

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DOIS VIZINHOS

PATRÍCIA MICHELI BRAVO FUKUDA

**Caracterização anatômica da madeira e do carvão vegetal de
Hovenia dulcis Thunberg.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2019

PATRÍCIA MICHELI BRAVO FUKUDA

**Caracterização anatômica da madeira e do carvão vegetal de
Hovenia dulcis Thunberg**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao curso de Engenharia Florestal
como requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Flávia Alves
Pereira.

Co-orientadora: Prof^a. Ms. Helena
Cristina Vieira.

DOIS VIZINHOS

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

Título

Caracterização anatômica da madeira e do carvão vegetal de *Hovenia dulcis* Thunberg

por

Patrícia Micheli Bravo Fukuda

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 01 de Novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr^a. Flávia Alves Pereira
Orientadora

Prof. Dr. Edgar de Souza Vismara
Membro titular (UTFPR)

Tamara Almeida Pinto
Engenheira Florestal

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Flávia Alves Pereira por todo o ensinamento, preocupação, paciência e todas as sugestões para que este trabalho fosse possível, sem dúvidas não poderia ter escolhido melhor.

Aos meus queridos amigos Maraiza Minozzo, Jeniffer Peixoto, Felipe Paccola e a minha amiga companheira de Laboratório Gabriela Lovison, que de um jeito ou de outro sempre me apoiaram, ajudaram e entenderam minha ausência nos períodos de elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos e irmãos de coração Rafaella Martinez, Lucas Vila Real e Samara Esquiçato que mesmo distantes me incentivaram e apoiaram a todo momento para que este sonho fosse possível.

À minha família, minha mãe Marlei Bravo, minha tia Sirlene Bravo (*in memoriam*) e meu irmão Kaio Bravo Fukuda minha base e força de incentivo e de garra, obrigada por sempre me apoiarem e serem sempre a maior e melhor parte que existe em mim.

Ao meu companheiro amor e amigo Rodrigo Junior Schneider pela paciência, carinho, entendimentos e forças diárias.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos pela disponibilidade dos materiais e laboratório para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao laboratório de Manejo Florestal por disponibilizar o material de estudo do presente trabalho.

A Deus por estar presente a todo momento e ter me dado forças para chegar até aqui.

A todos que me apoiaram, muito obrigada!

Resumo

FUKUDA, Patrícia Micheli Bravo. **Caracterização anatômica da madeira e do carvão vegetal de *Hovenia dulcis* Thunberg**. 2019. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso II. Curso Superior de Engenharia Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos. Dois Vizinhos, 2019.

Atualmente, o Brasil é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal do mundo, entretanto os trabalhos relacionados com carvão vegetal de *Hovenia dulcis* são escassos, sendo esta espécie uma alternativa de estudos tanto anatômicos quanto para fins energéticos. O presente trabalho teve como objetivo a caracterização anatômica da madeira e do carvão vegetal de *Hovenia dulcis* Thunberg. Para isso, foram utilizados os discos na altura do DAP com 2,5x2,5x5,0 de tamanho para análise anatômica da madeira e o restante do disco utilizado para carbonização e densidade. A análise anatômica foi realizada seguindo descrição das normas do IAWA (1989), no sentido tangencial, foram analisados os raios por milímetro linear, comprimento e largura dos raios em micrometro e comprimento e largura dos raios por número de células; no sentido transversal foram analisados os poros por milímetro quadrado e largura, em seguida, foi determinado a densidade básica e aparente da madeira. Foi realizada a carbonização em forno tipo mufla com aproximadamente 300g da madeira, após o processo de carbonização foram analisados a anatomia do carvão de *Hovenia dulcis*. Foram observados alterações decorrentes do processo de carbonização da anatomia da madeira para o carvão vegetal como uma maior tendência na frequência dos vasos por mm² e assim consequentemente uma diminuição no diâmetro dos vasos.

Palavras-chave: Uva-do-japão, Carbonização, Anatomia

ABSTRACT

FUKUDA, Patricia Micheli Bravo. **Anatomical characterization of wood and charcoal from *Hovenia dulcis* Thunberg**. 2019. 28 f. Course Completion Paper II. Forest Engineering College, Federal Technological University of Paraná - Dois Vizinhos Campus. Two Neighbors, 2019.

Currently, Brazil is the largest producer and consumer of charcoal in the world, however, works related to charcoal from *Hovenia* are scarce, being a kind of alternative to both anatomical and energy studies. The present work aimed to characterize the anatomical wood and charcoal of *Hovenia dulcis* Thunberg. For this, 2.5x2.5x5.0 DAP tall discs were used for anatomical analysis of the wood and the rest of the disc used for carbonization and density. An anatomical analysis was performed following the description of the IAWA (1989) norms, without tangential sense, analyzed by linear radii millimeter, radius length and width in the micrometer and radius length and width by the number of cells; no transverse direction was analyzed pores per square millimeter and width then the basic and apparent density of the wood was determined. Carbonization was performed in a muffle furnace with approximately 300g of wood. After the carbonization process, the anatomy of the *Hovenia dulcis* coal was analyzed. Changes in the carbonization process of the wood anatomy for charcoal were observed, such as a greater trend in vessel frequency per mm² and, consequently, a decrease in vessel diameter.

