



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

FERNANDA POLYANA DA SILVA PRAZERES

**CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DE MADEIRA DE *Eucalyptus brassiana*
PLANTADO NO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

RECIFE - PE

2022

FERNANDA POLYANA DA SILVA PRAZERES

**CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DE MADEIRA DE *Eucalyptus brassiana*
PLANTADO NO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Florestal da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte das exigências
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Leite Braz

RECIFE - PE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P921c Prazeres, Fernanda Polyana da Silva
Características das fibras de madeira de *Eucalyptus brassiana* plantado no Sertão de Pernambuco. / Fernanda Polyana da Silva Prazeres. - 2022.
30 f. : il.

Orientador: Rafael Leite Braz.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, 2022.

1. Anatomia da Madeira. 2. Fibras. 3. *Eucalyptus*. I. Braz, Rafael Leite, orient. II. Título

CDD 634.9

FERNANDA POLYANA DA SILVA PRAZERES

**CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DE MADEIRA DE *Eucalyptus brassiana*
PLANTADO NO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

Aprovado em 25 de maio de 2022.

Banca Examinadora:

Eng. Florestal Me. Átila Bruno de Moraes Almeida

Prof. Dr. Marcelo Nogueira

Orientador:

Prof. Dr. Rafael Leite Braz

RECIFE - PE

2022

“Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. A ele a glória por toda a eternidade! Amém.”

Romanos, 11,36.

AGRACEDIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me fortalecer e me abençoar todos os dias, por ser meu Porto Seguro, e por permitir que eu chegassem até aqui. Agradeço também a intercessão da Virgem Maria e ao meu Anjo da Guarda por me proteger e me livrar de todo mal todos os dias da minha vida.

À minha família, por me apoiar e incentivar todos os meus projetos. A minha mãe, Maria José, por todo seu esforço e renúncias para que eu tivesse acesso a uma educação de qualidade durante a infância/adolescência. Por ter acreditado desde o início que seria possível cursar uma graduação em uma Universidade Pública. Ao meu pai, Fernando, que sempre esteve do meu lado. As minhas irmãs, Fabiana, que sempre me apoiou, incentivou, e me ajudou financeiramente nos momentos mais difíceis da graduação, e a Jaqueline, que me encorajou a cursar Engenharia Florestal, e que me auxiliou com seus conselhos e experiências universitárias. Aos meus sobrinhos, Caio, João e Nicolas, que mesmo sem saber, me incentivaram a querer seguir em frente, para que futuramente, possamos ter uma vida melhor. Também agradeço a Victor Cesar, por me ajudar desde o início da graduação, por me ouvir, consolar e incentivar a ser uma excelente profissional. Vocês foram essenciais para que tudo isso desse certo.

Aos meus amigos que a graduação me presenteou e que vou levar para a vida, Júlio Nayrla e Raiane, meu quarteto, por terem tornado os meus dias mais leves, por me auxiliar, ensinar e partilhar as demandas da graduação. A Giúlia, por partilhar comigo experiências únicas na Iniciação Científica. Obrigada também a amigas fora da graduação, Duda, que é presente na minha vida dentro e fora da Universidade. A Giovanna e Rafaela, por todas as tentativas de saída, e por se fazerem presentes na minha vida mesmo não nos encontrando frequentemente. Enfim, gratidão a todos(as) que se fazem/fizeram parte da minha vida.

A todos(as) do PET AgroEnergia UFRPE, em especial a Cris, Tadora do grupo, por ter me acolhido e ter agregado com seus ensinamentos na minha formação pessoal e profissional, e aos amigos que ganhei durante minha permanência no grupo, Lalá, Victor, Ingrid, Helena, Duda, Steff, Elayni e os demais. Vocês moram no meu coração!

Aos(as) professores(as) do Departamento de Ciência Florestal da UFRPE, por todos os momentos enriquecedores dentro e fora da sala de aula. Agradeço, em especial, ao meu orientador Rafael Leite Braz, pela orientação, paciência, conselhos e contribuição para minha formação profissional.

RESUMO

A madeira de *Eucalyptus* é uma das principais matérias-primas para diversos produtos florestais. A anatomia da madeira é um ponto importante na determinação de um produto, pois está diretamente relacionada com a qualidade da madeira de origem. Nessa perspectiva, o objetivo do trabalho foi determinar as características anatômicas e os parâmetros de qualidade da madeira de *Eucalyptus brassiana* nos diferentes espaçamentos. O material utilizado foi um clone com oito anos de idade proveniente de um plantio experimental realizado na Estação Experimental do Araripe, pertencente ao IPA, localizado em Araripina-PE. Para avaliação das propriedades anatômicas da madeira foram coletadas seis árvores de cada tratamento das quais foram retirados discos (amostras) com cerca de 5 cm de espessura nas diferentes posições no sentido longitudinal, nas alturas a 1,30m do solo (DAP), 0%, 25%, 50%, 75% e 100% referente a altura comercial. Cada disco foi seccionado em quatro cunhas, das quais, apenas uma cunha foi utilizada para determinar os parâmetros referente as dimensões das fibras. As cunhas foram reduzidas a cavacos, homogeneizados e destes obtidos filetes mais compactos. A dissociação de fragmentos de madeira foi realizada de acordo com a metodologia que consiste em preparar a solução macerante a partir da mistura do ácido nítrico com ácido acético na proporção 1:3 em banho maria (100°C) por três horas. Em seguida, as soluções de fibras maceradas juntamente com o corante safranina e com glicerina proporção 1:1, tendo a glicerina dissolução em água na proporção 1:1 foram transferidas para uma lâmina temporária e foi realizada a medição de quarenta fibras individualmente por tratamento, determinando o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede. Para as medições do comprimento, largura da fibra e diâmetro do lume, foi utilizado um microscópio ótico (lentes objetivas de 40X e 4X), com um sistema de aquisição de imagens por meio de uma câmera acoplada. A fibras foram visualizadas no monitor e a captura das imagens e a mensuração das fibras se deu com o auxílio dos softwares Honestech TVR 2.5 e Image Pro Plus, respectivamente. A espessura da parede celular das fibras foi determinada de forma indireta a partir da diferença entre a largura da parede e o diâmetro do lume dividido por dois. A partir das características mensuradas foram calculados o Índice de Runkel, Índice de Enfilamento, Coeficiente de Flexibilidade e Fração Parede. Com base nas propriedades avaliadas sobre a qualidade na madeira para o setor energético, o tratamento T3 apresentou o resultado mais satisfatório. Já para o setor de celulose e papel, o tratamento T1, obteve o resultado mais adequado para uso.

Palavras-chaves: Anatomia da madeira; Fibras; *Eucalyptus*.

