

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

NÍDIA NIELA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Artocarpus heterophyllus* Lam.
(Moraceae) PARA UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL**

CRUZ DAS ALMAS

2018

NÍDIA NIELA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Artocarpus heterophyllus* Lam.
(Moraceae) PARA UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel(a) em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Andréia da Silva Magaton

CRUZ DAS ALMAS

2018

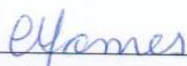
NÍDIA NIELA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Artocarpus heterophyllus* Lam.
(Moraceae) PARA UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL**

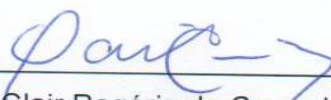
Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel(a) em Engenharia Florestal.

APROVADO EM: 13 DE AGOSTO DE 2018.

BANCA EXAMINADORA



Claudia Marcia Gomes - UFRB



Clair Rogério da Cruz - UFRB



Andréia da Silva Magaton - UFRB

(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por tudo que a mim foi concedido.

Gratidão imensa aos meus pais Lília Niela e Josemário Machado por serem o alicerce, e ao mesmo tempo o motivo por eu estar lutando. Aos meus irmãos Mabí e Lauro por toda força, carinho e dedicação que sempre têm comigo. Aos meus sobrinhos Davi, Maria Clara e Rudá pela alegria que trouxeram aos meus dias. Ao meu avô José pela cumplicidade, e minha tia Diane pelo amparo quando precisei.

Aos amigos que tive a felicidade de conhecer durante a jornada: Ítalo, Amanda, Beatriz, Karol, Taline, Juliana, Raíssa e Laiana.

Aos que colaboraram com o trabalho: Professora Adriana Gomes, Professor Clóvis, Professor Carlos Ledo, Fernanda, Juliana, Vanessa, Vitória, Gabriela e Silvana.

À Professora Andréia Magaton por me apresentar a área que hoje tenho prazer de estudar. À Professora Claudia Marcia pelas orientações e ensinamentos, e ao Professor Clair Rogério pelo incentivo e ajuda.

E à UFRB por todo o aprendizado.

RESUMO

A espécie *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jaqueira), bem adaptada a região do Recôncavo da Bahia, tem sua madeira utilizada para fabricação de móveis, e o fruto na alimentação humana. Entretanto, não foram encontrados na literatura estudos sobre a qualidade da madeira, bem como o seu potencial para utilização na indústria de celulose. Diante disso, o estudo teve como objetivo a caracterização da variação radial física, química e anatômica da madeira de *Artocarpus heterophyllus* e avaliação do seu potencial na indústria de celulose e papel. Em todas as análises foram empregadas metodologias usuais para caracterização física, química e anatômica de madeiras. Os resultados obtidos permitiram concluir que houve decréscimo da densidade básica no sentido medula-casca, e que os altos teores de lignina e extrativos encontrados para a espécie são potenciais comprometedores do seu uso na indústria de celulose. Os índices de qualidade da madeira para produção de celulose e papel apresentaram melhores resultados para fração parede, coeficiente de flexibilidade e índice de Runkel nas posições mais próximas a medula, enquanto para o índice de enfiamento nas regiões mais próximas a casca.

Palavras-chave: Jaqueira, Densidade, Química, Anatomia, Variação radial.

ABSTRACT

The species *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jackfruit), well adapted to the region of Recôncavo of Bahia, has its wood been used for the furniture manufacture, and the fruit as human food. However, no studies on the quality of wood and its potential for use in the pulp and paper industry were found in the literature. In view of this, the objective of this study was to characterize the physical, chemical and anatomical radial variation of *Artocarpus heterophyllus* wood and to evaluate its potential in the pulp and paper industry. In all analyzes, usual methodologies for physical, chemical and anatomical characterization of wood were used. The results obtained allowed to conclude that there was a decrease in the basic density in the marrow-shell direction, and that the high levels of lignin and extractive found for the species are potential compromising of its use in the pulp and paper industry. The wood quality index for pulp and paper production showed best results for cell wall fraction, flexibility coefficient and Runkel ratio in the positions closest to the marrow, while for the feltring index in regions closest to the shell.

Keywords: Jackfruit, Density, Chemistry, Anatomy, Radial variation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2. METODOLOGIA	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
3.1 DENSIDADE BÁSICA	12
3.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA.....	13
3.3 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA.....	15
3.4 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ELEMENTOS CELULARES E ÍNDICES DE QUALIDADE DAS FIBRAS PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE.....	17
4. CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Artocarpus heterophyllus* Lam., conhecida popularmente como jaqueira, pertence à família Moraceae, é originária da Índia, e foi introduzida no Brasil ainda no período Colonial durante o século XVII (LORENZI et al.,2006; LIMA et al.,2009). É uma árvore de regiões quentes e úmidas, e no Brasil é encontrada na região Amazônica e em toda costa tropical (SOUZA et al., 2009). Normalmente atinge uma altura de 8-25 m e diâmetro do caule de 30-80 cm (PRAKASH et al.,2009), mas no Brasil há indivíduos com dimensões superiores.

Sua madeira durável é altamente valorizada para fabricação de móveis e instrumentos musicais, e o fruto é base da alimentação e de renda em vários países (ELEVITCH & MANNER, 2006), incluindo diversas regiões do Brasil.

No Recôncavo da Bahia a espécie é bem adaptada, sua madeira é utilizada para fabricação de móveis, e o fruto na alimentação.

Diversos estudos da espécie são voltados para sua importância clínica, utilização dos seus frutos, e germinação de sementes (LIMA et al., 2009; PRAKASH et al.,2009; JAGTAP & BAPAT,2010; OLIVEIRA et al., 2011; CAVALCANTE et al., 2013). No entanto, estudos sobre a qualidade da madeira, bem como seu potencial para utilização na indústria de celulose e papel não foram encontrados na literatura.

