenamento, E – H, com período inferior a 1 ano de armazenamento. Barras de escala: A e E- 200 μm ., D e G- 100 μm , B, C, F e H - 30 μm



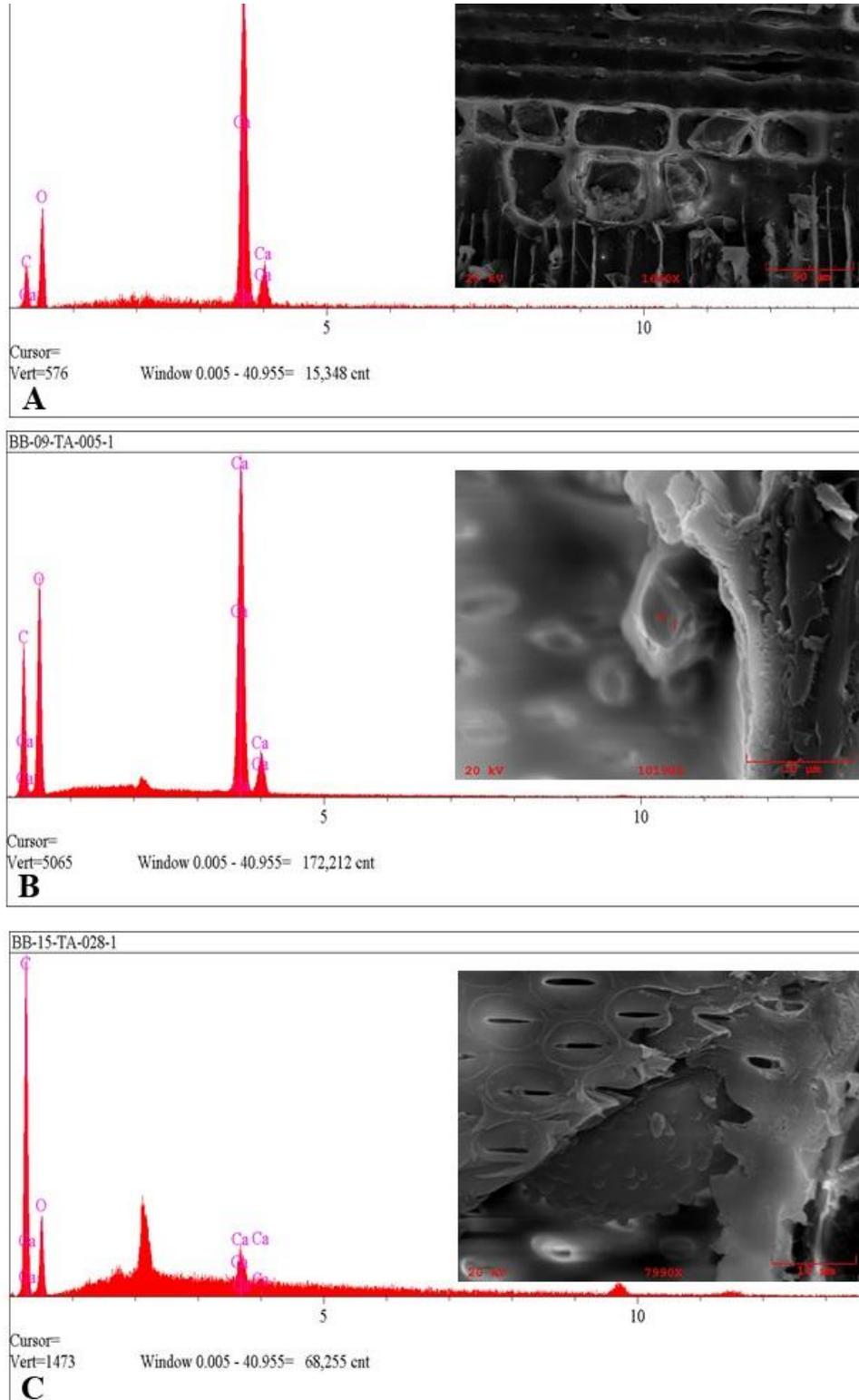
Fonte: A autora

Figura 11: Elementos anatômicos de *Protium altissimum*. A – C, com 8 anos de armazenamento, D – F, com 6 anos de armazenamento, G – I, com 4 anos de armazenamento, J – M, com 2 anos de armazenamento e N – P, com período inferior a 1 ano de armazenamento.



Fonte: A autora

Figura 12: Microscopia eletrônica de varredura e gráficos de EDS em *Protium altissimum*. A – Células do raio com presença de cristais em corte radial em amostra com 6 anos de armazenamento B- Cristal de Oxalato de Cálcio em amostra com 8 anos de armazenamento.



Fonte: A autora

As variáveis anatômicas foram submetidas a análise estatística, demonstrando que os modelos de regressão polinomial foram significativos para o parâmetro elemento de vaso, no quesito comprimento em *P. altissimum* e *J. copaia* e no quesito diâmetro em *C. villosum* (que também apresentou maior valor no comprimento), seguido de *J. copaia* indicando que o tempo de armazenamento não tendenciou em aumento ou decréscimo nas dimensões deste elemento celular nas demais espécies.

Os parâmetros quantitativos da anatomia da madeira podem variar entre os indivíduos e até mesmo no próprio indivíduo, dependendo também da altura do tronco e posição em que as amostras foram retiradas (ISHIGURI et al, 2009 apud SILVA, 2013). *C. villosum* e *J. copaia* apresentaram elementos de vaso com diâmetro superior a 200µm, Wheeler e Bass (1991) citam que este é um valor frequente em espécies tropicais.

A. lecointei, *C. villosum* e *P. altissimum* apresentaram ocasionalmente tilose nos elementos de vasos, Zimmermann (1978) apud Anselmo (2015) relaciona sua ocorrência devido a protrusões das células parenquimáticas próximas ao elemento de vaso que penetram no lúmen dos vasos condutores através de suas pontoações.

Vasos mais estreitos e com paredes mais espessas são associados geralmente com madeiras de alta densidade (ANSELMO, 2015), entretanto isto não foi observado no presente estudo, uma vez que as quatro espécies estudadas, sendo consideradas de média densidade (exceto *J. copaia* – considerada de baixa densidade), apresentaram elementos de vaso largos, com diâmetro superior a 100 µm.

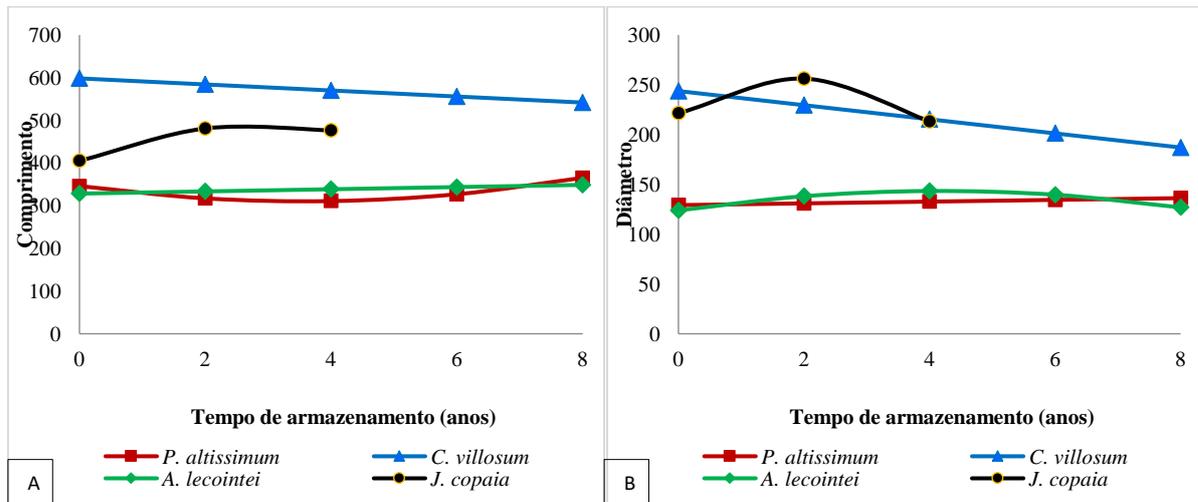
Abaixo, apresentamos a Tabela 2 com equações para os elementos de vaso das quatro espécies estudadas, em seguida os valores são expressos graficamente na Figura 13.

Tabela 2. Equações de regressão polinomial para comprimento e diâmetro de elementos de vaso, das espécies analisadas em função do tempo de armazenamento (anos).