ABSTRACT

Eucalyptus wood is one of the main raw materials for several forest products. The anatomy of the wood is an important point in the determination of a product, as it is directly related to the quality of the source wood. In this perspective, the aim of the study was to evaluate the quantitative parameters of anatomical structure in relation to fiber morphology of eucalyptus clonal wood at different spacings. The material used was an eight-year-old clone of *Eucalyptus brassiana* from an experimental plantation carried out at the Araripe Experimental Station, belonging to the IPA, located in Araripina-PE. To evaluate the anatomical properties of the wood, six trees were collected from each treatment from which discs (samples) about 5 cm thick were removed in the different positions in the longitudinal direction, at 1.30 m height of the soil (DAP), 0%, 25%, 50%, 75% and 100% referring to commercial height. Each disc was sectioned into four wedges, of which a wedge was used to determine the parameters referring to the fiber dimensions. The wedges were reduced to chips, homogenized and from these obtained more compact fillets. The dissociation of wood fragments was carried out according to the methodology, which consists in preparing the macerating solution from the mixture of nitric acid with acetic acid in the proportion 1:3 in a water bath (100 °C) for three hours. Then, the macerated fiber solutions together with the safranin dye and with glycerin ratio 1:1, with glycerin dissolving in water 1:1 ratio were transferred to a temporary lamina and forty fibers were individually measured per treatment, determining the length, width, lumen diameter and wall thickness. For the measurements of the length, fiber width and lumen diameter, an optical microscope (40X and 4X objective lenses) was used, with an imaging system through a coupled camera. Fibers were visualized on the monitor and the capture of the image and fiber measurement occurred with the help of Honestech TVR 2.5 and Image Pro Plus software, respectively. The thickness of the cell wall of the fibers was determined indirectly from the difference between the wall width and the lumen diameter divided by two. Based on the measured characteristics, the Runkel Index, Enfeltrination Index, Flexibility coefficient and wall fraction were calculated. Based on the properties evaluated on the quality of the wood for the energy sector, the T3 treatment presented the most satisfactory result. For the pulp and paper industry, the treatment T1 presented the most suitable result for its use.

Keywords: Wood Anatomy; Fibers; *Eucalyptus*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plantio experimental localizado no Instituto Agronômico de Pernambuco, município de Araripina – PE.....	16
Figura 2. Ilustração da amostragem longitudinal no fuste, destacando-se a retirada de discos em diferentes porcentagens da altura comercial (Hc) e na altura de 1,30 m do solo (DAP), e a análise que foi realizada.....	17
Figura 3. Etapas dos procedimentos adotados para realização da mensuração das fibras: transformação dos cavacos em filetes (A); Amostras em banho-maria (B); Transferência das fibras para o frasco âmbar (C); Lâminas provisórias preparadas (D).....	18
Figura 4. Dimensões das fibras: Comprimento (A-C); Largura, diâmetro do lume e espessura da parede (DF).....	22
Figura 5. Valores médios dos parâmetros do clone em diferentes espaçamentos....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos do clone de <i>Eucalyptus brassiana</i> provenientes de um plantio experimental realizado na Estação Experimental do Araripe, pertencente ao IPA, localizado em Araripina-PE	15
Tabela 2. Valores das dimensões das fibras da madeira dos clones C11 (<i>Eucalyptus brassiana</i>) plantados em diferentes espaçamentos	20
Tabela 3. Valores das dimensões das fibras da madeira dos clones C11 (<i>Eucalyptus brassiana</i>) plantados em diferentes espaçamentos	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Floresta Plantada no Brasil.....	13
3.2. Qualidade da madeira de <i>Eucalyptus spp.</i>	13
3.3. Espaçamento do Plantio	14
3.4. Dimensão das Fibras	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Procedência do material.....	15
4.2. Amostragem e preparo das amostras.....	16
4.3. Obtenção do Macerado	17
4.4. Dimensionamento das Fibras	18
4.5. Análise Estatística	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* detém mais de 700 espécies apropriadas para os mais diversos usos industriais, tornando-se matéria-prima importante para a economia de diversos países. Por apresentar uma grande variedade de espécies, o gênero possui uma ampla distribuição geográfica, o que facilita sua inserção em várias regiões com diferentes condições climáticas. Apesar da produtividade das florestas plantadas estarem relacionadas com as condições climáticas, as características do solo e o material genético (FERNANDES et al, 2011), o gênero apresenta uma boa produtividade por ano em diversas regiões brasileiras, desempenhando grande importância na economia. Entretanto, tais resultados dependem de diversos fatores, muitas vezes ligados ao local de plantio, bem como os tratos culturais realizados e os insumos disponibilizados.

Atualmente, os programas de melhoramento genético seguem engajados no que tange o aumento da qualidade deste gênero e a criação de novas espécies e híbridos, estes por sua vez, necessitam de estudos a fim de verificar-se a qualidade dos mesmos (TALGATTI et al., 2019). Para Braz et al., (2014) tais exigências da matéria-prima se devem às pressões econômicas e à necessidade de obtenção de resultados imediatos, em função da competitividade mercadológica.

Dentre o gênero, o *Eucalyptus brassiana* apresenta alto potencial e resistência a seca e características desejáveis para a produção de energia. Entretanto a descrição da espécie é recente, e por isso é pouco citado na literatura, tanto no que se refere ao seu comportamento dentro e fora de seu habitat natural (MOURA et al., 1995).

No sertão de Pernambuco, especialmente na região do Araripe, o estoque madeireiro da Caatinga não é suficiente para suprir a demanda da indústria do gesso, visto que a região chega a ser responsável por mais de 90% da produção nacional de gesso (GADELHA et al., 2015). Dessa forma, a introdução de florestas plantadas de rápido crescimento, sobretudo de *Eucalyptus* é uma opção viável para reduzir a pressão sobre as florestas nativas, que sofrem com a alta demanda de biomassa madeireira requerida pelo setor energético, devido às condições de clima e solo da região.

Para fins energéticos, Azevedo (2021) afirma que inúmeros são os fatores que podem influenciar na produção e na qualidade da madeira para fins energéticos, como por exemplo, o espaçamento do plantio, que de acordo com a espécie, clone ou variedade pode acarretar em variações nas propriedades da madeira e consequentemente no carvão vegetal.

No geral, são recomendadas madeiras com fibras de menores diâmetros e paredes espessas e também ricas em fibras com elevada fração parede (PEREIRA et al., 2016). Essas características conferem a madeira maior massa e, consequentemente, densidade mais elevada. Isto irá influenciar no poder calorífico, que está relacionando ao tempo de queima e liberação de calor, assim proporcionando uma combustão duradoura, o que favorecerá principalmente o retorno econômico.

Quanto às características anatômicas para avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus* para a produção de celulose e papel, os parâmetros anatômicos como as dimensões das fibras são os mais utilizados, estando diretamente relacionados com a qualidade da polpa celulósica e as propriedades físico-mecânicas e características superficiais e ópticas do papel produzido (CARVALHO et al, 1998). Para Nisgoski et al. (2012), diferentes fatores devem ser avaliados na madeira para fins papeleiro, visto que os processos de obtenção da celulose e propriedades desejadas no papel são influenciadas pelas características morfológicas das fibras, tais como, comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume e a maneira como ocorre o seu entrelaçamento, sendo necessário a utilização das relações entre as dimensões como o Índice de Enfeltramento, Índice de Runkel, Coeficiente de Flexibilidade e Fração Parede.