A madeira é um recurso natural renovável com diversos usos, e para obter seu melhor aproveitamento é necessário o conhecimento de suas propriedades (SILVA et al., 2005). A densidade básica da madeira, bem como as propriedades anatômicas e químicas são parâmetros importantes para avaliação da sua qualidade para a indústria de celulose (BALDI, 2001; MOKFIENSKI, 2004; QUEIROZ et al., 2004; FOELKEL, 2009; COLODETTE E GOMES, 2015; PEDRAZZI et al.,2015).

A densidade básica é considerada o resultado da disposição e quantidade dos elementos anatômicos (teor de vasos, espessura da parede e largura das fibras, entre outros), e também da composição química dos elementos da madeira (MOKFIENSKI,2004).

A avaliação da densidade básica na indústria de celulose e papel fornece importantes informações sobre a impregnação e cozimento dos cavacos, já que

madeiras de baixa densidade têm a impregnação e o cozimento facilitados (FOELKEL, 2009). Na polpa, este parâmetro está geralmente associado às suas características de resistências físico-mecânicas (QUEIROZ et al., 2004).

Segundo Valente et al. (1992) citados por Santos (2005), a estrutura do papel produzido de madeiras de alta densidade é mais porosa, possui alta opacidade e baixa resistência à tração, pois suas fibras possuem paredes espessas e diâmetro do lúmen pequeno e baixa área de ligação entre as fibras, resultando em baixa resistência ao papel.

A classificação da densidade da madeira de eucalipto pode variar entre baixa (0,40 a 0,45 g.cm⁻³), média (0,48 a 0,52 g.cm⁻³) ou alta (0,52 a 0,60 g.cm⁻³), de acordo com Foelkel (2009). Os programas de melhoramento visando a produção de celulose são orientados para densidades de madeira com valores acima de 0,500 g.cm⁻³, pois embora o rendimento seja prejudicado devido às condições alcalinas e de temperaturas altas, a maior produtividade dessas madeiras compensa esta desvantagem (MOKFIENSKI et al., 2008).

As dimensões dos elementos anatômicos, e a sua quantidade por unidade de área influenciam a qualidade do papel. Para avaliar madeiras com finalidade de produção de papel são utilizadas relações entre dimensões das fibras (comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume) através do cálculo de índices, como: índice de Runkel, índice de enfieltramento, coeficiente de flexibilidade e fração parede (NISGOSKI et al., 2012).

O índice de Runkel é a razão entre duas vezes a espessura da parede e o diâmetro do lúmen, e mede o grau de colapso das fibras durante o processo de produção do papel (FLORSHEIM et al., 2009). Quanto menor o seu valor, maior o grau de colapso das fibras e sua capacidade de se ligarem, devido ao aumento da superfície de contato, sendo, portanto, uma indicação das características de resistência à tração e ao arrebatamento do papel (FOELKEL & BARRICHELO, 1975; BALDI, 2001).

O Índice de enfieltramento é a relação entre o comprimento e a largura da fibra, e está diretamente relacionado à resistência ao rasgo e às dobras duplas da folha de papel (FOELKEL & BARRICHELO, 1975; BALDI, 2001).

O coeficiente de flexibilidade é a relação entre o diâmetro do lúmen e a largura da fibra, em porcentagem. Quanto maior essa relação significa que a fibra é mais flexível e maior é a quantidade de ligações interfibras, resultando numa folha de papel com maior resistência à tração e ao arrebentamento (FOELKEL & BARRICHELO, 1975).

A fração parede é a relação entre a espessura da parede celular e a metade da largura da fibra, em porcentagem. Quando o valor resultante da relação é acima de 40%, admite-se que as fibras possuem baixa flexibilidade, resultando em folha de papel com pouca resistência à tração e ao arrebentamento (FOELKEL & BARRICHELO, 1975).

A composição química da madeira também tem influência na qualidade da celulose e do papel (FOELKEL,2009).

A celulose e as hemiceluloses quando associadas determinam as características de rendimento e resistência da polpa celulósica. Além disso, a preservação das hemiceluloses está relacionada ao consumo de reagentes químicos durante o branqueamento da polpa pela formação de ácidos hexenurônicos, e conseqüentemente, afetam os custos da indústria (FOELKEL & BARRICHELO, 1975; FOELKEL, 2009). Por outro lado, estudos demonstram que as hemiceluloses contribuem significativamente para o aumento das propriedades de resistência mecânica do papel, do índice de retenção de água da polpa (MANFREDI, 2010; LINO, 2011) e redução do consumo de energia no refino da polpa (PEDRAZZI et al.,2015).

O teor de lignina da madeira influencia diretamente o processo de polpação kraft, pois afeta o consumo de álcali, a geração de sólidos secos no sistema de recuperação do licor, e o rendimento em celulose, tendo em vista que, a redução de 1,2 a 1,5% no teor de lignina da madeira corresponde a um aumento 1% no rendimento em produção de celulose kraft (FOELKEL & BARRICHELO, 1975; FOELKEL, 2009).

Os extrativos são indesejáveis no processo de polpação por afetarem negativamente o rendimento em celulose, e pelo seu potencial contaminante de produtos e equipamentos durante a produção da celulose (FOELKEL &

BARRICHELO, 1975; FOELKEL, 2009). Um dos problemas relacionados aos compostos presentes nos extrativos é a formação de “pitch”, que são depósitos responsáveis pela incrustação no maquinário das fábricas de celulose, gerando aumento do custo de manutenção dos equipamentos e redução na qualidade do produto final (GOMIDE et al.,2005; BARBOSA,et al., 2005; CRUZ et al.,2006).

O teor de cinzas é quantidade de minerais presentes na madeira, ou seja, todo material inorgânico que a compõe. Os principais componentes encontrados nas cinzas são potássio, cálcio e magnésio (KLOCK & ANDRADE,2013). Madeiras com baixos teores de cinzas são indicadas para serem empregadas na indústria de celulose, já que esses minerais em elevados teores podem contaminar, corroer e entupir equipamentos, provocando perdas na produção (CARDOSO et al.,2001).

