 

**CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO CARVÃO DE *Azadirachta indica* Juss(NIM), SUL DO TOCANTINS**

Rayane Nepomuceno Santana[[1]](#footnote-1), Renata Carvalho da Silva2, Lívia Cassia Viana3, Raquel Marchesan3

**RESUMO**

A espécie *Azadirachta indica* Juss conhecida popularmente como nim apresenta um grande potencial pra fins energéticos, podendo ser utilizado como carvão vegetal desde que realizado estudo comprovando sua eficiência para tal finalidade. Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi produzir e caracterizar o carvão de *Azadirachta indica* para fins energéticos. O experimento foi instalado no laboratório de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais I da Universidade Federal do Tocantins, Campus Gurupi-TO. Foram utilizados dez corpos de provas com dimensões aproximadas de 2 x 2 x 5 mm (largura x espessura x comprimento). O carvão vegetal foi produzido por meio do processo de pirólise da madeira em um forno tipo mufla adaptado para captação do licor pirolenhoso, em que foi utilizada a marcha com temperatura final de 550°C com taxa de aquecimento de 1,4ºC/min. Por meio do processo de pirólise foram obtidos os valores de rendimento total em carvão, rendimento em licor pirolenhoso e em gases não condensáveis. Em seguida determinou-se a densidade aparente, a análise química imediata do carvão vegetal, e por fim calculou-se o seu poder calorífico. Obteve-se valor médio de densidade aparente da madeira de 0,66 g/cm³. Com relação a análise química imediata do carvão, os teores de materiais voláteis e carbono fixo encontraram-se abaixo do recomendado (47,96%), (49,51%) e o teor de cinzas acima (2,53%). O poder calorífico superior apresentou-se abaixo do recpmendado para carvão vegetal (6581,70 kcal.kg-¹), devido aos altos teores de matérias voláteis e cinzas e baixo teor de carbono fixo. Porém, pode-se dizer que a madeira e o carvão de nim possuem potencial energético, mas devem ser testados em diferentes temperaturas para se chegar aos valores recomendados.

PALAVRAS-CHAVE: Análise química imediata. Pirólise da madeira. Poder calorífico superior.

# Introdução

# A madeira é o combustível mais antigo empregado pelo homem para gerar energia e, entre suas vantagens, está o baixo custo, o qual permite que haja um consumo maior utilizando menos capital em relação às demais fontes, além de resultar em menores impactos ambientais, quando comparados aos combustíveis não-renováveis (NASCIMENTO; BIAGGIONI, 2010).

Segundo Marchesan et al. (2019), o carvão é uma fração dos produtos que podem ser obtidos do processo de carbonização onde podem ser utilizadas várias taxas de temperatura. A carbonização é um processo onde a madeira é aquecida numa atmosfera redutora controlada que a transformará em carvão, gases condensáveis, não condensáveis e cinzas (ALMEIDA e REZENDE, 1982). A qualidade do carvão vegetal depende basicamente de características físico-químicas da matéria-prima e do processo de carbonização (BARCELLOS, 2007).

As composições química e imediata da madeira também são importantes parâmetros que devem ser considerados quando se objetiva o uso da madeira na produção do carvão vegetal. O carvão vegetal consegue reter, em média 57% do carbono inicial presente na madeira. O carbono restante está contido nos gases enriquecidos e no líquido pirolenhoso condensado. A lignina, rica em carbono, é, portanto o fator químico mais importante na produção de insumos energéticos sólidos (ANDRADE, 1989). Quanto ao teor de umidade, é uma propriedade que varia na madeira e na casca de maneira bastante ampla. A energia oriunda na queima da madeira é gasta no aquecimento e vaporização da água, portanto quanto maior o teor de umidade da madeira menor será seu poder calorífico (FARINHAQUE, 1981).