Segundo Gomide et al, (2005) existe, ainda, uma estreita relação entre o comprimento das fibras e a produção do papel. Em geral, fibras mais longas favorecem a resistência ao rasgo, enquanto as curtas contribuem para uma boa formação de folha. Os estudos das características anatômicas surgem como conciliadores destes ganhos, pois proporcionam índices confiáveis para estimar a qualidade das madeiras produzidas pelas empresas (TALGATTI et al., 2019).

Apesar de as espécies de *Eucalyptus* serem vastamente pesquisadas, poucos são os trabalhos que averiguam esse material a fundo e relaciona os caracteres intrínsecos da madeira com a produção industrial para fins energéticos e de celulose e papel. Com isso, há uma necessidade de buscar informações ao analisar clones de *Eucalyptus* plantados no Estado de Pernambuco quanto aos parâmetros: comprimento e largura da fibra, espessura de sua parede e diâmetro do lúmen. Desse modo a partir da obtenção desses parâmetros, seria possível fazer correlações por meio de índices e coeficiente para sua utilização.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Determinar as características anatômicas e os parâmetros de qualidade da madeira de *Eucalyptus brassiana* nos diferentes espaçamentos.

2.2. Objetivos Específicos

- Mensurar as dimensões das fibras quanto ao comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede;
- Determinar o potencial morfológico da fibra por meio do Índice de Runkel, Índice de Enfeltramento, Coeficiente de Flexibilidade e Fração Parede.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Floresta Plantada no Brasil

O setor de florestas plantadas, sobretudo o cultivo do gênero *Eucalyptus* vem crescendo consideravelmente no Brasil e no mundo. Segundo o relatório anual da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2021), em 2020, a área total de árvores plantadas possui 9,55 milhões de hectares, sendo 7,47 milhões de hectares composto pelo cultivo de eucalipto, representando 78% da área total de árvores plantadas. Sabe-se que o Brasil é referência mundial no quesito produtividade de plantios florestais, com alto volume de produção anual de madeira por área e um curto ciclo. Tais resultados podem ser influenciados pelas condições de clima e solo, além do desenvolvimento das melhores técnicas de manejo florestal, aliados ao melhoramento genético e práticas sustentáveis.

3.2. Qualidade da madeira de *Eucalyptus spp.*

A madeira do Eucalipto é utilizada no fornecimento de matéria-prima para diversos segmentos industriais, tais como celulose e papel, energético e como produtos sólidos, como madeira serrada, esquadrejada (dormentes ferroviários) e roliça (postes, escoras e mourões de cerca). Para isso, as características de um determinado produto estão diretamente associadas com a qualidade da madeira de origem.

Essa qualidade da madeira está relacionada a um conjunto de características e propriedades desse material, que permite seu uso para determinados fins ou como matéria-prima para alguns produtos (VIDAURRE et al., 2020).

Segundo Botrel et al., (2010), é de suma importância a obtenção de padrões que relacionem qualidade da matéria-prima fornecida com o produto final na indústria, pois, apenas os valores fenotípicos das características dendrométricas não garante a seleção de genótipos com potencial.

Dentre os índices que caracterizam a qualidade da madeira destacam-se a densidade básica e outros ligados à estrutura anatômica como o comprimento, o lúmem, o diâmetro e a espessura das paredes das fibras, pois estão associados às propriedades tecnológicas (BRASIL; FERREIRA, 1971).

3.3. Espaçamento do Plantio

Para compreender a formação anatômica da madeira de eucalipto uma importante variável a ser estudada é o espaçamento do plantio. Esta variável influencia principalmente o crescimento em diâmetro da árvore, além da disponibilidade de água, nutrientes e luz para as plantas, e nas operações de mecanização, implantação e colheita florestal (BALLONI e SIMÕES, 1980).

O espaçamento está indiretamente associado à formação de cerne e de alburno da madeira, pois a proporção cerne/alburno depende do diâmetro e da idade da planta. Além disso, o espaçamento do plantio influencia na formação do lenho de reação, que geralmente decorre de forças externas atuantes sobre a árvore, como terrenos acidentados ou ventos predominantes (MOULIN et al., 2020).

Tienne et al., (2009) afirma que maiores espaçamentos de plantio proporcionaram maior ângulo microfibrilar e comprimento de fibras, sendo este último a variável mais estudada em folhosas, uma vez que é considerada um fator limitante no uso da madeira para o setor de celulose e papel. Já para Azevedo, (2021) cada espécie, clone ou variedade responde de maneira particular as condições de crescimento impostas pelo espaçamento de plantio, acarretando variações nas propriedades da madeira e consequentemente no carvão vegetal.

3.4. Dimensão das Fibras

As fibras são o principal componente do xilema, constituindo até 80% do tronco de uma árvore em folhosas. A determinação das dimensões das fibras é importante na avaliação da qualidade da madeira segundo Silva (2011), pois podem propiciar diagnósticos das futuras propriedades do produto.

As dimensões das fibras e suas correlações com as propriedades da madeira devem ser cautelosas, pois as características de cada fibra podem ser controladas por diferentes condições climáticas, variando entre espécies e no mesmo indivíduo (BENITES et al., 2015).

Para Thomaz (2019), as relações das dimensões das fibras entre si são mais importantes que os valores de suas dimensões isoladas e resultam em índices que ajudam na classificação da qualidade da madeira para celulose e 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 enfeltramento, coeficiente de flexibilidade e fração parede (NISGOSKI et al., 2012).

O índice de Runkel e a fração parede são índices relacionados com a rigidez da fibra (CASTELO, 2007) e se relacionam diretamente com as propriedades da celulose e do papel, pois o grau de rigidez das fibras influência nas propriedades mecânicas do papel. (FOELKEL; BARRICHELO, 1975). O coeficiente de flexibilidade e o índice de enfeltramento medem o quanto flexíveis são as fibras e sua capacidade de entrelaçamento, sendo, também, importantes para fabricação de celulose e papel (CASTELO, 2007).