Este estudo teve como objetivo a caracterização da variação radial física, química e anatômica da madeira de *Artocarpus heterophyllus*, e avaliação do seu potencial para uso na indústria de celulose e papel.

2. METODOLOGIA

O material de estudo foi proveniente do Loteamento Bosque das Palmeiras, no bairro da Chapadinha, em Cruz das Almas-BA. A amostra de madeira foi adquirida na forma de uma peça incluindo a medula da árvore, com 5 cm de altura, 10 cm de largura e 1,06 m de comprimento (diâmetro da árvore), retirada à altura de 2,80 m da base da árvore. Foram retirados corpos de prova em posições equidistantes no sentido radial, sendo um próximo a medula (posição interna), dois intermediários (intermediários 1 e 2) e um próximo à casca (externa), totalizando quatro amostras.

A caracterização física foi feita mediante a determinação da densidade básica das amostras de madeira em triplicata pelo método de medição indireta do volume (balança hidrostática), conforme Vital (1984).

Para caracterização química da madeira, as amostras foram transformadas em palitos e moídas em moinho tipo Willey. A serragem obtida foi classificada em peneiras vibratórias de malha com 40 e 60 mesh, conforme a norma TAPPI 257 om-92, seca ao ar e armazenadas em tubos tipo Falcon para uniformização e

conservação do teor de umidade. A determinação do teor absolutamente seco da serragem foi realizada conforme a norma TAPPI 264 om-88. Na Tabela 1 estão apresentadas as análises químicas realizadas e as respectivas normas utilizadas.

Tabela 1. Análises químicas da madeira

Extrativos Totais	TAPPI 264 cm-97
Holocelulose	MAGATON, 2008
Pentosanas	TAPPI T 223 cm-01
Cinzas	TAPPI 211 om-02

A partir dos resultados das análises químicas foram calculados os teores de celulose e de lignina através das equações 1 e 2:

$$\text{Celulose (\%)} = \text{holocelulose (\%)} - \text{pentosanas (\%)} \quad (1);$$

$$\text{Lignina total (\%)} = 100 - \text{holocelulose(\%)} - \text{cinzas(\%)} \quad (2).$$

Para caracterização anatômica macroscópica da madeira, um corpo de prova de dimensões 2,0 x 2,0 x 2,0 cm foi submetido ao lixamento das seções transversal, tangencial e radial com lixas de grão abrasivo de óxido de alumínio nas granulometrias 60, 120, 220, 320 e grão abrasivo sidgel cerâmico na granulometria 1200. As imagens foram obtidas no Laboratório de Propriedades e Identificação de Madeira (LAPIM) da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS), utilizando estereomicroscópio acoplado à câmera modelo LEICA S9i. A avaliação da madeira foi realizada de acordo com os procedimentos do IPT (2012).

Para a caracterização morfológica da madeira, foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 2,0 cm, orientados nos planos transversal, radial e tangencial. Após cozimento em solução de água e glicerina 2:1, pelo tempo necessário para o seccionamento, foram montadas lâminas semi-permanentes. Para as caracterizações das fibras individualmente e comprimento dos vasos foi utilizado o processo de maceração dos corpos de prova pelo método de Nicholls & Dadswell, descrito por Ramalho (1987) e montadas lâminas semi-permanentes. As lâminas foram enviadas para o LAPIM-UEMS para obtenção de imagens utilizando microscópio acoplado à câmera, modelo LEICA ICC50 W. Foram realizadas 100 medições para cada característica anatômica por amostra, utilizando-se o software de edição de imagens ImageJ, e avaliadas conforme sugerido pelo IAWA Committee (1989).

A partir da dimensão das fibras (diâmetro do lume= d , comprimento da fibra= C , largura da fibra= D , espessura da parede= e) foram calculados os índices para avaliação da qualidade da madeira para a produção de papel (FOELKEL; BARRICHELO, 1975): índice de Runkel ($IR=2e/d$), coeficiente de flexibilidade ($CF=(d/D) \times 100$), índice de enfiamento ($IE=C/D$) e fração parede ($FP=(2e/D) \times 100$).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste t a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SAS (SAS Institute Inc, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DENSIDADE BÁSICA

Na Tabela 2 estão apresentados os valores da variação medula-casca da densidade básica da madeira de *Artocarpus heterophyllus*, que foram significativos a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Variação da Densidade Básica no sentido medula-casca

	INTERNA	INTERMED. 1	INTERMED. 2	EXTERNA	P
DENSIDADE BÁSICA (g.cm⁻³)	0,517 ± 0,02a	0,505 ± 0,02a,b	0,486 ± 0,01b,c	0,464 ± 0,003 c	0.0158

Os valores são expressos em média ± desvio-padrão. Os valores seguidos de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste t ($P < 0,05$).

A densidade básica da madeira *A. heterophyllus* foi de 0,517, 0,505, 0,486 e 0,464 g.cm⁻³ no sentido medula-casca, respectivamente. Verificou-se uma tendência da espécie de atingir valores mais altos da densidade básica na região da medula, diminuindo no sentido do alburno, e podendo considerá-la madeira de média densidade (FOELKEL,2009). Na indústria de celulose a densidade básica pode influenciar na maior ou menor resistência ao corte e espessura dos cavacos, e conseqüentemente, influenciando na impregnação do licor de cozimento e no requerimento de álcali (QUEIROZ, et al.,2004), portanto madeiras de média e baixa densidade têm vantagem com relação a essas características da polpação kraft.

Em comparação com outras espécies exóticas, como por exemplo do gênero *Eucalyptus*, que são, assim como *A. heterophyllus*, bem adaptados às condições do

Brasil, foram encontrados valores de densidade básica para madeira de *Eucalyptus spp.* (cavacos industriais) variando de 0,365 a 0,544 g.cm⁻³, para as diferentes espécies conforme relatado por Mokfienski et al. (2008). Para *Eucalyptus grandis*, em avaliação da densidade de árvores de 14 anos no sentido medula-casca, Trevisan et al. (2008) observaram uma variação da massa específica básica de 0,37 a 0,43 g.cm⁻³, portanto inferior à encontrada para *A. heterophyllus*.