Brun et al. (2018) mencionam que não existem espécies que não possam ser utilizadas para geração de energia. Entretanto, existe alguns parâmetros indispensáveis que comprovam a eficiência da madeira para produção enérgica que deve ser levada em consideração. É imprescindível o conhecimento sobre as propriedades físicas e químicas que se relacionam com o desempenho energético da biomassa de uma determinada espécie (SOARES et al., 2014). A análise da quantidade de voláteis, carbono fixo, teor de cinzas e poder calorífico são parâmetros de grande importância para essa finalidade.

O nim (*Azadirachta indica* A. Juss) é uma planta pertencente à família Meliacea. Apresenta um grande potencial pra pesquisa devido à sua ampla utilização e por ser uma espécie, de acordo com Araújo et al. (2000), que apresenta fuste reto, densidade da madeira variando entre 0,56 a 0,85 g/cm3 com a média em torno de 0,70 g/cm3 e por ser muito abundante no Brasil, podendo também ser utilizado como carvão vegetal desde que realizado estudo comprovando sua eficiência para tal finalidade.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da madeira do nim para fins energéticos.

# Materiais e Métodos

Para a realização deste trabalho foi utilizado madeira proveniente de podas urbanas realizadas no município de Gurupi-TO em que foi selecionada a espécie *Azadiratcha indica* juss (nim) para a realização do experimento.

     Foram utilizados dez corpos de prova de 2 x 2 x 5 cm. Para se obter os valores dos parâmetros de qualidade da madeira para energia determinou-se as propriedades físicas e energéticas do carvão. Foram determinadas a umidade da madeira, densidade aparente da madeira  (g/cm3), densidade aparente do carvão, teor de extrativos totais (%), teor de lignina (%), teor de holocelulose (%), o poder calorífico superior (kcal/Kg), rendimento de carvão (%), teor de carbono fixo (%), teor de cinzas (%) e teor de materiais voláteis (%).

Para definir a densidade aparente da madeira foi estabelecida a razão entre massa e o volume das amostras ao teor de umidade, em que os corpos de prova se encontravam no momento do teste, 7% de umidade. A umidade da madeira foi determinada através da pesagem das amostras úmidas e secagem a 103ºC em estufa até a massa permanecer constante.

       Para a realização da análise química foram utilizados cavacos finos. O material foi moído em moinho, em seguida peneirado e selecionadas as partículas que ficaram retidas na peneira com fração de 60 mesh. O material foi distribuído em saquinhos de filtro de papel e pesado 2g em cada saquinho.

As determinações foram feitas seguindo as seguintes normas técnicas da ABCP (1974): M3/ 69, M4/68, M5/68 e M6/68 para teor de extrativos totais (%) e, M10/71 para teor de lignina (%). O teor de holocelulose foi obtido por diferença total.

Para a realização da pirólise, foram utilizadosdez corpos de provas secos em estufa a 103°C ± 2°C. Posteriormente, os corpos de prova foram dispostos dentro de um reator e levados ao processo de carbonização em um forno tipo mufla adaptado para recuperar o licor pirolenhoso (figura 1). A temperatura final de carbonização foi 550°C com taxa de aquecimento de 1,4 °C/min.



**Figura 1**. Mufla adaptada para coleta de licor pirolenhoso.

**Fonte**: Próprio autor (2020).

      O rendimento gravimétrico foi calculado a partir da relação entre peso seco do carvão obtido na pirólise e o peso seco da madeira utilizada no processo, obtidos por meio da pesagem em balança analítica.

Através da adaptação do forno mufla obteve-se no processo de pirólise o carvão, os gases condensáveis e os não condensáveis. Os instrumentos que foram empregados no processo de pirólise foram pesados antes e após a carbonização para obtenção da massa do licor pirolenhoso.

Para calcular a densidade aparente do carvão foi seguida a norma da ABNT NBR 9165 (ABNT, 1985).

Para a realização da análise química imediata, as amostras de carvão foram trituradas e classificadas em peneira de diferentes malhas. Foi utilizada a fração que ficou retida na peneira de 60 mesh.