Já para fins energéticos, Pereira et al. (2016) recomendam madeiras ricas em fibras de alta fração parede. Paula (2005) afirma que madeiras com parede espessa, ricas em fibras de fração parede alta a partir de 60% demonstram boa qualidade para a geração de energia, pois, essas características irão influenciar no poder calorífico, que está relacionado ao tempo de queima e liberação de calor, proporcionando assim uma combustão duradoura, o que favorecerá principalmente o retorno econômico (AZEVEDO, 2021).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Procedência do material

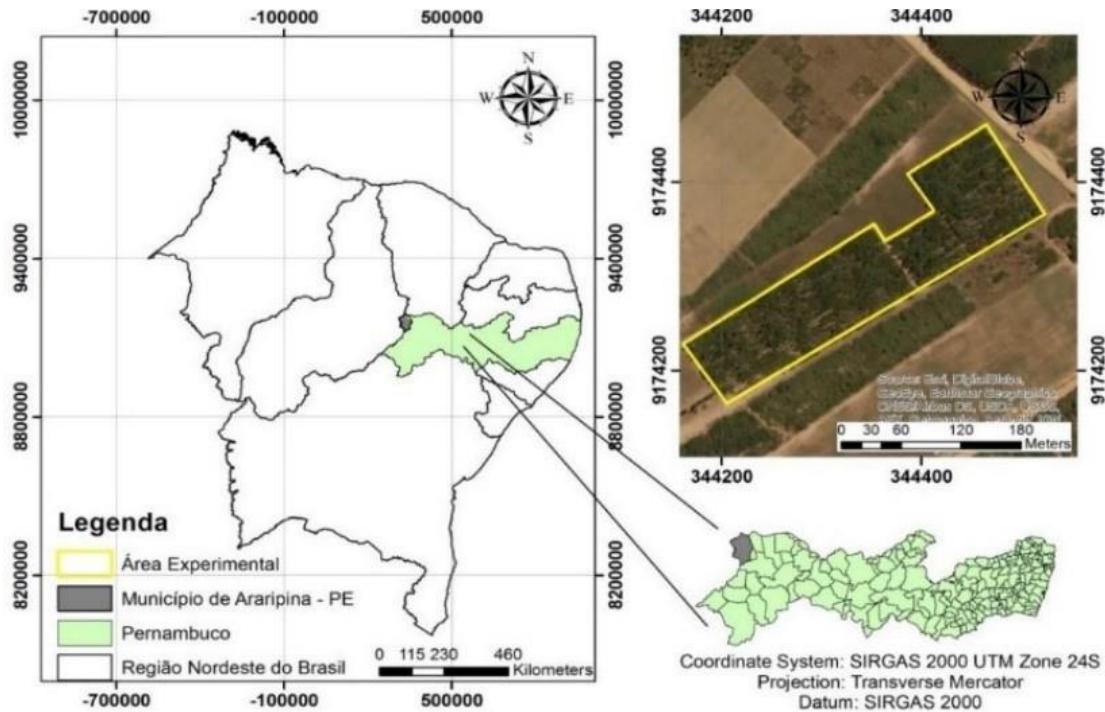
Foi utilizado um clone de *Eucalyptus brassiana* com oito anos de idade plantado em diferentes espaçamentos, conforme pode-se observar na tabela 1.

Tabela 4. Tratamentos do clone de *Eucalyptus brassiana* provenientes de um plantio experimental realizado na Estação Experimental do Araripe, pertencente ao IPA, localizado em Araripina-PE

Tratamento	Clone	Espaçamento
1	C11 - <i>Eucalyptus brassiana</i> (cruzamento natural)	2 m x 1 m
2	C11 - <i>Eucalyptus brassiana</i> (cruzamento natural)	2 m x 2 m
3	C11 - <i>Eucalyptus brassiana</i> (cruzamento natural)	3 m x 2 m
4	C11 - <i>Eucalyptus brassiana</i> (cruzamento natural)	4 m x 2 m
5	C11 - <i>Eucalyptus brassiana</i> (cruzamento natural)	3 m x 3 m

O clone é proveniente de um plantio experimental realizado na Estação Experimental do Araripe, pertencente ao IPA, localizado em Araripina-PE, com coordenadas geográficas 07°27'37"S e 40°24'36"W, conforme mostra a Figura 1.

Figura 4. Plantio experimental localizado no Instituto Agronômico de Pernambuco, município de Araripina – PE.



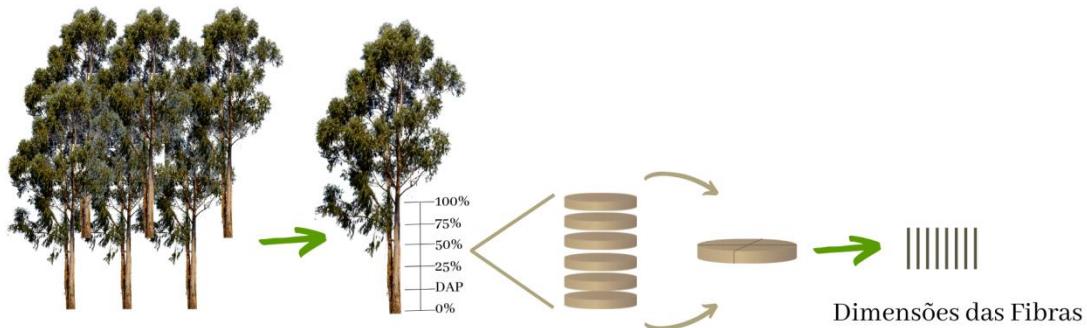
Fonte: Araújo (2019).

A região do plantio, abrange segundo Silva et al. (2015), uma área de 11.792,00 km², com baixos índices pluviométricos, oscilando entre 500 e 800mm anuais, com clima do tipo Bshw', semiárido, quente, de acordo com a classificação de Köppen (BARROS et al., 2010) e a área abriga predominantemente o bioma Caatinga. Há uma predominância de solos do tipo argissolos e latossolos, e a temperatura média anual é de 24°C.

4.2. Amostragem e preparo das amostras

Para avaliação das propriedades anatômicas da madeira, foram coletadas seis árvores de cada tratamento. Os fustes das árvores foram seccionados em seis posições longitudinais nas diferentes posições de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial (diâmetro mínimo de 5 cm) e na altura de 1,30 m acima do solo (DAP) e retirados discos (amostras) com cerca de 5 cm de espessura. Cada disco foi seccionado em quatro cunhas, das quais, apenas uma foi utilizada para determinar os parâmetros referentes à dimensão das fibras. A cunha foi reduzida a cavacos e destes para filetes, onde foi homogeneizada e retirada uma amostra composta por tratamento (Figura 2).

Figura 5. Ilustração da amostragem longitudinal do fuste, destacando-se a retirada de discos em diferentes porcentagens da altura comercial (Hc) e na altura de 1,30 m do solo (DAP), e a análise que foi realizada.