Keywords: Japanese grape, Carbonization, Anatomy.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 OBJETIVOS | 9 |
| 2.2 Objetivo Geral..... | 9 |
| 2.3 Objetivos Específicos..... | 9 |
| 3 REVISÃO BIBLIGRÁFICA..... | 10 |
| 3.1 Anatomia da Madeira..... | 10 |
| 3.2 Características Anatômicas | 10 |
| 3.3 Descrição da Espécie | 12 |
| 3.4 Pirólise..... | 12 |
| 3.5 Qualidade do Carvão..... | 13 |
| 3.6 Florestas Energéticas | 14 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS..... | 15 |
| 4.1 Descrição da Área | 15 |
| 4.2 Análise Macroscópica e Microscópica da anatomia da Madeira..... | 15 |
| 4.3 Massa Específica Básica | 17 |
| 4.4 Massa Específica Aparente | 17 |
| 4.5 Carbonização..... | 18 |
| 4.6 Análise Anatômica do Carvão..... | 18 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 19 |
| 5.1 Análise Anatômica da Madeira | 19 |
| 5.2 Massa Específica Básica e Aparente..... | 21 |
| 5.3 Análise Anatômica do Carvão..... | 22 |
| 6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FINAIS | 24 |
| 7 REFERÊNCIAS..... | 26 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal do mundo. Em 2015, foram produzidos 6,2 milhões de toneladas, referente a 12% da produção mundial (FAO, 2017), enquanto em 2016 houve queda de 2,2% em relação ao ano de 2015, devido a imposição dos órgãos ambientais por produtos oriundos de floretas nativas. Este insumo é utilizado principalmente pelo setor siderúrgico, com demanda em mais de 120 indústrias no Brasil, empregado no processo de produção de ferro-gusa, aço e ferro-ligas (IBÁ, 2017).

O carvão possui maior concentração de carbono fixo, quando comparado à madeira, e maior poder calorífico. Contudo, estas características do carvão podem ser influenciadas (CASTRO et al., 2013) tanto pela madeira de origem como o método de produção, possuindo variações em suas propriedades (OLIVEIRA et al., 2006).

O conhecimento das características anatômicas da madeira, como presença de fibras com elevada fração de paredes e baixas proporções de tecidos parenquimáticos e vasos é importante, pois é capaz de interferir na qualidade do produto final (ARANTES, 2009; OLIVEIRA et al., 2006).

Sabe-se que o *Eucalyptus* é o principal gênero utilizado para a produção de carvão vegetal no Brasil, por possuir boa relação gravimétrica e qualidade da madeira, entretanto a tecnologia atual carece de pesquisas de novas espécies com potencial para a geração de energia.

Atualmente, ainda são escassos trabalhos relacionados com produção e anatomia de carvão vegetal de *Hovenia dulcis*, principalmente quando esta produção é associada a anatomia e estrutura da madeira desta espécie.

A *Hovenia dulcis* é uma alternativa para estudos por ser esta uma espécie exótica com rápido crescimento, sendo sua madeira utilizada para lenha e construções. Desta forma, evidencia-se a importância de estudos relacionados a caracterização anatômica da madeira de *Hovenia dulcis* para fins energéticos.

2 OBJETIVOS

2.2 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização anatômica da madeira e do carvão vegetal de *Hovenia dulcis* Thunberg.

2.3 Objetivos Específicos

Com base no objetivo geral acima, o presente projeto apresenta os seguintes objetivos específicos:

- I. Analisar as características anatômicas da madeira de *Hovenia dulcis*;
- II. Determinar a densidade básica e aparente da madeira;
- III. Carbonizar a madeira de *Hovenia dulcis*;
- IV. Analisar anatomia do carvão vegetal de *Hovenia dulcis*;

3 REVISÃO BIBLIGRÁFICA

3.1 Anatomia da Madeira

Segundo Oliveira et al., (2006) a descrição anatômica da madeira é importante para que seja realizada melhor aproveitamento tecnológico e visando análise do potencial para tal uso da madeira, as dimensões, frequências e arranjo dos elementos anatômicos possui alta influência nas propriedades tanto físicas como mecânicas.

Os fenômenos de transferências de massa durante a secagem e a carbonização está diretamente relacionada com a estrutura anatômica da madeira como diâmetro dos capilares, pontuações, frequência de vasos, presença de tilos influenciam a permeabilidade da madeira e também na liberação dos gases de pirólise, afetando a estrutura física do carvão (FERREIRA, 2012).

3.2 Características Anatômicas

A análise das características anatômicas macroscópicas podem ser realizadas a olho nu ou com lupa de dez aumento com o polimento da superfície. Assim sendo, muitos aspectos anatômicos da madeira podem ser notáveis para identificação e serem certificados a partir de uma análise macroscópica, estas podem estar relacionadas seja quanto ao tamanho, forma e distribuição dos elementos celulares, raios parenquimático, parênquima axial e vasos (BOTOSSO, 2009).

Responsáveis pela condução ascendente da seiva das árvores, os vasos são tubos que possuem pequenos diâmetros, se observados no sentido transversal são vistos como orifícios de forma elíptico e circular (ZENID; CECCANTINI, 2007).

Sendo um tecido o parênquima é composto por células em que normalmente são cilíndricas ou prismáticas e são orientadas paralelamente ao eixo maior da árvore as quais possuem a função de reserva e armazenamento do metabolismo do vegetal. O parênquima axial pode exibir distintos arranjos e

se notado no plano transversal viabiliza classificar segundo a formação do desenho (BOTOSSO, 2009).

Os raios parenquimáticos possuem a função de transformação, condução e armazenamento das substâncias de nutrição no interior das árvores, estes são identificados como feixes de células alongadas em posição horizontal, possuindo orientação do centro perto à medula até a periferia da árvore próximo a casca. Podem ser analisados na caracterização macroscópica no sentido tangencial e transversal (BOTOSSO, 2009).

As camadas de crescimento marca o começo e as paradas do crescimento das árvores a partir das condições ambientais as quais está exposta, as camadas de crescimento podem possuir mais ou menos demarcações que ocorrem nos troncos (ZENID; CECCANTINI, 2007).