A análise química imediata feita foi baseada nos procedimentos contidos na norma ABNT NBR 8112 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

As amostras de carvão triturado foram colocadas em cadinhos de porcelana em estufa a 103ºC por 30 min, e posteriormente, levadas a mufla até atingir 850 ºC para obter os materiais voláteis. Após, as amostras foram levadas para a mufla com temperatura de 700ºC permanecendo por 7 horas para determinar o carbono fixo e o teor de cinzas.

Para as análises da madeira, aplicou-se a estatística descritiva para obter o desvio padrão e média geral dos dados, como também o coeficiente de variação. Foi utilizado o programa Excel 2010® para análise estatística.

# Resultados e Discussões

Na tabela abaixo são apresentados os dados médios de umidade e densidade aparente da madeira obtidos para o nim.

# Tabela 1. Valores médios de umidade e densidade aparente da madeira de nim.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Teor de Umidade da madeira | 7,33 | (1,90) |
| Densidade aparente a 12% da madeira (g/cm³) | 0,66 | (2,78) |

Nota: Valores entre parentesis correspondem a coeficiente de variação (%).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, verifica-se que o teor de umidade da madeira apresentou média de 7,33%, valor próximo aos valores observados por Brand et al. (2015) para as espécies de eucalipto e acácia negra com média de 8,21% e 7,00% respectivamente.

A densidade aparente da madeira o nim foi de 0,66g/cm³. Segundo Vale et al. (2010) quanto maior for à densidade da madeira, maior será a quantidade de energia por unidade de volume.Por isso, o uso de madeiras com alta densidade para produção de carvão vegetal fornece maior rendimento em massa de carvão, já que para um mesmo volume do forno, madeiras mais densas representam maior massa enfornada quando equiparadas com madeiras menos densas (SANTOS, et al., 2012).

Os valores médios para teor de extrativos totais, lignina e holocelulose da espécie em estudo, encontram-se apresentados na Tabela 2

**Tabela 2.** Valores médios das propriedades químicas da madeira de nim.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Propriedades químicas da madeira** | **Média** | **CV%** |
| Teor de extrativos totais (%) | 5,50 | 4,13 |
| Lignina Klasson (%) | 23,60 | 1,56 |
| Lignina solúvel (%) | 0,99 | 4,37 |
| Lignina Total | 24,59 | 1,60 |
| Holocelulose | 70,02 | 0,85 |

Constatou-se que o nim apresentou teor de extrativos de 5,50%, inferior ao apresentado por Araujo et al. (2000), em que a espécie apresentou valor de 8,46%, mas ao verificar os valores obtidos para lignina (23,52%) e holocelulose(68,01%), observou que os valores encontrados por Araujo et al. (2000) estavam próximos ao apresentado neste trabalho (24,59% e 70,02%). De acordo com Andrade (1993), o carvão vegetal terá rendimento elevado quando a madeira com alto teor de lignina for carbonizada.

De acordo com Barcelos (2007), a relação é diretamente proporcional aos teores de lignina, e inversamente proporcional ao teor de holocelulose.

Na Tabela 2 são apresentados resultados obtidos a partir da análise química imediata e poder calorífico da madeira do nim.

**Tabela 3**. Resultados médios da caracterização energética da madeira de nim.

|  |  |
| --- | --- |
| **Propriedades energéticas da madeira** | **Média** |
| Materiais voláteis (%) | 82.29 |
| Carbono fixo (%) | 17.25 |
| Teor de Cinzas (%) | 0.46 |
| Poder calorifico (Kcal.Kg-¹) | 4522.79 |

