



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ANDERSON VASCONCELOS FIRMINO

**QUALIDADE DA MADEIRA DE ANDIROBA EM FLORESTA DE TERRA FIRME E
VÁRZEA DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2016

ANDERSON VASCONCELOS FIRMINO

**QUALIDADE DA MADEIRA DE ANDIROBA EM FLORESTA DE TERRA FIRME E
VÁRZEA DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de concentração Ciências Florestais.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre
Coorientadores: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e Pesquisador Dr. Marcelino Carneiro Guedes

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

F525q Firmino, Anderson Vasconcelos, 1988-
Qualidade da madeira de andiroba em floresta de terra firme e várzea da Amazônia Oriental / Anderson Vasconcelos Firmino. – 2016. 49 f. : il.

Orientadora: Graziela Baptista Vidaurre.

Coorientadores: Tarcísio da Silva Oliveira, Marcelino Carneiro Guedes.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Carapa guianensis. 2. Madeira. 3. Qualidade. 4. Florestas. 5. Lenho. I. Vidaurre, Graziela Baptista. II. Oliveira, Tarcísio da Silva. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

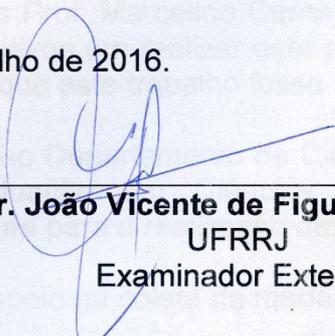
CDU: 630

**QUALIDADE DA MADEIRA DE ANDIROBA EM FLORESTA DE TERRA
FIRME E VÁRZEA DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

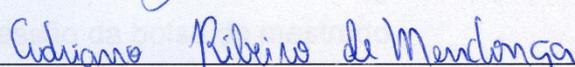
Anderson Vasconcelos Firmino

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

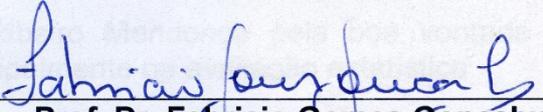
Aprovada em 29 de Julho de 2016.



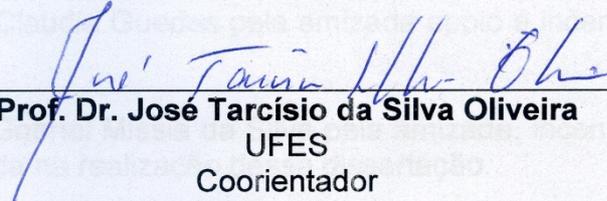
Prof. Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca
UFRRJ
Examinador Externo



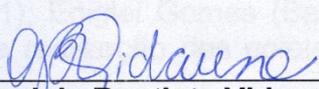
Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça
UFES
Examinador Interno



Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
UFES
Examinador Interno



Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira
UFES
Coorientador



Prof. Dr. Graziela Baptista Vidaurre
UFES
Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha sustentação, por abençoar e iluminar meu caminho por todas as etapas da minha vida.

Aos meus pais e minhas irmãs, pelo amor, por sempre compreenderem minha ausência e incentivarem minhas crenças.

A minha esposa Natália Almeida Braga Vasconcelos, pelo amor, carinho, companheirismo, confiança, paciência e apoio nos momentos que estive distante ao longo deste trabalho.

A minha orientadora Prof^a. Graziela Baptista Vidaurre pela oportunidade, dedicação, paciência, incentivo, preocupação, conselhos, conhecimentos e ideias compartilhadas ao longo deste trabalho.

Aos meus coorientadores Prof. Marcelino Carneiro Guedes e Prof. José Tarcísio da Silva Oliveira pelos incentivos em realizar esta pesquisa, pela troca de informações e pela colaboração para que este trabalho fosse realizado.

A UFES, especialmente ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais pela minha formação profissional e pela estrutura para a realização desta dissertação.

A EMBRAPA – AP pelo apoio na coleta da madeira de andiroba.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais por compartilharem suas experiências.

Ao Prof. Adriano Ribeiro Mendonça pela boa vontade em ajudar, conselhos e ensinamentos, principalmente na avaliação estatística.

Aos moradores das áreas de coleta das andirobas, por nos receberem na suas residências, possibilitando sempre trocas de conhecimento.

A pesquisadora Ana Claudia Guedes pela amizade apoio e incentivo. Sempre preste a ajudar.

A meu “irmão” João Gabriel Missia da Silva pela amizade, incentivo, parceria, ideias compartilhadas e ajuda na realização dessa dissertação.

Aos amigos Ezaquiel Neves (Baié 1), Ediglei Gomes (Baié 2), Daniele Rodrigues, pela amizade, paciência e ajuda na realização das coletas de andiroba. E muitas risadas e histórias “boas”.

Ao amigos da república pelo apoio, amizade e descontrações.

Aos grandes amigos Saulo Boldrini, Alice Brito, Clailson Coelho, Sandra Silva, Ana Carolina Boa, Eth Rocha, Marcos Nicácio, Flavio Carmo e Brunela Rodrigues pela amizade, troca de conhecimento e momentos de descontrações.

Aos amigos Ana Paula Câmara, Jessely Quaresma, Gabrielly Bobadilha, Vinicius Tinti, Dercílio Verly, Victor Brocco, Sara freitas, Sabrina Santiago, Taíse Aozani, Denise Soranso, Hector Bolivia, Janiel Cerqueira, Pedro Nicó, Leandro Soares e Jaily Keller.

Aos colegas da turma de 2014/2 do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL) da UFES pelo apoio, amizade e descontração.

Ao motorista da EMBRAPA – AP Carlos Alberto (Carlão) e ao piloto de lancha Adjama (baié 3), pela amizade e ajuda no transporte com segurança ao longo das viagens para a coleta das árvores de andirobas.

Ao marceneiro Elecy pelo preparo das amostras e ao Técnico do Laboratório de Anatomia da Madeira José Geraldo pelo preparo dos cortes anatômicos da madeira.

Ao grupo do “café da qualidade”, pelos momentos de descontração e aprendizado, seja no âmbito pessoal ou profissional.

Ao grupo do “futebol comciência” momentos de descontração nos jogos semanais do grupo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Meu muito obrigado!!!!!!

RESUMO GERAL

FIRMINO, Anderson Vasconcelos. **QUALIDADE DA MADEIRA DE ANDIROBA EM FLORESTA DE TERRA FIRME E VÁRZEA DA AMAZÔNIA ORIENTAL**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre. Coorientadores: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e Pesquisador Dr. Marcelino Carneiro Guedes.

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da madeira de andiroba (*Carapa guianensis*) proveniente de floresta de terra firme e de floresta de várzea, por meio da caracterização do lenho juvenil e adulto e a cor da madeira. Para tanto foram colhidas oito árvores provenientes da reserva extrativista do Rio Cajari, situada no sul do estado do Amapá, sendo quatro provenientes de floresta de terra firme e quatro de floresta de várzea. Do tronco de cada árvore foi retirado um disco acima da região que finalizava as raízes adventícias para a caracterização no sentido medula - casca da morfologia das fibras e vasos, o ângulo das microfibrilas, a densidade básica e as contrações volumétricas e fator anisotrópico. A cor da madeira foi avaliada pelos parâmetros colorimétricos do sistema CIEL $*a*b$ (1976). O comprimento da fibra foi a propriedade mais adequada para delimitação da transição entre os lenhos juvenil e adulto para todas as árvores de andiroba. Não ocorreu diferença significativa entre a proporção de lenho juvenil entre árvores de andirobas provenientes de floresta de terra firme e de floresta de várzea. As propriedades do lenho juvenil foram mais inferiores ao lenho adulto para a madeira em ambos os ambientes. A madeira de andiroba foi caracterizada pela coloração marrom - claro, tanto nas árvores oriundas de floresta de terra firme quanto na de várzea. A madeira de andiroba proveniente da floresta de várzea apresentou maior claridade e tonalidade amarela do que a de floresta de terra firme. A densidade básica e a morfologia das fibras e vasos tiveram influência na determinação da cor da madeira de andiroba.

Palavras – chave: *Carapa guianensis*; Ambientes de crescimento; Lenho juvenil e lenho adulto; Propriedades físicas e anatômicas.

GENERAL ABSTRACT

FIRMINO, Anderson Vasconcelos. **QUALITY ANDIROBA WOOD ON FIRM GROUND AND LOWLAND FOREST AMAZON ORIENTAL**. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof^a. Dr. Graziela Baptista Vidaurre. Co-advisor: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre. Coorientadores: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e Pesquisador Dr. Marcelino Carneiro Guedes.

The objective was to evaluate the quality of the wood of andiroba (*Carapa guianensis*) from upland forest and floodplain forest, through the characterization of juvenile and adult wood and wood color. Therefore, were collected eight trees from the extractive reserve Cajari River, located in the southern state of Amapá, four from upland forest and four floodplain forest. The trunk of each tree was removed a disc above the region that finished off the adventitious roots to in the pith - bark for morphology characterization of fibers and vessels, the angle of microfibrils, the basic density and volumetric and anisotropic factor contractions. The color of the wood was evaluated by the colorimetric parameters of the CIEL * a * b (1976). The fiber length was the property but adequate for delimitation of the transition between the juvenile and mature woods all the trees of andiroba. There was no significant difference between the proportion of juvenile wood between trees andirobas from upland forest and lowland forest. The properties of juvenile wood were lowest for adult wood for wood in both environments. The wood of andiroba was characterized by brown color - clear, both in the trees coming from upland forest and in floodplains. The wood Andiroba from the floodplain forest presented greater clarity and yellow tint than that of upland forest. The basic density and morphology of fibers and vessels were influential in determining the color of the wood of andiroba.

Keywords: *Carapa guianensis*; growing environments; juvenile wood and adult wood; physical and anatomical properties.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	8
1.1 OBJETIVO GERAL	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO I - DEMARCAÇÃO DOS LENHOS JUVENIL E ADULTO DE <i>CARAPA GUIANESIS</i> AUBL. PROVENIENTES DE FLORESTA DE TERRA FIRME E DE FLORESTA DE VÁRZEA NA AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
3 CONCLUSÃO	26
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
CAPÍTULO II - COR E SUA CORRELAÇÃO COM AS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE ANDIROBA DE FLORESTA DE TERRA FIRME E DE VÁRZEA, AMAPÁ, BRASIL	31
1 INTRODUÇÃO.....	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4 CONCLUSÃO	44
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
4 CONCLUSÃO GERAL	47

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Amazônia apresenta grande biodiversidade, composta por diversas fisionomias florestais ricas em recursos naturais. Dentre esse ecossistema estão as florestas de terra firme e florestas de várzea, no qual exercem importância social e econômica para a região.

As florestas de várzeas são áreas úmidas periodicamente alagadas pela cheia dos rios, cuja profundidade é definida com as variações do níveis de água (JUNK, 1982). As florestas de terra firme são áreas localizadas em regiões mais elevadas e não inundadas pela cheia dos rios (SCUDELLER; RAMOS; CRUZ, 2009).

Esses ambientes alagáveis são caracterizados com menor diversidade arbórea e várias espécies endêmicas quando comparadas com as florestas de terra firme, pois abriga plantas adaptados as condições hidrológicas sazonais. Entretanto algumas espécies podem ocorrer nos dois ambientes (KALLIOLA; PUHAKKA; DANJOY, 1993), como é caso das andirobas (*Carapa guianensis* Aubl.).

A madeira de andiroba é usada para a construção de barcos e navios (acabamento e ornamentação), assoalhos, marcenaria e mobília, acabamento e ornamentação de interiores, moinhos, torneamento, lâmilas e compensados (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2015), e também pelo valor ecológico e medicinal pela extração do óleo das suas sementes (COSTA; MARENCO, 2007).

A espécie, por ocorrer em florestas com características ambientais distintas, apresenta propriedades do lenho das árvores diferentes em função do seu ambiente de crescimento, tornando fundamental a busca por informações que irão contribuir com a melhor utilização da madeira de andiroba, garantido, assim, a sustentabilidade da espécie.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da madeira de andiroba (*Carapa guianensis*) proveniente de floresta de terra firme e de floresta de várzea, por meio da caracterização do lenho juvenil e adulto e a cor da madeira.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a variação no sentido medula - casca da densidade, do comprimento, da espessura de fibra e do ângulo microfibrilar da madeira, bem como a correlação entre essas variáveis;
- Analisar as variações das propriedades físicas e anatômicas da madeira de andiroba proveniente de floresta de terra firme e floresta de várzea;
- Avaliar a precisão de variáveis anatômicas e físicas da madeira para a demarcação da transição dos lenhos juvenil e adulto;
- Delimitar os lenhos juvenil e adulto da andiroba proveniente de floresta de terra firme e floresta de várzea;
- Determinar a cor da madeira de andiroba de terra firme e várzea, no sentido medula – casca e nos planos de corte;
- Avaliar as correlações entre os parâmetros da cor (L^* , a^* e b^*) e a densidade básica, a morfologia das fibras e vasos da madeira de andiroba.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, G. F. da, MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 229 – 234, 2007.