A abundância de vasos e sua distribuição podem afetar a resistência mecânica mas também podem aumentar a permeabilidade da madeira. A madeira de *Hovenia dulcis* apresenta porosidade em anel, o que irá influenciar é o percentual de lenho primaveril, ou seja quanto mais for o percentual de lenho primaveril no lenho da madeira conseqüentemente menor a área com poros, o qual lhe proporcionará maior resistência mecânica, massa específica e menor permeabilidade. Assim sendo, em árvores que possuem um crescimento maior propendem a ter maior qualidade da madeira em espécies com porosidade em anel (MARCHESAN, 2016).

Madeiras que são ricas em vasos e células parenquimatosas apresentam baixo teor de celulose, hemicelulose e lignina, estes não são recomendados sua utilização para a produção de energia quando analisados rendimento e retorno econômico, pois apresentam baixa biomassa para sustentar uma combustão duradoura. Entretanto em madeiras com parede espessa, ricas em fibras de fração parede alta a partir de 60% demonstram boa qualidade para a geração de energia (PAULA, 2005).

Segundo Rigatto et al. (2001) o qual realizou estudos com a análise da madeira de *Hovenia dulcis* a partir da preparação de 2 amostras de 5 cm da madeira para a individualização dos elementos anatômicos, obteve-se poder calorífico superior de 4534 kcal/kg e densidade básica de 0,549 g/cm³, ou seja moderadamente pesada. O autor afirma que a madeira de *Hovenia dulcis*

segundo sua densidade e poder calorífico se apresenta adequada para a recomendação da produção de energia.

Visando a produção de carvão vegetal é importante que a madeira contenha elevada densidade e presença de fibras com elevada fração paredes e baixas proporções de tecidos parenquimático e vasos (OLIVEIRA et al., 2006).

3.3 Descrição da Espécie

Pertencente à família Rhamnaceae a *Hovenia Dulcis* popularmente conhecida como uva-do-japão, pode atingir até 25 metros de altura e 50cm de DAP com madeira de densidade considerada relativamente pesada de 0,50 a 0,72 g/cm³, seu crescimento é variável com média de 30m³ há/ano, esta espécie possui ocorrência natural na China, Japão e Coréia entre 25° e 41° N e 100° e 142° L (RIGATTO et al., 2001).

A *Hovenia Dulcis* é amplamente difundida no Sul do Brasil tanto de modo isolado como em pequenos talhões, esta espécie apresenta regeneração natural de forma abundante por sementes, por este motivo a uva-do-japão é muito comum no Sul do Brasil nas Florestas Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Semidecidual (CARVALHO, 1994).

Segundo o mesmo autor, a uva-do-japão possui características de ser intolerante ao sombreamento e de ser pioneira. As estações mais frias severas e prolongada pode chegar a retardar o crescimento a *Hovenia dulcis*, quando este instalado em plantios apresenta crescimento monopodial e fuste com boa forma.

3.4 Pirólise

A pirólise também é conhecida como decomposição térmica e ocorre em ambientes isento de oxigênio ou com presença controlada. Como consequência deste processo tem-se o carvão vegetal e o líquido pirolenhoso, ou seja, uma fração sólida e gases condensáveis e não condensáveis. No decorrer deste método os componentes químicos e anatômicos da madeira são alterados e há

liberação de gases, vapor d'água, líquidos orgânicos e formação da fração líquida e sólida (FERREIRA, 2012).

A quantidade e a qualidade do carvão vegetal são influenciadas pela temperatura final e velocidade de aquecimento. O rendimento gravimétrico em carvão vegetal da *Hovenia dulcis* segundo a análise de variância foi influenciado pela temperatura final. Analisou-se que aumentando a temperatura final da pirólise conseqüentemente houve redução no rendimento gravimétrico do carvão vegetal, em razão do aumento da temperatura ocorre a perda de massa e assim a diminuição no rendimento no carvão. Obteve-se um rendimento gravimétrico médio para a *Hovenia dulcis* de 32,17% (RANCATTI, 2012).

3.5 Qualidade do Carvão

A qualidade da madeira interfere diretamente sobre a qualidade e produção do carvão vegetal. Fatores como condições locais do plantio, material genético utilizado, relação genótipo, ambiente, espaçamento e idade podem afetar diretamente a constituição física, química mecânica e anatômica da madeira (ASSIS et al., 2012).

A fim de obter-se melhor qualidade do carvão vegetal é desejável a escolha por madeiras mais densas. O menor número de espaços vazios na madeira, definido pelos lumes e vasos, contribuem para o rendimento gravimétrico em carvão (PEREIRA et al., 2016).

A temperatura final da carbonização e a espécie são fatores que podem influenciar as características físicas e químicas do carvão vegetal (TRUGILHO; SILVA, 2001).

Os setores de ferro gusa e aço são os maiores consumidores de carvão vegetal e são exigentes em relação a qualidade, pois pode influenciar de forma direta o produto final e nos custos do processo produtivo. Assim, faz-se necessário que este insumo atenda as exigências do mercado consumidor, com padrões de qualidade que vão desde a matéria prima até o controle total do processo (PROTÁSIO et al., 2011).

3.6 Florestas Energéticas

O Brasil é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal, dentre as espécies utilizadas destaca-se o gênero *Eucalyptus* como a principal fonte de matéria prima para o carvão, este gênero apresenta melhoramentos com características fundamentais visando a produção de carvão com boa qualidade, como incremento volumétrico, densidade elevada e teor de lignina (FERREIRA, 2012).

A propensão no comportamento da produção do carvão vegetal no Brasil se dispõe de uma maior quantidade produzida de florestas plantadas quando relacionados com florestas nativas, pois no geral as indústrias preferem a utilização de carvão vegetal oriundas de florestas plantadas do que de nativas (MOREIRA, 2011).