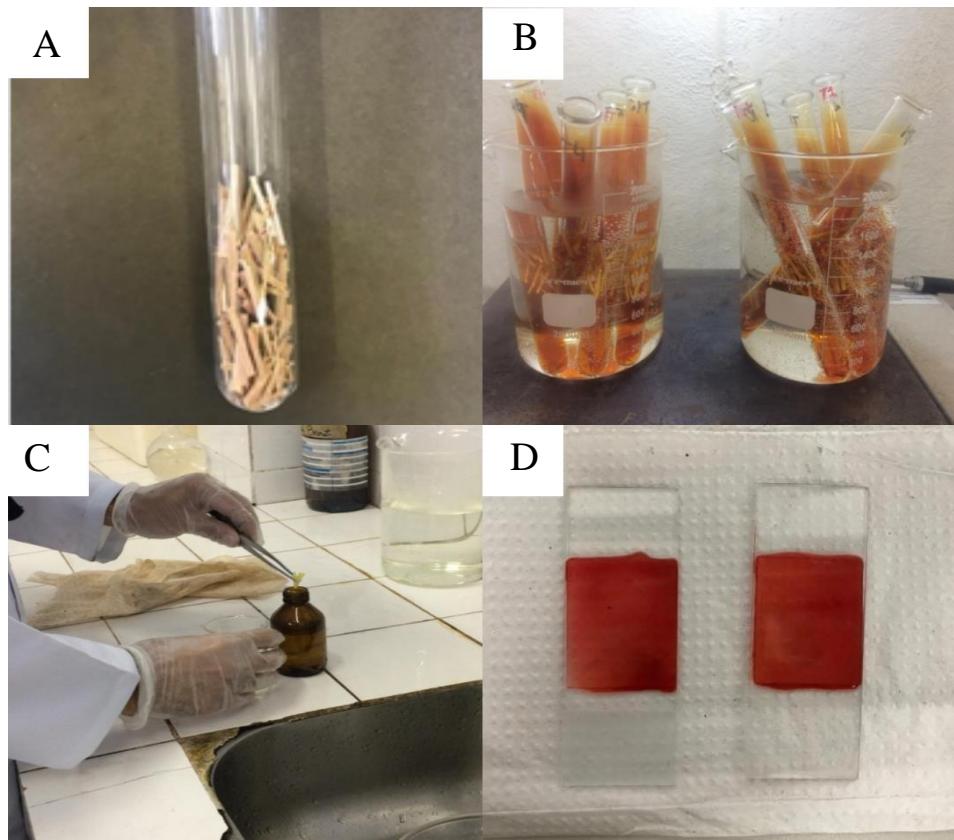
Fonte: Autor (2022).

As análises de dimensões das fibras foram realizadas no Laboratório de Tecnologia e Anatomia da Madeira do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Campus Sede.

4.3. Obtenção do Macerado

Para obtenção do macerado, os filetes de madeira foram transferidos para tubos de ensaios (Figura 3 A) contendo solução macerante (ácido nítrico e ácido acético, na proporção 1:3) com volume suficiente para que as amostras ficassem totalmente submersas. Em seguida os tubos foram levados para banho-maria a 100°C, onde permaneceram por 4 horas (Figura 3 B). Transcorrido o tempo, a solução foi lavada e se obteve as fibras dissociadas, que foram transferidas para frascos âmbar (Figura 3 C). Posteriormente, o macerado foi lavado, e colorido com Safranina e com Glicerina na proporção de 1:1:1 e realizada a preparação das lâminas provisórias em glicerina para obtenção das fotomicrografias contendo as fibras dissociadas (Figura 3 D).

Figura 6. Etapas dos procedimentos adotados para realização da mensuração das fibras: transformação dos cavacos em filetes (A); Amostras em banho-maria (B); Transferência das fibras para o frasco âmbar (C); Lâminas provisórias preparadas (D).



Fonte: Autor (2020).

Logo após o preparo das lâminas, foi realizada a medição de quarenta fibras individualmente por tratamento, determinando o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede.

4.4. Dimensionamento das Fibras

Para as medições do comprimento, largura e diâmetro do lume, foi utilizado um microscópio ótico (lentes objetivas de 40X e 4X), com o sistema de aquisição de imagens Honestech TVR 25®, por meio de uma câmera acoplada

As fibras foram visualizadas no monitor e a mensuração foi realizada com o auxílio do *software* ImageProPlus®. A espessura da parede celular das fibras foi determinada de forma indireta a partir da diferença entre a largura da parede e o diâmetro do lume dividido por dois.

A partir das características mensuradas foram calculados o Índice de Runkel (IR) (Equação 1), Índice de Enfeltramento (IE) (Equação 2), Coeficiente de Flexibilidade

(CF) (Equação 3) e Fração Parede (FP) (Equação 4) de acordo com o indicado por Foelkel & Barrichelo (1975).

$$IR = \frac{2 \cdot EPF}{DL} \quad (\text{Equação 1})$$

$$IE = \frac{CFi}{LF} \quad (\text{Equação 2})$$

$$CF = \frac{DL}{LF} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

$$FP = \frac{EPC}{\frac{LF - DL}{2}} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

$$EPF = \frac{(LF - DL)}{2} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

EPF = Espessura da Parede da Fibra (μm);

DL = Diâmetro do Lúmen (μm);

CFi = Comprimento da Fibra (μm);

LF = Largura da Fibra (μm).

4.5. Análise Estatística

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), no qual, os resultados obtidos foram tabulados e submetidos à análise descritiva com auxílio do Excel (2016). Para verificar se houve diferença significativa entre os tratamentos foi utilizada a análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância. Quando encontrada qualquer diferença significativa entre os tratamentos, os dados foram submetidos ao Teste de Médias de Tukey, ao nível de 5% de significância para a diferenciação das médias. A análise estatística foi realizada com ajuda do software *SISVAR*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores mínimos, máximos e médios, além dos desvios padrões e coeficiente de variação das dimensões de fibras da madeira de *Eucalyptus brassiana* plantado nos diferentes espaçamentos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 5. Valores das dimensões das fibras da madeira dos clones C11 (*Eucalyptus brassiana*) plantados em diferentes espaçamentos

Variável (μm)	TRATAMENTOS	Fibras				
		Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV(%)
Comprimento	T1 (2m x 1m)	437,638	1.145,44	753,977 a	136,75	18,13
	T2 (2m x 2m)	610,132	1070,103	834,829 b	116,24	13,92
	T3 (3m x 2m)	648,649	1283,533	883,797 b	159,04	18,04
	T4 (4m x 2m)	576,363	1046,324	826,23 ab	105,61	12,78
	T5 (3m x 3m)	727,739	1037,046	869,92 b	86,088	9,896
Largura	T1 (2m x 1m)	9,399	23,873	16,189 a	3,273	20,217
	T2 (2m x 2m)	9,616	45,559	20,925 b	6,582	31,396
	T3 (3m x 2m)	7,935	21,218	14,762 a	2,909	19,706
	T4 (4m x 2m)	9,987	20,988	14,014 a	2,592	18,495
	T5 (3m x 3m)	12,985	39,929	22,830 b	5,479	23,999
Diâmetro do Lume	T1 (2m x 1m)	2,285	15,596	8,410 bc	3,841	45,670
	T2 (2m x 2m)	2,395	16,490	7,589 b	2,694	35,504
	T3 (3m x 2m)	2,103	15,682	5,67 a	2,591	45,697
	T4 (4m x 2m)	2,589	9,085	4,907 a	1,533	31,242
	T5 (3m x 3m)	5,309	17,441	9,721 c	3,35	34,470
Espessura da Parede	T1 (2m x 1m)	1,834	8,165	3,889 a	1,142	29,350
	T2 (2m x 2m)	3,558	14,534	6,688 b	2,227	33,302
	T3 (3m x 2m)	2,215	7,141	4,546 a	1,032	22,719
	T4 (4m x 2m)	3,219	6,867	4,553 a	0,906	19,917
	T5 (3m x 3m)	3,058	12,253	6,554 b	1,876	28,624

*médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste *de tukey*.