JUNK, W. J. Amazonian floodplains: their ecology, present and potential use. **Hydrobiology tropical**, Jinja Uganda, v. 15, n.1, p. 285-301, 1982.

KALLIOLA, R.; PUHAKKA, M.; DANJOY, W. **Amazonia peruana: vegetación húmeda tropical en el llano sudandino**. Finlândia: Gummerus Printing. 265p. 1993.

SCUDELLER, V. V.; RAMOS, R. A.; CRUZ, M. E. G. Flora fanerogâmica da floresta de terra firme na RDS Tupé. In: SANTOS – SILVA, E. N.; SCUDELLER, V. V. (Org.) **Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Manaus: UEA, 2009. p. 109-120.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. **Madeiras Brasileiras**. Brasília, 2015. Disponível em :<<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/caracteristicas.php?ID=50&caracteristica=251>>. Acesso em 03. ago. 2016.

Capítulo I - Demarcação dos lenhos juvenil e adulto de *Carapa guianensis* Aubl. provenientes de floresta de terra firme e de floresta de várzea na Amazônia Oriental, Brasil

RESUMO

O objetivo foi avaliar a variabilidade no sentido medula – casca de alguns de parâmetros anatômicos e propriedades físicas da madeira, assim como demarcar a transição entre os lenho juvenil e adulto e avaliar as propriedades de cada lenho de árvores de andiroba provenientes de floresta de terra firme e de floresta de várzea. Foram colhidas oito árvores da espécie, sendo quatro provenientes de floresta de terra firme e quatro de floresta de várzea na Reserva Extrativista do Rio Cajari, Amapá, Brasil. A morfologia das fibras e vasos da madeira foi analisada por meio de estudo microscópico do lenho segundo a IAWA (1989); o ângulo das microfibrilas mensurado empregando a microscopia de luz polarizada; a densidade básica e a contração volumétrica da madeira foram determinadas de acordo com a NBR 11941 (ABNT, 2003) e NBR 7190 (ABNT, 1997), respectivamente. A madeira andiroba de floresta de várzea tende a apresentar menor resistência mecânica em comparação a madeira proveniente de terra firme. Entretanto, apresentou a menor contração tangencial e radial. O comprimento da fibra foi a propriedade mais adequada para delimitação dos lenhos juvenil e adulto, porém não ocorreu diferença significativa entre a proporção de lenho juvenil entre árvores de andirobas proveniente de floresta de terra firme e floresta de várzea. A diferença significativa e o crescimento ou decréscimo das propriedades anatômicas e propriedades físicas entre as regiões lenho ratificam a transição delimitada pela variação do comprimento de fibra nas árvores de andirobas oriundas dos diferentes ambientes de crescimento.

Palavras-chave: Andiroba; Qualidade da madeira; Variação medula - casca.

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia equivale a um terço das reservas de florestas tropicais úmidas. Em território brasileiro, os ecossistemas amazônicos abrangem os estados do Pará,

Amazonas, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Acre, Rondônia e Roraima, Tocantins, e Amapá, totalizando 4,2 milhões de km² (BRASIL, 2008) e são formados por várias fitofisionomias florestais, entres essas às florestas de terra firme e de várzea.

As florestas de várzea constituem um ecossistema de terrenos baixos e alagados, regido primariamente pelo padrão sazonal e/ou diário de variação do nível da água dos rios (CURI; RESENDE; SANTANA, 1988). Já as florestas de terra firme são áreas de vegetação localizadas em regiões mais elevadas e são influenciadas pelas inundações da cheia dos rios (FERRI, 1980).

Enquanto nas áreas de várzeas as características ambientais mais marcantes são os ciclos de variação do nível de água e uma elevada fertilidade do solo refletindo no maior crescimento das árvores (PAROLIN; FERREIRA, 1998), nas áreas de terra firme os fatores relevantes são a sazonalidade da precipitação e a baixa fertilidade dos solos (JORDAN, 2001).

As florestas de várzea são caracterizadas por menor diversidade arbórea quando comparadas com as florestas de terra firme, no entanto, algumas espécies ocorrem tanto na várzea quanto na terra firme (KLIMAS; KAINER; WADT, 2007). Dentre as espécies arbóreas frequentes nesses dois ambientes está a *Carapa guianensis* Aubl. (família Meliaceae), vulgarmente conhecida como andiroba, ocorrendo com maior frequência nas florestas de várzea (PENNINGTON; STYLES; TAYLO, 1981; KLIMAS; KAINER; WADT, 2007).

Uma das principais características da andiroba é a sua múltipla utilidade, seja para fins de utilização da madeira ou para a obtenção de óleo de suas sementes (GUARINO et al., 2014).

Acredita-se que ocorra diferenças nas propriedades da madeira de andiroba pela condição de crescimento das árvores em um período de inundação em relação a madeira das árvores que cresceram em condições não alagadas, levando a espécie a se adaptar a cada condição do seu habitat. E as variações ambientais ocorridas no seu ambiente de crescimento são refletidas lenho da espécie, proporcionando diferenças nas estruturas anatômicas e físicas quando provenientes de diferente tipologia florestal.

Dentre os principais indicadores de qualidade da madeira está à proporção ou distinção tecnológica de lenho juvenil e adulto. O lenho juvenil pode ser definido como a região central das árvores, circunvizinha da medula, podendo formar parte do alburno e/ou do cerne e possui propriedades da madeira inferiores do lenho adulto

(FERREIRA; SEVERO; CALONEGO, 2011; GATTO et al., 2012). Já o lenho adulto é formado na fase adulta do câmbio vascular, posteriormente ao juvenil (COWN, 1992).

Diversas propriedades da madeira são utilizadas para delimitar a transição entre o lenho juvenil e adulto tais como: o ângulo de microfibrilar (JIAN et al., 1998), a largura do anel de crescimento (DÜNISCH et al., 2010), a densidade (DELUCIS et al., 2013), o módulo de elasticidade e de ruptura (LOURENÇON et al., 2014), o comprimento e espessura da parede de fibra (PALERMO et al., 2015).

Conhecer as propriedades da madeira desses lenhos é importante para uma eficiente utilização da madeira, visto que no manejo florestal, a idade mínima de corte e o processamento poderão ser ajustados de acordo com a qualidade da madeira, maximizando a produção da madeira serrada.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade no sentido medula – casca de alguns de parâmetros anatômicos e propriedades física da madeira, assim como demarcar a transição entre os lenho juvenil e adulto e avaliar as propriedades de cada lenho de árvores de andiroba provenientes de floresta de terra firme e de floresta de várzea.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material: as árvores foram provenientes da Reserva Extrativista do Rio Cajari, situada no extremo sul do Estado do Amapá (0°15' S e 52°25' O e 1°5' S e 51°31' O). A área da reserva é de 501.771 ha, abrangendo os municípios de Laranjal do Jarí, Mazagão e Vitória do Jari. O corte das árvores foi realizado com a autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (SISBIO / ICMBio): 47586 -1.

Foram abatidas oito árvores, sendo quatro provenientes de floresta de terra firme com diâmetro entre 50 à 53 cm e quatro árvores de floresta de várzea, com diâmetro entre 50 à 70 cm, contemplando o diâmetro mínimo de corte de 50 cm exigido pela legislação brasileira para o corte das espécies florestais por meio do manejo florestal na Amazônia.

Do tronco de cada árvore foi retirado um disco acima da região que finalizava as raízes adventícias, característica comum dessa espécie (Figura 1). Em cada disco,

foram marcadas e seccionadas duas seções diametrais para a retirada de corpos de prova de 2 x 2 x 2 cm (radial, tangencial e longitudinal) no sentido medula - casca, para avaliação das propriedades da madeira.

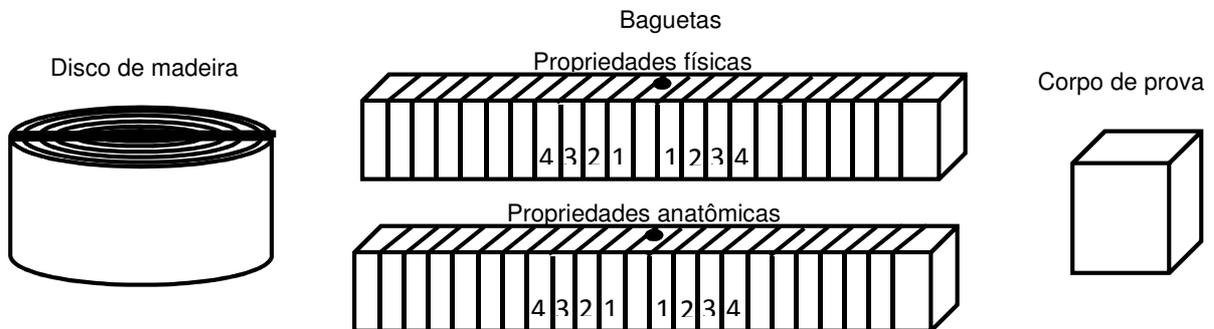


Figura 1. Esquema da retirada e confecção dos corpos de prova no sentido medula - casca para o estudo das propriedades físicas e anatômicas da madeira de andiroba.

Fonte: o autor

Morfologia das fibras e vasos: Foram avaliados o comprimento e a espessura da parede das fibras [CF e EP (μm)], o diâmetro tangencial [DT (μm)] e a frequência dos vasos [FV ($\text{n}^\circ \text{ cel. mm}^{-2}$)], seguindo as recomendações da *International Association of Wood Anatomists – IAWA* (1989). Foram realizadas 20 mensurações dos elementos anatômicos por lâmina (400 mensurações por variável), utilizando o *software AxioVision 4.9.1*.

Ângulo das microfibrilas: Foram realizados cortes histológicos longitudinais tangenciais de 6 μm de espessura em micrótomo de deslize. As finas seções do lenho foram colocadas em frascos de vidro e cobertas com solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio, na proporção de 1:1. Posteriormente foram colocados em estufa a 60 °C por 12 horas, para individualização completa das fibras. Os cortes foram lavados em água corrente até completa remoção da solução, e então armazenado em água destilada.

O ângulo das microfibrilas foi mensurado por microscopia de luz polarizada, utilizando um microscópio dotado de mesa giratória e graduada de 0 a 360°. A técnica utilizada foi de acordo com Lima, Breese e Cahalan (2004) e realizou-se 20 mensurações individuais por lâmina, sob uma objetiva de 50x.

Propriedades físicas da madeira: a densidade básica, a contração radial, tangencial e volumétrica da madeira foram determinadas de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 11941 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003) e NBR 7190 (ABNT, 1997), respectivamente. O fator

anisotrópico foi calculado pela relação entre a contração tangencial e a contração radial.

Análise estatística: o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para análise do comportamento do diâmetro e frequência de vaso, comprimento e espessura da parede de fibra, ângulo microfibrilar e densidade básica da madeira de andiroba, foram construídos gráficos de variação medula – casca.

Para comparação entre os ambientes as médias de morfologia das fibras e vasos, ângulo microfibrilar, densidade básica, contração tangencial e radial, e fator anisotrópico da madeira de andiroba foi realizado um teste F.

A região de transição entre os lenhos juvenil e adulto, por árvore individual, foi demarcada pela visualização da variação radial (medula – câmbio) das propriedades da madeira, juntamente com uma análise de regressão.

A morfologia das fibras e vasos, a densidade básica, a contração tangencial, radial e volumétrica, e o ângulo microfibrilar foram admitidos como variáveis dependentes (Y) e a posição radial (medula - casca) como variável independente (X). Os critérios de escolha da melhor equação foram a significância da análise de regressão e dos coeficientes estimados, o coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão da estimativa (S_{yx}).

