

## Utilização do carvão obtido no processo de pirólise da casca de arroz para polimento de águas cinzas

Vitória Zago Machado<sup>1</sup>, Marcelo Mendes Pedroza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Agrônômica – IFTO Palmas. Bolsista do PIC IFTO. e-mail: <vitoria.machado@estudante.ifto.edu.br>

<sup>2</sup>Orientador do Departamento de Meio Ambiente – IFTO. e-mail: <mendes@ifto.edu.br>

**Resumo:** Atualmente cresce a busca por alternativas mais sustentáveis da disposição dos resíduos sólidos e agropastoris. Os resíduos provenientes da rizicultura, tais como a palha e a casca de arroz são resíduos que possuem um enorme potencial energético que pode ser aproveitado por meio do processo de pirólise. Nesse trabalho foi realizado a degradação termoquímica da casca de arroz visando a aplicação no tratamento de águas cinzas provenientes de máquinas de lavar roupas. Para caracterização da casca de arroz foi realizada a análise imediata da biomassa, obtendo os seguintes resultados para umidade (6,84%), material volátil (73,36%), carbono fixo (6,82%), cinzas (12,97%) e densidade aparente de 0,102 g/mL. A degradação termoquímica foi realizada nas temperaturas de 400 °C e 500 °C, sendo que através do teste-t dos ensaios constatou que não existia diferença significativa entre os rendimentos obtidos nas duas temperaturas. O rendimento máximo de carvão foi de 35,8%. No polimento de águas cinzas o carvão obtido teve eficiência de remoção de 99, 97 e 93% nas variáveis de turbidez, sólidos voláteis e DQO. A eficiência do carvão no tratamento de águas cinzas teve resultados bastante positivos, contribuindo assim para a afirmação da viabilidade técnica de se empregar os resíduos da casca de arroz para produção de carvão visando o polimento de águas cinzas.

**Palavras-chave:** águas cinzas, carvão ativado, casca de arroz, pirólise

### 1 INTRODUÇÃO

Desde a crise de energia na década de 1970, a utilização de energia de recursos de biomassa recebeu muita atenção. A energia obtida da agricultura são resíduos agrícolas que é uma forma de energia renovável, em princípio, utilizar essa energia não adiciona dióxido de carbono, que é um gás de efeito estufa, para o ambiente atmosférico, em contraste com os combustíveis fósseis (McKendry, 2002a).

Devido aos menores teores de enxofre e nitrogênio na biomassa residual, no qual é utilizada de energia, logo sua criação gera menos poluente e também menos risco para a saúde do que a combustão de petróleo. Dessa forma, processo de biomassa para gerar estados sólidos, líquidos e gasoso são visto como o futuro de uma fabricação de energia altamente aproveitada e pré-requisitada na agricultura moderna, no qual, a crescente obrigação de sustentabilidade na hora da produção, colheita e descarte são o futuro do agronegócio.

Portanto, atualmente existe um número crescente de estudos acerca da transformação de resíduos agroindustriais em novos produtos de maior valor agregado. Dentre estas transformações encontra-se o processo de pirólise, que converte o material residual em produtos sólidos, líquidos (bio-óleo + fase aquosa) e gasosos. No presente estudo, foram caracterizados os produtos gerados na pirólise de casca de arroz em reator de leito fixo.

A rizicultura (arroz) produz impactos ambientais significativos no meio ambiente. Além da poluição do solo e água, os arrozais identificam como uma fonte de emissão de gases no efeito estufa

(GEE). Sendo a forma mais encontrada é o metano, devido a sua composição residual na produção da queima. Logo, da produção de arroz são gerados vários resíduos, é um deles são as cascas de arroz (MOHAMMADI et al., 2016; PAPARI; HAWBOLDT, 2015).

A massa específica da casca de arroz é fator relevante quando se trata da inviabilidade do seu uso energético devido ao alto custo do transporte para produtores de pequeno porte. A utilização na geração de energia em caldeiras ou granjas como cama de frango e compostagem, ocorre em grandes latifúndios, no qual consiste em infraestrutura para aproveitamento, logo os pequenos latifundiários alternam métodos mais baratos, como fabricação de ração animal, queimadas indevidas. Sendo assim, causando poluição no ar, retirada do carbono e diminuição de nutrientes no solo. Os demais destinos da casca de arroz é o descarte irregular na zona rural, permanecendo inalterada durante anos por apresentar uma degradação lenta (BACENETTI et al., 2014; BRUUN et al., 2012; HEEDE; ORESKES, 2016; MOHAMMADI et al., 2016; PODE, 2016).

Foi apresentado no trabalho de Loong et al. (2016) a utilização do processo de pirólise da casca de arroz. O estudo mostrou condições mais favorável para produção de bio-óleo, utilizando a biomassa abundante e barata que é a produção de arroz no cenário brasileiro, no qual para obter diferentes taxas de aquecimento foi preciso determinar condição onde fosse obtido a máxima produção de bio-óleo.