As variáveis estudadas apresentaram baixo desvio padrão (com exceção do comprimento das fibras) indicando que o material tem boa homogeneidade e coeficiente de variação moderado (com exceção do diâmetro do lume e espessura da parede) indicando que o material apresenta fibras de espessuras variadas. A variação entre T1 e T3 foi de aproximadamente 129,8 μm . Notou-se que embora o espaçamento tenha aumentado os valores médios não apresentaram diferença significativa.

Considerada madeira de fibra curta, as dimensões das fibras do clone de *Eucalyptus* encontram-se no intervalo esperado para o gênero corroborando com os resultados

verificados por Gonçalez et al., (2014) onde as fibras variaram de 790 μm a 1010 μm , num estudo feito com um híbrido de *Eucalyptus urograndis* com oito anos de idade.

Para a formação de papel, Alves et al., (2011) afirma que as fibras de menor comprimento propiciam melhor formação da folha de papel e originam papéis com propriedades físico-mecânicas inferiores às do oriundo de fibras mais cumpridas. Fidale (2010), afirma que as fibras de eucalipto para celulose são consideradas curtas, em média 850 μm de comprimento. Dessa forma, os espaçamentos T1, T2 e T4 apresentaram resultados satisfatórios. Segundo Foelkel & Barrichelo (1975) a diferença do comprimento das fibras deve ser levada em consideração quando se trabalha com madeira para produção de celulose ou papel, uma vez que, esta característica influencia na resistência dos papéis à tração, ao arrebentamento e ao rasgo.

Quanto a largura da fibra, os valores encontrados variaram de 14,014 μm (T3) a 22,830 μm (T5). Fidale (2010), diz que a largura das fibras de eucalipto para celulose é considerada espessas, em média 20 μm de espessura. Dessa forma, os valores referentes à largura dos tratamentos T1, T2 e T4 (Tabela 2) estão dentro dos parâmetros. Segundo Silva (2005) fibras que apresentam resultados inferiores a 25 μm de largura são consideradas estreitas. Para finalidade energética, é requerível fibras de menores larguras, tendo o T3 e T4 os resultados mais satisfatórios. No entanto o T1 é semelhante estatisticamente aos tratamentos T3 e T4, apresentando apenas um coeficiente de variação maior.

Para as dimensões do diâmetro do lume, os tratamentos estudados diferiram entre si. Os valores obtidos variaram de 4,907 (T4) a 9,721 (T5). Para Barrichelo e Brito (1976) o diâmetro do lume varia de 6 μm a 12 μm , tendo o T3 e T4 valores baixo do estudo citado. Já os tratamentos T1, T2 e T5 corroboram a ideia dos autores, apesar de diferirem estatisticamente.

Os resultados verificados para espessura da parede variaram de 3,889 μm (T1) a 6,688 μm (T2). Para Paula (1999) a espessura da parede tem uma correlação positiva com o rendimento de celulose, no qual, as fibras com paredes mais espessas possuem maior teor relativo de celulose em comparação com as fibras de paredes delgadas. De acordo com Barrichelo e Brito (1976) a espessura da parede varia em média de 2,5 μm a 6 μm . Nessa perspectiva, todos os tratamentos estão em conformidade com os trabalhos citados anteriormente.

Segundo Azevedo (2021), são recomendadas madeiras com fibras de menores diâmetros e paredes espessas e também ricas em fibras com elevada fração parede para

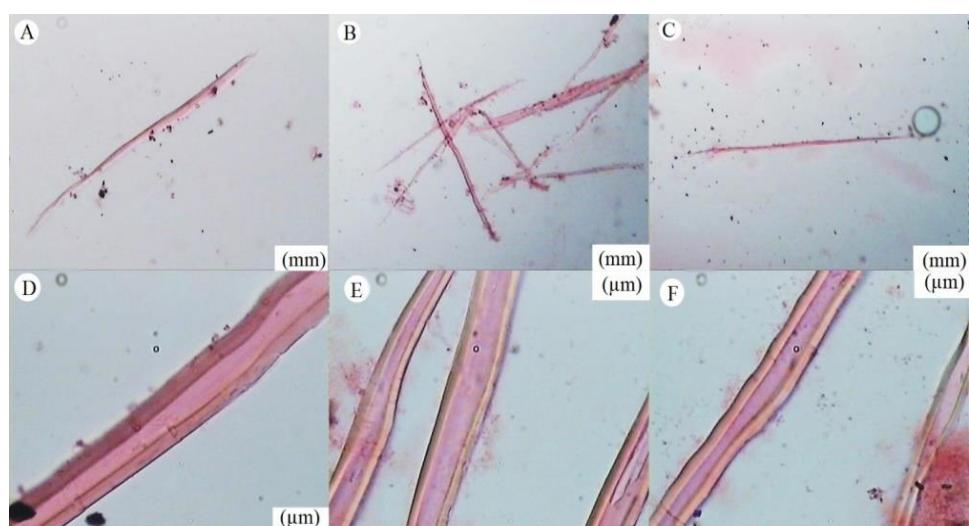
fins energéticos, pois essas características irão influenciar no poder calorífico, que está relacionado ao tempo de queima e liberação de calor, proporcionando assim uma combustão duradoura, o que favorecerá principalmente o retorno econômico.

Talgatti et al., (2019) ao estudarem seis clones comerciais de *Eucalyptus* com 7 anos de idade, plantados com um dos espaçamentos semelhantes ao deste estudo (3m x 2m) obtiveram resultados superiores para todas as características avaliadas, onde foi apresentado 1.020 μm para o comprimento, 17,15 μm para largura, 8,53 μm para diâmetro do lume, e 4,55 μm para espessura da parede.

Ao realizar estudo sobre a qualidade da madeira, Azevedo (2021) constatou que o Clone C11 de *Eucalyptus brassiana* submetido a diferentes espaçamentos, apresentou densidade básica média de 0,635 g/cm³. Para a produção de celulose e papel, os autores Dias e Simonelli (2013) aconselharam o uso de madeiras com densidade básica entre 0,400 g/cm³ e 0,550 g/cm³, pois valores inferiores levam a redução de rendimento, enquanto que densidades superiores apresentam maior dificuldade de picagem das toras. Já fins energéticos, são requeríveis madeiras com altos valores para densidade básica, pois proporcionam carvões de maior densidade relativa aparente.

A figura 5 evidencia o macerado do material apresentando nas fibras, e é possível observar algumas características importantes, tais como o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede.

Figura 4. Dimensões das fibras: Comprimento (A-C); Largura, diâmetro do lume e espessura da parede (D-F).



Fonte: Autor (2021).

Na imagem é possível perceber a presença de fibras curtas, e diâmetro do lume de espessuras variadas, indicando que as fibras do clone estudado apresentam características divergentes, que podem servir para a produção energética e de celulose e papel.

Por meio dos valores das dimensões das fibras do material em estudo, puderam-se calcular coeficientes e índices que irão fornecer um diagnóstico prévio do potencial desse material para produção de celulose e papel. A Tabela 3 apresenta as relações entre as dimensões das fibras por meio do Índice de Runkel, Índice de Enfeltramento, Fração Parede e Coeficiente de Flexibilidade.