Foi observado que a madeira do nim apresentou alto teor de materias voláteis 82,89%. A exposição do material a altas temperaturas em um curto periodo de tempo, pode ter contribuido para chegar neste resultado. Segundo Pinheiro et al (2008) o teor de materiais voláteis facilita a ignição e a velocidade de combustão implicando alto em um processo de queima mais lento. Devido a essa quantidade presente no material a degradação do carvão será mais rápida. O carbono fixo apresentou valor médio considerado baixo (17,25%). Quanto maior a temperatura final maior o seu teor de carbono fixo e está correlacionado com a quantidade de lignina existente na madeira. Para o teor de cinzas, foi obtido valor médio de 0,46%, valor baixo e considerável para finalidade energética. As cinzas contribuem de forma negativa no processo de carbonização não sendo interessante para avaliação energética da madeira, uma vez que, quanto maior for a quantidade de cinzas menos combustível é queimado.

Observou-se que o nim apresentou poder calorífico de 4522,79Kcal/kg valor superior à média de 4.763 kcal/kg encontrada por Vale et al. (2002) para madeira de 47 espécies do cerrado e próximo do valor encontrado no estudo realizado por Araujo et al. (2000) para o nim com valor de 4088,5 kcal/kg. O que revela a qualidade desta espécie como material energético.

Na Tabela 4 são apresentados valores médios de densidade aparente do carvão vegetal eanálise química imediata em que foram obtidos os valores das médias para materiais voláteis (MV), carbono fixo (CF) e teor de cinzas (TC) para o carvão do nim.

**Tabela 4**. Valores médios para os parâmetros avaliados no carvão vegetal.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parâmetros para o carvão vegetal** | **Média** | **CV(%)** |
| Densidade aparente do carvão | 0.35 | 8.19 |
| Materiais voláteis (%) | 47.96 | 10.07 |
| Carbono fixo (%) | 49.51 | 10.18 |
| Teor de Cinzas (%) | 2.53 | 10.36 |
| Poder calorifico (Kcal.Kg-¹) | 6581.70 | 2.55 |

A densidade aparente encontrada para o carvão de nim foi de 0,35g/cm³. Valor próximo ao encontrado em estudo realizado por Pereira et al. (2016) onde obtiveram médias de densidade aparente do carvão de 0,36 g/cm³ para *Eucalyptus* *camadulensis*, para *E. grandis* de 0,38 g/cm³ e para *E. urophylla* de 0,40 g/cm³. Marchesan et al. (2019), observaram que a densidade aparente média do carvão para a espécie de *Eucaliptus urograndis* foi de 0,23 g/cm³, menor que a citada neste trabalho. Para Santos (2008), a densidade aparente do carvão vegetal deve ser superior a 0,40 g/cm³, se for destinada para o uso siderúrgico. O carvão do nim não atendeu ao parâmetro, pois apresentou densidade aparente inferior a 0,40g/cm³. O fator que pode ter influenciado esse resultado foi a idade da espécie analisada que não foi determinada neste estudo.

O teor de materiais voláteis do nim foi de 47,96%. No estudo realizado por Brand et al. (2015) os valores obtido dos materias voláteis foram de 29,26% e 31,10% para carvão de *Eucalyptus*, inferior ao do nim apresentado neste estudo. No trabalho apresentado por Oliveira et al. (2010) sobre parâmetros de qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. foram apresentados resultados de matérias voláteis entre 9 a 14%, baixos em relação a madeira de nim. O teor de materiais voláteis baixo implica em um processo de queima mais lento. Dessa forma**,** o ideal é que o teor de materiais voláteis seja menor que 23,5% para que esteja dentro dos parâmetros de um carvão de boa qualidade (SÃO PAULO, 2003).

O nim apresentou teor de carbono fixo de 49,51%, inferior ao encontrado por Marchesan et al. (2019) para a espécie *E. urograndis* (86,96%) na marcha de carbonização de 500ºC. Oliveira et al. (2010), encontraram valores de 86,10% e 86,66% para a espécie *E. pellita* nas temperaturas de 450°C e 500°C respectivamente, superiores ao do presente trabalho. Rosillo-Calle & Bezzon (2005) mencionam que o teor de carbono fixo deve apresentar valor maior que 75%.