Variável	Espécies	Equações	R ²	p
Comprimento (µm)	<i>P. altissimum</i>	$y = 345,94 - 19,96x + 2,80x^2$ (*)	0,80	0,030
	<i>C. villosum</i>	$y = 598,32 - 7,08x$ (NS)	0,38	0,131
	<i>A. lecointei</i>	$y = 328,38 + 2,55x$ (NS)	0,55	0,496
	<i>J. copaia</i>	$y = 405,17 + 58,06x - 10,06x^2$ (**)	1,00	< 0,001
Diâmetro (µm)	<i>P. altissimum</i>	$y = 129,18 + 0,88x$ (NS)	0,49	0,433
	<i>C. villosum</i>	$y = 243,71 - 7,081x$ (*)	0,94	0,011
	<i>A. lecointei</i>	$y = 123,87 + 9,36x - 1,12x^2$ (NS)	0,44	0,186
	<i>J. copaia</i>	$y = 221,44 + 36,91x - 9,75x^2$ (NS)	1,00	0,131

** Equação significativa a 1% de probabilidade; * Equação significativa a 5%; NS Equação não significativa.

Figura 13: Valores estimados de comprimento (A) e diâmetro (B) dos elementos de vaso por meio das equações de regressão polinomial em função do tempo de armazenamento (anos), por espécie.



Fonte: A autora.

Nas fibras, as análises de regressão polinomial foram consideradas significativas no quesito espessura do lúmen para *P. altissimum*, sugerindo que o tempo de armazenamento não interferiu no comprimento, largura e espessura do lúmen das demais espécies estudadas, conforme constatamos na Tabela 3, logo após, apresentamos as medições expressas graficamente na Figura 14.

Todas as espécies apresentaram fibras do tipo libriformes, com extremidade afilada e pontiagudas, característica habitual em madeiras de angiospermas (BURGER; RICHTER, 1991; GONÇALVES et al, 2007), em *A. lecoitei* e *P. altissimum*, observou-se fibras do tipo septadas, Chalk (1989) apud GOULART (2012) relata que estas podem ter função de armazenamento de substâncias (assim como as células parenquimáticas), o que pode sugerir uma compensação pela baixa quantidade de parênquima axial nestas duas espécies, apresentando-se do tipo escasso em *A. lecoitei* e do tipo escasso e/ou unilateral em *P. altissimum*.

Ocasionalmente *J. copaia* e *C. villosum* apresentaram fibras bifurcadas, essas variações são oriundas de crescimento intrusivo, podendo também formar cavidades intrusivas nestas células (ESAÚ, 1967; MEDEIROS et al., 2020), não estando associadas a deterioração em função do tempo de armazenamento.

Cristais prismáticos de oxalato de cálcio foram observados em células de parênquima axial de *C. villosum*, em células de parênquima radial de *P. altissimum* e ambos em *A. lecoitei*. A presença de cristais é frequente em madeira de angiospermas, podendo ser usada como critério taxonômico nas espécies vegetais, como também na análise de dificuldades encontradas

no beneficiamento na madeira (VASCONCELOS et al, 1995; COSTA et al, 2003), estas inclusões minerais foram citadas na literatura anteriormente por Nisgoski et al (1998) e Braga Júnior et al (2020), para *C. villosum*, por Albuquerque (2012), para *A. lecointei* e por Silva (2012) para *P. altissimum*.

C. villosum, apresentou os maiores valores de comprimento de fibra e espessura de parede, seguido de *A. lecointei*, *J. copaia* (em comprimento), e *P. altissimum*. Os maiores valores para espessura do lúmen foram observados em *J. copaia*, seguido de *A. lecointei*, *P. altissimum* e *C. villosum*.

A espessura do lúmen, está relacionada com a espessura da parede das fibras (OLIVEIRA, 2003; BELINI et al, 2008). Deste modo, pressupomos que quanto maiores forem os seus valores na espessura do lúmen, mais espaços vazios serão encontrados na madeira, indicando uma menor densidade.

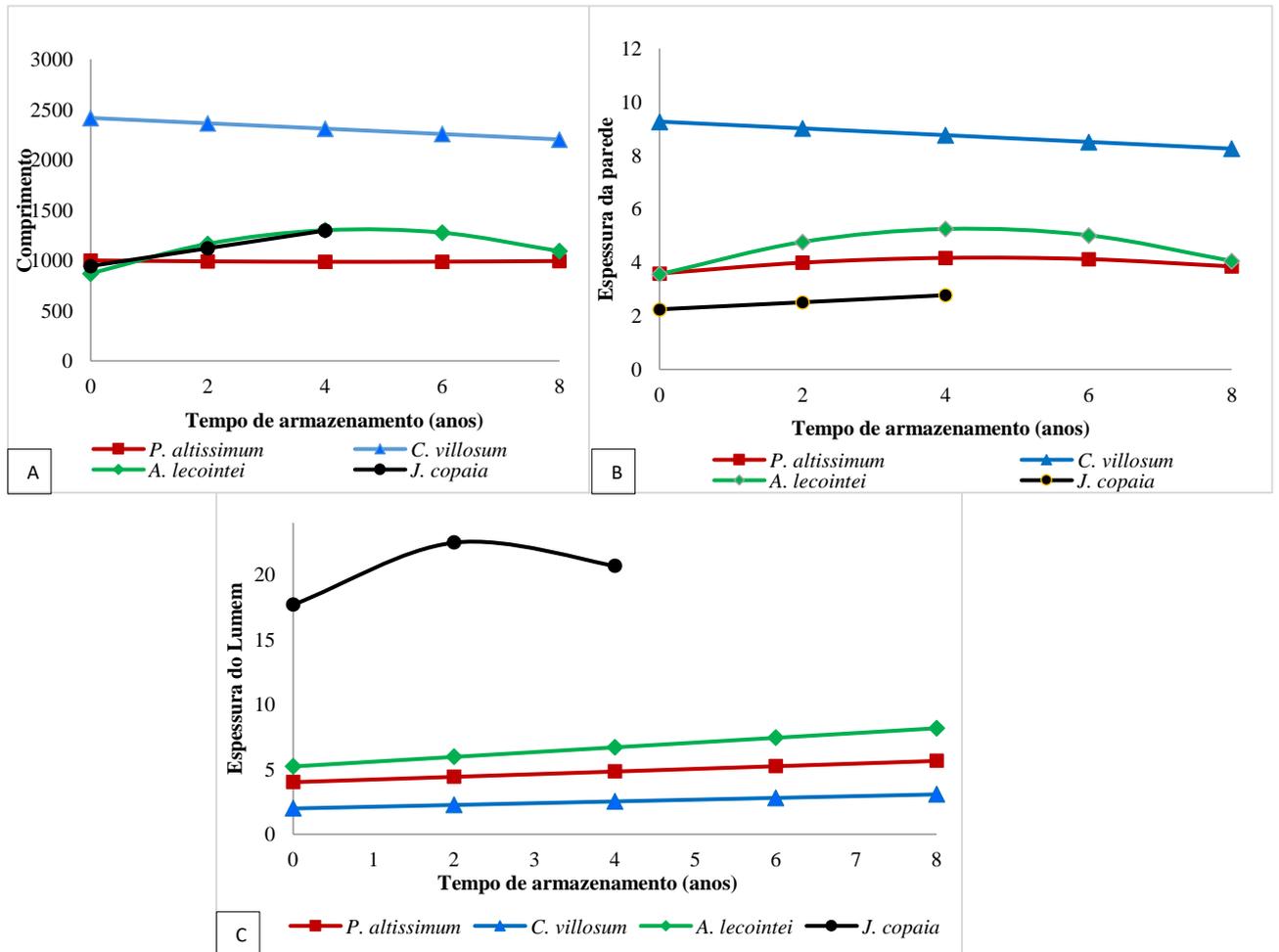
De modo geral, as variações encontradas nas estruturas anatômicas, são influenciadas pela idade do câmbio vascular (TSOUMIS, 1968 apud GONÇALVES et al, 2007), que pode estar relacionada diretamente com a idade do vegetal, bem como o diâmetro das toras que foram coletadas.

Tabela 3. Equações de regressão polinomial para comprimento, espessura da parede e espessura do lúmen, das espécies analisadas em função do tempo de armazenamento (anos).

Variável	Espécies	Equações	R ²	p
Comprimento (µm)	<i>P. altissimum</i>	$y = 999,02 - 5,95x + 0,65x^2$ (NS)	0,06	0,804
	<i>C. villosum</i>	$y = 2415,98 - 26,69x$ (NS)	0,46	0,229
	<i>A. lecointei</i>	$y = 869,76 + 186,94x - 19,91x^2$ (NS)	0,86	0,084
	<i>J. copaia</i>	$y = 943,23 + 88,15x$ (NS)	0,83	0,200
Espessura da Parede (µm)	<i>P. altissimum</i>	$y = 3,59 + 0,26x - 0,03x^2$ (NS)	0,24	0,231
	<i>C. villosum</i>	$y = 9,26 - 0,13x$ (NS)	0,48	0,188
	<i>A. lecointei</i>	$y = 3,56 + 0,786x - 0,096x^2$ (NS)	0,95	0,093
	<i>J. copaia</i>	$y = 2,25 + 0,13x$ (NS)	0,89	0,083
Espessura do lúmen (µm)	<i>P. altissimum</i>	$y = 4,02 + 0,20x$ (**)	0,33	0,010
	<i>C. villosum</i>	$y = 1,99 + 0,14x$ (NS)	0,62	0,258
	<i>A. lecointei</i>	$y = 5,23 + 0,37x$ (NS)	0,62	0,128
	<i>J. copaia</i>	$y = 17,69 + 4,04x - 0,82x^2$ (NS)	1,00	0,403

** Equação significativa a 1% de probabilidade; ^{NS} Equação não significativa.

Figura 14: Valores estimados de comprimento (A), espessura da parede (B) e espessura do lúmen (C) das fibras por meio das equações de regressão polinomial em função do tempo de armazenamento (anos), por espécie.