3.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da variação radial das características químicas da madeira de *Artocarpus heterophyllus*, que foram significativos a 5% de probabilidade apenas para os teores de cinzas e extrativos.

Tabela 3. Variação radial das características químicas da madeira de *Artocarpus heterophyllus*

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	INTERNA	INTERMED. 1	INTERMED. 2	EXTERNA	P
CELULOSE (%)	32,1 ± 1,99 a	33,3 ± 0,35 a	32,8 ± 2,26 a	35,0 ± 0,71 a	0.399
PENTOSANAS (%)	12,8 ± 0,07 a	12,7 ± 0,49 a	12,6 ± 0,28 a	12,9 ± 0,35 a	0.7662
HOLOCELULOSE (%)	43,6 ± 1,91 a	46,1 ± 0,91 a	45,4 ± 2,05 a	47,9 ± 1,06 a	0.3643
EXTRATIVOS TOTAIS (%)	13,9 ± 0,71 a	12,8 ± 0,35 a,b	12,9 ± 0,21 a,b	12,1 ± 0,21 b	0.0519
LIGNINA TOTAL (%)	39,1 ± 1,27a	38,2 ± 1,06 a	38,8 ± 2,47 a	36,7 ± 0,99 a	0.4989
CINZAS (%)	2,0 ± 0,07 a	3,0 ± 0,07 a,b	2,8 ± 0,21 b	3,3 ± 0,14 c	0.0034

Os valores são expressos em média ± desvio-padrão. Os valores seguidos de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste t (P < 0,05).

O teor de celulose médio da madeira foi de 33,3%, portanto inferior aos valores de 46 a 49% e 42 a 50%, encontrados para clones de eucalipto em estudos realizados por Ferreira et al. (2006) e Mokfiensk et al. (2008), respectivamente.

O teor de holocelulose representa o total de polissacarídeos presentes na madeira, e o valor médio encontrado para *A. heterophyllus* foi de 45,8%, inferior aos valores médios encontrados por Braz et al. (2014) para dez clones de *Eucalyptus*, que variaram entre 66% e 69%.

O teor de pentosanas médio (12,8%) foi inferior aos encontrados por Mokfienski et al. (2008), que estudando a composição química da madeira de *Eucalyptus spp.*, encontraram teor de pentosanas de 13,5% para *Eucalyptus urophylla* e 18,6% para *Eucalyptus globulus*, e Ferreira et al. (2006) observaram um teor médio de pentosanas de 14,7% para clones de eucalipto de 7 e 9 anos de idade.

O teor de lignina médio (38,2%) foi superior aos encontrados para espécies do gênero *Eucalyptus*, que diversos estudos demonstram variar de 27% a 31% (FERREIRA et al., 2006; GOMIDE et al, 2010; BRAZ et al., 2014; MEDEIROS et al., 2016).

Os teores de extrativos totais no sentido medula-casca foram de 13,9%, 12,8%, 12,9% e 12,1%, respectivamente, apresentando valores médios bem superiores ao encontrado para o eucalipto, espécie exótica de angiosperma empregada na indústria de celulose. A variação radial dos teores de extrativos pode ser explicada pelo processo de cernificação da madeira, ou seja, transformação do alburno em cerne, caracterizado, dentre diversas alterações anatômicas, pelo aumento do conteúdo de extrativos na região do cerne (SILVA E TRUGILHO, 2003; HSING et al., 2016). O alto teor de extrativos na região interna da *A. heterophyllus* pode ter ocasionado a maior densidade básica encontrada nessa mesma posição para a espécie, já que o teor de extrativos influencia na variação da densidade da madeira.

Albino et al. (2012), avaliando a variação radial do teor de extrativos de *Eucalyptus grandis* de 18 anos de idade, encontraram 6,1% para região próxima à medula, 6,6% na intermediária e 8,8% próxima à casca. Este alto teor de extrativos encontrados na madeira de *A. heterophyllus* é um potencial comprometedor do seu uso na indústria de celulose, já que pode gerar incrustações no maquinário, aumento do consumo de álcali ativo e redução da qualidade do produto final. Foi possível observar durante a extração uma deposição do material no balão utilizado no aparelho soxleht, podendo o mesmo ocorrer durante o processo industrial.

Segundo Fengel e Wegener (1989) a quantidade de cinzas encontrada em madeiras de zonas temperadas varia de 0,2 a 0,5%, mas pode ser bem mais

elevada para madeiras tropicais, como no caso da *A. heterophyllus*. Os teores de cinzas da madeira avaliada (13,9%, 12,8%, 12,9% e 12,1% no sentido medula-casca, respectivamente) foram superiores ao encontrado na literatura para eucaliptos, que variaram de 0,2 a 0,5% (CARDOSO et al., 2001).

3.3 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA

A madeira de *Artocarpus heterophyllus* apresentou coloração amarelada, gosto imperceptível, odor característico, grã reversa, textura média e camadas de crescimento distintas, com demarcação caracterizada pela coloração (Figura 1).



FIGURA 1. Camadas de crescimento da madeira de *Artocarpus heterophyllus*.

No plano transversal os poros são visíveis a olho nu (Figura 2A), com diâmetro tangencial dos vasos médio (entre 100 e 200 μ m). A frequência dos vasos foi de muito poucos por mm² (< 5/mm²). Porosidade difusa, agrupamento solitários e múltiplos. Obstrução dos vasos com substância amarela. Parênquima axial confluyente formando faixas.

No plano longitudinal tangencial os raios são distintos a olho nu e não estratificados (Figura 2B). As linhas vasculares são visíveis e o espelhado dos raios é contrastado (Figura 2C).