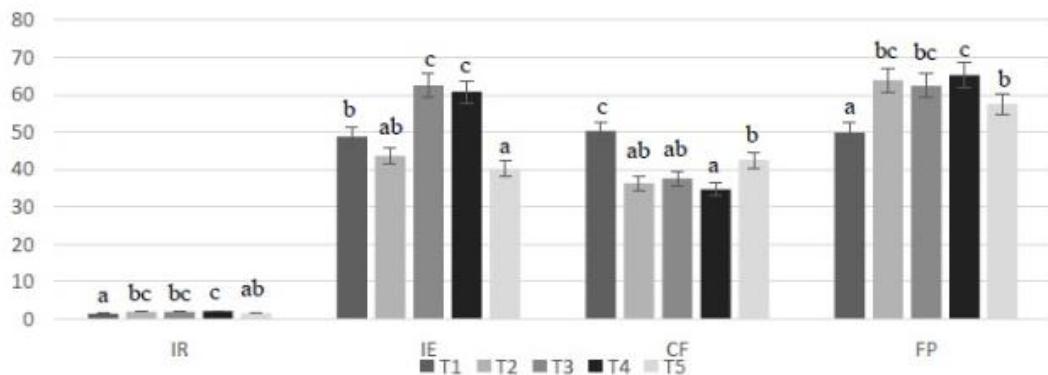
Tabela 6. Valores médios para índice de Runkel, Índice de Enfeltramento, Coeficiente de Flexibilidade e Fração Parede e das dimensões de fibras de clones de *Eucalyptus brassiana* cultivados em diferentes espaçamentos.

Espaçamentos	Parâmetros			
	Índice de Runkel	Índice de Enfeltramento	Coeficiente de Flexibilidade (%)	Fração Parede (%)
(T1) 2m x 1m	1,29	48,75	50,17	49,83
(T2) 2m x 2m	1,87	43,59	36,16	63,84
(T3) 3m x 2m	1,93	62,51	37,62	62,38
(T4) 4m x 2m	2	60,69	34,73	65,27
(T5) 3m x 3m	1,47	40,2	42,52	57,46
MÉDIA	1,712	51,148	40,24	59,756

*médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste *de tukey*.

Ao analisar a tabela 3, constatou-se que o clone cultivado nos diferentes espaçamentos apresentou Índice de Runkel classificado como regular para produção de papel (Runkel, 1952), pois, as fibras com índice de até 2 são as mais indicadas para formação de papel (Boschetti et al., 2015) pois, a eficiência das fibras tende a reduzir acima desse valor (Rocha e Potiguara, 2007). Talgatti et al. (2019) ao avaliarem materiais genéticos de *Eucalyptus* verificaram índices inferiores ao deste estudo (0,472 a 0,609). A figura 5 demonstra a comparação das médias dos parâmetros do clone em diferentes espaçamentos.

Figura 5. Valores médios dos parâmetros do clone em diferentes espaçamentos



*médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste *de tukey*.

Para Florsheim et al. (2009) o Índice de Runkel avalia o grau de colapso das fibras durante o processo de produção de papel. Quanto menor, maior será o colapso, conferindo às fibras uma maior superfície de contato, resultando em um papel com maior resistência à tração e ao estouro, devido ao maior número de ligações. Quanto a comparação das médias, o T4 diferenciou estatisticamente dos demais e apresentou o maior índice. Dessa forma, o tratamento não é indicado para produção de celulose e papel, pois necessita de uma área útil maior, e apresenta um índice relativamente alto.

Já o índice de Enfeltramento foi classificado como bom para o papel no tratamento T3, visto que para Mogollón e Aguilera (2002) valores acima de 50 são mais indicados para boas características do papel relacionadas ao rasgo e dobras duplas (BALDI, 2001), tendo relação direta com a resistência ao rasgo e arrebentamento. Quanto a estatística, o T4 se mostrou semelhante ao T3, porém o seu espaçamento é maior, o que irá implicar numa menor quantidade de árvores.

Em relação ao Coeficiente de Flexibilidade, o espaçamento T1 apresentou o maior índice (50,17%), e o espaçamento T4 apresentou o menor índice (34,73%). Para Foelkel e Barrichelo (1975) quanto maior o Coeficiente de Flexibilidade, mais flexível se torna a fibra, contribuindo para o aumento na resistência ao arrebentamento, influenciando no aumento do número de ligações entre as fibras. Já madeira com fibras de maior coeficiente de flexibilidade resulta na produção de um papel mais denso e com melhores resistências. Valores superiores ao desde trabalho foram verificados por Carvalho e Nahuz (2004) que variou de 46,43% a 51,13%, e Florsheim et al. (2009) que variou de 47,53% a 53,10%.

Para Fração Parede, os resultados obtidos nos diferentes espaçamentos estão próximos ao recomendado por Foelkel (1978), que indicou valores inferiores a 60% para produção do papel. A Fração Parede está relacionada à rigidez da fibra, e quanto maior seu valor, mais rígidas serão as fibras. Isso irá dificultar a formação do papel, exercendo influência sob suas propriedades de resistência (FOELKEL; BARRICHELO, 1975; GONÇALEZ et al., 2014). Dessa forma, apenas o T1 apresentou resultado satisfatório. Os valores de fração parede estão em concordância com o estudo de Gonçalez et al. (2014) avaliando *E. grandis* com *E. urophylla* com 8 anos de idade, que variou de 59,64 a 70,89.

Para o setor energético, madeiras caracterizadas pela presença de fibras com alto valor de fração parede (acima de 60%) são potenciais para a produção de carvão vegetal (PAULA, 2005), apresentando maior massa para sustentar a decomposição térmica da madeira, favorecendo o rendimento e a qualidade do carvão vegetal. Neste aspecto, os espaçamentos T2, T3 e T4 apresentaram resultados satisfatórios.

Tais resultados podem ser explicados devido ao material ser considerado heterogêneo, e que apresenta fibras de diferentes formas e funções. Fatores como proximidade da árvore à bordadura, local do plantio, e disponibilidade hídrica pode ter influenciado nos resultados.

De forma prática, levando-se em consideração somente as variáveis apresentadas, pode-se deduzir que o clone de *Eucalyptus brassiana* cultivado no espaçamento 3x2m, apresenta potencial para fabricação de carvão vegetal e celulose e papel. No entanto, para uma melhor otimização do material a ser utilizado na produção desses materiais deve ser considerado, também, os constituintes químicos da madeira.

6. CONCLUSÕES

A madeira de *Eucalyptus brassiana* demonstrou resultados satisfatórios quanto aos índices obtidos neste estudo com madeira proveniente de plantio experimental ao apresentar fibras com características anatômicas desejadas para o setor de celulose e papel e para o setor energético.

Os tratamentos avaliados (clone x espaçamento) influenciaram de forma significativa os parâmetros avaliados, bem como os índices de qualidade da madeira.