Considerando-se a competitividade do mercado atual as empresas florestais estão frequentemente em busca de materiais que forneçam madeira com propriedades adequadas para tal finalidade associada com maior produtividade em menor tempo possível. Atualmente já existem vários materiais genéticos melhorados a fim de aprimorar as propriedades da madeira, para que resultem em uma boa produção de carvão vegetal de melhor qualidade, contudo, ainda falta investimentos em novas pesquisas para a obtenção de materiais cada vez mais adequados à produção de carvão vegetal (CASTRO, 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da Área

O material utilizado neste trabalho foi doado pelo Laboratório de Manejo Florestal (LAMAF) da UTFPR – Campus Dois Vizinhos, quatro indivíduos de *Hovenia dulcis* foram cortados a 1,30m no diâmetro a altura do peito (DAP), com 5cm de espessura.

A coleta das árvores foi realizada em local de regeneração, na UTFPR-DV e segundo Gorenstein et al., (2010), classifica-se a vegetação original como Floresta Estacional Semidecidual em transição para Floresta Ombrófila Mista.

O município encontra-se nas coordenadas geográficas 25°41'37" S e 53°06'07" W, com altitude média de 502 m. O clima no município é subtropical segundo a classificação de Köppen é Cfa o qual possui temperatura média anual de 22°C com verões quentes, concentração de chuvas nos meses de verão e sem estação seca definida (IAPAR). O solo do município é predominante Latossolo vermelho distroférrico com textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

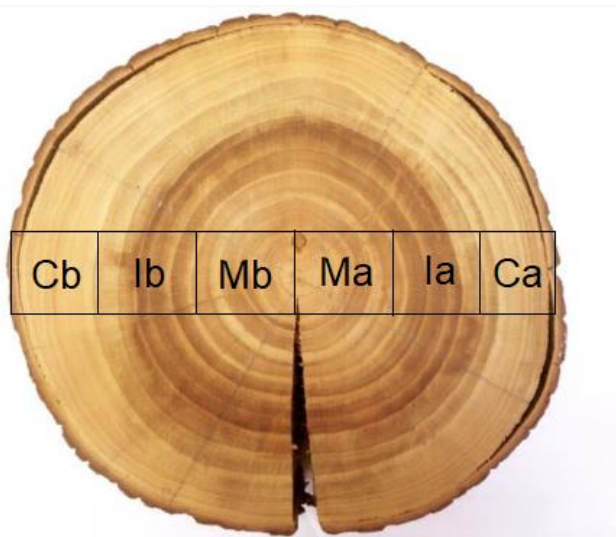
O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia da Madeira da (UTFPR-DV), Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Dois Vizinhos.

4.2 Análise Macroscópica e Microscópica da anatomia da Madeira

A análise macroscópica foi feita no plano transversal. O corpo de prova foi cortado em filete e, em seguida efetuado o polimento com lixa de granulometria de 230U, 1200, 1500 e 2000, para melhor identificação das características anatômicas da madeira.

Para análise microscópica da madeira de *Hovenia dulcis*, o disco na posição do DAP dos quatro indivíduos foram cortados em corpos de prova de tamanho 2,5x2,5x5,0 com subdivisões, conforme figura 1. Posteriormente, os corpos de provas ficaram imersos em água por cerca de três meses, até sua saturação.

FIGURA 1- Corpos de prova produzidos a partir dos discos de madeira de *Hovenia dulcis*, classificados em Medula (M), intermédio (I) e casca (C); as letras a e b são para diferenciações do lado do disco.



Fonte: FUKUDA, 2019.

Para a elaboração das lâminas, os corpos de prova ficaram aproximadamente quatro horas em água quente de modo que a madeira tornasse mais maleável ao corte e, posteriormente, cortados em lâminas no micrótomo. Para que a madeira ficasse hidratada, foi utilizado glicerina diluída em água e pincelada sob os corpos de prova durante o corte. Os cortes foram realizados no sentido tangencial, radial e transversal.

Depois que as lâminas foram confeccionadas, os elementos foram mensurados no programa IScapture com auxílio de uma câmera acoplada ao microscópio para transmitir as imagens ao programa instalado no computador. No sentido tangencial, foram analisados os raios por milímetro linear, comprimento e largura dos raios em micrometro e comprimento e largura dos raios por número de células; no sentido transversal foram analisados os poros por milímetro quadrado e largura; no sentido radial os elementos não foram mensurados, apenas observados.

Os elementos anatômicos da madeira foram descritos de acordo com as normas do IAWA (1989), sendo realizadas 30 leituras por corte (tangencial e transversal).

4.3 Massa Específica Básica

A massa específica básica da madeira foi determinada de acordo com a NBR 7190 em que os corpos-de-prova foram imersos em água, até a saturação completa, medido o volume através do deslocamento de água. Em seguida os corpos-de-prova foram secos em estufa a $103 \pm 3^\circ\text{C}$, até atingirem massa seca constante. Para a obtenção da densidade básica foi utilizada a equação 1.

$$\rho_{\text{bas}} = m_s / V_{\text{sat}} \quad (1)$$

Onde:

ρ_{bas} = densidade básica (g/cm);

m_s = massa seca da madeira (g);

V_{sat} = volume da madeira saturada (cm³).

4.4 Massa Específica Aparente

Para a determinação da massa específica aparente da madeira de uva-do-japão, foram aferidos as dimensões dos corpos-de-prova (comprimento x espessura x altura), obtidas através de paquímetro digital, e a massa através de balança analítica. A massa específica aparente foi obtida através da equação 2.

$$\rho_{\text{ap}} = m_u / V_u \quad (2)$$

Onde:

ρ_{ap} = densidade aparente específica (g/cm³);

m_u = massa do corpo-de-prova (g);

V_u = volume do corpo-de-prova (cm³).