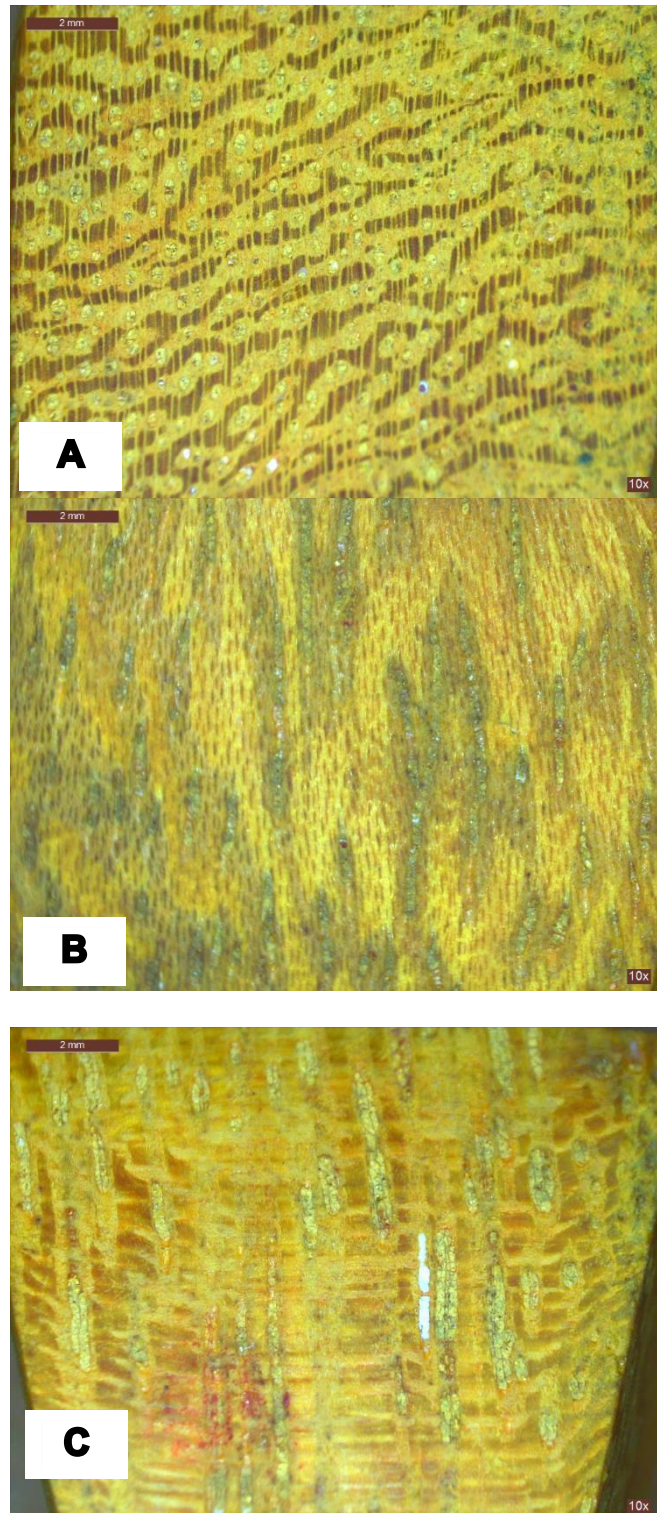


FIGURA 2. Aspecto macroscópico da madeira de *Artocarpus heterophyllus*. A) Plano transversal. B) Plano tangencial. C) Plano radial.

3.4 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ELEMENTOS CELULARES E ÍNDICES DE QUALIDADE DAS FIBRAS PARA A PRODUÇÃO DE CELULOSE

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados médios da variação radial das dimensões dos vasos da madeira de *A. heterophyllus*.

Tabela 4. Variação radial da morfologia de vasos e raios da madeira de *A. heterophyllus*

CARACTERÍSTICAS	INTERNA	INTERMED. 1	INTERMED. 2	EXTERNA	P
CV (μm)	176,01 \pm 26,74c	243,51 \pm 51,02b	328,67 \pm 29,68a,b	304,59 \pm 15,19a	0.0021
DLV (μm)	86,67 \pm 32,75d	130,71 \pm 32,05c	162,37 \pm 42,63b	216,45 \pm 55,98a	<.0001
FV (n/mm ²)	2,63 \pm 1,07a	1,56 \pm 0,35c	2,33 \pm 0,58 a	1,86 \pm 0,54c	<.0001
LR (μm)	45,90 \pm 10,99d	95,06 \pm 23,35a	68,83 \pm 14,29c	77,26 \pm 23,09b	<.0001
LRC (n)	4,09 \pm 0,67b,c	4,87 \pm 1,10a	3,98 \pm 0,70c	4,27 \pm 0,92b	<.0001
AR (μm)	338,69 \pm 99,71c	527,66 \pm 182,64a	438,59 \pm 126,60b	462,32 \pm 145,68b	<.0001
ARC (n)	19,58 \pm 6,27b	22,47 \pm 9,25a	16,94 \pm 5,50c	18,66 \pm 6,15bc	<.0001
R/mm (n/mm)	4,86 \pm 0,93a	3,94 \pm 0,45c,d	4,28 \pm 0,65b,c	3,61 \pm 0,55d	<.0001

CV= Comprimento dos vasos; DLV = Diâmetro do lume dos vasos; FV = Frequência dos vasos; LR= Largura do raio; LRC= Largura do raio em número de célula; AR =Altura do raio; ARC = Altura do raio em número de célula; R/mm = raio por milímetro. Os valores são expressos em média \pm desvio-padrão. Os valores seguidos de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste t (P< 0,05).

O comprimento dos vasos da *A. heterophyllus* variou de 176,01 a 328,67 μm , conforme descrito na Tabela 5. A variação dos valores de comprimento dos vasos ocorrida na espécie nas regiões intermediárias e externa (243,51 a 328,67 μm) está na faixa dos valores médios que são encontrados para comprimento de vaso de eucaliptos, entre 200 e 600 μm (FOELKEL,2007b).