Sobre a curva dos dados ajustados pela regressão para o comprimento de fibra foi observado dois pontos de inflexão que foram empregados primeiramente para demarcação da zona de transição entre lenho juvenil e adulto. No entanto, para complementar a análise visual e delimitar de forma mais precisa essa zona foi realizada, entre os dois pontos de inflexão da curva, uma análise de regressão linear entre a distância radial e o comprimentos das fibras. Foram realizadas regressões utilizando valores entre os dois pontos de inflexão, sempre adicionando ou suprimindo dados, até encontrar o maior coeficiente de determinação significativo da regressão linear. Essa análise resultou em uma reta que cruzou a curva de ajuste dos dados em dois pontos que delimitou o início e o final da zona de transição.

Na avaliação das propriedades entre o lenho juvenil, a transição, e lenho adulto, dentro de cada ambiente, foi realizado um teste F. Em todos os testes utilizou-se 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variação no sentido medula - casca das propriedades anatômicas e da densidade básica da madeira

O diâmetro tangencial, o comprimento e espessura de fibra e a densidade da madeira, no geral, foram crescentes no sentido medula - casca para o lenho de andiroba e decrescente para a frequência de vaso e ângulo microfibrilar nas árvores dos dois ambientes de crescimento (Figura 2). A variabilidade que ocorreu para essas propriedades está relacionada com as mudanças ocorridas pelo lenho durante seu crescimento e amadurecimento.

O intervalo de variação da região da medula até a região próxima a casca da madeira de andiroba de floresta de terra firme, para o diâmetro tangencial e frequência de vaso, espessura e comprimento de fibra, ângulo microfibrilar e densidade foi de: 93,04 - 167,39 μm ; 8,82 - 4,69 μm ; 3,05 - 4,50 μm ; 1233,35 - 1646,31 μm ; 14 - 7°; e 0,46 - 0,58 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ respectivamente. Já para a madeira proveniente de floresta de várzea foi de: 88,99 - 347,56; 12,26 - 4,29; 1,90 - 3,85 μm ; 1169,34 - 1462 μm ; 20° - 7°; e 0,43 - 0,56 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, respectivamente.

O diâmetro tangencial de vaso e o ângulo microfibrilar foram os parâmetros que tiveram as maiores variações no sentido medula - casca. E a amplitude de variação para esse ângulo microfibrilar foi maior no ambiente de floresta de várzea. Com o aumento da espessura de parede ocorreu um acréscimo da densidade. E o aumento do comprimento de fibra ocorreu um decréscimo nos valores de ângulo microfibrilar.

As propriedades da madeira não são uniformes no sentido medula - casca. Em anéis sucessivos, partindo da medula das árvores, verifica-se o aumento da densidade, do comprimento e espessura de parede da fibra (GATTO et al., 2008) e redução do ângulo microfibrilar, que nas madeiras de folhosas podem variar entre 20° e 5° (BOYD, 1980).

A variação nas propriedades da madeira entre espécies florestais e indivíduos e até mesmo dentro da mesma árvore é devido a uma combinação anatômica complexa, fatores físicos e químicos, que são principalmente influenciadas pela idade

da árvore, pelo genótipo e pelas condições ambientais de crescimento (METCALFE; CHALK, 1989; RIBEIRO; MORI; MENDES, 2011; MELO et al., 2013).

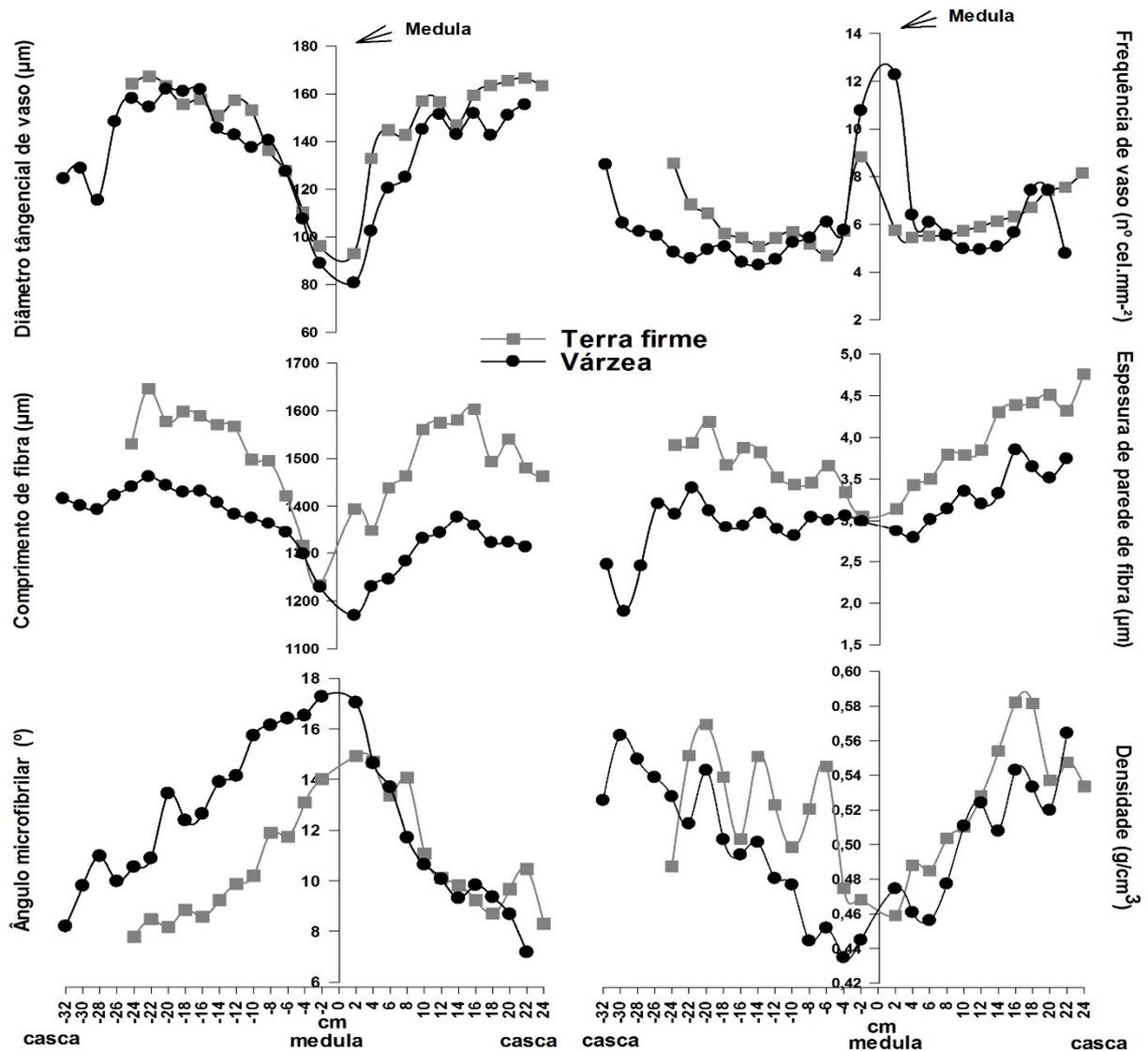


Figura 2. Variação no sentido medula - casca dos elementos anatômicos e da densidade básica da madeira de andiroba provenientes de floresta de terra firme e de floresta de várzea, Amapá, Brasil.

Fonte: o autor

Propriedades da madeira de floresta de terra firme e de floresta de várzea

A madeira de andiroba da floresta de terra firme apresentou valores médios superiores e estatisticamente diferente em relação a madeira de floresta de várzea para todos os parâmetros anatômicos e físicos avaliados, exceto para o ângulo microfibrilar que foi maior e significativo no ambiente de floresta de várzea e fator

anisotrópico que não diferenciou estatisticamente entre as duas condições de crescimento das árvores (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades anatômicas e físicas da madeira de andiroba provenientes de floresta de terra firme e de floresta de várzea, Amapá, Brasil.

Parâmetro	Ambiente natural de crescimento das árvores	
	Floresta de terra firme	Floresta de várzea
Comprimento de fibra (μm)	1505,27 a (7,02)	1356,40 b (5,31)
Espessura de parede de fibra (μm)	3,73 a (8,31)	3,12 b (16,03)
Diametro tangencial de vaso (μm)	144,82 a (9,67)	132,21 b (13,86)
Frequência de vaso ($\text{n}^\circ \text{ cel. mm}^{-2}$)	6,39 a (12,28)	5,87 b (9,71)
Ângulo microfibrilar ($^\circ$)	11,31 b (9,12)	12,93 a (20,06)
Densidade básica (g/cm^3)	0,52 a (11,05)	0,49 b (12,53)
Contração tangencial (%)	8,23 a (15,42)	7,16 b (16,40)
Contração radial (%)	4,97 a (19,13)	4,27 b (27,14)
Fator anisotrópico	1,70 a (23,89)	1,45 a (27,05)

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam ao nível de 5% de significância pelo teste F. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

A madeira serrada de andiroba de floresta de várzea tende a apresentar menor resistência mecânica em comparação a madeira proveniente de terra firme pelas diferenças entre essas propriedades anatômicas, no qual as fibras mais curtas e menos espessa, baixa densidade e um maior AMF contribuem para essas características na madeira.

Além disso, a madeira de andiroba de várzea possui condutores mais seguros de água no xilema, pois apresentou vasos de menor diâmetro tangencial e frequência de vaso. Entretanto, as árvores de terra firme são mais eficientes no processo de condução de água, pois possui vasos de maior diâmetro e maior frequência. O menor diâmetro dos vasos poderia proporcionar maior segurança contra a cavitação ou formação de bolhas considerando que sob inundação a absorção de água do solo pela planta é reduzida, devido à falta de oxigênio, podendo levar a estresse hídrico (BIANCHINI et al., 2000).

A madeira mais densa foi encontrada para as árvores provenientes de terra firme, que também apresentou paredes de fibras mais espessas, que tendem a absorver mais água, conseqüentemente se expandir ou contrair mais que a madeira proveniente de floresta de várzea, comprovado pela madeira apresentar maiores

valores de contração tangencial e radial. Também é uma madeira que pode apresentar maior a tendência ao fendilhamento e empenamento na madeira, por apresentar uma maior anisotropia.

Assim como ocorreu para madeira de andiroba oriunda de várzea, espécies que cresceram em ambientes hidromórficos, ou seja, solo que em condições naturais se encontra saturado por água, ou excesso de umidade, permanentemente ou em determinado período do ano, tais como *Croton urucurana* também apresentou menor valor de espessura de fibra (LUCCHI, 2004), menor frequência de vaso - *Calophyllum brasiliense* (BARROS; CALLADO, 1997) e menor diâmetro tangencial dos vasos - *Chorisia speciosa* (submetidas ao alagamento por 45 dias) (BIANCHINI et al., 2000) em relação a madeira que cresceu em ambientes não alagados. Já LUCCHI, 2004 observou que o diâmetro e a frequência de vasos e comprimento de fibra foram maiores na madeira de *Croton urucurana* oriunda de floresta de terra firme.

As variadas respostas fisiológicas das espécies à inundação podem ser refletidas também nas estruturas anatômicas e propriedades do lenho, uma vez que o xilema tem relevante importância nos processos fisiológicos, em especial na interação da planta com o solo (DICKISON, 2000; WALDHOFF, 2003), e reproduzidas nas propriedades da madeira.

Delimitação do lenho juvenil e adulto

De todos os parâmetros avaliados para a delimitação dos lenhos juvenil e adulto na madeira de andiroba, o comprimento de fibra foi a variável que melhor indicou a demarcação entre os dois lenhos para as árvores provenientes tanto da floresta terra firme quanto para floresta de várzea, dadas as suas variações no sentido medula - casca significativas e ajustes por meio da regressão.

Em virtude dos baixos coeficientes de determinação e regressão não-significativa, não foi possível estimar a delimitação entre o lenho juvenil e adulto da madeira de andiroba pelos valores de densidade, espessura de parede, diâmetro e frequência de vaso, ângulo microfibrilar e contração volumétrica não foram adequados para a estimativa da delimitação.

Para as folhosas tropicais o comprimento de fibra tem se mostrado a propriedade mais eficaz dentre os outros parâmetros anatômicas para a delimitação entre os lenhos juvenil e adulto (GATTO et al., 2007, 2008; PALERMO et al., 2015). De acordo com BENDTSEN (1978) outras propriedades da madeira estudadas não são influenciadas pelo crescimento radial ou apresentam uma diferenciação no crescimento mais lenta e gradual, e conseqüentemente não caracteriza a distinção entre esses dois tipos de lenhos.