Para determinar o teor de umidade, os corpos de prova foram pesados numa balança analítica. Em seguida, ficaram em estufa a 103°C por, aproximadamente, 24 horas. Depois de resfriados em dessecador, por 40

minutos, determinou-se o peso final. O teor de umidade foi determinada pela equação 3.

$$Pi - Pf / Pf * 100 \quad (3)$$

Onde:

Pi= Peso inicial;

Pf= Peso final.

4.5 Carbonização

Para a carbonização da madeira de *Hovenia dulcis*, foram utilizados os discos na posição do DAP. O material foi cortado e pesado em balança semi-analítica até atingirem $\pm 300g$ da madeira.

A espécie em estudo foi carbonizada em laboratório, em forno tipo mufla, com tempo total de carbonização de quatro horas. A marcha utilizada é apresentada na tabela 1. Após a carbonização, o material foi pesado.

TABELA 1- Marcha de carbonização utilizada para carbonização de madeiras de *Hovenia dulcis*.

| Tempo | Temperatura (°C) |
|-------|------------------|
| 1h | 150 |
| 1h30m | 200 |
| 1h | 250 |
| 30m | 350 |

Fonte: FUKUDA, 2019.

4.6 Análise Anatômica do Carvão

A análise anatômica macroscópica do carvão vegetal foi realizada com auxílio do Microscópio digital endoscópio com câmera e aumento de 75 vezes.

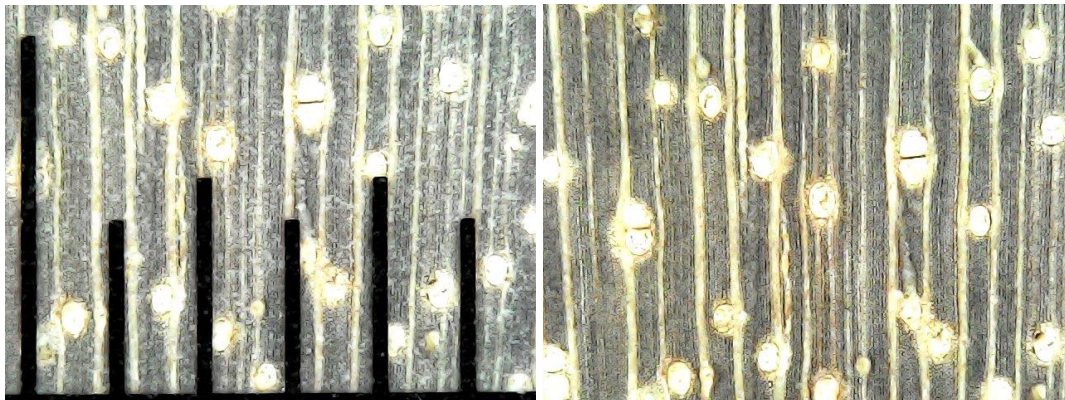
Nesta etapa, foram verificadas as alterações decorrente do processo de carbonização, como sentido tangencial, foram analisados os raios por milímetro linear e comprimento e largura dos raios em micrometro; no sentido transversal foram analisados os poros por milímetro quadrado e largura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise Anatômica da Madeira

Para análise anatômica da madeira foi realizado tanto análise macroscópica (figura2) como microscópica (figura 3). A madeira de *Hovenia dulcis*, segundo descrição das normas do IAWA (1989), é uma espécie folhosa, apresentou anéis de crescimento em faixas distintas e madeira com anéis porosos, arranjo dos vasos em padrão radial e vasos solitários.

FIGURA 2- Seções anatômicas macroscópicas no sentido transversal da madeira de *Hovenia dulcis*.



Fonte: FUKUDA, 2019.

Na caracterização anatômica microscópica da madeira de *Hovenia dulcis* os vasos foram analisados no sentido transversal e raios no sentido tangencial. Conforme tabela 2, observou-se a média do diâmetro dos vasos variou entre 55,09 a 336,54 μm micrômetros, resultados com a mesma espécie foram semelhantes aos apresentados por Marchesan (2016) com diâmetro dos vasos com valor mínimo de 87,12 μm e máximo de 220,71 μm . Em estudos realizados por OLIVEIRA et al., (2006) com *Mimosa tenuiflora* apresentou diâmetro dos vasos com variação de 30 a 155 μm .

A frequência de vasos por mm² foi igual a 5 /mm², valor próximo ao encontrado por Motta et al., (2014) para *Hovenia dulcis* de 6,85 vasos por mm², já em outras espécies como *Mimosa tenuiflora* segundo OLIVEIRA et al., (2006) apresentou 8 vasos em média por mm², em estudos realizados por FERREIRA (2012) em espécies do cerrado como *C. sylvestris* foi encontrado valores médio de 96 vasos por mm², a frequência dos vasos por mm² é dada como responsável pela permeabilidade da árvore.

Com função de armazenamento e de transporte radial de substâncias, os raios em sua composição possuem células de parênquima de paredes delgadas (FERREIRA, 2012). A altura dos raios apresentou variação de 155,90 a 1184,74 µm com média de 452 µm, largura variando de 16,73 a 550,90 µm e média de 71,84 µm. Motta et al. (2014) apresentou para *H. dulcis* largura variando de 32,21 a 68,65 µm e altura 153,01 a 682,81 µm com médias de 51,53 µm e 327,15 µm respectivamente.

A altura em número de células variou de 2 a 40 células com média de 13,18 células, enquanto a largura teve variação de 1 a 5 células e média de 2,27 células. Os raios por milímetro linear apresentaram média de 3,54 por mm, valor inferior ao encontrado por Motta et al. (2014) para a mesma espécie de 6,63 por milímetros linear.