O diâmetro do lume dos vasos aumentou no sentido medula-casca, de 86,67 até 216,45 μm , enquanto a frequência dos vasos não seguiu um padrão de crescimento, mas obteve maior valor médio nas regiões interna e intermediária 2 (2,63 e 2,33 vasos por mm², respectivamente), que não apresentaram diferença significativa entre si à 5% de probabilidade, conforme a Tabela 5. De acordo com Foelkel (2007b), para eucaliptos, a variação de diâmetro dos vasos fica entre 60 a 250 μm e frequência entre 3 a 25 vasos por mm², e quanto maior a largura destes elementos, mais fácil é a impregnação durante o processo de fabricação da

celulose, havendo também o favorecimento da ocorrência de um defeito conhecido como arrancamento ou arrepelamento de vasos, quando utilizada na produção de papéis de impressão.

Os valores médios de largura raio (45,90 a 95,06 μm e 3,98 a 4,87 células), e altura de raio (338,69 a 527,66 μm e 18,66 a 22,47 células), não apresentaram padrão claro no sentido medula-casca, no entanto a região intermediária 1 apresentou os maiores valores médios para estes atributos (Tabela 5).

O número de raio por milímetro foi maior para a região interna (medula), com média de 4,86 raios/mm, mas também não apresentou um padrão de variação no sentido medula-casca.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados médios da variação radial das dimensões das fibras da madeira de *A. heterophyllus*.

Tabela 5. Variação radial da morfologia de fibras da madeira de *A. heterophyllus*

CARACTERÍSTICAS	INTERNA	INTERMED. 1	INTERMED. 2	EXTERNA	P
C (mm)	0,93 \pm 0,23b	1,24 \pm 0,20a	1,24 \pm 0,25a	1,26 \pm 0,23 a	<.0001
L (μm)	26,92 \pm 6,60 ^a	26,78 \pm 4,39a	21,16 \pm 5,02b	20,05 \pm 5,70b	<.0001
DL (μm)	19,37 \pm 6,64 ^a	18,75 \pm 4,28a	12,90 \pm 4,35b	11,59 \pm 5,03b	<.0001
EP (μm)	3,78 \pm 1,10b	4,01 \pm 1,26a,b	4,13 \pm 1,03a	4,23 \pm 1,37a	0.0493

C = comprimento de fibra ; L = largura; DL = diâmetro do lume das fibras; EP = espessura da parede. Os valores são expressos em média \pm desvio-padrão. Os valores seguidos de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste t (P < 0,05).

A fibra é o principal elemento anatômico para a produção de celulose, e suas características de comprimento e espessura da parede são importantes determinadores da qualidade do produto final (GONÇALEZ et al., 2014). Os valores de comprimento da fibra e a espessura da parede da fibra da madeira de *A. heterophyllus* aumentaram da região interna para a intermediária 1 (0,93 mm a 1,24mm e 3,78 μm a 4,01 μm , respectivamente) e não apresentaram diferenças significativas até a região externa. A largura da fibra e o diâmetro do lume decresceram no sentido medula-casca (de 26,92 a 20,05 μm e 19,37 a 11,59 μm , respectivamente), mas não foram observadas diferenças significativas à 5% de probabilidade entre as regiões interna e intermediária 1, bem como entre as regiões Intermediária 2 e externa (Tabela 4). Resultado semelhante foi encontrado por

Ramos et al. (2011) na caracterização anatômica radial de árvores de *Eucalyptus grandis* de 23 anos de idade, com comprimento de fibra e espessura da parede apresentando aumento no sentido medula-casca, enquanto largura da fibra e diâmetro do lume diminuíram. Segundo Foelkel (2007a), a fibra dos eucaliptos considerada de boa qualidade para indústria papelreira deve variar no comprimento de 0,6 a 0,85 mm, e espessura de parede de 2,5 a 5 μm .

Os índices de qualidade da madeira de *A. heterophyllus* para utilização na

Tabela 6. Variação radial dos índices de classificação da qualidade da madeira de *A. heterophyllus* para produção de celulose e papel indústria de celulose e papel estão apresentados na Tabela 6.

FP = fração parede; CF = coeficiente de flexibilidade; IR = índice de Runkel; IE = Índice de enfeltramento. Os valores são expressos em média \pm desvio-padrão. Os valores seguidos de letras

ÍNDICES	INTERNA	INTERMED. 1	INTERMED. 2	EXTERNA	P
FP (%)	29,38 \pm 9,74c	30,24 \pm 8,94c	40,12 \pm 9,55b	43,71 \pm 13,44a	<.0001
CF (%)	70,62 \pm 9,74a	69,76 \pm 8,94a	59,88 \pm 9,55b	56,29 \pm 13,44c	<.0001
IR	0,45 \pm 0,23c	0,46 \pm 0,19c	0,72 \pm 0,34b	0,91 \pm 0,61 ^a	<.0001
IE	36,69 \pm 12,71d	47,78 \pm 11,95c	62,56 \pm 22,89b	69,09 \pm 28,23a	<.0001

distintas diferem estatisticamente pelo teste t ($P < 0,05$).

A fração parede apresentou variação no sentido medula-casca de 29,38 a 43,71%. Nas regiões intermediária 2 e externa esse valor foi superior a 40%, significando assim, que possuem fibras mais rígidas, e resultando em maior dificuldade de interligação entre as mesmas, e menor qualidade da polpa celulósica para fabricação de papel (FOELKEL & BARRICHELO, 1975; BENITES et al., 2015).

O coeficiente de flexibilidade decresceu no sentido medula-casca, de 70,62 a 56,29%, demonstrando tendência contrária a fração parede. Este atributo é um indicativo do grau de colapso das fibras, e quanto mais alto, maior sua resistência a ruptura (ROCHA & POTIGUARA, 2007).