O comprimento das fibras apresentaram um aumento linear acentuado até aproximadamente 6 - 10 cm do raio, a partir da medula, para as árvores que cresceram na floresta de terra firme e 6 - 12 cm do raio para as árvores provenientes da floresta de várzea. Após essa região foi possível distinguir duas zonas (Figura 3 e 4). A primeira, apresentando um crescimento linear do comprimento da fibra, porém menos acentuado, caracterizando a zona de transição entre os lenhos adulto e juvenil. Essa região de crescimento ocorreu entre 8-14 e 8-18 cm do raio para as árvores de floresta de terra firme e de floresta de várzea, respectivamente. A partir desse ponto ocorreu um crescimento mais constante e com valores mais estáveis, que caracteriza a zona de lenho adulto.

O rápido aumento da taxa anual de incremento do comprimento das fibras a partir da medula até estabilização é característica da formação de madeira juvenil, que ocorre nos primeiros anos das árvores, sendo o comprimento das fibras a variável anatômica que melhor delimitou os limites dos lenhos juvenil e adulto em madeiras de folhosas (BENDTSEN; SENFT, 1986; FERREIRA; SEVERO; CALONEGO, 2011; NAJI et al., 2012, PALERMO et al., 2015).

A proporção de lenho juvenil nas árvores de andiroba provenientes de floresta de terra firme correspondem a 41%, 33%, 36%, 29%, respectivamente. Já para as árvores proveniente de floresta de várzea correspondeu a 40%, 30%, 38% e 26%, respectivamente.

Árvores de folhosas provenientes de plantios homogêneos do Brasil apresentaram tendência de estabilização das fibras e formação de lenho adulto para a madeira de *Hevia brasiliensis* (DAP entre 31 e 35 cm) e *Eucalyptus grandis* (DAP entre 38 e 50 cm) entre 3,5 - 4,5 cm e 10 - 11 cm a partir da medula, respectivamente (FERREIRA; SEVERO; CALONEGO, 2011; PALERMO et al., 2015), com proporções de madeira juvenil de 26%, 31%, 30%, 23% e 27% para as árvores de *Hevia brasiliensis* e 24%, 39%, 33%, 28% para as árvores de *Eucalyptus grandis*.

Apesar das árvores de floresta de terra firme apresentarem um diâmetro médio inferior, ocorreu uma pouca variação na proporção de lenho juvenil entre as oito árvores avaliadas nos dois ambientes de crescimento natural. De forma geral, não ocorreu diferença significativa entre a quantidade de lenho juvenil entre as árvores de andiroba provenientes de floresta de terra firme e de floresta de várzea.

Na utilização de madeira para produtos sólidos é importante a uniformidade das propriedades das peças de madeira e a delimitação dos lenhos juvenil e adulto permite segregar os lotes de madeira serrada de acordo com as suas propriedades, evitando o seu uso inadequado., Além disso, segundo Geimer et al. (1997), peças estruturais que contenham maiores proporções de lenho juvenil apresentam classes de resistência inferiores e também tendem a aumentar a frequência de empenos e rachaduras na madeira (VIDAURRE, 2011).

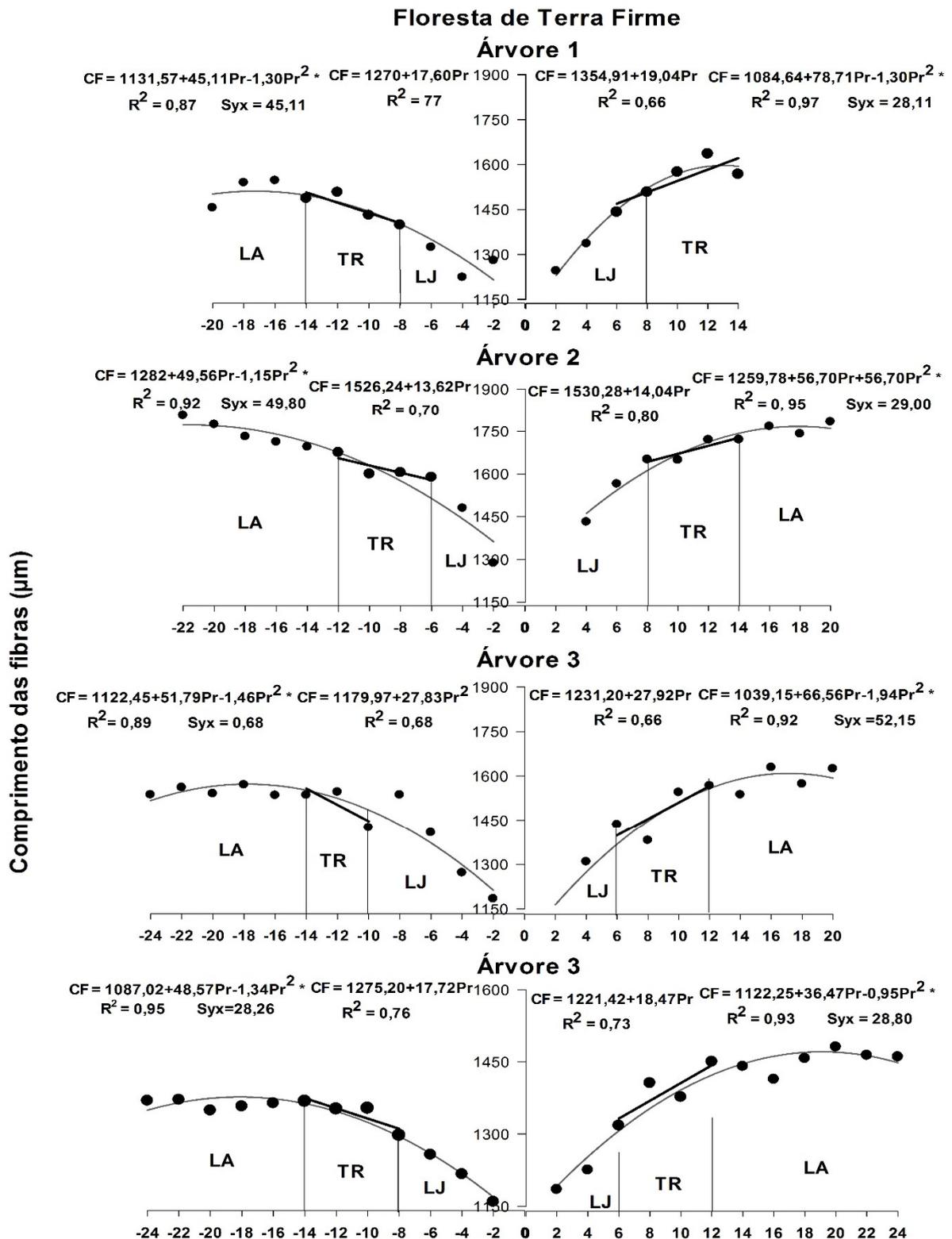


Figura 3. Delimitação entre os lenhos juvenil (LJ), transição (TR) e lenho adulto (LA) em árvores de andiroba provenientes de floresta de terra firme, Amapá, Brasil. (*) regressão significativas a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor

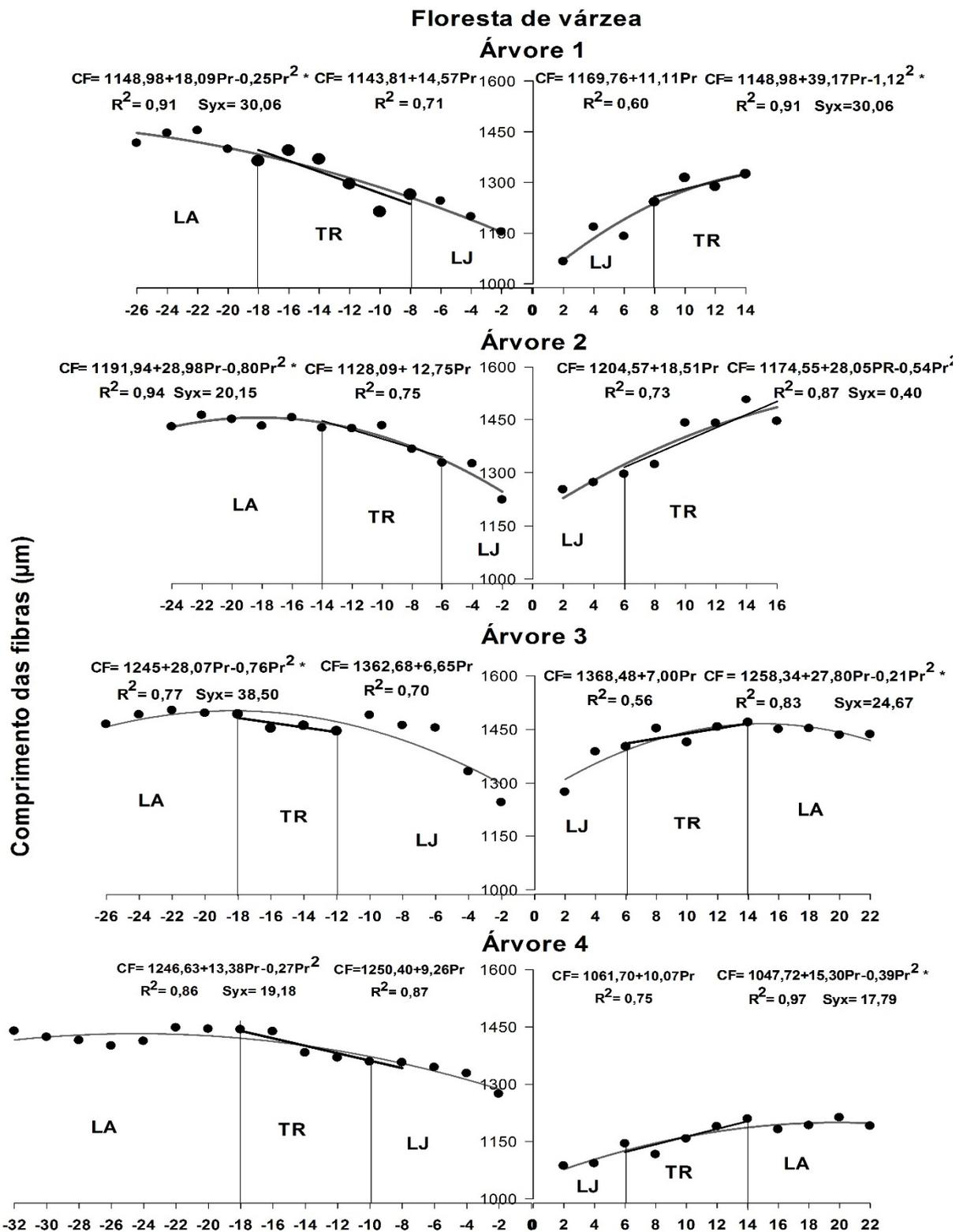


Figura 4. Delimitação entre os lenhos juvenil (LJ), transição (TR) e lenho adulto (LA) em árvores de andiroba provenientes de floresta de várzea, Amapá, Brasil. (*) regressão significativas a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor

Propriedades dos lenho juvenil e adulto

A madeira de andiroba das árvores oriundas de floresta de terra firme e várzea apresentou maiores valores médios e significativos entre o lenho juvenil e adulto para todas as variáveis anatômicas avaliadas, exceto para frequência de vaso do ambiente de terra firme não diferenciou estatisticamente entre os lenhos. Já para as propriedades físicas da madeira, apenas a densidade básica foi estatisticamente diferente entre os lenhos juvenil e adulto (Tabela 2) para ambos os ambientes de crescimento natural das árvores e fator anisotrópico que diferenciou estatisticamente entre os lenhos para o ambiente de terra firme.

Os valores médios das propriedades avaliadas aumentaram do lenho juvenil para lenho adulto, com exceção da frequência de vaso, ângulo microfibrilar, contração radial na qual ocorreu um decréscimo, sendo que o fator anisotrópico não variou entre os diferentes tipos de lenho. E também a contração tangencial houve um crescimento para madeira oriunda de terra firme e um decréscimo para madeira proveniente de várzea do lenho juvenil para o lenho adulto, entretanto essa diferença para esse ambiente foi pequena, com uma variação de 1% (Tabela 2).

Tabela 2. Propriedades dos lenhos juvenil (LJ), transição (TRAN), e adulto (LA) de árvores de andiroba provenientes de floresta de terra firme e floresta de várzea, Amapá, Brasil. E (%) porcentagem de crescimento ou decréscimo dessas propriedades entre o lenho juvenil e lenho adulto.