Fonte: A autora.

Nos raios, as análises de regressão polinomial foram consideradas significativas no quesito altura (μm) para *P. altissimum*, (Tabela 4) apontando não haver influência do tempo de armazenamento no raio com as variáveis altura e largura (n° de células e μm) e frequência por milímetro linear.

Associados a função de armazenamento e translocação lateral de solutos a curta distância (APEZZATO-DA-GLORIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2003), raios mais largos foram observados em *J. copaia*, *P. altissimum*, *A. lecointei* e *C. villosum* em ordem crescente.

Biologicamente, madeiras com parênquima radial mais abundante (como *J. copaia*) tendem a ser mais suscetíveis ao ataque de fungos. Castro e Silva; Aguiar (2001) analisando a degradação da madeira de *Hura creptans* por fungos lignolíticos, observaram que após a

colonização dos elementos de vaso, penetrando na parede através das pontuações, os fungos colonizaram rapidamente as células dos raios, tornando-se bastante atacados.

Na Figura 15, estão expressos graficamente os valores preditos para cada quesito.

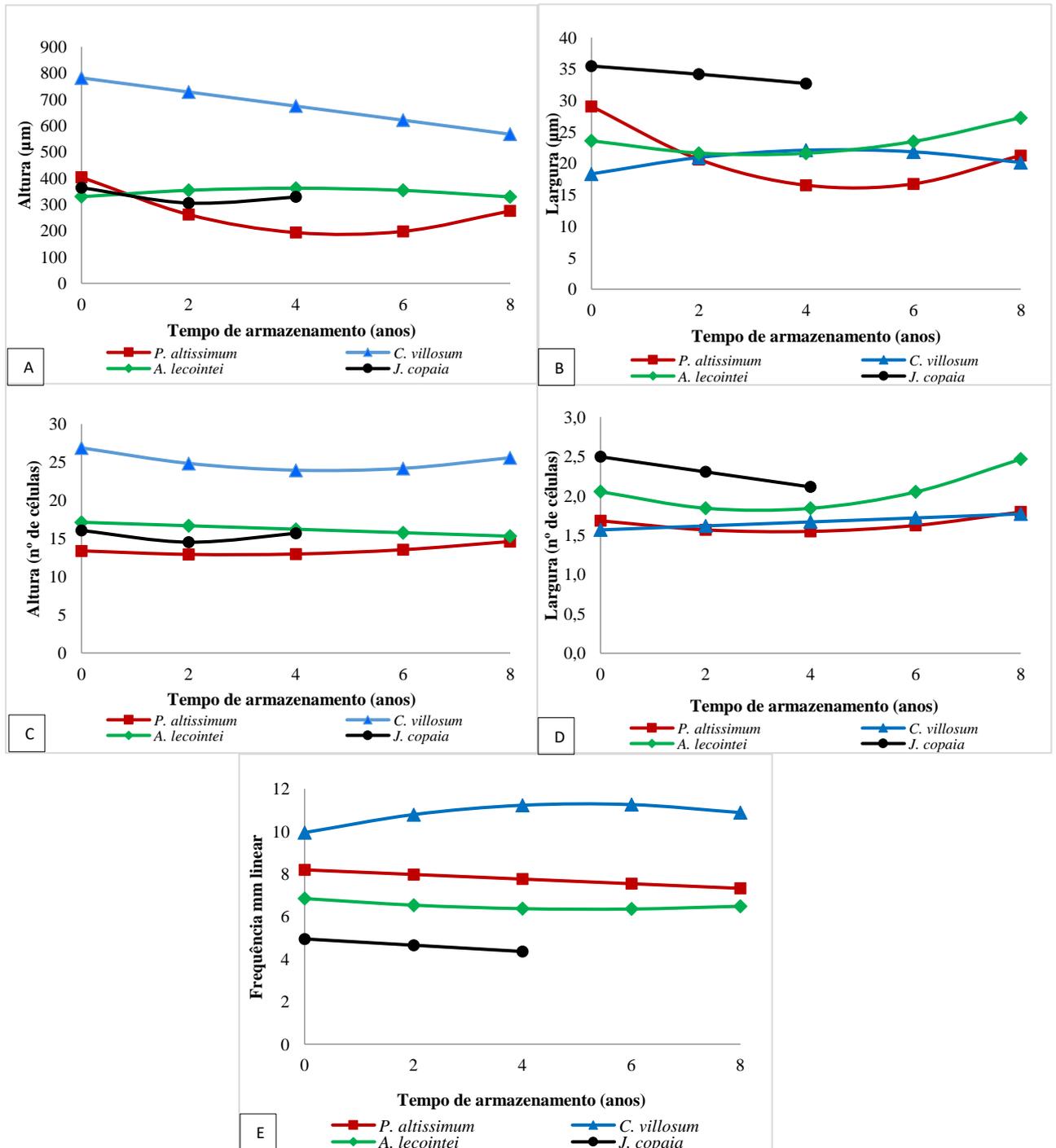
Tabela 4. Equações de regressão polinomial para comprimento e largura (μm e n° de células) e frequência por milímetro linear, das espécies analisadas em função do tempo de armazenamento (anos).

Variável	Espécies	Equações	R ²	p
Altura (μm)	<i>P. altissimum</i>	$y = 403,50 - 89,16x + 9,14x^2$ (**)	0,77	0,007
	<i>C. villosum</i>	$y = 781,58 - 26,80x$ (**)	0,73	< 0,001
	<i>A. lecointei</i>	$y = 329,54 + 16,27x - 2,05x^2$ (NS)	0,79	0,279
	<i>J. copaia</i>	$y = 363,87 - 49,55x + 10,19x^2$ (NS)	1,00	0,265
Largura (μm)	<i>P. altissimum</i>	$y = 29,06 - 5,29x + 0,54x^2$ (NS)	0,89	0,053
	<i>C. villosum</i>	$y = 18,32 + 1,66x - 0,18x^2$ (NS)	0,17	0,426
	<i>A. lecointei</i>	$y = 23,58 - 1,45x + 0,24x^2$ (NS)	0,67	0,079
	<i>J. copaia</i>	$y = 35,46 - 0,60x - 0,02x^2$ (NS)	1,00	0,990
Altura (n° de células)	<i>P. altissimum</i>	$y = 13,39 - 0,36x + 0,06x^2$ (NS)	0,89	0,302
	<i>C. villosum</i>	$y = 26,88 - 1,30x + 0,14x^2$ (NS)	0,23	0,161
	<i>A. lecointei</i>	$y = 17,13 - 0,23x$ (NS)	0,78	0,426
	<i>J. copaia</i>	$y = 16,05 - 1,44x + 0,34x^2$ (NS)	1,00	0,282
Larg. (n° de células)	<i>P. altissimum</i>	$y = 1,68 - 0,08x + 0,01x^2$ (NS)	0,80	0,304
	<i>C. villosum</i>	$y = 1,57 + 0,03x$ (NS)	0,78	0,157
	<i>A. lecointei</i>	$y = 2,05 - 0,16x + 0,03x^2$ (NS)	0,36	0,126
	<i>J. copaia</i>	$y = 2,50 - 0,10x$ (NS)	0,67	0,251
Frequência mm linear	<i>P. altissimum</i>	$y = 8,19 - 0,11x$ (NS)	0,52	0,183
	<i>C. villosum</i>	$y = 9,94 + 0,52x - 0,05x^2$ (NS)	0,98	0,331
	<i>A. lecointei</i>	$y = 6,85 - 0,19x + 0,02x^2$ (NS)	0,21	0,713
	<i>J. copaia</i>	$y = 4,97 - 0,15x$ (NS)	0,96	0,198

** Equação significativa a 1% de probabilidade; ^{NS} Equação não significativa.

Fonte. A autora.

Figura 15: Valores estimados de altura (A) e largura (B) em micrômetros (μm) e altura (C) e largura (D) em número de células e frequência por milímetro linear (E) dos raios, por meio das equações de regressão polinomial em função do tempo de armazenamento.



Fonte: A autora

2.4.3 Densidade básica

Observou-se nas madeiras de *P. altissimum* que a densidade básica variou conforme o tempo de estocagem, entretanto, esta variação não seguiu uma tendência de aumento ou diminuição em função do tempo de armazenamento, na qual os valores de densidade não apresentaram diferença estatística, já nas espécies *P. altissimum* e *J. copaia*, as análises de regressão revelou equações não significativas, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Equações de regressão polinomial para a estimativa de densidade em função do tempo de armazenamento (anos).