Para o índice de Runkel foram estabelecidos cinco grupos de classificação de qualidade da fibra para fabricação do papel. No grupo I (até 0,25) são consideradas excelente para papel, grupo II (0,25 a 0,5) muito boas para papel, grupo III (0,5 a 1,0) boas para papel, grupo IV (1,0 a 2,0) regulares para papel e grupo V (acima de

2,0) que não devem ser usadas para fabricação de papel devido ao baixo grau de colapso das mesmas (RUNKEL,1952 apud ROCHA & POTIGUARA,2007). Quanto menor o valor do índice de Runkel em relação a unidade, maior a resistência da celulose, e melhor é a interligação de suas fibras (FOELKEL & BARRICHELO, 1975). Na madeira de *A. heterophyllus*, na região interna e intermediária 1 (0,45 e 0,46, respectivamente) as fibras pertencem ao grupo II, consideradas muito boas para o papel, enquanto as das regiões intermediária 2 e externa (0,72 e 0,91, respectivamente) pertencem ao grupo III, consideradas boas para a fabricação do papel.

O índice de enfiletramento está diretamente relacionado a resistência do papel ao rasgo, e seu valor deve ser acima de 50 para indicar boa relação entre o comprimento e largura da fibra (BALDI,2001). Na madeira de *A. heterophyllus* pôde-se observar um crescimento nos valores dos índices no sentido medula-casca, mas as regiões interna e intermediária 1 (36,69 e 47,79, respectivamente) apresentaram valores abaixo de 50, indicando que contribuem para se obter papel com baixa resistência ao rasgo e arrebatamento. Em contrapartida, nas regiões intermediária 2 e externa (62,56 e 69,09, respectivamente) esses valores foram superiores ao valor mínimo indicado para o índice, que é 50 (Tabela 6).

4. CONCLUSÃO

Os resultados permitiram as seguintes conclusões em relação à madeira de *A. heterophyllus*:

- A densidade básica decresceu no sentido medula-casca.
- Os teores de celulose, pentosanas, e lignina não variaram, enquanto os teores de extrativos e cinzas diminuíram e aumentaram, respectivamente, no sentido medula-casca.
- O comprimento e o diâmetro do lume dos vasos aumentaram no sentido medula-casca, enquanto a frequência de vaso não apresentou um padrão de comportamento.
- A largura, a altura e a frequência dos raios variaram no sentido medula-casca, no entanto não tiveram um padrão de comportamento. A região intermediária

1 apresentou os maiores valores médios para largura e altura do raio, enquanto a região interna apresentou a maior frequência de raios.

- O comprimento e a espessura da parede das fibras aumentaram, enquanto largura e diâmetro do lume diminuíram no sentido medula-casca.
- A fração parede, o coeficiente de flexibilidade e o índice de Runkel indicaram que as posições da madeira mais próximas a medula são recomendadas para a produção de celulose;
- Enquanto que, o índice de enfiamento indicou que as posições mais próximas a casca são recomendadas para a produção de celulose;
- Considerando os teores elevados de lignina e extrativos e baixos de celulose e pentosanas, quando comparados com eucaliptos, e os índices que apontaram apenas parte do tronco como indicada para produção de celulose, a madeira de *A. heterophyllus* não é recomendada para uso na indústria de celulose e papel.

REFERÊNCIAS

ALBINO, V. C. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 803-811, 2012.

BALDI, F. **Il processo di produzione delle paste chimiche e il loro trattamento**. 8º Corso di Tecnologia per Tecnici Catari Edizione 2000/2001. Verona, 2001. Disponível em: <<http://www.sanzeno.org/>>. Acesso em: 18 de Abril de 2018.

BARBOSA, L. C. A.; MALTHA, C. R. A.; CRUZ, M. P. Composição química de extrativos lipofílicos e polares de madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Ciência & Engenharia**, Viçosa, v.15, n.2, p. 13-20, 2005.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para produção de celulose sulfato branqueada. **IPEF**, n.13, p.9-37, 1976.

BENITES, P.K.R.M.; GOUVÊA, A.F.G.; CARVALHO, A.M.M.L; SILVA, F.C. Caracterização Anatômica das fibras de oito espécies florestais de Mato Grosso do Sul para a produção de papel. **Ciência da Madeira**, c. 6, p. 88-93, 2015.

BRAZ, R. L., OLIVEIRA, J. S., ROSADO, A. M., VIDAURRE, G. B., PAES, J. B., TOMAZELLO FILHO, M., LOIOLA, P. L. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 5, p. 127-137, 2014.

CARDOSO, G. V. ; ROSA, C. A. B. ; GUARIENTI, A. F. ; PEDRAZZI, C.; SOUZA, M. C. H. ; FRIZZO, S. M. B. ; FOELKEL, C. E. B.. Adequação de metodologia amostral de madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação do teor de cinzas. In: 34º Congresso Anual de Celulose e Papel, 2001, São Paulo-SP. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 2001.

CAVALCANTE, G. M.; NETO, J. F. L.; BOMFIM, E. O.; SANTOS, M. F. Atividade antimicrobiana de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) sobre o desenvolvimento de *Streptococcus pneumoniae* e *Escherichia coli*. **Scientia Plena**, v.9, n.2, 2013.

COLODETTE, J.L., GOMES, F.J.B. **Branqueamento de polpa celulósica da produção da polpa marrom ao produto acabado**. Seção I: Composição anatômica e química de materiais lignocelulósicos. Viçosa: Editora UFV, 2015. 816 p.

CRUZ, M.P.; BARBOSA, L.C.A.; MALTHA, C.R.A.; GOMIDE, J.L.; MILANEZ, A.F. Caracterização química do "pitch" em indústria de celulose e papel de *Eucalyptus*. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 459-466, 2006.

ELEVITCH, C.R.; MANNER, H.I. **Artocarpus heterophyllus (jackfruit): Moraceae (mulberry Family)**. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. 2006. Disponível em: <www.traditionaltree.org>. Acesso em: 11 de abril de 2018.