Propriedade	Floresta de terra firme				Floresta de várzea			
	LJ	TRAN	LA	%	LJ	TRAN	LA	%
CF (μm)	1357,73c	1542,50b	1613,40a	16	1267,89b	1374,24a	1370,63a	7
EP (μm)	3,46c	3,72b	4,21a	18	2,97b	3,14b	3,44a	14
DT (μm)	120,22c	151,12b	160,79a	25	108,77b	146,10a	150,64a	28
FV ($\text{n}^\circ\text{cel. mm}^{-2}$)	6,20a	5,28b	6,02a	- 3	7,58a	4,91c	6,03b	- 20
AMF ($^\circ$)	13,32a	10,45b	8,51c	- 36	15,87a	12,46b	10,72b	- 32
DB (g/cm^3)	0,50 b	0,52 ab	0,55 a	9	0,46 b	0,49b	- 0,53a	13
CT (%)	8,00a	8,80a	8,00 a	0	7,06a	7,33a	7,09a	0
CR (%)	5,28a	4,75a	5,22 a	- 1	4,46a	4,18a	4,00 a	- 10
FA	1,54b	1,94a	1,65 ab	7	1,91a	1,92a	1,90a	- 1

CF: comprimento de fibra; EP: espessura de parede de fibra; DT: diâmetro tangencial de vaso; FV: frequência de vaso; AMF: ângulo microfibrilar; DB: densidade básica; CT: contração tangencial; CR: contração radial; FA: fator anisotrópico. Médias seguidas pela mesma letra na linha diferenciam ao nível de 5% de significância pelo teste F. (%) Valores em porcentagem das propriedades que aumentaram ou diminuíram do lenho juvenil para o lenho adulto.

A diferença no crescimento das estruturas anatômicas entre os dois tipos de lenho da madeira de andiroba foi menor que a relatada por Zobel (1980), onde o comprimento das células nas madeiras nas folhosas pode ser de 1,5 a 2 vezes menor na madeira juvenil que na adulta. Entretanto, a diferença dos valores das propriedades entre os lenhos ficou abaixo da relatada por Zobel (1980),

A diferença significativa entre as regiões lenho juvenil, lenho de transição e lenho adulto e os valores em porcentagem das propriedades que aumentaram ou diminuíram do lenho juvenil para o lenho adulto ratificam a transição delimitada pela variação do comprimento de fibra nas árvores de andirobas de ambos os ambientes.

O ângulo microfibrilar foi a propriedade que apresentou a maior variação entre os lenhos juvenil e o adulto de andiroba em ambos os ambientes estudados. Já a densidade básica, no qual é umas das propriedades mais utilizadas para avaliação da qualidade da madeira para suas diversas finalidades de uso, aumentou apenas 9% e 13% do lenho juvenil para o lenho adulto nas árvores oriundas de floresta de terra firme e de floresta de várzea, respectivamente. Pellozzi et al. (2012) encontraram um aumento de 25% na densidade entre o lenho juvenil e adulto para a madeira de *Eucalyptus grandis* (30 anos).

A diferença de incremento nos valores do comprimento das fibras entre o lenho juvenil e adulto na madeira de andiroba de floresta de terra firme e de floresta de várzea foi 16 e 7%, respectivamente e para *Hevea brasiliensis* foi 16% (FERREIRA; SEVERO; CALONEGO, 2011), e para *Eucalyptus grandis* foi de 11% (PALEMO et al., 2015). Ou seja, esses trabalhos também não encontraram essa diferença de incremento mencionada por Zobel (1980) no comprimento da fibra 1,5 a 2 vezes entre o lenho juvenil e adulto em espécies de folhosas.

A espessura da parede de fibra e o diâmetro dos vasos aumentaram em 11% e 12%, respectivamente e a frequência de vaso diminuiu 8% do lenho juvenil para o adulto em *Eucalyptus grandis* no trabalho de (PALEMO et al., 2015), para espessura de fibra os resultados foram semelhantes. Já para diâmetro tangencial dos vasos em ambos os ambientes e frequência de vaso da madeira de floresta de várzea os resultados foram acima do relato nessa espécie de *Eucalyptus grandis*, entretanto, o resultado para frequência de vaso para o ambiente de terra firme foi inferior.

4 CONCLUSÃO

O diâmetro tangencial, o comprimento e espessura de fibra e a densidade da madeira, no geral, foram crescentes no sentido medula - casca para o lenho de andiroba e decrescente para a frequência de vaso e ângulo microfibrilar nas árvores dois ambientes de crescimento.

A madeira andiroba de floresta de várzea, ou seja, que ficaram submersas em água por um determinado tempo tende a apresentar menor resistência mecânica em comparação a madeira proveniente de terra firme.

A madeira de andiroba oriunda da floresta de terra firme é mais densa e conseqüentemente apresentou maior contração volumétrica que a madeira das árvores que cresceram em floresta de várzea.

O comprimento da fibra foi o parâmetro mais adequado para delimitação dos lenhos juvenil e adulto em andiroba. E o AMF foi o parâmetros que apresentou maiores diferenças entre os valores médios entre os dois tipos de lenho.

O crescimento em ambiente de terra firme ou em áreas alagadas não influenciou a proporção de lenho juvenil entre árvores de andirobas.

A diferença significativa e o crescimento ou decréscimo para as propriedades anatômicas e propriedades físicas entre as regiões lenho ratificam a transição delimitada pela variação do comprimento de fibra nas árvores de andirobas de floresta de terra firme e de floresta de várzea.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: Projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941**. Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 1997. 6p.

BARROS, C.F.; CALLADO, C.H. **Madeiras da Mata Atlântica**: Anatomia do Lenho de Espécies Ocorrentes nos Remanescentes Florestais do Estado do Rio de Janeiro – Brasil. Rio de Janeiro: Jardim botânico do rio de janeiro, 1997.

BENDTSEN B. A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown cottonwood and loblolly pine. **Wood Fiber Science**, Hanover, v. 18, n.1, p. 23–28, 1986.

BENDTSEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, Atlanta, v. 28, n. 10, p. 69-72, 1978.

BIANCHINI, E.; MEDRI, M. E.; PIMENTA, J. A.; GILONI, C. P. P.; KOLB, R. M.; CORREA, G. T. Anatomical alterations in plants of *Chorisia speciosa* A. St.- Hil. submitted to flooding. **Interciencia**, Venezuela, v. 25, n. 9, p. 436-441, 2000.

BOYD, J. D. Relationships between fibre morphology, growth strains and physical properties of wood. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 10, n. 4, p. 337-360, 1980.

BRASIL. Presidência da república. Casa Civil. **Plano Amazônia Sustentável**: Diretrizes para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. 114 p.

COWN, D. J. Corewood (Juvenile wood) in *Pinus radiata*: should we be concerned? **Journal of Forestry Science**, Praha, v. 22, n. 1, p. 87-95, 1992.

CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D. P. **Solos de várzea de Minas Gerais. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.152, p.3-10, mar. 1988. (Exploração Racional de Várzea – II).

DELUCIS, R. A.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CADEMARTORI, P. H. G.; CORREA, L. W.; VEGA, R. A. Segregação e variação radial das propriedades físicas da madeira juvenil e adulta de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 549-556, 2013.

DÜNISCH, O.; RICHTER, H. G.; KOCH, G. Wood properties of juvenile and mature heartwood in *Robinia pseudoacacia* L. **Wood Science and Technology**, New York, v. 44, n. 2, p. 301-313, 2010.

DICKISON, W. **Integrative plant anatomy**. Sam Diego: academic press, 2000. p. 533.

FERREIRA, A. L.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W. Determination of fiber length and juvenile and mature wood zones from *Hevea brasiliensis* trees grown in Brazil, **Eur. J. Wood Prod**, Berlin, v. 69, p. 659-662, 2011.

FERRI, M. G. **Vegetação Brasileira**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1980.157 p.

FERRIERA A. L.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W. Determination of fiber length and juvenile and mature wood zones from *Hevea brasiliensis* trees grown in Brazil. **Eur. J Wood Prod**, Berlin, 69: 659–66 2, 2011.

GATTO, D. A., CADEMARTORI, P. H. G.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; TREVISAN, R.; DENARDI, L. Proportion of juvenile wood of açoita-cavalo, pecan and London plane wood. **International Wood Products Journal**, London, v. 4, n. 1, p. 33-36, 2012.

GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; BULIGON, E. A.; CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, L. S. O.; SANTINI, E. J. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 535-540, 2008.

GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; BULIGON, E. A.; CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, L. S. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Platanus x Acerifolia* (Ait) Willd. **Cerne**, Lavras, v.13, n.4, p. 393-398, 2007.

GEIMER, R. L.; HERIAN, V. L.; XU, D. Influence of juvenile wood on dimensional stability and tensile properties of flakeboard. **Wood and Fiber Science**, Hanover, v. 29, n. 2, p. 103-120, 1997.

GUARINO, E. S. G.; GESSNER, C. M.; WADT, L. H. O.; FONSECA, F. L. da.; RAPOSO, A. Estrutura etária e espacial de uma população natural de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Sul Ocidental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 91-99, 2014.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS – IAWA. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 226-332, 1989.

JIAN, L.; YIXING, L.; YONGZHI, C.; ZICAI, X. Demarcation of juvenile and mature woods of planted Chinese fir and its wood quality prediction. **Forestry Research**, v. 9, n. 4, p. 229-232, 1998.

JORDAN, C.F. The interface between economics and nutrient cycle in Amazon land development. In: MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L., RITCHIE, J. E. (Org.). **The biogeochemistry of the Amazon basin**. New York: Oxford University Press, 2001.p. 156-164.

KLIMAS, C. A.; KAINER, K. A.; WADT, L. H. O. Population structure of *Carapa guianensis* in two forest types in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 250, n. 3, p. 256–265, 2007.

- LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in microfibril angle in *Eucalyptus* clones. **Holzforschung**, Berlin, v. 58, p. 160 -166, 2004.
- LOURENÇON, T. V.; MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; BULIGON, E. A.; HASELEIN, C. R. Determinação da idade de transição entre lenho juvenil e lenho adulto para três espécies florestais por meio de suas propriedades mecânicas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 251-260, 2014.
- LUCHI, A. E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, São Pulo, v. 27, n. 2, p. 271-280, 2004.
- MELO, R. R.; SILVESTRE, R.; OLIVEIRA, T. M.; PEDROSA, T. D. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. com diferentes idades. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 04, n. 01, p. 83-92, 2013.
- METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of dicotyledons: wood structure and conclusion of the general introduction**. 2. ed. Oxford: Clarendon Press, 1989. 297 p.
- NAJI, H. R., SAHRI, M. H., NOBUCHI T., BAKAR, S. Clonal and planting density effects on some properties of rubber wood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **BioResources**, North Carolina, v. 7, n. 1, p. 189–202, 2012.
- PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; CARVALHO, A. M. de.; CALONEGO F. W.; SEVEROE, T. D. Anatomical properties of *Eucalyptus grandis* wood and transition age between the juvenile and mature woods. **Eur. J. Wood Prod**, Heidelberg v. 73, p. 775–780, 2015.
- PAROLIN, P.; FERREIRA, L. V. Are there differences in specific wood gravities between trees in várzea and igapó (Central Amazonia). **Ecotropica**, Frankfurt, v. 4, p. 25-32, 1998.
- PELOZZI, M. A. P.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; RODRIGUES, P. L. M. Propriedades físicas dos lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* e de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 305-313, 2012.
- PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T.; TAYLOR, D. A. H. Meliaceae. **Flora Neotropica**, New York, v. 28, p. 406-419, 1981.
- RIBEIRO, A. O.; MORI, F. A., MENDES, L. M. Características das dimensões das fibras e análise do ângulo microfibrilar de *Toona ciliata* cultivada em diferentes localidades. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 47-56, 2011.
- VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 469-480, 2011.

WALDHOFF, D. Leaf structure in trees of Central Amazonian floodplain forests (Brazil). **Amazoniana**, Kiel, v. 3, n. 4, p. 451-469, 2003.

ZOBEL, B. J. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. In: IUFRO CONFERENCE, Oxford. **Proceedings...** Oxford: IUFRO, 1980. p. 169-188, 1980.

ZOBEL, B. J, VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer, 1989. p. 361.