Espécie	Equações	R²	p
<i>P. altissimum</i>	Regressão não significativa	-	> 0,05
<i>C. villosum</i>	$y = 0,66 + 0,01x$	0,33	0,006
<i>A. lecointei</i>	$y = 0,68 + 0,03x - 0,004x^2$	0,32	0,030
<i>J. copaia</i>	Regressão não significativa	-	> 0,05

Fonte: A autora

Em *C. villosum* a densidade básica das madeiras tendeu a aumentar conforme o tempo de estocagem, a análise de regressão foi considerada significativa, indicando que o fator “tempo” propende a interferir na densidade da madeira. Este resultado também pode estar relacionado a diferença dos diâmetros das amostras coletadas, uma vez que as amostras com 8 anos de estocagem, correspondem a valores maiores de diâmetros (160cm – Tabela 1).

Para *A. lecointei* observou-se uma variação na densidade básica da madeira, oscilando valores ao longo do período de amostragem, com propensão a diminuir conforme o aumento do tempo de estocagem, a análise de regressão foi considerada significativa e houve diferença estatística pelo teste de Tukey.

A densidade básica da madeira de *J. copaia*, apesar de não apresentar diferença significativa pelo teste de Tukey, como evidenciado na Tabela 6 e regressão não significativa, mostrou tendência a aumentar conforme o tempo de estocagem.

Dentre as espécies estudadas, foi a que apresentou menor valor para este parâmetro, isto pode ser consequência das dimensões dos elementos celulares como fibras e elementos de vaso. As fibras apresentaram maiores valores de espessura de lúmen sendo inversamente proporcional a espessura da parede, já os elementos de vaso, apresentaram maiores valores de diâmetro.

Tabela 6. Valores médios para densidade das espécies estudadas, em função do tempo de armazenamento (anos).

Tratamentos	<i>P. altissimum</i>	<i>C. villosum</i>	<i>A. lecointei</i>	<i>J. copaia</i>
0	0,68 a	0,68 b	0,70 ab	0,29 a
2	0,71 a	0,67 b	0,66 b	0,32 a
4	0,72 a	0,65 b	0,78 a	0,31 a
6	0,69 a	0,76 a	0,73 ab	-
8	0,73 a	0,72 ab	0,67 b	-
CV(%)	9,06	9,39	14,04	34,35
Literatura (Melo;Camargos, 2016)	0,74	0,63	0,79	0,31

Letras diferentes na linha para a mesma espécie indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores expressos em g/cm³

Fonte: A autora

A densidade básica é uma característica resultante da interação entre as propriedades químicas e anatômicas da madeira, portanto as variações podem ser provocadas por diferenças nas dimensões celulares, pelas interações entre estes elementos, pela variação nos componentes químicos que é constituída e pela posição no lenho em que é observada (PANSHIN; de ZEEUW, 1980 apud OLIVEIRA, 2003; SILVA, 2012).

Esperava-se que a densidade básica das espécies analisadas diminuísse com o aumento do tempo de estocagem, o que não ocorreu de forma contínua e gradativa (Figura 16), isto pode ser explicado pelo fato das amostras pertencerem a árvores diferentes e com diâmetros diversos.

Variações neste parâmetro podem ocorrer entre espécies diferentes, em uma mesma espécie ou até mesmo em diferentes posições observadas no mesmo indivíduo (LIRA, 2016; SCHMITT, 2017).

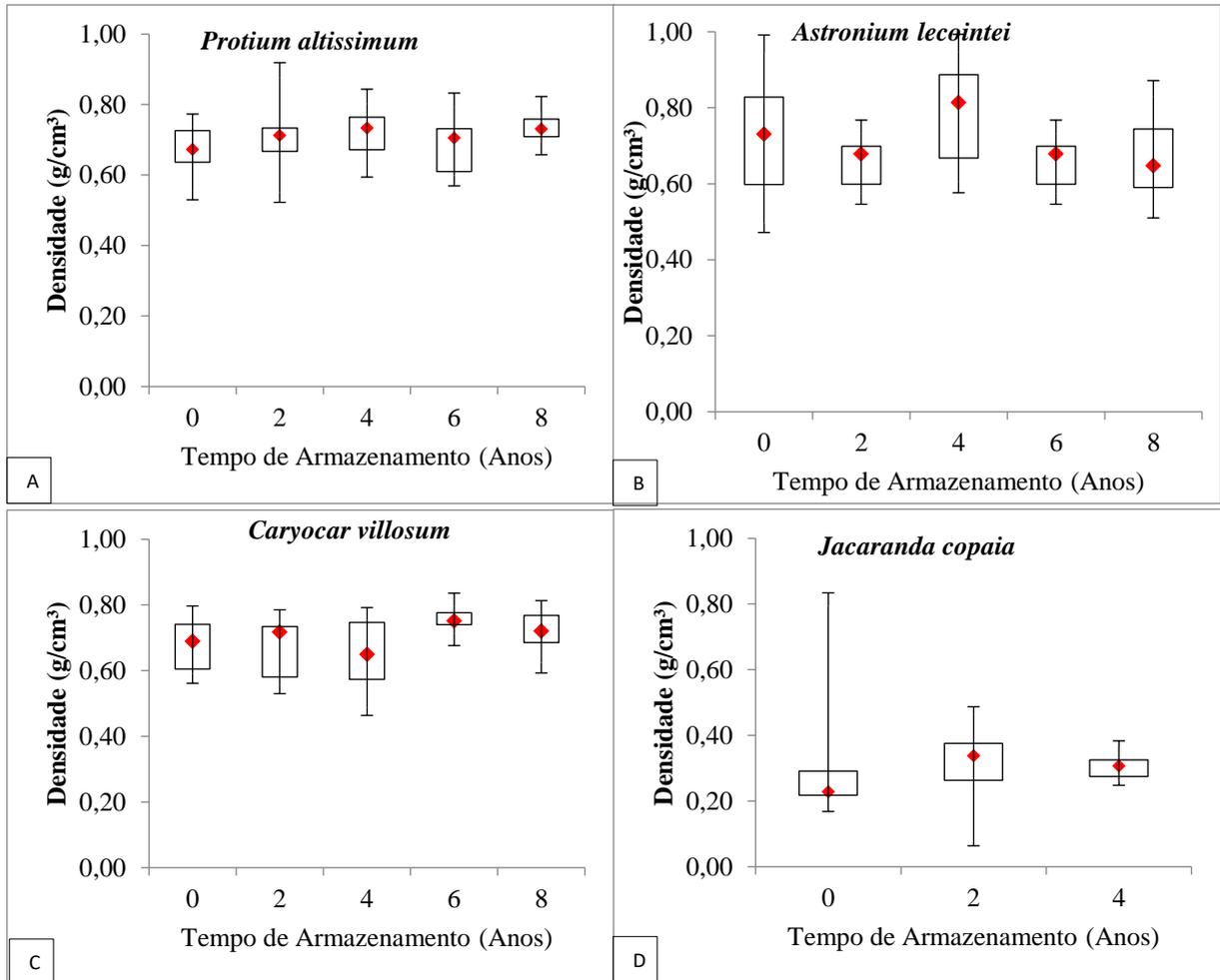
Considerando que o diâmetro da árvore é resultado da idade da mesma, logo árvores com diâmetros maiores podem estar associadas a árvores com maior idade, pode-se concordar com o que afirma Oliveira (2003) sobre a idade do vegetal influenciar na variação das dimensões das células. Essa variação nas dimensões celulares pode influenciar entre outros fatores, na densidade básica da madeira.

Com a exceção de *C. villosum*, as demais espécies estudadas apresentaram valores de densidade básica (considerando-se o ano 0 de empilhamento) menores do que o reportado para a literatura, este fato pode estar associado a este parâmetro ser resultado de médias de diferentes árvores, com diferentes diâmetros.

Madeiras com densidade mais elevadas, apresentam fibras de maior comprimento, com paredes espessas, menor frequência de vasos, maior resistência a ataques de xilófagos e possuem maior dureza, já madeiras com baixa densidade são mais leves, mais susceptíveis a

ataques de xilófagos e possuem baixa resistência mecânica (BURGER; RICHTER, 1991; DIAS et al, 2018).

Figura 16: Valores de densidade em função do tempo de armazenamento: A – *Protium altissimum*, B – *Astronium lecointei*, C – *Caryocar villosum* e D – *Jacaranda copaia*.



Fonte: A autora

2.4.4 Solubilidade

Os extrativos são comumente relacionados a durabilidade natural da madeira, sendo de caráter fenólico e polifenólico, e se acumulam nos canais resiníferos, células de parênquima, lúmens e paredes das células, resultando, na maioria das vezes, numa coloração escura do cerne (OLIVEIRA et al, 2005; FENGEL; WEGENER, 1989 apud BRAND; MUÑIZ, 2012), seguindo esta linha de raciocínio, madeiras com coloração mais escuras podem ser consideradas mais resistentes do que as madeiras de coloração mais claras.

Esta diferença na coloração pode ser observada em *P. altissimum* e *A. lecointei*, que apresentam distinção de cerne e alburno (observando-se coloração mais escura no cerne), o que não é observado em *J. copaia* e *C. villosum*, que possuem coloração mais clara. Entretanto, apesar de apresentar coloração clara, *C. villosum* revelou os maiores valores de extrativos tanto em água quente, quanto em água fria.