Visando a produção de carvão, é importante que apresente menor conteúdo de espaços vazios como lumens das fibras e vasos os quais não auxiliam para o rendimento gravimétrico do carvão e interferem negativamente na qualidade (PEREIRA, 2012).

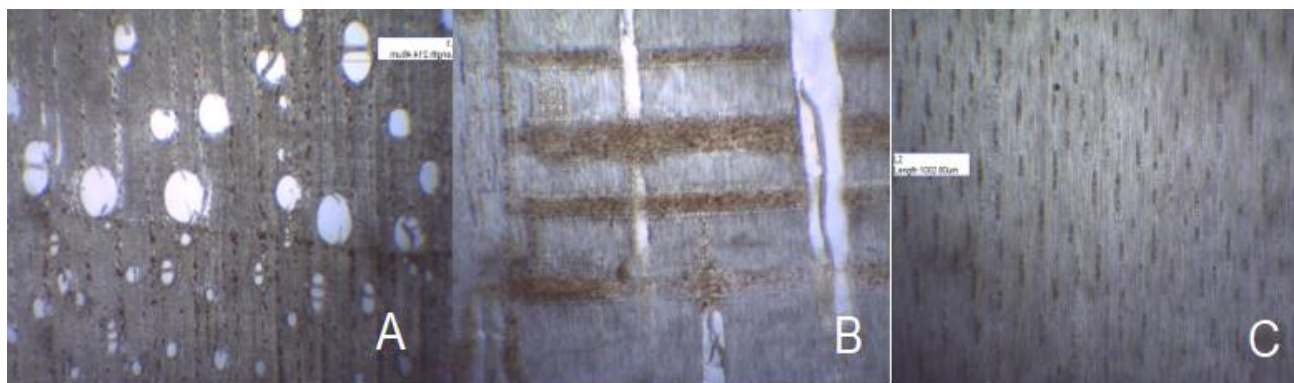
Tabela 2 – Características anatômicas da madeira de *Hovenia dulcis*; Vasos foram analisados no sentido transversal e raios no sentido tangencial.

| Vasos | Média | Mínimo | Máximo | DP | CV (%) |
|-------------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Diâmetro (µm) | 134,85 | 55,09 | 336,54 | 12,47 | 9,25 |
| Frequência (mm ²) | 5,00 | 1,00 | 17,00 | 2,03 | 40,67 |
| Raios | Média | Mínimo | Máximo | DP | CV (%) |
| Altura (µm) | 451,65 | 155,90 | 1184,74 | 122,80 | 27,19 |
| Largura (µm) | 71,84 | 16,73 | 550,90 | 29,89 | 41,60 |
| Altura em número de células | 13,18 | 2,00 | 40,00 | 6,84 | 51,87 |

| | | | | | |
|------------------------------|------|------|-------|------|-------|
| Largura em número de Células | 2,27 | 1,00 | 5,00 | 1,08 | 47,72 |
| Frequência (mm linear) | 3,54 | 1,00 | 12,00 | 1,46 | 41,24 |

Fonte: FUKUDA, 2019.

FIGURA 3- Seções anatômicas transversal (A), Radial (B) e tangencial(C) da madeira de *Hovenia dulcis*.



Fonte: FUKUDA, 2019.

Para a produção de carvão vegetal é desejável que a madeira apresente frequência dos poros o menor possível, para que assim a maior parte da área seja ocupada por massa e não por espaços vazios e contribuir para maior densidade do carvão (Pereira, 2012), sendo que para a espécie do presente estudo apresenta uma média da frequência dos poros (5/mm²) de média-baixa segundo classificação do Iawa(1989) ou seja a espécie possui potencial para boa qualidade do carvão vegetal, contudo considerando segundo o mesmo autor, não se deve apenas levar em consideração apenas uma propriedade da madeira visando a produção de carvão vegetal, pois o rendimento e a qualidade do carvão são influenciados por um conjunto de propriedades tanto físicas, químicas e anatômicas da madeira.

5.2 Massa Específica Básica e Aparente

A massa específica básica das madeira de *Hovenia dulcis* apresentou valor médio de 0,52 g/cm, sendo que não houve diferença significativa entre as massas específicas das árvores analisadas com coeficiente de variação de 9,07%, conforme. Estes valores foram semelhantes aos observados na

literatura, em estudos com a mesma espécie, em que a massa específica básica obtida por MARCHESAN (2016) foi de $0,55 \text{ g/cm}^3$, com coeficiente de variação de 7,50%, enquanto MOTTA et al (2014) estes valores foram iguais a $0,57 \text{ g/cm}^3$, com coeficiente de variação de 5,35%.

Segundo Pereira (2012) a massa específica básica é considerada um dos principais fatores na escolha de espécies para a produção de carvão vegetal, sendo preferível madeira mais densas, resultando assim em maior produção de carvão vegetal para determinado volume de madeira enfiada e apresentando melhor qualidade do produto.

A massa específica aparente das madeiras de *Hovenia dulcis* variou entre $0,50 \text{ g/cm}^3$ a $0,66 \text{ g/cm}^3$, e o valor médio foi igual a $0,59 \text{ g/cm}^3$ a 8,7% de teor de umidade, não houve diferença significativa entre as massas específicas aparentes das árvores analisadas.

