

## RESISTENCIA À COMPRESSÃO PARALELA DO CARVÃO VEGETAL DE *Hovenia dulcis* SUBMETIDO À DIFERENTES MARCHAS DE CARBONIZAÇÃO

Vinicius Cassiano Ferreira Silva<sup>1</sup>, Flávia Rafaela Reffatti<sup>2</sup>, Flávia Alves Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal WEG Equipamentos Elétricos S/A, Jaraguá do Sul – SC, [ferreiras@weg.net](mailto:ferreiras@weg.net)

<sup>2</sup> Engenheira Florestal, São Jorge D'Oeste – PR, [flaviareffatti@gmail.com](mailto:flaviareffatti@gmail.com)

<sup>3</sup> Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos -PR, [flaviapereira@utfpr.edu.br](mailto:flaviapereira@utfpr.edu.br)

### Resumo

O carvão vegetal é uma alternativa sustentável para substituir o uso do carvão mineral (coque) em altos fornos no Brasil. Entretanto, mesmo sendo um recurso renovável, ecológico e de fácil produção, o carvão vegetal ainda possui baixa resistência mecânica e alta friabilidade. O objetivo deste trabalho foi determinar a resistência mecânica do carvão vegetal de *Hovenia dulcis* produzido a partir de diferentes marchas de carbonização. O carvão foi submetido a testes de compressão, baseado na quebra do material por meio de uma carga compressiva pré-definida. Concluiu-se que as marchas de carbonização 2 e 3, com temperatura final de 450 °C e 550 °C, respectivamente, produziram os carvões mais resistentes à compressão paralela às fibras.

Palavras-chave: carbonização, compressão paralela às fibras, uva-do-japão.

### Introdução

O carvão vegetal é um subproduto da madeira que possui propriedades físicas, químicas e mecânicas altamente variáveis. Este produto é submetido a vários testes com o intuito de alcançar as características de interesse, variáveis de acordo com a sua finalidade. Vários são os fatores que podem interferir na qualidade do carvão, como a umidade, densidade, composição química e a temperatura de carbonização da madeira.

O carvão vegetal tem sido uma alternativa sustentável para substituir o uso do carvão mineral (coque) em alguns altos fornos no Brasil por ser menos poluente. Durante a queima há emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, entretanto, os plantios florestais destinados a carvoaria fazem a função de captação dos gases.

A busca por produtos de origem florestal, e a preocupação com o desgaste das florestas nativas, se tornou conflitante, sendo assim viu-se a necessidade de pesquisas voltadas para plantios de espécies de rápido crescimento e de potencial madeireiro visando suprir a demanda das indústrias de base florestal.

O Brasil é um país com clima favorável ao desenvolvimento várias espécies exóticas como os gênero *Pinus spp* e *Eucalyptus spp.*, espécies com uma vasta ramificação de usos como, construção civil, movelaria, pisos, papel e celulose, energia, dentre outros fins.

Buscando suprir a demanda por madeira, espécies não convencionais vem se destacando como alternativa como é o caso da *Hovenia dulcis*, pertencente à família Rhamnaceae, popularmente conhecida como uva do japão (RIGATTO et al., 2001). A *Hovenia dulcis* é uma espécie exótica considerada invasora de grande ocorrência na Argentina, Paraguai e sul do Brasil, de forma dispersa em plantios florestais e florestas nativas. Em alguns estudos pôde constatar que suas características atendem a indústria madeireira, mesmo que com pouco conhecimento tecnológico, sua madeira seja empregada como lenha em propriedades rurais (CARPANEZZI, 2010).

Para que se possa empregar a madeira de *H. dulcis* em larga escala para produção de energia destinada à siderurgia, é necessário um aprofundamento conceitual das suas características químicas, físicas e anatômicas, podendo assim desempenhar funções semelhantes às de espécies como o eucalipto.

O objetivo deste trabalho foi determinar a influência das diferentes marchas e temperaturas finais de carbonização (350 °C, 450 °C e 500 °C) na resistência à compressão paralela às fibras do carvão vegetal de *Hovenia dulcis*.

### Material e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos.

As carbonizações foram conduzidas em fornos mufla, com aquecimento elétrico, utilizando-se 300 gramas de madeira de *Hovenia dulcis* (Tabela 1).