O teor de cinzas apresentado foi de 2,53%, semelhante ao da espécie *Eucalyptus pellita* que apresentou teor de cinzas de 2,6%. Segundo Gonçalves et. al. (2009) o ideal é que o teor de cinzas não ultrapasse 1,5%, já que as cinzas contribuem de forma negativa no processo de carbonização, pois quanto maior for a quantidade de cinzas menos combustível é queimado.

O poder calorifico do carvão de nim foi de 6.581,70 kcal.kg¹, inferior à média encontrada para o *Eucalyptus* (8.172 kcal.kg-¹) encontrado por Oliveira et al. (2010) com a mesma temperatura final apresenta neste trabalho. Todos os valores encontrados para o gênero *Eucalyptus* foram superiores ao do nim. De acordo com Marchesan et al. (2019), existe uma correlação positiva entre o poder calorífico superior e o teor de carbono fixo. Portanto, alto teor de carbono fixo implicará em maiores poderes caloríficos.

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados do rendimento em carvão vegetal, rendimento em gases condensáveis e rendimento em gases não condensáveis para espécie em estudo obtido através do processo de pirólise da madeira na marcha de carbonização de 550°C.

**Tabela 5**. Valores médios dos rendimentos gravimétricos do carvão vegetal, gases condensáveis e gases não condensáveis gerados na pirólise da madeira de nim.

|  |  |
| --- | --- |
| **Rendimentos da pirólise** | **%** |
| Rendimento em carvão vegetal | 31.05 |
| Rendimento em Gás condensável (licor) | 35.17 |
| Rendimento em Gases condensáveis | 33.78 |

Com base neste resultado, o nim apresentou rendimento em carvão de 31,05% para marcha de temperatura final de 550ºC. Araújo et al. (2000) constataram um rendimento médio de 38,20% com uma temperatura final de 420 ºC para o carvão vegetal de nim indiano**.** Os autores observaram que com o aumento da temperatura final de aquecimento o rendimento em carvão vegetal total diminuiu, isso ocorre devido à decomposição dos constituintes químicos da madeira, provocando redução do rendimento em carvão.

O valor obtido para rendimento em gases condensáveis (licor pirolenhoso) foi de 35,17%, inferior ao valor apresentado no trabalho de Oliveira et al. (2010), em que a *espécie Eucalyptus pellita* obteve em rendimento de gases condensáveis na temperatura final de 550 ºC valor de 58,01%. Araújo et al. (2000), relatam que o rendimento em gases condensáveis para o nim indiano produzido em temperatura final de 420ºC foi de 41,87%, valor maior comparado com o rendimento do licor do nim com temperatura final de 550ºC.

O rendimento de gases não condensáveis foi de 33,78%, maior que o encontrado por Marchesan et al. (2019) para o *Eucalyptus urograndis* com valor de 23,38% em diferente taxa de carbonização.

**Considerações finais**

Conclui-se que a madeira apresentou baixo teor de umidade, tendo influência positiva para o carvão. A densidade aparente da madeira da espécie avaliada nesse estudo não alcançou os valores recomendados para a produção de carvão vegetal, porém ficou de acordo com o apresentado para o gênero *Eucalyptus*.

Com base nos valores encontrados para a porcentagem de lignina, holocelulose, materiais voláteis e teores de cinzas, caracterizam a madeira de nim como produtora de carvão de boa qualidade para fins siderúrgicos.

O rendimento total em carvão vegetal apresentou valor considerado razoável próximos a literatura. O rendimento em gases condensáveis e não condensáveis apresentaram-se superiores a algumas espécies do gênero *Eucalyptus*.