Capítulo II - Cor e sua correlação com as propriedades da madeira de andiroba de floresta de terra firme e de várzea, Amapá, Brasil

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a cor da madeira de andiroba provenientes de dois diferentes ambientes naturais de crescimento (floresta de terra firme e de floresta de várzea), no sentido medula - casca e aos planos de corte, bem como, a sua correlação com a densidade básica e morfologia das fibras e vasos da madeira. Foram colhidas oito árvores da espécie, sendo quatro provenientes de floresta de terra firme e quatro de várzea, na Reserva Extrativista do Rio Cajari, Amapá, Brasil. Do tronco de cada árvore foi retirado um disco acima da região que finalizava as raízes adventícias. Em cada disco, foram marcadas e seccionadas três seções diametrais para a retirada de corpos de prova de 2 x 2 x 2 cm (radial, tangencial e longitudinal) no sentido medula – casca, para avaliação das propriedades da madeira. A cor da madeira foi avaliada pelos parâmetros colorimétricos do sistema CIEL a^*b (1976), a morfologia das fibras e dos vasos segundo a IAWA (1989) e a densidade básica seguiu a NBR 11941 da ABNT 2003. A madeira de andiroba, em ambos os ambientes naturais de crescimento foi caracterizada pela coloração marrom – claro. No entanto, a madeira proveniente da floresta de várzea, ou seja, sujeita a inundações periódicas apresentou maior claridade e tonalidade amarela. A madeira no plano de corte radial exibiu uma maior tonalidade amarela em relação ao plano de corte tangencial. A medida que a madeira de andiroba de floresta de terra firme e de várzea se desenvolveu radialmente, torna-se gradativamente mais clara principalmente pela presença do alburno próximo a casca, com menor pigmentação vermelha e amarela, e tonalidade opaca. A densidade básica e a morfologia das fibras e vasos tiveram influência na cor da madeira de andiroba.

Palavras-chave: Andiroba; Ambientes de crescimento; Cor da madeira; Qualidade da madeira.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Carapa guianensis* Aubl., conhecida vulgarmente como andiroba e pertencente à família Meliaceae, é uma espécie nativa da Amazônia (LOUREIRO; SILVA, 1968; PENNINGTON; STYLES; TAYLOR, 1981). Suas árvores são de médio a grande porte, com tronco reto e presença de sapopemas com copa média e densa. As andirobeiras possuem potencial para exploração madeireira e não madeireira, sendo a sua madeira moderadamente pesada, de fácil trabalhabilidade e de bom acabamento (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002).

No Brasil, a espécie ocorre na bacia Amazônica, nas florestas de terra firme, que são áreas de vegetação localizadas em regiões mais elevadas que não sofrem inundações pela cheia dos rios (FERRI, 1980) e com maior frequência nas florestas de várzeas (KENFACK, 2011), que são caracterizadas áreas de vegetação que ocorrem ao longo dos rios e das planícies inundáveis e são adaptadas as condições hidrológicas sazonais (JUNK, 1982).

Os diferentes ambientes de crescimento como as florestas de terra firme e também as florestas de várzea podem gerar alterações nas populações das espécies. As condições ambientais exercem uma pressão seletiva sobre as árvores, pois podem provocar alterações de caráter morfológico e estrutural, levando os indivíduos e por fim as espécies, a se adaptarem ao ambiente. E, a ação de fatores como temperatura, luz, água e nutrientes, são determinantes na variabilidade e modificações das propriedades da madeira (RIZZINI, 1997; PINHEIRO, 1999).

Uma das propriedades da madeira que pode ser alterada pelas condições ambientais é a cor que é importante na identificação de madeira, na indicação do uso e na definição do valor comercial das espécies madeireiras, principalmente, quando associada aos aspectos de textura e desenho (MÖTTÖNEN; ALVILA; PAKKANEN, 2002; MORI et al., 2005; BARROS; MUNIZ; MATOS, 2014).

Além dos condicionantes ambientais, a cor natural da madeira pode ser influenciada por fatores genéticos, taxa de crescimento e idade da árvore, planos de orientação e posição dentro do fuste (PHELPS; MCGINNES JUNIOR, 1983; KOKUTSE et al., 2006; GARCIA; MARINONIO, 2016). A cor da madeira pode também estar relacionada com as propriedades anatômicas e com os extrativos presentes no

lenho (VANCLAY; HENSON; PALMER, 2008; AMORIM; GONÇALEZ; CAMARGOS, 2013; GARCIA et al., 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a cor da madeira de andiroba provenientes de dois diferentes ambientes naturais de crescimento (floresta de terra firme e de floresta de várzea), no sentido medula - casca e aos planos de corte, bem como, a sua correlação com a densidade básica e morfologia das fibras e vasos da madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material: as árvores foram provenientes da Reserva Extrativista do Rio Cajari, situada no extremo sul do Estado do Amapá (0°15' S e 52°25' O e 1°5' S e 51°31' O). A área da reserva é de 501.771 ha, abrangendo os municípios de Laranjal do Jarí, Mazagão e Vitória do Jari. O corte das árvores foi realizado com a autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (SISBIO / ICMBio): 47586 -1.

Foram abatidas oito árvores, sendo quatro provenientes de floresta de terra firme com diâmetro entre 50 à 53 cm e quatro árvores de floresta de várzea, com diâmetro entre 50 à 70 cm, contemplando o diâmetro mínimo de corte de 50 cm exigido pela legislação brasileira para o corte das espécies florestais por meio do manejo florestal na Amazônia.

Do tronco de cada árvore foi retirado um disco acima da região que finalizava as raízes adventícias, característica comum dessa espécie (Figura 1). Em cada disco, foram marcadas e seccionadas três seções diametrais para a retirada de corpos de prova de 2 x 2 x 2 cm (radial, tangencial e longitudinal) no sentido medula – casca, para avaliação das propriedades da madeira.

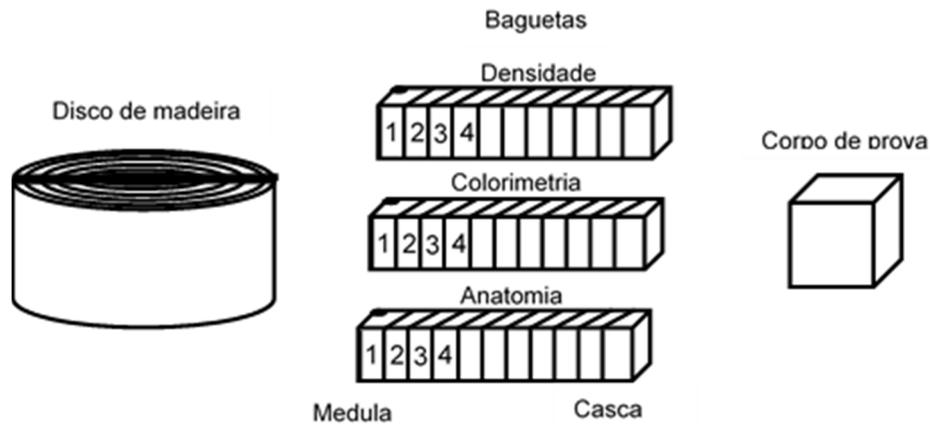


Figura 1. Esquema da retirada dos corpos de prova no sentido medula - casca para o estudo da cor, da densidade e das propriedades anatômicas (fibras e vasos) da madeira de andiroba.

Fonte: o autor

Morfologia das fibras e vasos: foram avaliados o comprimento e a espessura da parede das fibras [CF e EP (μm)], o diâmetro tangencial [DT (μm)] e a frequência dos vasos [FV ($\text{n}^\circ \text{ cel. mm}^{-2}$)], seguindo as recomendações da *International Association of Wood Anatomists – IAWA* (1989). Foram realizadas 20 mensurações dos elementos anatômicos por lâmina (400 mensurações por variável), utilizando o *software AxioVision 4.9.1*.

Densidade básica da madeira: determinada segundo a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 11941 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003).

Cor da madeira: avaliada pelo sistema CIE L^*a^*b (1976) utilizando os parâmetros colorimétricos luminosidade ou claridade (L^*) no eixo preto e branco, a qual varia de 0 a 100, matiz do eixo verde – vermelho (a^*) e matiz do eixo azul – amarelo (b^*), ambos variando entre -60 e +60 (BARROS; MUNIZ; MATOS, 2014; GARCIA et al., 2014).

A saturação (C), com variação de 0 a 60, e o ângulo de tinta (h^*) compreendido entre 0° e 360° , foram calculados pelas Equações 1 e 2, respectivamente, segundo o sistema CIElab 1976. A variação total da cor entre madeira de floresta de terra firme e de várzea e planos de corte (tangencial / radial) foi determinada pelo emprego da Equação 3, conforme Konica e Minolta (1998). Adicionalmente foi realizada a classificação da variação da cor utilizando-se a tabela 1, proposta por Hikita, Toyoda e Azuma (2001), com base em níveis de percepção visual.

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5} \quad (1) \quad h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2) \quad \Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

Em que: C: saturação; h*: ângulo de tinta; ΔE^* : variação total da cor da madeira; a*: coordenada cromática do eixo verde - vermelho; b*: coordenada cromática do eixo azul - amarelo; ΔL^* , Δa^* e Δb^* : variação das coordenadas L^* , a^* e b^* .

Tabela 1 - Classificação da variação total da cor (ΔE^*) de madeiras.

Varição Total da Cor (ΔE^*)	Classificação
Desprezível	0,0 - 0,5
Ligeiramente perceptível	0,5 - 1,5
Notável	1,5 - 3,0
Apreciável	3,0 - 6,0
Muito Apreciável	6,0 - 12,0

Fonte: Adaptado de Hikita, Toyoda e Azuma (2001).

Utilizou-se um espectrofotômetro portátil (KONICA MINOLTA, 1998) para a obtenção dos parâmetros da cor da madeira, mediante três leituras diretas em 160 amostras do sentido medula - casca dos discos, nos planos tangencial e radial, totalizando 480 observações. As superfícies das amostras foram previamente lixadas com lixa de granulometria 60.

O diâmetro de abertura da área de iluminação do aparelho foi de 3 mm ("SAV – *Small Area View*"). O iluminante utilizado foi o padrão D65 e o ângulo de observação de 10°. Para as leituras, o equipamento foi calibrado com o padrão preto e branco, e para a calibração do padrão branco, foi utilizada uma placa de calibração específica do equipamento.

Análise estatística: O experimento foi conduzido sob o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 2 x 10 x 2. Os fatores analisados foram: o ambiente (terra firme e várzea), a posição medula - casca (10 níveis) e os planos de corte (tangencial e radial). As pressuposições de homogeneidade de variâncias e normalidade dos dados foram verificadas pelos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente.

Foi realizada uma análise de variância e quando as médias diferiram estatisticamente aplicou-se o teste F para os fatores ambiente e planos de corte. Para o fator posição medula - casca foi realizada uma análise de regressão.

Adicionalmente, foi obtido os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre os parâmetros colorimétricos (L^* , a^* e b^*) e a densidade básica e morfologia das

fibras e vasos da madeira. Foi aplicado o teste t para analisar se a correlação foi significativa. Em todos os testes utilizou-se 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cor da madeira de andiroba

A predominância do pigmento amarelo (b^*), que compõe a cor mais clara, é característica marcante da madeira da espécie nos dois ambientes de crescimento das árvores. No entanto, o pigmento vermelho (a^*) exerce forte influência na caracterização da cor original, explicando a coloração marrom. A variável C caracteriza a andiroba como de baixa saturação, evidenciando a cor amarela e vermelha em tons mais acinzentados. Os valores de ângulo de tinta (h^*), confirmam a influência do pigmento amarelo na madeira de andiroba, por estarem mais próximos ao eixo b^* no sistema CIEL a^*b^* (1976).

Resultados semelhantes foram encontrados para madeira de andiroba plantada na Costa Rica apresentou valores médios de L^* : 47,16; a^* : 15,86; e b^* : 31,84 (sentido tangencial de observação), evidenciando que a cor do lenho da espécie é uma combinação de tons de branco, vermelho e amarelo (VALVERDE; MOYA, 2010).

Pela tabela de cores proposta por Camargos e Gonzalez (2001), a madeira de andiroba pode ser caracterizada pela coloração marrom - claro, tanto nas árvores oriundas de floresta de terra firme quanto nas de várzea. Além disso, a mesma pode ser classificada em luminosidade média, como a espécie tauari - vermelho [*Cariniana micrantha* Ducke (L^* : 63,04)] e pequiarana [*Caryocar glabrum* (L^* : 64,04)] da floresta Amazônica, Amazonas - BR (BARROS; MUNIZ; MATOS, 2014).