Com base nas propriedades avaliadas sobre a qualidade na madeira para o setor energético, o clone de *Eucalyptus brassiana* (C11), plantado no espaçamento 2m x 1m, foi o menos indicado para finalidades energéticas. Já o espaçamento intermediário 3m x 2m apresentou o resultado mais adequado para uso.

Já para o setor de celulose e papel, o clone plantado no espaçamento 3m x 3m foi o menos indicado para a produção de celulose, enquanto espaçamento 2m x 1m, obteve o resultado mais adequado para uso, com base no potencial morfológico determinado pelos índices calculados.

REFERÊNCIAS

ALVES, I. C. N.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; SILVA, H. D. D. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose kraft. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, p. 167-174, 2011.

AZEVEDO, S. R. V. **Caracterização da madeira e do Carvão Vegetal de clones de Eucalyptus cultivados em diferentes espaçamentos no Sertão Pernambucano**. 2021. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2021.

BALDI, F. processo di produzione delle paste chimiche e loro trattamento. In: CORSO DI TECNOLOGIA PER TECNICI CARTARI, 8., 2000, Verona. **Anais...** Verona: Scuola Grafica Cartaria, 2001.

BALDIN, T.; MARCHIORI, J. N. C.; NISGOSKI, S.; TALGATTI, M.; DERNARDI, L. Anatomia da madeira e potencial de produção de celulose e papel de quatro espécies jovens de *Eucalyptus L'Hér*. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), v. 8, n. 2, 2017.

BALLONI, E.A; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF – Série técnica**, Piracicaba, v.1, n.3 p.1-16, 1980.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel. **Série Divulgação PRODEPEF**, n.13, p.1-145, 1976.

BARRICHELO, L. E.G.; FOELKEL, C. E. F. **Processo nítrico-acético para maceração de madeira**. **Silvicultura**, v.8, n.28, p. 732-733, 1983.

BARROS, B.C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; REBOUÇAS, A. C. M. N. Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no polo gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 641-647, 2010.

BISSET, L.J. & DADSWELL, H.E. The variation of fiber within one tree of *Eucalyptus regnans*. **Australian forestry**, Melbourne, 13(12): 86-96, 1949.

BOSCHETTI, W. T. N.; Paes, J. B.; Oliveira, J. T. D. S.; Dudecki, L. Características anatômicas para produção de celulose do lenho de reação de árvores inclinadas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 459-467, 2015.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S.C.S.; MOREIRA DE SILVA, J.R.; Seleção de clones de *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade da madeira. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 237-245, 2010.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus Alba* Reinw, E. *saligna* Smith e E. *grandis* Hill ex-Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF – Série técnica**, Piracicaba, n.2/3, p.129-149, 1971.

BRAZ, R. L.; SILVA O., J. T., ROSADO, A. M., VIDAURRE, G. B.; PAES, J. B.; FILHO, M.T.; LOIOLA, P. L. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 5, n. 2, p. 127-137, 2014.

CARVALHO, H. G.; OLIVEIRA, R. C.; GIMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Efeito da idade do corte da madeira e de variáveis de refino nas propriedades da celulose Kraft branqueada de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABCTP, 31º, São Paulo, 1998, **Anais...** São Paulo: ABCTP, P. 367-381, 1998.

CARVALHO, A. M.; NAHUF, M.A.R. Interferência na qualidade e rendimento de polpa celulósica de eucalipto devido ao uso múltiplo da madeira. **Cerne**, Lavras, v.10, n.2, p.242-256, 2004.

CASTELO, P. A. R. **Avaliação da qualidade da madeira de Pinus taeda em diferentes sítios de crescimento e espaçamentos, através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão**. 2007. 151f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

DIAS, O. A.; SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 3632-3646, 2013.

FERNANDES, D. E.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; FERREIRA, M. Z. Influência na produtividade de clones híbridos de eucalipto na densidade da madeira e na polpação Kraft. **Scientia Florestalis/Forest Sciences**, V. 39. n. 90, p 147-150, 2011.

FIDALE, L.C. **Biopolímeros Modificados: Aspectos de Derivatização de celulose sob Condições Homogêneas de Reação**. 2010. 248p. Tese Doutorado - Programa de Pós Graduação em Química Orgânica. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

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

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.

GADELHA, F. H.; Silva, J. A. A.; Ferreira, R. L. C.; Santos, R. C.; Tavares, J. A. Produtividade de clones de eucaliptos em diferentes sistemas de manejo para fins energéticos. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 35, n. 83, p. 263-270, 2015.

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.; SANTOS, G. L.; JUNIOR, F. G. S.; MARTINS, I. S.; COSTA, J. 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.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBA). **Relatório IBA 2021**. 2021.

MOGOLLÓN, G.; AGUILERA, A. **Guia teórica y práctica de morfología de la fibra**. Mérida: Universidad de Los Andes. 48p, 2002.

MOULIN, J. C.; SILVA, S. R.; NUTTO, L.; VIDAURRE, G. B. **Influência do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira de eucalipto**. v. 29075, p. 171.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; ALVES, R. C. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Ciência Rural**, v.44, n.12, p.2186-2192, 2014.

MOURA, V. P. G.; OLIVEIRA, J. B.; VIEIRA, V. M.; Avaliação de procedências de *Eucalyptus brassiana* S. T. Blake em Planaltina-DF, Região de Cerrado. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v. 48, abril 1995.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** 2005.

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**, v. 40, n. 94, p. 203-211, 2012.

PAULA, J. E. Caracterização anatômica de madeiras nativas do Cerrado com vistas à produção de energia. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 26-40, 1999.

PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de espécies nativas do cerrado, visando sua utilização na produção de energia. **Cerne**, v. 11, n. 1, p. 90-100, 2005.

PEREIRA, B. L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; MAGALHÃES, M. A. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 545-557, 2016.

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

RUNKEL, R. O. H. Pulp from tropical wood. **TAAP**, v. 35, n 4, p. 174-178, 1952.

SILVA, J. C. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas**. Universidade Federal de Viçosa, p. 140, 2005.

SILVA, M. G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. 2011. 92f. Dissertação

(Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

SILVA, J. A. A.; ROCHA, K. D.; FERREIRA, R. L. C.; TAVARES, J. A. PRODUTIVIDADE VOLUMÉTICA DE CLONES DE *Eucalyptus spp.* NO POLO GESSEIRO DO ARARIPE, PERNAMBUCO. **Anais...** da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, v. 10, p. 240-260, 2015.

TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; BALDIN, T.; OLIVEIRA, L. H.; SANTINI, E. J.; PASA, D. L. Caracterização anatômica de clones comerciais de *Eucalyptus* para a produção de papel. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 65-70, 2019.

TIENNE, D. L. C et al. Influência do espaçamento no ângulo das microfibrilas e comprimento de fibras de clone de eucalipto. **Revista Forestal Latinoamericana**, v. 24, n. 1, p. 67-83, 2009.

THOMAZ, C. F. **Caracterização anatômica macroscópica e dimensionamento de fibras de madeiras folhosas com potencial para polpa celulósica.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso, (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2019.

VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil. Vitória: EDUFES, 2020.

.