Observa-se na tabela 7, que os teores de extrativos hidrossolúveis (quente e fria) apresentaram regressões significativas (exceto em *P. altissimum* – água quente) para todas as espécies analisadas. Na tabela 8, são apresentados os valores médios de solubilidade em água quente e fria, para as quatro espécies estudadas em função do tempo de armazenamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Equações de regressão polinomial para as espécies analisadas.

Variável	Espécies	Equações	R ²	p
Água quente (%)	<i>P. altissimum</i>	Regressão não significativa	-	> 0,05
	<i>C. villosum</i>	$y = 7,93 + 1,10x - 0,18x^2$	0,87	0,006
	<i>A. lecointei</i>	$y = 7,46 + 0,30x - 0,03x^2$	0,08	0,004
	<i>J. copaia</i>	$y = 6,07 + 0,53x$	0,95	< 0,0001
Água fria (%)	<i>P. altissimum</i>	$y = 8,36 - 1,52x + 0,17x^2$	0,78	0,001
	<i>C. villosum</i>	$y = 7,57 + 0,87x - 0,12x^2$	1,00	< 0,0001
	<i>A. lecointei</i>	$y = 7,54 - 0,73x + 0,09x^2$	0,64	< 0,0001
	<i>J. copaia</i>	$y = 8,20 - 4,15x + 1,20x^2$	1,00	0,001

Fonte: A autora

Tabela 8. Valores médios para solubilidade em água quente e água fria, para as espécies estudadas, em função do tempo de armazenamento.

Variável	Tratamentos	<i>P. altissimum</i>	<i>C. villosum</i>	<i>A. lecointei</i>	<i>J. copaia</i>
Água quente (%)	0	7,20 c	7,83 ab	6,97 c	5,93 c
	2	8,33 a	9,37 a	9,30 a	7,40 b
	4	7,57 bc	10,27 a	6,93 c	8,03 a
	6	7,30 c	7,20 ab	8,43 b	-
	8	8,13 ab	5,77 b	7,97 b	-
CV(%)	-	2,90	16,43	2,73	-
Água fria (%)	0	7,87 a	7,60 b	7,21 a	8,20 a
	2	7,10 ab	8,77 a	7,21 a	4,70 b
	4	4,75 b	9,07 a	5,73 b	10,80 a
	6	4,77 b	8,43 a	5,96 b	-
	8	7,63 a	6,60 c	7,57 a	-
CV(%)	-	14,64	3,58	6,01	-

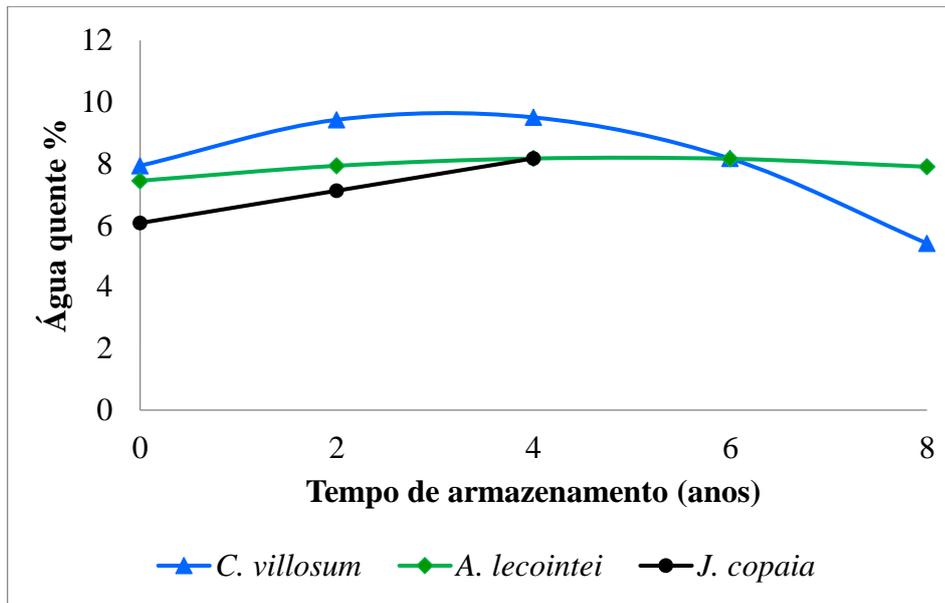
Letras diferentes na linha para a mesma espécie e cada variável indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: A autora

Em comparação entre os componentes extraíveis pela água, sabe-se que a água fria extrai substâncias como gomas, taninos, açúcares e corantes, enquanto água quente, além de extrair as substâncias anteriores, extrai os amidos (OLIVEIRA et al, 2005; BRAND; MUÑIZ, 2012).

No que se refere ao teor de extrativos em água quente, foi observado que há uma tendência no aumento do valor, de acordo que se aumenta o tempo de armazenamento em *J. copaia*, o inverso constatou-se em *C. villosum*, já para *A. lecointei* os valores oscilaram conforme o aumento tempo de armazenamento, sendo encontrado um valor maior com 8 anos de armazenamento em relação ao início do período de estocagem, como demonstrado na Figura 17.

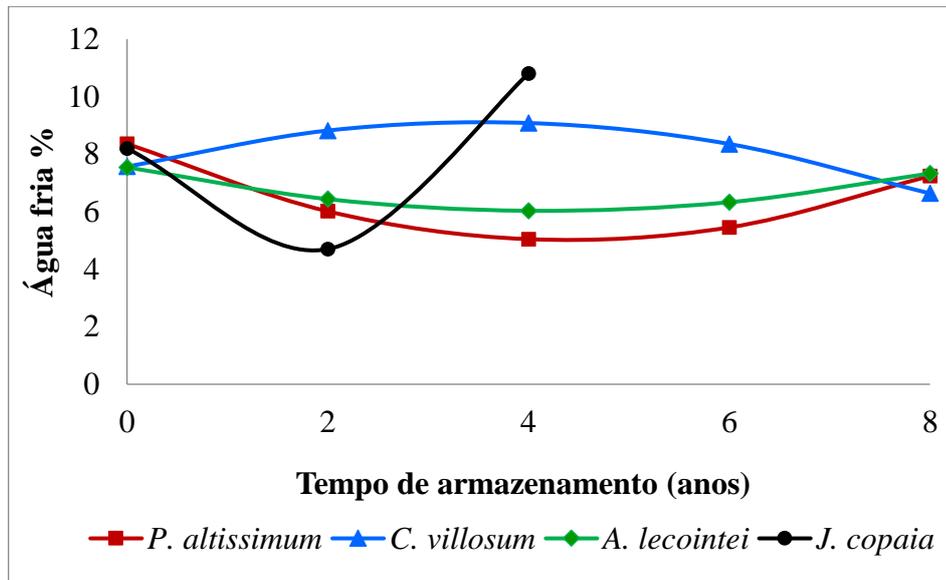
Figura 17: Solubilidade em água quente em função do tempo de armazenamento, por espécie.



Fonte: A autora

A respeito dos extrativos solúveis em água fria, nas quatro espécies analisadas constatou-se variação dos teores ao longo do tempo de armazenamento. Em *C. villosum* observa-se uma tendência tênue de redução dos teores a medida que aumenta o tempo de estocagem. Os comportamentos de *P. altissimum* e *A. lecointei* foram semelhantes, mostrando um decréscimo com 4 anos de estocagem e posterior aumento, a proporção que aumenta o tempo de estocagem da madeira, o mesmo modelo foi observado em *J. copaia*, contudo o acréscimo dos teores de extrativos no maior período de armazenamento foi mais acentuado, podendo-se visualizar na Figura 18.

Figura 18: Solubilidade em água fria, em função do tempo de armazenamento, por espécie.