**Tabela 1:** Marchas de carbonização utilizadas para carbonizar as madeiras de *Hovenia dulcis*

Marcha*	Temperatura (°C)							Taxa de aquec. (°C/min)	Tempo total(h)	T° final
	150	200	250	350	450	500	550			
<b>Marcha 1</b>	1h	1h30	1h	30m	-	-	-	1,53	4	350
<b>Marcha 2</b>	1h	1h	1h30	1h	30m	-	-	1,66	5	450
<b>Marcha 3</b>	1h	1h	1h	1h	1h	30m	30m	1,53	6	550

**Fonte:** REFATTI, 2019, adaptado.

Após o processo de carbonização, os corpos de prova carbonizados foram confeccionados com o auxílio de um estilete e lixas buscando alcançar as dimensões de 10 mm x 10 mm x 25 mm (radial x tangencial x longitudinal), de acordo com a metodologia proposta por COSTA (2016).

Os ensaios mecânicos foram realizados no Laboratório de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) inserida no Parque Fabril I da empresa WEG Equipamentos Elétricos S/A, localizada no município de Jaraguá do Sul/SC.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR 5.7.

## Resultados e Discussão

Na tabela 2 é apresentado os valores de resistência à compactação paralela do carvão vegetal de *Hovenia dulcis* produzido a partir de diferentes marchas de carbonização.

**Tabela 2:** Valores médios para o módulo de elasticidade e resistência à compressão paralela às fibras do carvão vegetal de *Hovenia dulcis*

Marchas de Carbonização	RC (Mpa)
Marcha 1 (350 °C)	6,34 a
Marcha 2 (450 °C)	11,07 b
Marcha 3 (550 °C)	10,99 b

\* RC: Resistência à compressão paralela às fibras do carvão vegetal em MegaPascal (MPa).

**Fonte:** O autor, 2020.

Observou-se que a marcha 1 diferiu significativamente das demais marchas, sendo a que obteve menor valor para a resistência à compressão. Para as temperaturas de 450°C e 550°C, não houve diferença significativa entre as médias da resistência à compressão.

Houve um aumento das características de resistência mecânica do carvão vegetal, à medida que se elevava a temperatura de carbonização, tendo um crescimento médio de 72% da marcha 1 em relação a marcha 2, e uma constância em relação a marcha 3. A menor resistência do carvão produzida a 350 °C pode ser justificada pela liberação dos gases voláteis do interior do corpo de prova durante o processo de carbonização (COSTA, 2016). Com relação ao aumento da resistência do material, observadas a partir da temperatura de carbonização 450°C, pode afirmar que isso se deve à diminuição dos gases voláteis liberados no processo, no tamanho e formato dos poros existente no corpo de prova, rearranjo estrutural do carbono residual e na redução dimensional e aumento do número de fibras por unidade de área, corroborando também para um aumento na densidade relativa aparente, conforme evidenciado por autores como Moore et al. (1974), Oliveira, Gomes e Almeida (1982), Ferrari e Rezende (1998).

## Conclusão

As marchas de carbonização 2 e 3, com temperatura final de 450 °C e 550 °C, respectivamente, produziram os carvões mais resistentes à compressão paralela às fibras

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CARPANEZZI, A. A.; NEVES, E. J. M.; AGUIAR, A. V. de; SOUSA, V. A. de. Espécies lenhosas alternativas para fins econômicos no Paraná. In: II Seminário de Atualização Florestal e XI Semana de Estudos Florestais, Embrapa Florestas. **Anais...** Colombo-PR, 2010.

COSTA, L. J. **Caracterização mecânica do carvão vegetal de clones de *Corymbia***. 2016. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

CUNHA, M. P. S. C.; PONTES, C. L. F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z. B.; BARBOSA, A. P. R. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3., 1989, São Carlos, **Anais...** São Carlos: EESC/LAMEN, v. 2, p. 93-121.

FERRARI, P. E.; REZENDE, M. C. Carbono polimérico: processamento e aplicação. **Polímeros**, São Carlos, v. 8, n. 4, dez. 1998.

MOORE, G. R. et al. **Some physical properties of birch carbonized in a nitrogen atmosphere**. Wood and Fiber, Madison, v. 6, n. 3, p. 193-199, 1974.

OLIVEIRA J. B, GOMES P. A, de ALMEIDA M. R. **Carvão vegetal: destilação, carvoejamento, propriedades, controle de qualidade**. In Produção e Utilização de Carvão Vegetal/Curso e exposição de fornos de carbonização; 1982; Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. p. 65-102.

REFFATTI, F. R. **Parâmetros de qualidade do carvão vegetal de *Hovenia dulcis* Thunb.** 2019. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.

RIGATTO, P.A; PEREIRA, J.C.D; MATTOS, P.P; SCHAITZA, E.G - Características Físicas, Químicas e Anatômicas da Madeira de *Hovenia dulcis*. **Comunicado Técnico 66 Ministério da Cultura e do Meio Ambiente**, Colombo, 2001.