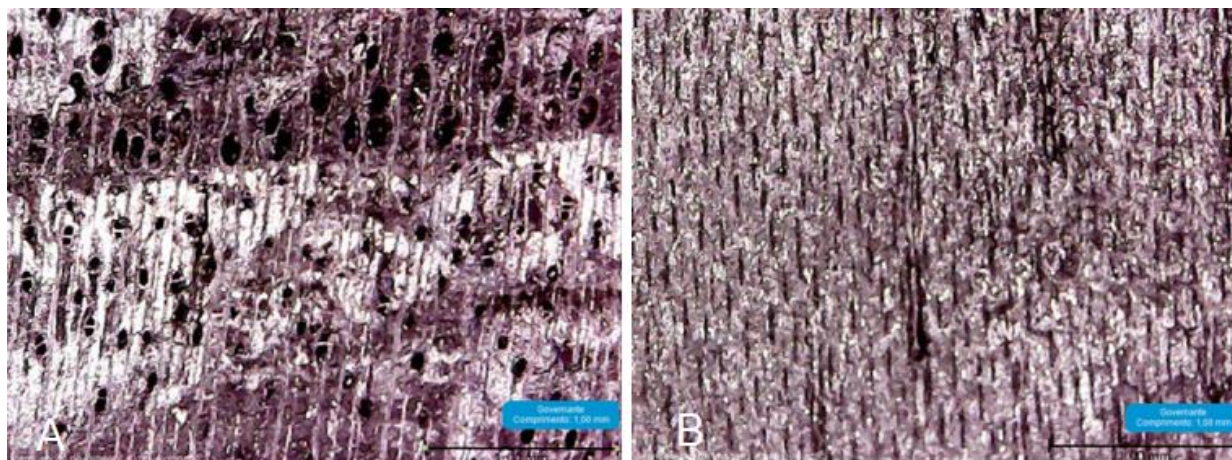
Segundo experimento realizado por ARRUDA (2016), encontrou valores de massa específica aparente de *Hovenia dulcis* próximo aos observados neste trabalho, com valor médio de $0,57 \text{ g/cm}^3$. HILLIG; DIGNER; DIAS (2018) obtiveram massa específica aparente de $0,6 \text{ g/cm}^3$ a 15,5% de umidade em estudo realizado com esta mesma espécie.

5.3 Análise Anatômica do Carvão

A estruturação anatômica da madeira é possível mesmo após a carbonização pois parte da estrutura anatômica acaba persistindo ao processo de carbonização, entretanto a madeira tem seu volume reduzido e ocorre perda de massa de 65 a 75% (VITAL et al., 2014).

Ao analisar as imagens anatômicas da *Hovenia dulcis* (figura 4), pode-se notar a conservação da anatomia da madeira mesmo após o processo de carbonização.

FIGURA 4- Seções anatômicas transversal (A) e tangencial (B) do carvão vegetal de *Hovenia dulcis*.



Fonte: FUKUDA, 2019.

Tabela 4 - Características anatômicas do carvão de *Hovenia dulcis*; Vasos foram analisados no sentido transversal e raios no sentido tangencial.

| Vasos | Média | Mínimo | Máximo | DP | CV (%) |
|------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Diâmetro (μm) | 80,97 | 25,00 | 148,23 | 22,38 | 27,63 |
| Frequência (mm^2) | 13,01 | 2,00 | 20,00 | 4,09 | 31,41 |
| Raios | Média | Mínimo | Máximo | DP | CV (%) |
| Altura (μm) | 182,16 | 59,47 | 300,75 | 53,98 | 29,63 |
| Largura (μm) | 48,35 | 24,94 | 100,72 | 17,89 | 37,00 |
| Frequência (mm linear) | 5,50 | 3,00 | 9,00 | 1,43 | 26,04 |

Fonte: FUKUDA, 2019.

Conforme tabela 4, o carvão vegetal da madeira de *Hovenia dulcis* apresentou diâmetro médio de 80,97 μm sendo que houve uma diminuição quando comparado com o diâmetro da madeira antes do processo de carbonização em que apresentou 134,85 μm ou seja uma diminuição de 59% do tamanho do diâmetro dos vasos.

A frequência dos vasos por mm^2 no carvão vegetal da espécie em estudo apresentou aumento em relação a madeira, sendo que a média que o carvão vegetal exibiu foi de 13,01 mm^2 , já a frequência da madeira foi de 5 vasos por mm^2 , demonstrando aumento da frequência dos vasos por mm^2 do carvão vegetal em relação a madeira de *Hovenia dulcis*. O aumento em relação a

frequência dos vasos por mm² no processo de carbonização está ligado com a contração radial e tangencial da madeira (FERREIRA, 2013).

A diminuição do diâmetro dos vasos e o aumento da frequência dos vasos por mm² podem ser relacionados à grande contração do material durante o processo de carbonização da madeira (FRANÇA, 2015).

Tanto para a altura quanto para a largura dos raios do carvão vegetal apresentaram diminuição na mensuração em relação a madeira, estas alterações estão diretamente relacionadas à retratibilidade da madeira no processo de carbonização.

Houve um pequeno aumento no número de raios por mm linear, a média de raios por mm linear para o carvão vegetal foi de 5,50 enquanto para a madeira foi de 3,54 mm linear.

Segundo Oliveira et al., (2006) para a produção de carvão vegetal é importante que a madeira tenha densidade elevada, pouca proporções de tecidos parenquimáticos e vasos e presença de fibras com elevada fração parede.

Em estudos realizados por Arruda (2016) em análise da qualidade do carvão vegetal com quatro espécies, dentre elas a *Hovenia dulcis*, o autor pode concluir que o poder calorífico assim como o rendimento gravimétrico desta espécie foi inferior ao *E. grandis*, *Pinus sp.* e a *Mimosa scabrella*, entretanto a *Hovenia dulcis* foi a terceira melhor espécie apontada pelo autor para uso na indústria siderúrgica.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que para a espécie *Hovenia dulcis* foram observados alterações decorrentes do processo de carbonização da anatomia da madeira para o carvão vegetal como uma maior tendência na frequência dos vasos por mm² e assim conseqüentemente uma diminuição no diâmetro dos vasos.