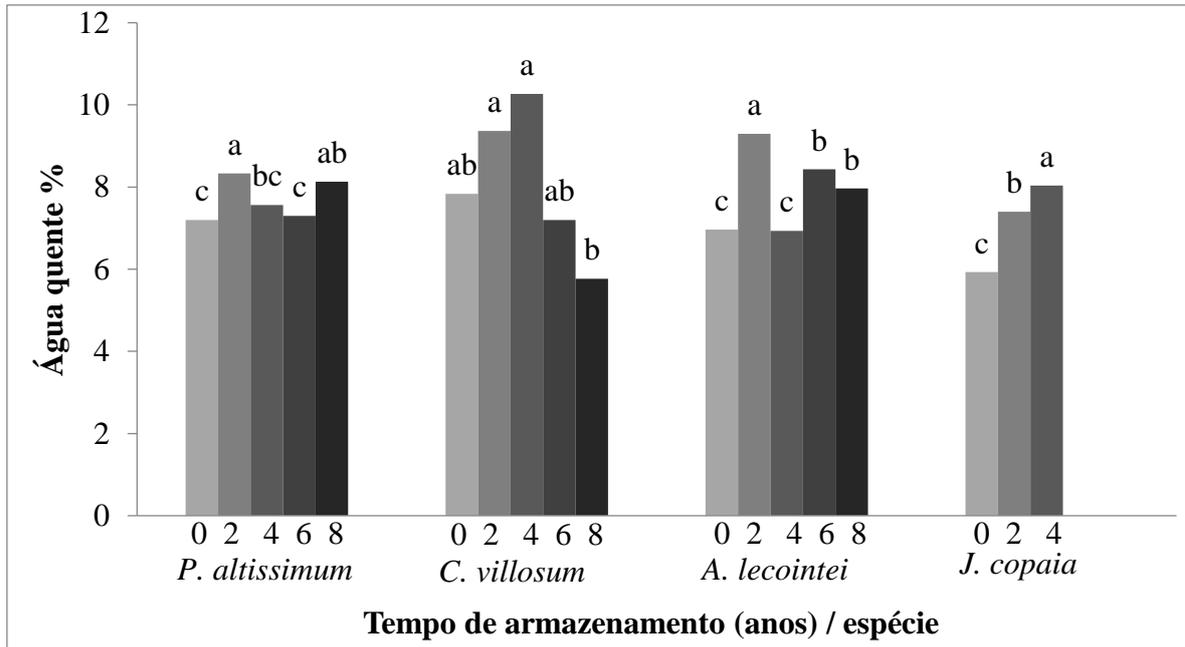
Fonte: A autora

Os maiores valores foram obtidos na extração por meio de água quente, este método solubiliza mais extrativos do que a água fria, devido a temperatura da água agir um catalisador de reação química, portanto, aumenta a eficiência de extração em termos de quantidade (FERREIRA et al, 2015).

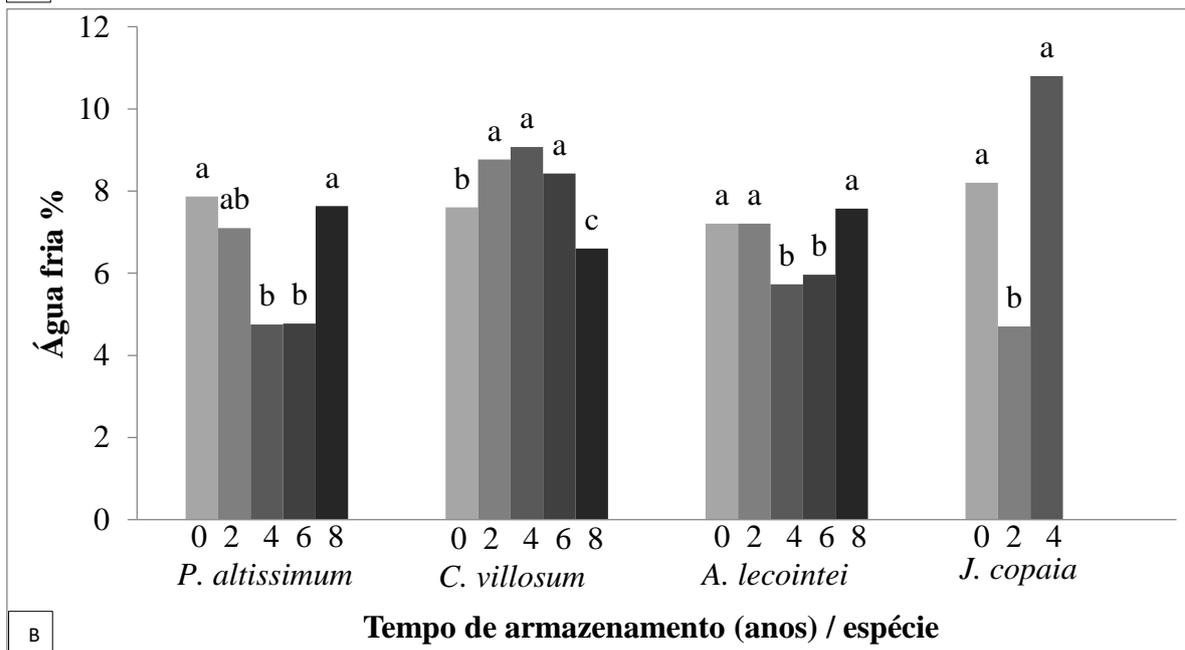
Comparando-se a extração em água quente e água fria, *C. villosum* apresentou valores semelhantes, seguindo uma tendência de diminuição dos teores com o maior período do tempo de estocagem (8 anos), comportamento oposto foi observado em *Astronium lecoitei*, havendo um decréscimo nos teores com 4 anos de armazenamento, tanto em água quente, quanto em água fria.

Em *P. altissimum* os maiores valores de extração foram observados em água quente, bem como uma tendência ao aumento destes extrativos com o aumento do tempo de estocagem, em água fria constatou-se a mesma predisposição, para *J. copaia* foi observado que os teores em água quente aumentaram conforme aumentava o tempo de estocagem, já para água fria os teores não apresentaram um padrão de tendência, como podemos constatar na Figura 19 A e B.

Figura 19: Comportamento da solubilidade da madeira em água, em função do tempo de armazenamento, por espécie. A – água quente, B – água fria.



A



B

Letras diferentes para a mesma espécie, indicam diferença estatisticamente significativa pelo Teste de de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.5 Colorimetria

Nesta etapa, as análises de regressão mostraram-se significativas em todos os parâmetros colorimétricos em todas as espécies, com exceção do parâmetro L* (luminosidade) em *P. altissimum* e C (saturação da cor) em *J. copaia*, evidenciando o efeito da mudança de coloração ao longo do tempo de estocagem nas madeiras estudadas, conforme Tabela 9.

Tabela 9. Equações de regressão polinomial para a estimativa de luminosidade, saturação da cor e ângulo da tinta em função do tempo de armazenamento (anos).

Variável	Espécies	Equações	R ²	p
Luminosidade	<i>P. altissimum</i>	Regressão não significativa	-	> 0,05
	<i>C. villosum</i>	$y = 64,07 + 2,47x - 0,40x^2$	0,89	< 0,0001
	<i>A. lecointei</i>	$y = 57,94 - 3,89x + 0,27x^2$	0,82	< 0,0001
	<i>J. copaia</i>	$y = 63,62 - 1,98x$	1,00	< 0,0001
Saturação da cor	<i>P. altissimum</i>	$y = 28,38 - 0,28x$	0,20	0,038
	<i>C. villosum</i>	$y = 30,06 + 0,13x - 0,08x^2$	0,91	0,007
	<i>A. lecointei</i>	$y = 34,16 - 3,12x + 0,28x^2$	0,89	0,002
	<i>J. copaia</i>	Regressão não significativa	-	> 0,05
Ângulo da tinta	<i>P. altissimum</i>	$y = 61,40 - 0,85x + 0,09x^2$	0,39	0,017
	<i>C. villosum</i>	$y = 72,29 + 0,84x - 0,11x^2$	0,60	0,002
	<i>A. lecointei</i>	$y = 64,22 - 1,81x + 0,13x^2$	0,85	0,001
	<i>J. copaia</i>	$y = 73,98 - 2,06x + 0,34x^2$	1,00	< 0,0001

Fonte: A autora.

O valor médio de 15 medições diferentes, por tempo de armazenamento, na madeira de cada espécie fracionada em 60 mesh, (Tabela 10) resultou na classificação da cor final por ano de observação, para a nomenclatura das cores, utilizou-se o proposto por Camargos; Gonzalez, (2011).

Em *P. altissimum* o fator colorimétrico luminosidade (L) variou de 42 – 48, a saturação de cor (C) variou de 24 – 29, o ângulo de tinta (h) variou de 58 – 61, indicando um escurecimento da madeira, constatado pela diminuição do valor de L, com o maior tempo de estocagem, passando da coloração “amarelo-amarronzado” para “marrom-avermelhado, como mostrado na Figura 21.

Para *C. villosum*, as variações nos parâmetros colorimétricos foram 59 – 68 em luminosidade, 26 – 30 em saturação de cor, e 71 – 74 no ângulo de tinta, com coloração variando de “amarelo-claro” para “oliva-amarelado”, como podemos observar na Figura 22.

A. lecointei apresentou variações de 44 – 56 no critério luminosidade, 24 – 33 em saturação de cor e 57 – 63 no ângulo de tinta, indicando variação na coloração de “amarelo-amarronzado” para “marrom-avermelhado” conforme Figura 23.

Observamos em *J. copaia* que a luminosidade variou entre 55 – 63, saturação de cor 24 - 33, e 71 – 73 para o ângulo de tinta, nesta espécie a coloração variou de “cinza-rosado” para “oliva”, de acordo com a Figura 24.

Tabela 10. Valores médios para luminosidade, saturação da cor e ângulo da tinta das espécies estudadas, em função do tempo de armazenamento (anos).