Não ocorreu interação entre os fatores ambientes de crescimento, sentido medula – casca e planos de corte (radial e longitudinal), evidenciando que eles são independentes. Entretanto, quando considerados isoladamente, os mesmos apresentaram diferenças significativas para os parâmetros colorimétricos no teste F .

Cor da madeira de andiroba proveniente de floresta de terra firme e de várzea

O lenho da andiroba proveniente de floresta de várzea caracterizou-se por maior luminosidade e tonalidade amarela e ângulo de tinta mais próximo a coloração amarela em comparação a madeira oriunda de floresta de terra firme. A variação total da cor da madeira de andiroba entre os ambientes, classificada em função da percepção visual, foi de notável [Tabela 2, Figura 2].

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de andiroba proveniente de floresta de terra firme e de várzea, Amapá, Brasil.

Ambiente	L	a*	b*	C	h*	ΔE^*
Várzea	62,50 a	11,29 a	19,65 a	22,23 a	61,00 a	2,14 ¹
Terra firme	60,47 b	10,90 a	19,09 b	22,50 a	59,66 b	

Em que: L* = luminosidade; a* e b* = coordenadas cromáticas; C = saturação; h* = ângulo de tinta; ΔE^* : variação total da cor da madeira. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferenciam entre si a 1% de significância pelo teste F. ¹Diferença de cor classificada pela percepção visual.



Figura 2. Amostras representativas de um raio (medula – casca) dos discos da madeira de andiroba provenientes de floresta de terra firme e várzea, Amapá, Brasil.

Fonte: o autor

As árvores das florestas de várzea estão fisiologicamente adaptadas ao regime diário de entrada e saída de água dos rios. A formação do lenho nessa tipologia florestal pode resultar nessa variação da cor entre os lenhos de andiroba de floresta de terra firme e de várzea.

As adaptações fisiológicas das árvores ao excesso de água no solo consistem em aumento da resistência estomática, declínio da fotossíntese e condutância hidráulica da raiz, e a redução da translocação de fotoassimilados (KOZLOWSKI, 1997; PARENT et al., 2008; STRIKER, 2012), o que afeta o crescimento e formação das suas estruturas anatômicas (SHANKLIN; KOZLOWSKI, 1985; PEZESHKI, 2001).

A inundação também altera o equilíbrio dos elementos e dos compostos no solo, resultando em importantes mudanças químicas, físicas, biológicas e mineralógicas nas áreas de floresta alagada (TAIZ; ZEIGER, 2004; LIMA et al., 2005; MARTINEZ; MOURÃO; BRIENZA JUNIOR, 2011). E, como as respostas fisiológicas das árvores estão associadas ao seu habitat, essas variações são refletidas na formação do xilema das espécies (DICKISON, 2000). E conseqüentemente essas variações que ocorrem no lenho exerce influência na formação da cor da madeira das espécies florestais presentes nesse ambiente.

Cor da madeira de andiroba nos planos de corte radial e tangencial

Maiores valores médios dos parâmetros colorimétricos b^* , C e h^* (Tabela 2) foram observados para a madeira no plano de corte radial, caracterizando-se por maior tonalidade amarela e essa cor mais saturada, comprovada também pelo ângulo de tinta, mais próximo do eixo da coordenada matiz do eixo azul – amarelo (b^*). Pela classificação por percepção visual proposta por Hikita, Toyoda e Azuma (2001), a diferença da cor da madeira entre os planos de corte foi notável.

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros colorimétricos nos planos de corte radial e tangencial da madeira de andirobas.

Plano de corte	L*	a*	b*	C	h*	ΔE^*
Radial	62,18 a	11,06 a	19,82 a	22,72 a	60,98 a	1,7 ¹
Tangencial	60,78 a	11,13 a	18,92 b	22,00 b	59,68 b	

Em que: L*= luminosidade; a* e b*= coordenadas cromáticas; C= saturação; h*= ângulo de tinta; ΔE^* : variação total da cor da madeira. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferenciam entre si a 1% de significância pelo teste F. ¹Diferença de cor classificada pela percepção visual.

Estudos microscópicos revelaram que produtos químicos descoloridos na madeira estão concentrados nas células de parênquimas dos raios, justificando a maior luminosidade e tonalidade amarelada de baixa saturação encontrada no plano radial (MÖTTÖNEN; KÄRKI, 2007).

Assim como a andiroba, maiores valores médios de luminosidade e saturação na madeira foram observados no plano de corte radial na madeira de pequiara (*Caryocar glabrum*) (BARROS; MUNIZ; MATOS, 2014). Já Autran e Gonzalez (2006) não encontraram diferenças significativas de luminosidade e saturação entre os

planos tangencial e radial das madeiras de muirapiranga (*Brosimum rubescens*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*).

Portanto, destaca-se a importância da cor na escolha do sistema de desdobro para a madeira de andiroba. Caso a preferência de mercado for por madeiras serradas com tonalidade mais amarelada, as toras devem ser desdobradas no plano radial, já que os valores de (b^*) são mais elevados nesse plano. Já, para a aquisição de lotes de madeiras mais escuras, o desdobro tangencial é o mais adequado.

Cor da madeira de andiroba no sentido medula – casca

Os modelos de predição das propriedades colorimétricas em razão do sentido medula-casca foram significativos para todos os parâmetros colorimétricos, inferindo que os mesmos, são adequados para descrever a variabilidade de cor na madeira (Figura 3), exceto para o ângulo de tinta (h) no qual o modelo não foi significativo. As retas de regressão não obtiveram um alto ajustamento, o que pode ser avaliado pelo R^2 , portanto, as variações dos parâmetros colorimétricos são aleatórias e provavelmente, são explicadas por outros fatores além das posições radiais.

A partir da medula, a madeira de andiroba manteve valores constantes de luminosidade (L^*). Entretanto, próximo a casca, verificou-se uma tendência de aumento, indicando que a madeira foi gradativamente ficando mais clara quando se distanciou da medula devido à presença do alburno.

Para a coordenada cromática verde - vermelho (a^*) e a cromaticidade (C^*), ocorreu uma leve tendência de aumento dos níveis, a partir da medula, até aproximadamente a posição radial de 10 cm. Após essa posição, os valores de a^* e C^* foram diminuindo, de modo mais abrupto, chegando próximo a casca em níveis mais baixos que os verificados na região de observação próxima à medula, evidenciando uma madeira com menor pigmentação vermelha e tonalidade mais opaca na periferia do fuste. Esse comportamento induz a uma heterogeneidade da cor da madeira de andiroba no sentido medula - casca.

Já a coordenada cromática azul - amarelo (b^*) apresentou uma tendência pequena de declínio no sentido medula - casca. Foi possível verificar que a medida

em que a madeira de andiroba desenvolveu-se radialmente, sua coloração foi adquirindo tons menos amarelados.

Não ocorreu uma associação entre as posições radiais e o ângulo de tinta (h) e a tendência dessa variável manteve-se constante da medula para a casca.

A variação da cor ocorreu devido ao lenho apresentar alterações nas características anatômicas, físicas, e químicas no tronco das árvores no sentido medula - casca (LIMA; GARCIA, 2010). As camadas de crescimento produzidas próximo a medula têm características distintas daquelas situadas perto do câmbio, posto que, as localizadas próximo à medula foram formadas durante o período juvenil da árvore, na qual o ritmo de crescimento é mais acelerado, sendo que essas diferenças entre as propriedades afetam a cor da madeira das espécies (ZOBEL; TALBERT, 1984). Também essas diferenças de colorimetria no sentido medula – casca é devido as variação de cor entre o cerne e alburno dessa espécie florestal.

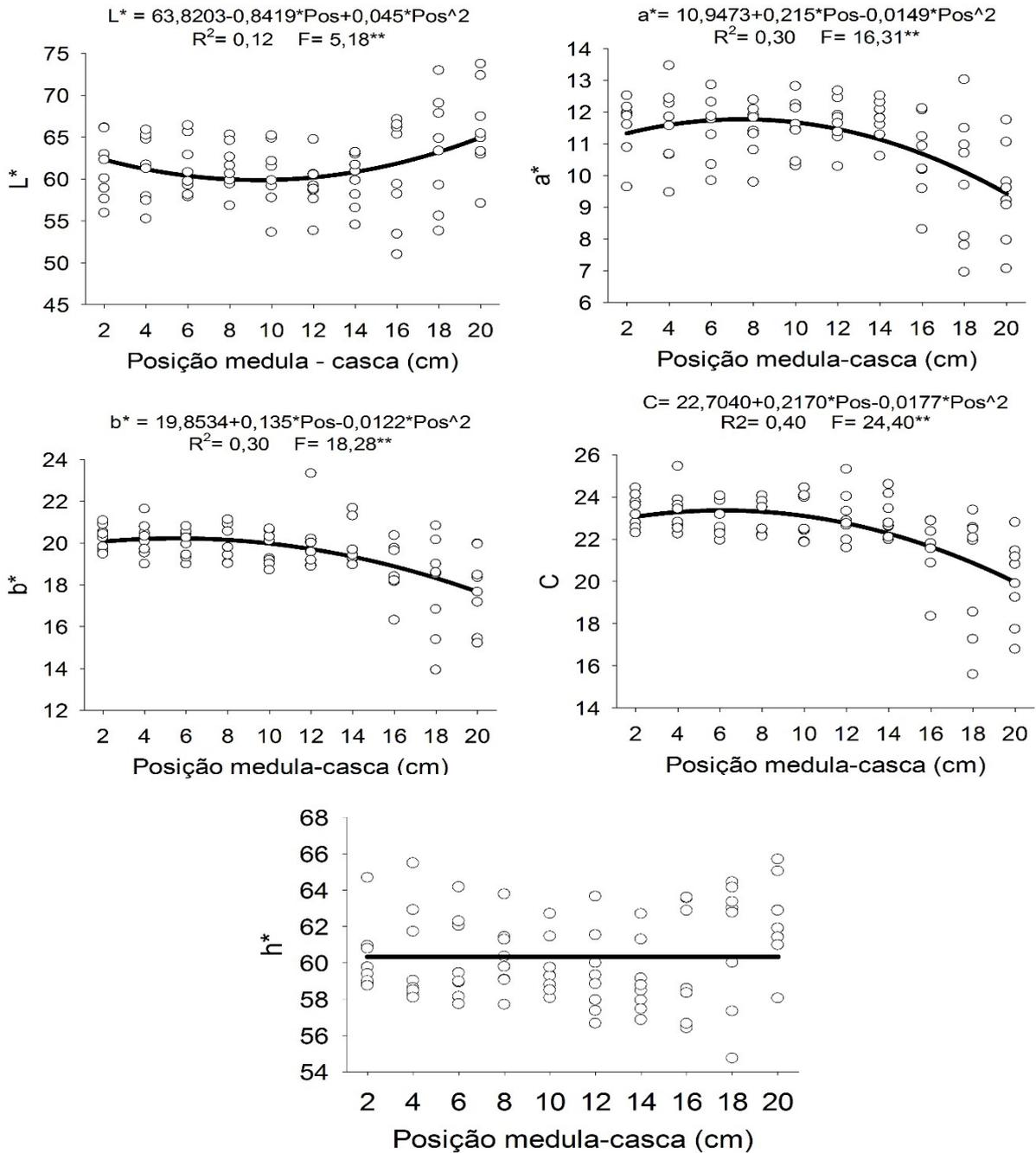


Figura 3. Variação no sentido medula – casca dos parâmetros colorimétricos da madeira de andiroba provenientes de floresta de terra firme e floresta de várzea, Amapá, Brasil.

Fonte: o autor

Correlações entre os parâmetros colorimétricos e as propriedades da madeira de andiroba

As correlações entre das variáveis anatômicas, densidade e os parâmetros colorimétricos não apresentaram grande magnitude, ficando entre fraca a moderadas. Não existiu uma alta correlação linear dos parâmetros colorimétricos com a densidade básica e as estruturas anatômicas da madeira de andiroba (Tabela 3).

As correlações entre os parâmetros colorimétricos e as propriedades do lenho de andiroba foram negativas e significativas na madeira proveniente de floresta de várzea para a densidade e L* (tangencial e radial) e densidade e b* (tangencial). A medida que o valor de densidade diminui, a claridade e a tonalidade amarela aumentam, confirmando que as madeiras mais claras, tendem a ser menos densas.