A biomassa produzida pela casca de arroz é transformada em carvão ativado por processo de pirólise. Logo, carvão ativado é um material carbônico, densidade frágil, não gratificado, que passou por um processo de gerar alternativas de reutilização da massa. (RODRIGUES ,2019)

Portanto, o objetivo desse trabalho foi empregar como tratamento termoquímico a pirólise da casca de arroz, objetivando a obtenção de combustíveis e subprodutos para tratamento de efluentes, contribuindo assim para redução dos resíduos agrícolas provenientes da produção e do beneficiamento de arroz.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.3 Coleta e preparo da biomassa**

O resíduo empregado no presente trabalho é a casca de arroz in natura proveniente dos processos de produção e utilização do arroz (*Oryza sativa*). Todos os resíduos utilizados para análise e experimentos foram coletados na empresa de Indústria e Comércio de Cereais Bom de Gosto, localizada em Gurupi, estado do Tocantins. A caracterização química das amostras foi feita nos laboratórios de Análises Físico-químicas de Águas e Efluentes (IFTO – Palmas) e Laboratório LARSEN.

Os briquetes da casca de arroz foram produzidos a partir material in natura triturado e peneirado, seguindo uma proporção de aproximadamente 500mL de água para cada 180g de biomassa com aditivo

de 60g de amido de milho, de acordo com as recomendações de Rodrigues (2019). A confecção dos Briquetes foi realizada no LARSEN – IFTO (Campus Palmas).

## 2.4 Caracterização da biomassa

A biomassa foi caracterizada através das seguintes técnicas analíticas: (a) umidade (ASTM D 3173-85), (b) cinzas (ISO-1171-1976), (c) material volátil (ISO-5623-1974) e (d) densidade aparente (método gravimétrico). A caracterização química das amostras foi feita nos laboratórios de Análises Físico-químicas de Águas e Efluentes (IFTO – Palmas) e Laboratório LARSEN.

## 2.3 Pirólise da biomassa

Para pirólise da biomassa foi empregado briquetes com cerca de 25g cada. O briquete foi previamente seco em estufa de secagem em temperatura de 45 °C por um período de 12 horas. O reator de pirólise empregado é do tipo de leito fixo com forno bipartido e tubo central de quartzo. Para arraste dos vapores da pirólise foi empregado vapor de água a 130 °C proveniente de uma autoclave de esterilização. As temperaturas empregadas no processo foram de 400 e 500 °C com tempo de permanência da biomassa na temperatura indicada de uma hora.

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 3.1 Análise imediata da biomassa (físico-química)

Na determinação dos teores de umidade, cinzas, massa volátil, carbono fixo e densidade volumétrica aparente da biomassa, realizou-se ensaios em triplicata, objetivando obter-se uma média mais precisa do real percentual de cada componente. Os resultados obtidos através das análises no Laboratório LARSEN estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização físico-química

Biomassa	Análise Imediata (%)			
	Cinzas	Umidade	Material Volátil	Carbono Fixo
	12,97	6,84	73,36	6,82

Fonte: Autor

A umidade da biomassa corresponde à perda, em peso, sofrida pelo material quando este é aquecido a temperatura de 105°C (associando geralmente a perda de água). Já as cinzas representam os minerais existentes na biomassa, ou seja, o percentual relativo da matéria que resta após a combustão. O material volátil é a parte da biomassa que evapora na ausência de oxigênio em temperaturas próximas a 900°C. Por fim, o teor de carbono fixo (CF) representa a massa restante após a libertação de compostos voláteis, excluindo as cinzas e teores de umidade. Nessa pesquisa, o teor de carbono fixo foi de 6,82%.

A densidade volumétrica aparente da biomassa por sua vez, é um fator que implica diretamente no aproveitamento de uma batelada de pirólise, visto que resíduos com alta densidade apresentam

melhores rendimentos para fração sólida (carvão) do que para fração líquida (bio-óleo) (DI BLASI, 1992). A densidade da biomassa em estudo nessa pesquisa foi de 0,102g/mL.

### 3.2 Ensaio de pirólise

A Tabela 2 mostra os dados referente aos ensaios de pirólise realizados no laboratório de LARSEN do IFTO Palmas.

Tabela 2 – Degradação termoquímica do coco.

Ensaio	Temperatura (°C)	Carvão (%)
1	400	34
2	400	35,8
3	500	32,8
4	500	32,5
5	500	34,2

Fonte: Autor

A partir dos resultados referentes ao rendimento de carvão obtido em cada condição alterada nos ensaios, nota-se que com o aumento da temperatura da reator do 400 °C para 500 °C, existe uma diminuição de aproximadamente 9% no rendimento da fração sólida ao final do processo. Tal diminuição apresenta indícios de que a temperatura contribui de maneira negativa com o rendimento do carvão. Entretanto, para afirmar tal indício é necessário a realização de um planejamento experimental. Para isso, foi realizado um Teste-t para análise estatística do rendimento obtido nas duas temperaturas, o resultado é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise do Teste-t do ensaio de pirólise realizado

	400 °C	500 °C
Média	34,9	33,16667
Variância	1,62	0,823333
Observações	2	3
Variância agrupada	1,088888889	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	1,819620952	
P(T<=t) uni-caudal	0,083191776	
t crítico uni-caudal	2,353363435	
P(T<=t) bi-caudal	0,166383553	
t crítico bi-caudal	3,182446305	

Através da análise do teste-t realizado, pode-se concluir que não faz diferença efetuar a degradação termoquímica da casca de arroz em 400 °C ou 500 °C, pois ambos têm rendimento relativo.