Com a análise anatômica da madeira e do carvão vegetal de *Hovenia dulcis*, pode-se concluir que mesmo após o processo de carbonização é possível tanto a mensuração como a análise dos elementos anatômicos.

A partir deste trabalho recomenda-se a continuação de estudos referentes a esta espécie em relação a anatomia visando a produção de carvão vegetal, sendo esta uma espécie facilmente encontrada no Paraná podendo ser uma alternativa de uso e controle da Uva do Japão.

7 REFERÊNCIAS

ARRUDA, R. H. **Avaliação da Qualidade do Carvão de Quatro Espécies Florestais**. Trabalho de Conclusão de Curso-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

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

ARANTES, M. D. C. **Variação nas Características da Madeira e do Carvão de um Clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. t. Blake**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

ASSIS, M. R. et al. Qualidade e Rendimento do Carvão Vegetal de um Clone Híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo-PR, v. 32, n. 71, p. 291-302. Set. 2012.

BOTOSSO, B. C. Identificação Macroscópica de Madeiras: Guia Prático e Noções Básicas Para o seu Conhecimento. **Embrapa Florestas**, Colombo; 21 ed. 2009.

CARVALHO, P. E. R.; Ecologia, Silvicultura e usos da Uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* THUNBERG). **Embrapa**, Colombo-PR, ISSN 0101-1847, Out. 1994.

CASTRO, A. F. M. N. **Efeito da Idade e Materiais Genéticos de *Eucalyptus* sp. na Madeira de Carvão Vegetal**. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, 2011.

CASTRO, A. F. N. M. et al. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.6, p.627-635, jun. 2013.

FAO. Região da América Latina e Caribe é a segunda maior produtora de carvão do mundo. **Food and Agriculture Organization Of The United Nations**, 23 de Março de 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/853969/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

FERREIRA, C. A. **Caracterização Anatômica, Secagem e Carbonização da Madeira de Clones de *Eucalyptus* e Espécies do Cerrado**. UFLA, Lavras, 2012.

FERREIRA, A. T. B. **Avaliação da estrutura anatômica e da densidade aparente do lenho e do carvão de árvores de *Eucalyptus* sp. e de *Corymbia* sp.** Tese (Doutorado)-Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2013.

FRANÇA, R. F.; Estrutura anatômica da madeira e do carvão de espécies da Caatinga. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

GORENSTEIN, M. R. et al. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, campus Dois Vizinhos através do método de quadrantes. **Sistemas de Produção Agropecuária - Ciências Agrárias, Animais e Florestais**, Dois Vizinhos, 2010.

HILLIG, E.; DIGER, T.; DIAS, A. N.; Propriedades físico-mecânicas da madeira de uva-do-japão. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo-PR, v. 38 p. 1-6, 2018

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ: RELATÓRIO 2017**. Disponível em <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf> Acesso em 8 de setembro de 2018.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR: Cartas Climáticas do Paraná. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>> Acesso em 10 de Outubro de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>.

IAWA – International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v.10, n.3, p.219-332, 1989.

MARCHESAN, R. **Caracterização Tecnológica da Madeira de *Hovenia dulcis* Thunberg para Fabricação de Pisos**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2016.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; Potencial e Participação das Florestas na Matriz Energética. **Pesquisa Floral Brasileira**, Colombo-PR, v.31, n. 62, p. 363-372. Jun. 2011.

MOTTA, J, P. et al. Caracterização da Madeira de quatro espécies florestais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.12, p.2186-2192. Dez. 2014.

OLIVEIRA, E. et al. Estrutura Anatômica da Madeira e Qualidade do Carvão de Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 30, n. 2, p. 311-318. 2006.

OLIVEIRA, J, T, S.; SILVA, J. C. Variação Radial da Retratabilidade e Densidade Básica da Madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

PAULA, J. E.; Caracterização Anatômica da Madeira de Espécies Nativas do Cerrado, Visando sua Utilização na Produção de Energia. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 90-100, jan./mar. 2005.

PEREIRA, B. L. C. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

PEREIRA, B. L. C. et al. Efeito da Carbonização da Madeira na Estrutura Anatômica e Densidade do Carvão Vegetal de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 545-557, Jun., 2016.

PROTÁSIO, T. P. et al. Avaliação da Qualidade do Carvão Vegetal de *Qualea parviflora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo-PR, v.31, n. 68, p. 295-307. Dez. 2011.

RANCATTI, H.; **Potencialidade Energética da Madeira de Duas Espécies Florestais Via Uso Através da Pirólise**. Dissertação (Mestrado) – Ciências Florestais - Universidade Estadual do Centro- Oeste, Irati 2012.

RIGATTO, P. A. et al. Características Físicas, Químicas e Anatômicas da Madeira de *Hovenia dulcis*. **Embrapa**, Colombo-PR, ISSN 1517-5030, Nov. 2011.

SANTOS, H. G. dos. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Embrapa** 3. ed. Brasília, DF. 2013.

SANTOS, R. C. **Parâmetros de Qualidade da Madeira e do Carvão Vegetal de Clones de Eucalipto**. Tese (doutorado) Universidade Federal de Lavras, 2010.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. Influência da Temperatura Final de carbonização nas características Físicas e Químicas do Carvão Vegetal de Jatobá (*Himenea courbaril* L.). **Repositório Digital Institucional UFPR**, Curitiba; v. 2, n. 1; Jun 2001.

VITAL, B. R. et al. Manual de identificação de Carvão Vegetal. Editora UFV. Viçosa-MG, 2014.

ZENID, G. J.; CECCANTINI, G. C.T. Identificação Macroscópica de Madeiras. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT**, Setembro 2007.