Já a densidade da madeira oriunda de floresta de terra firme não apresentou correlações significativas com os parâmetros colorimétricos, evidenciando que esta propriedade não influenciou na cor da madeira de andiroba, neste ambiente.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros colorimétricos por planos de corte e as propriedades da madeira de floresta de terra firme e de várzea, Amapá, Brasil.

Ambiente de crescimento das árvores	Variáveis	Plano de corte tangencial			Plano de corte radial		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Floresta de terra firme	DB	0,251 ^{ns}	-0,214 ^{ns}	-0,229 ^{ns}	0,245 ^{ns}	-0,249 ^{ns}	-0,277 ^{ns}
	CF	-0,138 ^{ns}	-0,065 ^{ns}	-0,132 ^{ns}	0,269 ^{ns}	-0,092 ^{ns}	-0,122 ^{ns}
	EP	0,314*	-0,445**	-0,532**	0,331*	-0,371*	-0,524**
	DT	-0,086 ^{ns}	-0,201 ^{ns}	-0,372*	-0,152 ^{ns}	-0,123 ^{ns}	-0,123 ^{ns}
	FV	-0,053 ^{ns}	0,103 ^{ns}	0,116 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,073 ^{ns}
Floresta de Várzea	DB	-0,504**	0,123 ^{ns}	-0,610**	-0,602**	0,269 ^{ns}	-0,158 ^{ns}
	CF	-0,199 ^{ns}	0,032 ^{ns}	-0,320 ^{ns}	-0,127 ^{ns}	-0,011 ^{ns}	0,006 ^{ns}
	EP	-0,475**	0,125 ^{ns}	-0,300 ^{ns}	0,333*	-0,049 ^{ns}	-0,141 ^{ns}
	DT	0,090 ^{ns}	-0,379*	-0,423*	0,099 ^{ns}	-0,147 ^{ns}	-0,350*
	FV	0,066 ^{ns}	-0,048 ^{ns}	0,047 ^{ns}	0,170 ^{ns}	-0,114 ^{ns}	-0,042 ^{ns}

P: propriedades; DB: densidade básica; CF: comprimento e EP: espessura de parede das fibras; DT: diâmetro tangencial e FV: frequência de vasos; L*: luminosidade; a* e b*: variáveis cromáticas representando o vermelho e o amarelo. ** Significativo à 1% de probabilidade pelo teste t. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de t; ^{ns}: não significativo.

Assim como a madeira de andiroba da floresta de várzea, também foram encontradas correlações negativas e significativas entre a densidade e as variáveis colorimétricas L^* e b^* para as espécies de *Corymbia citriodora* (17 anos) e *Eucalyptus dunnii*, ou seja, as madeiras mais densas dessas espécies apresentaram menor claridade e pigmentação amarela (GARCIA et al., 2014; VANCLAY; HENSON; PALMER, 2008). No entanto, em clones de eucalipto mais jovens (7,5 a 13,5 anos), Mori et al. (2004) não observaram correlações significativas dos parâmetros colorimétricos com a densidade da madeira.

As correlações foram positivas e significativas entre a espessura da parede das fibras e L^* (tangencial e radial) para a madeira de floresta de terra firme e negativas e significativas para madeira de floresta de várzea avaliadas no plano de corte radial. Por fim, foram encontradas correlações negativas e significativas entre a espessura da parede das fibras e as variáveis a^* e b^* (tangencial e radial) na madeira de floresta de terra firme.

Com o aumento da espessura das fibras verifica-se maior luminosidade e diminuição da tonalidade vermelha e amarela para a madeira de andiroba. A diferença de relação positiva e negativa entre luminosidade e espessura da parede das fibras para terra firme e várzea, pode estar relacionada a presença ou ausência e até mesmo a quantidade de um determinado tipo de extrativo nessas madeiras.

Esses resultados diferem do trabalho de Mori et al. (2004) com clones de eucalipto mais jovens (7,5 a 13,5 anos), no qual, não observaram correlação significativa dos parâmetros colorimétricos com a espessura da parede das fibras.

Também foi encontrada correlação negativa e significativa para o diâmetro tangencial dos vasos e b^* (tangencial) na madeira de terra firme e correlação negativa e significativa entre diâmetro tangencial dos vasos e a^* para a madeira de várzea. Madeiras com vasos de maiores diâmetros tangenciais, apresentam uma proporção elevada de espaços vazios, ocasionando a diminuição da pigmentação vermelha e/ou amarela na madeira.

O comprimento de fibras e a frequência dos vasos não correlacionaram significativamente com os parâmetros colorimétricos da madeira, tanto para as árvores que cresceram em floresta de terra firme quanto na floresta de várzea.

Algumas propriedades da madeira tiveram influência na determinação da cor, entretanto, apresentaram coeficientes de correlação baixos e na maioria dos casos não significativos. Esses resultados evidenciam que outras características podem ser

fundamentais na caracterização da cor dessa espécie, dentre esses a composição química da madeira.

4. CONCLUSÃO

A madeira de andiroba foi caracterizada pela coloração marrom - claro tanto nas árvores oriundas de floresta de terra firme quanto nas de várzea. Também apresentou maior claridade e tonalidade amarela do que a de floresta de terra firme.

A medida que a madeira de andiroba desenvolveu-se radialmente foi ficando gradativamente mais clara, com menor pigmentação vermelha e amarela e tonalidade mais opaca nos dois ambientes de crescimento.

A densidade básica e a morfologia das fibras e vasos tiveram influência na determinação da cor da madeira de andiroba.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, P. G. R.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. A. Propriedades da madeira de *Pinus caribea* e *Eucalyptus grandis* estimadas por colorimetria. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 461-466, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941**: Madeira - Determinação da densidade básica, Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

AUTRAN, C. S.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização colorimétrica das madeiras de Muirapiranga (*Brosimum rubescens* Taub.) e de Seringueira (*Hevea brasiliensis*, clone Tjir 16 Müll Arg.) visando à utilização em interiores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 445-451, 2006.

BARROS, S. V. dos.; MUNIZ, G. I. B. de.; MATOS, J. L. M. de. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **Cerne**, Lavras, v. 20 n. 3, p. 337-342, 2014.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 71, p. 30-42, 2001.

DICKISON, W. **Integrative plant anatomy**. Carolina: Academic press, 2000. 533 p.

FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C.; SAMPAIO, P. T. B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera*, D.C): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta amazônica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002.

FERRI, M. G. **Vegetação Brasileira**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1980.157 p.

GARCIA, R. A.; MARINONIO, G. B. Variação da cor da madeira de teca em função da densidade e do teor de extrativos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 1. p. 124-134, 2016.

GARCIA, R. A.; OLIVEIRA, N. S. de.; NASCIMENTO, A. M. do.; SOUZA, N. D. de. Colorimetria de madeiras dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e sua correlação com a densidade. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 4, p. 509-517, 2014.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. Weathering testing of timber: discoloration. In: IMAMURA, Y. **High performance utilization of wood for outdoor**. Kyoto: Press - Net, 2001.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS – IAWA. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 226-332, 1989.

JUNK, W. J. Amazonian floodplains: their ecology, present and potential use. **Hydrobiology tropical**, Montpellie, v. 15, n. 1, p. 285-301, 1982.

KENFACK, D. Resurrection in Carapa (Meliaceae): a reassessment of morphological variation and species boundaries using multivariate methods in a phylogenetic context. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 165, n. 2, p. 186-221, 2011.

KOKUTSE, A. D.; STOKES, A.; BAILLÈRES H.; KOKOU K.; BAUDASSE C. Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis* L. f.) heartwood and relationship with colour. **Trees**, Vancouver, v. 20, n. 2, p. 219-223, 2006.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. **Comunicação precisa da cor**: Controle de qualidade da percepção à instrumentação, 1998. 59 p.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology**, Victoria, v. 1, n. 7, p. 1-29, 1997.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V. de.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 317-330, 2005.

LIMA, I. L. de.; GARCIA, J. N. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 551-559, 2010.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. **Catálogo das madeiras brasileiras**. Belém: Ministério do Interior – SUDAM, 1968. 233 p.

MARTINEZ, G. B.; MOURÃO, M.; BRIENZA JUNIOR, S. B. Respostas morfofisiológicas de plantas de açacu (*Hura crepitans* L.) provenientes de várzeas do rio Amazonas: efeito da anoxia do solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1155-1164, 2011.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONCALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, A. C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004.

MÖTTÖNEN, K.; ALVILA, L.; PAKKANEN, T. T. CIELab Measurements to determine the role of felling season, log storage and kiln drying on coloration of silver birch wood. **Scandinavian Journal of Forest Research**, Kalmar, v. 17, n. 2, p. 179-191, 2002.

MÖTTÖNEN, V.; KÄRKI, T. Effect of drying force on birch wood colour change during high temperature drying. **Baltic Forestry**, Kaunas, v. 13, n. 1, p. 126-130, 2007.

PARENT, C.; CAPELLI, N.; BERGER, A.; CRÈVECOEUR, M.; DAT, J. F. An overview of plant responses to soil waterlogging. **Plant Stress**, Israel, v. 2, n. 1, p. 20-27, 2008.

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T.; TAYLOR, D. A. H. Meliaceae. **Flora Neotropica**, New York, v. 28, p. 406-419, 1981.

PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 46, n. 3, p. 299-312, 2001.

PHELPS, J. E.; MCGINNIS JUNIOR, E. A. Growth - quality evaluation of black walnut wood. Part III: An anatomical study of color characteristics of black walnut veneer. **Wood and Fiber Science**, Hanover, v. 15, n. 3, p. 212-218, 1983.

PINHEIRO, A. L. **Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, qualidade da madeira**. Viçosa, Minas Gerais: SIF, 1999.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1997.

SHANKLIN, J.; KOZLOWSKI, T. T. Effect of flooding of soil on growth and subsequent responses of *Taxodium distichum* seedlings to SO₂. **Environmental Pollution Series A Ecological and Biological**, Saskatchewan, v. 38, n. 3, p. 199-212, 1985.

STRIKER, G. G. Flooding Stress on Plants: Anatomical, Morphological and Physiological Responses. In: MWORIA, J. K (Org.). **Botany**. Rijeka-Croatia: InTech, 2012. p. 3-28.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALVERDE, J. C.; MOYA, R. Efectos de la intemperie en el color de dos acabados aplicados en madera de *Cedrela odorata* y *Carapa guianensis*. **Maderas Ciencia y Tecnología**, Concepción, v. 12, n. 3, p. 171-180, 2010.

VANCLAY, J. K.; HENSON, M.; PALMER, G. Color variation and correlations in *Eucalyptus dunnii* sawnwood. **Journal of Wood Science**, Kyoto, v. 54, n. 6 p. 431 - 435, 2008.

5 CONCLUSÃO GERAL

O diâmetro tangencial, o comprimento e espessura de fibra, a densidade, no geral, foram crescentes no sentido medula - casca para o lenho de andiroba nos dois

ambientes de crescimento e decrescente para a frequência de vaso e ângulo microfibrilar

A madeira andiroba de floresta de várzea tende a apresentar menor resistência mecânica em comparação a madeira proveniente de terra firme. A madeira de andiroba oriunda da floresta de terra firme é mais densa e conseqüentemente apresentou maior contração volumétrica que a madeira de floresta de várzea.

O comprimento da fibra foi o parâmetro mais adequado para delimitação dos lenhos. Não ocorreu diferença significativa entre a proporção de lenho juvenil entre árvores de andirobas proveniente de floresta de terra firme e floresta de várzea.

A diferença significativa e o crescimento ou decréscimo para as propriedades anatômicas e propriedades físicas entre as regiões lenho ratificam a transição delimitada pela variação do comprimento de fibra nas árvores de andirobas de floresta de terra firme e floresta de várzea.

A madeira de andirobas foi caracterizada pela coloração marrom - claro, tanto nas árvores oriundas de floresta de terra firme quanto nas de várzea.

A madeira de andiroba proveniente da floresta de várzea apresentou maior claridade e tonalidade amarela. A madeira no plano radial exibiu uma maior tonalidade amarela, essa cor mais saturada, e ângulo de tinta mais próximo do eixo da cor amarela.

Em sentido medula - casca a madeira de andiroba de floresta de terra firme e de várzea foi ficando gradativamente mais clara, com menor pigmentação vermelha e amarela e tonalidade mais opaca.

A densidade básica e a morfologia das fibras e vasos tiveram influência na determinação da cor da madeira de andiroba.