FERREIRA, C. R.; FANTINI JUNIOR, M.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L. Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 - qualidade da madeira para produção de celulose Kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 161-170, 2006.

FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z.; LIMA, I.L.; LONGUI, E.L. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunni* aos sete anos de idade. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.21, n.1, p.79-91, 2009.

FOELKEL, C. **As fibras dos eucaliptos e as qualidades requeridas na celulose kraft para a fabricação de papel**. 2007a. Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br/>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

FOELKEL, C. E. B. **Elementos de vaso e celulosas de eucalipto**. 2007b. Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br> >. Acesso em: 23 de julho de 2018.

FOELKEL, C. **Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos**. 2009. Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br/> >. Acesso em: 18 de abril de 2018.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. **O Papel**, São Paulo, v.36, n.9, p.49-53, 1975.

GOMIDE, J. L.; FANTUZZI NETO, H.; REGAZZI, A. J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose Kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.

GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; SILVA, C.M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

GONÇALEZ, J.C.; DOS SANTOS, G.L.; DA SILVA JUNIOR, F.G.; MARTINS, I.S.; COSTA, J.D.A. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 81-89, 2014.

HSING, T.Y.; PAULA, N.F.; PAULA, R.C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v.26, n.1, p.273-283, 2016.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.3, n.10, p.219-332, 1989.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Identificação Macroscópica de Madeiras**. São Paulo, 2012.

KLOCK, U.; ANDRADE, A.S. **Química da madeira (4ª edição revisada)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2013. 87p.

LIMA, J.F.; FONSECA, V. J. A.; MORAES, J. C. C.; ALMEIDA, J.; VIEIRA, E. L.; PEIXOTO, C. P. Germinação de sementes pré-embecidas e crescimento de

plantas de *Artocarpus heterophyllus* Lam. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.6, p.437-441, 2009.

LINO, A.G. **Aproveitamento de xilanas de licores negros para melhoria do rendimento e de qualidade de polpa kraft branqueada**. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

LORENZI, H. BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2006. 672 p.

MAGATON, A.S. **Comportamento e caracterização de xilanas durante a polpação kraft de eucalipto**. Tese (Doutorado em Ciências-Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

MANFREDI, M. **Desenvolvimento de propriedades de papéis reciclados por tratamento ultrassônico e adição de xilanas**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

MEDEIROS, B. L. M. A. ; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. ; RIBEIRO, M. X. ; LISBOA, F. J. N. ; GUIMARÃES, I. L. ; PROTÁSIO, T. P. Propriedades Físicas e Químicas da Madeira Juvenil de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urograndis* Cultivadas no Piauí. **Nativa** , v. 4, p. 403-407, 2016.

MOKFIENSKI, A. **Importância relativa da densidade básica e da constituição química da madeira de *Eucalyptus* ssp. no rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa kraft**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

MOKFIENSKI, A.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO A. M. M. L. A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento de polpa e na qualidade do produto. **Ciência Florestal** , v.18, n. 3, p. 401–413, 2008.

NISGOSKI, S. MUÑIZ G. I. B.; TRIANOSKI, R; MATOS, J. L. M.; VENSON, I. Características anatômicas da madeira e índices de resistência do papel de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake proveniente de plantio experimental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 203-211, 2012.

OLIVEIRA, I. F.; GODOY, R.L.O.; BORGES, S. V. Qualidade de jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.) desidratada sob diferentes condições de processo. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.14, n.3, p. 241-248, 2011.

PEDRAZZI, C.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C.; GOMIDE, J. L.; WILLE, V. K. D.; COLDEBELLA, R. As xilanas nas propriedades de polpas marrons de eucalipto. **Ciência Rural** , v.45, n.9, p.1585-1591, 2015.

PRAKASH, O.; KUMAR, R.; MISHRA, A.; GUPTA, R. *Artocarpus heterophyllus* (Jackfruit): An overview. **Pharmacognosy Reviews**, Bangalore, v.3, n.6, p.353-358, 2009.

QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa Kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p.901-909, 2004.

RAMALHO, R.S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987. 4 p.

RAMOS, L.M.A.; LATORRACA, J.V.F.; PASTRO, M.S.; DE SOUZA, M.T.; GARCIA, R.A.; DE CARVALHO, A.M. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. **Scientia Forestalis**, v.39, n.92, p.411-418, 2011.

ROCHA, C. B. R.; POTIGUARA, R. C. V. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. *murumuru* Mart. (Arecaceae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 511-516, 2007.

SANTOS, S. R. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT® 9.22 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010. 8460 p. Disponível em: <<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf>>. Acesso em: 23 de maio de 2018.

SILVA, D. A.; TRUGILHO, P.F. Comportamento dimensional da madeira de cerne e alburno utilizando-se metodologia de análises de imagem submetida a diferentes temperaturas. **Revista Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 56-65, 2003.

SILVA, J.R.M.; MUNIZ, G.I.B.; LIMA J.T.; BONDUELLE, A.F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**. 29, n. 3, p. 479-487. 2005.

SOUZA, T.S.; CHAVES, M.A.; BONOMO, R.C.F.; SOARES, R.D.; PINTO, E.; COT A, I.R. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 225-230, 2009.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI). **TAPPI Test methods T 223 cm-01**: Pentosans in wood and pulp. Atlanta: Tappi Technology Park, 2001.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI). **TAPPI Test methods T 211 om-02**: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C. Atlanta: Tappi Technology Park, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI). **TAPPI Test methods T 264 om-82**: Solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: Tappi Technology Park, 2007.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI). TAPPI **Test methods T 264 cm-97**: Preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, 1997.

TREVISAN, R., HASELEIN, C. R., MELO, R. R., STANGERLIN, D. M., BELTRAME, R., GATTO, D. A., CALEGARI, L. Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, 2008.

VITAL, R. B. Métodos de determinação da densidade da madeira. **Boletim Técnico**, Viçosa, Minas Gerais, n. 1, 1984. 21 p.