Observou-se que o teor de matérias voláteis, o teor de carbono fixo e de cinzas não se enquadraram aos parâmetros, mas os valores foram considerados aceitáveis visto que a atendeu a relação: maior teor de carbono fixo, menor teor de materiais voláteis e alto poder calorifico. O poder calorífico do carvão encontrou-se dentro dos padrões recomendados para um carvão de qualidade, tendo bom potencial energético.

Pelas características avaliadas do carvão vegetal oriundo da madeira do nim possui características aceitáveis para utilização como fonte energética. Porém, para atingir os valores recomendados é necessário estudar diferentes temperaturas.

**Referência bibliográfica**

ALMEIDA, M.R., REZENDE, M.E.A. O processo de carbonização contínua da madeira. In: Produção e utilização de carvão vegetal. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, 1982. 393p.

ANDRADE, A. M. de. Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de Eucalyptus. 105 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

ARAÚJO, L. V. C; RODRIGUEZ, L. C. E; PAES, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. SCIENTIA FORESTALIS n. 57, p. 153-159, jun. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT – NBR 91565, Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade – Método de ensaio. 1985. 8p.

BARCELLOS, D.C. Caracterização do carvão vegetal através do uso de espectroscopia no infravermelho próximo. 2007. 140p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

BRAND, M. A., et al. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico comercializado na região Serrana sul de Santa Catarina. Revista arvore, vol. 39, nº 6, Viçosa. Nov./Dec. 2015.

BRUN. E. J, ET AL. Caracterização energética da madeira de três materiais genéticos de Eucalyptus sp. Floresta, Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p. 87-92, jan. /mar.2018.

FARINHAQUE, R. Influencia da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*mimosa scrabella, Benth*) e aspectos gerais de combustão. Curitiba: FUPEF, 1981.

GONÇALVES, J. E.; SARTORI, M. M. P.; LEÃO, A. L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de Eucalyptus grandis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.657-661, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n5/v13n05a21.pdf .Acesso em: 04 de Out de 2020.

MARCHESAN, R. et.al. Qualidade do carvão vegetal de Eucalyptus urograndis produzido na região Sul do Tocantins. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 49, n. 4, p. 691 - 700, out/dez 2019.

NASCIMENTO, M. D. DO; BIAGGIONI, M. A. M. Avaliação energética do uso de lenha e cavaco de madeira para produção de energia em agroindústria seropédica. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 104 - 117, 2010.

NBR 8112: Carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro: ABNT, 1983a. 6p.

OLIVEIRA, A. C. et al. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus pellita F. Muell. Scientia Florestalis., Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, set. 2010.

PEREIRA, C. B. L. et al. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de Eucalyptus. Ciência Florestal, v. 26, n. 2, 2016.

ROSILLO-CALLE, F.; BEZZON, G. Produção e uso industriais do carvão vegetal. In: ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. Uso da biomassa para a produção de energia na indústria brasileira. Campinas, SP: Unicamp, 2005. 447 p.

SANTOS, L. C. et al. Propriedades da madeira e estimativas de massa, carbono e energia de clones de Eucalyptus plantados em diferentes locais. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.36, n.5, p.971-980, 2012.

SANTOS, M. A. S. Parâmetros de qualidade do carvão vegetal para uso em alto-forno. In: Fórum Nacional sobre carvão vegetal, 1., 2008, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 2008.

SÃO PAULO. Resolução n° 10 SAA, de 11 de julho de 2003. Diário Oficial do Estado de São Paulo SP, 11 jul. 2003.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. Ciência Florestal, v.12, n.1, p.71-80, 2002.

VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E. Relações entre as propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies do cerrado. Ciência Florestal, Santa Maria, v.20, n.1, p.137-145, 2010.

PINHEIRO , P. C. C. Et al. A produção de carvão vegetal. 2. Ed. Belo Horizonte: CETEC, 2008. 103 p

1. 1Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi. e-mail*(raay.ns15@gmail.com).*

   ² Doutoranda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná, campus de Curitiba.

   ³ Professora Doutora da Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi.

   [↑](#footnote-ref-1)