Variável	Tempo (anos)	<i>P. altissimum</i>	<i>C. villosum</i>	<i>A. lecointei</i>	<i>J. copaia</i>
Luminosidade	0	48,25 a	63,41 b	56,39 a	63,67 a
	2	42,63 b	68,51 a	55,37 a	59,55 b
	4	48,78 a	68,29 a	43,68 b	55,76 c
	6	43,12 b	62,7 bc	44,34 b	-
	8	45,62 ab	59,41 a	44,76 b	-
CV(%)	-	9,74	5,15	5,80	6,25
Saturação da cor	0	29,95 a	30,13 a	33,59 a	19,9 a
	2	24,99 c	29,58 a	30,76 ab	21,26 a
	4	28,66 ab	30,06 a	24,51 c	18,5 a
	6	26,06 bc	27,25 b	26,00 bc	-
	8	26,59 bc	26,08 b	27,14 bc	-
CV(%)	-	12,01	5,87	17,09	17,80
Ângulo da tinta	0	61,71 a	71,81 b	63,66 a	73,98 a
	2	58,94 bc	74,61 a	62,73 a	71,21 b
	4	60,86 ab	73,42 ab	57,69 b	71,12 b
	6	58,51 c	72,69 ab	58,36 b	-
	8	60,26 abc	72,08 b	58,25 b	-
CV(%)	-	3,35	2,82	3,44	1,38

Letras diferentes na linha para a mesma espécie e cada variável indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 21- Fotos macroscópicas dos planos anatômicos de *Protium altissimum* (A – C) com período 0 de armazenamento e a variação de coloração nas frações de 60 mesh em diferentes períodos de armazenamento (D – H, com 0, 2, 4, 6 e 8 anos de armazenamento – respectivamente).



Fonte: A autora

Figura 22- Fotos macroscópicas dos planos anatômicos de *Caryocar villosum* (A – C) com período 0 de armazenamento e a variação de coloração nas frações de 60 mesh em diferentes períodos de armazenamento (D – H, com 0, 2, 4, 6 e 8 anos de armazenamento – respectivamente)



Fonte: A autora

Figura 23-Fotos macroscópicas dos planos anatômicos de *Astronium lecointei* (A – C) com período 0 de armazenamento e a variação de coloração nas frações de 60 mesh em diferentes períodos de armazenamento (D – H, com 0, 2, 4, 6 e 8 anos de armazenamento – respectivamente)



Fonte: A autora

Figura 24-Fotos macroscópicas dos planos anatômicos de *Jacaranda copaia* (A – C) com período 0 de armazenamento e a variação de coloração nas frações de 60 mesh em diferentes períodos de armazenamento (D – F, com 0, 2, e 4 anos de armazenamento – respectivamente)



Fonte: A autora.

Adicionalmente foi calculada a mudança total de coloração, ΔE^* por meio da equação 4, apresentados na tabela 12.

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \text{ (Equação 4)}$$

Onde:

ΔL^* = variação da luminosidade

Δa^* = variação da coordenada cromática a*

Δb^* = variação da coordenada cromática b*

Ambos calculados como: maior período de armazenamento – menor período de armazenamento.

Espécie	Parâmetro colorimétrico			ΔE
	ΔL	Δa^*	Δb^*	
<i>Protium altissimum</i>	-5	-1	-3	6
<i>Caryocar villosum</i>	-4	-1	-4	7
<i>Astronium lecointei</i>	-12	-1	-7	14
<i>Jacaranda copaia</i>	-8	0	-2	8

Tabela 11. Valores calculados para mudança de coloração nos parâmetros colorimétricos, ao longo do tempo de estocagem, por espécie.

Fonte: A autora.

Padrões colorimétricos semelhantes foram observados para *A. lecointei* e *C. villosum* considerando-se o ano 0 de armazenamento em Silva et al (2017), que determinaram a colorimetria da madeira de trinta espécies tropicais e para *Protium altissimum* em Lima et al (2021), que utilizaram a colorimetria como parâmetro de classificação de resíduos madeireiros florestais.

Os valores de luminosidade (L), saturação de cor (C) e ângulo de tinta para cada espécie, em função do tempo de armazenamento, estão representados na Figura 24.

Os resultados encontrados constatando ΔL^* , Δa^* e Δb^* negativos, indicam amostras mais escuras, com maior proporção de verde e maior tendência a pigmentação azulada. Baseando-se na tabela elaborada por Hitka et al (2001) apud Cui et al (2004), no qual define o grau de assimilação de diferença de cor, todas as espécies estudadas apresentaram uma variação total da cor categorizada como “muito apreciável” (acima de 6,0).

A mudança de coloração constatada em todas as espécies analisadas, corrobora com Burtin et al (1998) o qual afirma que a degradação causada por reações fotoquímicas associadas aos componentes químicos presentes na madeira, podem causar alteração na coloração.

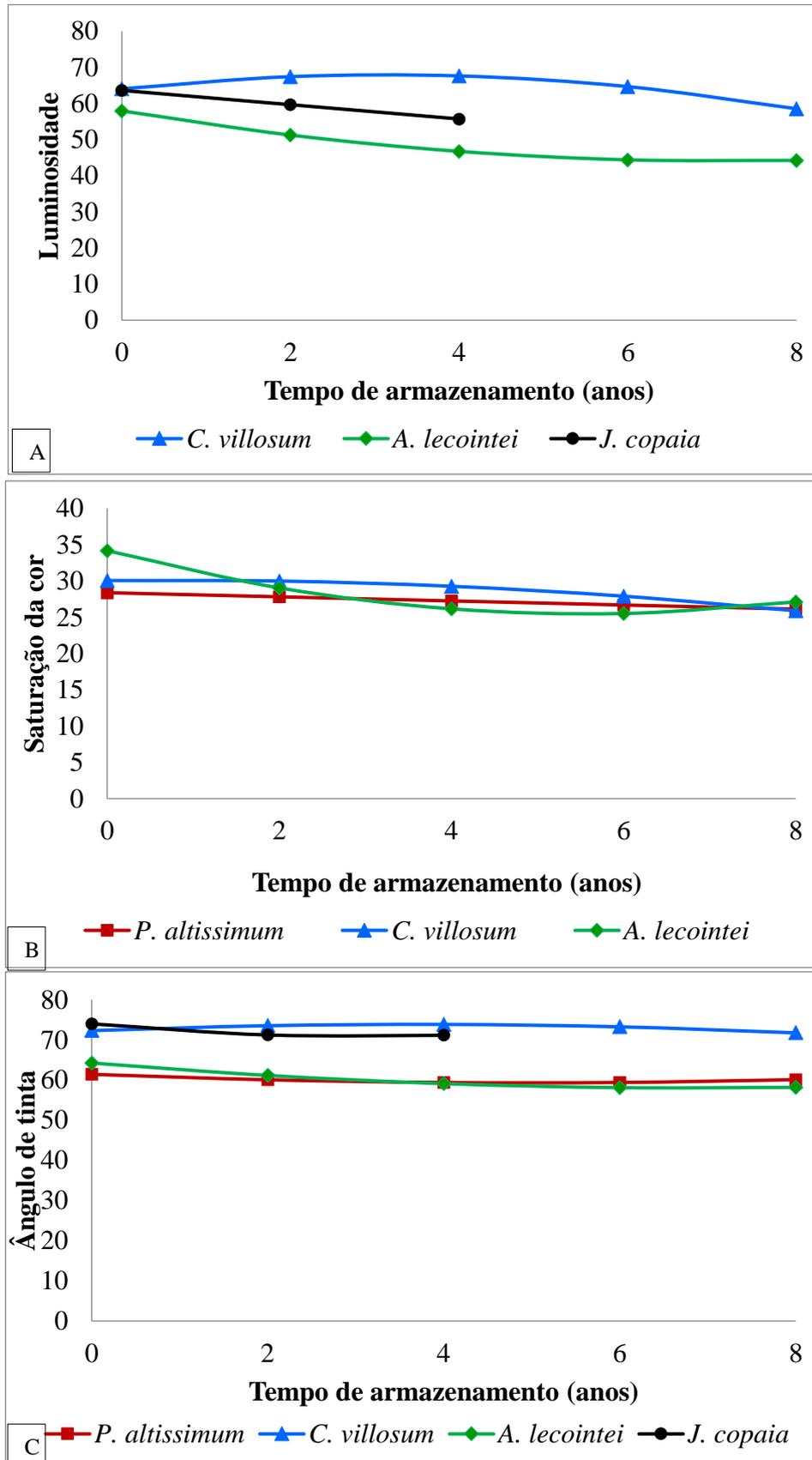
A. lecointei apresentou maior mudança de coloração ao longo do tempo de estocagem ($\Delta E = 14$), também apresentou a maior média de densidade e o segundo maior valor de extrativos. Sabe-se que os compostos cromóforos (como os extrativos) são altamente absorvedores de radiação solar, causando variação na cor da madeira expostas a luz, dentre estes, os compostos fenólicos presentes nos extrativos da madeira são associados com maior grau de foto descoloração (PANDEY, 2005; ISHIGURI, 2003).

P. altissimum apresentou a menor variação na mudança total de coloração ($\Delta E = 6$) e uma diminuição no valor de L^* , interpretada como escurecimento da coloração. Entendimento contraditório foi apresentado por Barros et al (2014), que estudando *Protium puncticulatum* obteve resultados que indicavam o clareamento da amostra quando exposta a intempéries.

Em *J. copaia* a diminuição na variável cromática L^* evidencia o escurecimento da cor com o aumento do tempo de estocagem. Com teor de extrativos semelhante e parâmetros colorimétricos equivalentes, *Couratari oblongifolia* analisado por Costa et al (2011), foi submetido a fotodegradação a radiação ultravioleta, apresentando a mesma tendência ao escurecimento da madeira como em *J. copaia*. Anatomicamente semelhante à *J. copaia*, Freitas et al (2016), analisou *Simarouba amara*, avaliando o efeito do tratamento termomecânico nas propriedades desta madeira e constatou que a mesma também escureceu -observando-se diminuição no parâmetro colorimétrico luminosidade (L^*), com aplicação da temperatura.

A coloração da madeira de *C. villosum*, também se apresentou escurecida com o aumento do tempo de estocagem, nesta espécie além disso, foi observado os maiores valores de extrativos hidrossolúveis, tanto em água quente, quanto em água fria.

Figura 25-Valores dos parâmetros cromáticos estimados por meio das equações de regressão polinomial em função do tempo de armazenamento (anos), por espécie. A – Luminosidade, B- Saturação da cor e C – Ângulo de tinta



2.5 Conclusão

As quatro espécies estudadas apresentaram diferença nas dimensões dos elementos anatômicos, entretanto esta diferença não está associada ao tempo de estocagem.

A densidade básica das madeiras foi afetada com o período de estocagem, aumentando em *C. villosum* e diminuindo em *A. lecointei*. com tendência de aumento em *J. copaia* e uma oscilação ao longo do tempo de armazenamento em *P. altissimum*.

A solubilidade das madeiras em água apresentou modificações com o tempo de armazenamento, aumentando com o tempo de estocagem em *Protium altissimum*, *Astronium lecointei* e *Jacaranda copaia*, e diminuindo em *Caryocar villosum*.

O tempo de estocagem interfere na coloração da madeira, constatado pela diminuição do parâmetro colorimétrico Luminosidade (L^*), ocasionando um escurecimento da coloração em todas as espécies.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11.941 - Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 6 p. 2003.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.577 – Pasta celulósica e madeira – Determinação do material solúvel em água. Rio de Janeiro, 4 p. 2003.
- ALBUQUERQUE, A. R. **Anatomia comparada do lenho e do carvão de aplicada na identificação de 75 espécies da floresta Amazônica, no estado do Pará, Brasil.** 2012. 250f. Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- ANSELMO, G. C. **Relações entre caracteres anatômicos do xilema, densidade de madeira e segurança hidráulica em espécies do semiárido.** 2015. 49f. Dissertação de mestrado – Ecologia e Recursos naturais. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- ARANTES, V., MILAGRES, A. M. F. Relevância de compostos de baixa massa molar produzidos por fungos e envolvidos na biodegradação da madeira. **Quim. Nova**, v. 32, n. 6, p. 1586 – 1595, 2009.
- BARBOSA, J. C; MALDONADO, JUNIOR, W. 2015. **AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos.** Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396p.
- BARROS, S. V. dos S. et al. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 337 – 342, 2014.
- BELINI, U. L. et al. Caracterização da estrutura anatômica, densidade básica e morfologia de cavacos da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de painéis MDF. **R. árvore**, v. 32, n. 4, p. 707 – 713, 2008.
- BRAGA JÚNIOR, et al. Technological properties of woods used in boat's production in the Southeast of Pará, Brazil. **Rodriguésia**, v. 71, 14p, 2020.
- BRAND, M. A., MUÑIZ, G. I. B. Influência da época de colheita e da estocagem na composição química da biomassa florestal. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n.1, p. 66 – 78, Jan/Mar, 2012.
- BURGER, L. M., RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira.** São Paulo, Nobel, 1991. 154p.
- BURTIN, P., et al. Natural wood colouring process in *Juglans* sp. (*J. nigra*, *J. regia* and hybrid *J. nigra* 23 x *J. regia*) depends on native phenolic compounds accumulated in the transition zone between sapwood and heart wood. **Trees**, v. 12, p. 258 – 264. 1998.
- CAMARGOS, J. A.A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal** n. 71, Setembro, 2001.

CASTRO e SILVA, A. AGUIAR, I. J. A. Micromorfologia da degradação de madeira da espécie amazônica *Hura creptans* L. por fungos lignolíticos pertencentes a classe Hymenomyces. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 3, p. 397 – 418, 2001.

CORADIN, V.T.R.; MUNIZ, G.B. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae. IBAMA/DIRPED, Brasília, Série Técnica, LPF. v. 15, p. 1 – 19. 1992.

COSTA, C. G. et al. Xilema. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal. 2ª ed, revisada e atualizada**. Viçosa. Ed.UFV, 2006, p. 129 – 141.

COSTA, J. de A. et al. Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas a radiação ultravioleta. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 133 – 139, Jan/Mar, 2011.

CUI, W.; KANDEM, D. P., RYPSTRA, T. Diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (drift) and color changes of artificial weathered wood. **Wood and fiber Science**, v. 36, n. 3, p. 291 – 301. 2004.

DIAS, A. C. C. et al. Relação da densidade básica e as retrações em madeira de teca. **Ciência da madeira (Brazilian Journal of Wood Science)** v.9, n. 1, p. 37 – 44, 2018.

ESAÚ,

FERREIRA, K. A. C. et al. Análise dos compostos acidentais na madeira de *Tectona grandis* L.F. **Biodiversidade**, v. 14, n. 1, p. 105 – 116, 2015.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood – resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v.155, n.3924, p.51. 1945.

FREITAS, A. S. et al. Tratamento termomecânico e seus efeitos nas propriedades da *Simarouba amara* (Aubl.). **Floresta e Ambiente**, v.23, n. 4, p. 565 – 572, 2016.

GONÇALVES, M. da P. M. et al. Variação radial da densidade básica e comprimento das fibras da madeira de *Tectona grandis* L. **Floresta e Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 70 – 75, 2007.

GOULART, S. L. Anatomia comparada do lenho de raiz e caule de *Aegiphila sellowiana* Cham. Verbenaceae. **Cerne**, v. 18, n. 4, p. 595 – 606, Out/Dez, 2012.

IAWA COMMITTEE. List of microscope features for hardwood identification. **IAWA Bull. New Ser.**, v.10, n.03, p.234–332. 1989.

JOHANSEN, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 523p.

ISHIGURI, F., et al. Extractives relating to heartwood color changes in sugi (*Cryptomeria japonica*) by a combination of smoke-heating and UV radiação exposure. **J. wood Sci.**, v. 49, p. 135 – 139, 2003.

LIMA, M. D. R. et al. Colorimetry as a criterion for segregation of logging wastes from sustainable forest management in the Brazilian Amazon for bioenergy. **Renewable Energy**, v. 163, p. 792 – 806, 2021.

LIRA, J. N. **Qualidade do lenho de duas espécies amazônicas com base na densidade básica, anatomia e por método não destrutivo de ondas de tensão em área de manejo florestal**. 2016. 86f. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

MEDEIROS, R. da S. et al. Comparative anatomy of oleoresin producing and non-producing trees of *Copaifera multijuga* Hayne in primary forests and plantations. **Flora**. v.263, p. 1 – 13, 2020.

NISGOSKI, S. et al. Diferenciação anatômica da madeira de quatro espécies do gênero *Caryocar*. **Rev. Ciência e Natura**. v. 20, p. 85 – 99, 1998.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista árvore**. Viçosa, v, 29, n. 5, p. 819 – 826, 2005.

OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino**. 2003. 149f. Tese de Doutorado – Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PANDEY, K. K. A note on the influence of extractives on the photo-discoloration and photo-degradation of wood. **Polymer Degradation and Stability** n.87, p. 375 – 379, 2005.

SCHMITT, A. R. K. **Variação geográfica e intraespecífica da densidade básica da madeira do gênero *Eschweilera* (*E. coriaceae* e *E. truncata*) no estado do Amazonas**. 2017. 56f. Dissertação de Mestrado – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2017.

SGAI, R. D., **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras**. 2000. 130f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia civil. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SILVA, A. P. M., et al. Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas. Relatório de pesquisa, **IPEA**, Brasília, 46p, 2012.

SILVA, M. dos S. **Anatomia ecológica e potencial econômico da madeira de espécies nativas da Mata Atlântica, Serra da Jiboia, Bahia, Brasil**. 2013. 194f. Dissertação de mestrado – Botânica. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.

SILVA, R. A. F. et al. Colorimetria da madeira de trinta espécies tropicais. **Ciência da madeira (Brazilian Journal of wood Science)** v. 8, n. 1, p. 36 – 41, 2017.

SILVA, S. S., **Estudo do xilema secundário de espécies da família *Burseraceae* produtoras de óleos**. 2012. 157f. Tese de doutorado – Ciência e Tecnologia da madeira. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

VASCONCELOS, F. J. de. et al. Observação microscópica de inclusões minerais no xilema de espécies tropicais da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 25, n. ½, p. 55 – 68, 1995.

VERÍSSIMO, A. et al. **Áreas para Produção Florestal Manejada**: detalhamento do macrozoneamento ecológico econômico do estado do Pará. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON. Belém - PA, 2006.

WHEELER, E. A.; BAAS, P. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 12, p. 275 - 332, 1991.