Essa conclusão é possível pois o valor numérico do “stat t” é inferior ao “t crítico”, ou seja, não existe diferença significativa entre as médias do rendimento das duas temperaturas. Sendo assim, recomenda-se trabalhar com 400 °C por demandar um consumo de energia menor e entregar um rendimento relativo a temperatura de 500 °C.

### 3.3 Caracterização e polimento de águas cinzas

A Tabela 4 apresenta os dados da caracterização da amostra de água cinza empregada nos ensaios de polimento.

Tabela 4 – Resultados da caracterização da água cinza

Variável Analítica	Resultados
Temperatura (°C)	26
pH (-)	7,4
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	55
Turbidez (uT)	129
Condutividade (uS/cm)	201
Cloretos (mg/L)	66,7
Cloro residual (mg/L)	0,2
Sólidos Totais (mg/L)	520
Sólidos Fixos (mg/L)	226
Sólidos Voláteis (mg/L)	294
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,1
DQO (mg/L)	301
Coliformes Totais (UFC/100 mL)	820
E. coli (UFC/100 mL)	ND

ND: não detectado

O pH obtido na amostra de água cinza (7,4) está dentro do intervalo encontrado por Rampelo o (2014), mas é inferior aos obtidos por Edwin et al. (2014) e Bazzarella (2005). De acordo com Edwin et al. (2014), alguns produtos químicos podem contribuir para o seu aumento, tais como sabão em pó e amaciante, provocando a elevação do pH de águas cinza provenientes de lavanderias.

A alcalinidade da água cinza aqui pesquisada foi de 55 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Bazzarella (2005) encontrou o valor de 74,2 mgCaCO<sub>3</sub>/L. A alcalinidade da água está relacionada à capacidade tampão, isto é, a resistência que a amostra tem de se resistir a mudança de pH do líquido.

Os valores experimentais obtidos para turbidez (129 uT), condutividade elétrica (201 µS/cm), DQO (301 mg/L) e coliformes totais (820 UFC/100 mL) estão todos dentro dos intervalos encontrados para esses parâmetros por Christova-Boal et al. (1996). O Cloro residual obtido nesta pesquisa (0,2 mg/L) foi exatamente o limite superior encontrado por Sostar-Turk et al. (2005).

Já a Tabela 5 apresenta os dados referentes a caracterização de duas amostras, sendo elas: água cinza bruta (P1) e água cinza pós polimento em filtro de carvão de casca de arroz e areia (P2).

Tabela 5 – Resultados obtidos durante o polimento de águas cinzas.

Parâmetro Analítico	Resultados	
	Amostra	P1
Temperatura (°C)	26,4	25,7
pH(-)	9,5	6,4
DQO (mg/L)	380	27
Condutividade (uS/cm)	199	166
Sólidos Totais (mg/L)	1900	700
Sólidos Fixos (mg/L)	950	670
Sólidos Voláteis (mg/L)	950	30
Sólidos Sed. (mg/L)	0,3	ND
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	337	99,2
Turbidez (uT)	129	0,3
Cloretos (mg/L)	201	154
Cloro Residual (mg/L)	0,4	ND

ND: não detectado. Sed: sedimentáveis. P1: água cinza bruta. P2: água cinza pós tratamento

Os parâmetros que obtiveram maior percentual de remoção foram: turbidez, sólidos voláteis e DQO com 99, 97 e 93% respectivamente. Os parâmetros que registraram menores percentuais de remoção foram sólidos fixos e cloretos, com 30 e 23% respectivamente, já que estas variáveis têm uma relação direta com o conteúdo de sais inorgânicos presentes na amostra, e que dificilmente são retidos nos poros do carvão ativado.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as classes e parâmetros para esgoto a partir do reuso previsto, definidos pela norma NBR 13969/1997, o efluente final do sistema aqui estudado foi classificado como de classe 3, podendo ser utilizado no reuso de descargas dos vasos sanitários. Segundo Mohamed (2011), a utilização de água cinza bruta em descargas sanitárias ou na irrigação de jardins é uma prática comum em muitos países, apesar do aspecto relativamente desagradável do reuso de águas.

Afirma-se também, baseado nos resultados obtidos no tratamento de águas cinzas, que existe a viabilidade técnica de se empregar os resíduos da casca do arroz para a produção de carvão visando determinada aplicação.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFTO pela disponibilização do apoio financeiro e da infraestrutura para realização da pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

BAZZARELLA, B. B. (2005) **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**, Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, dezembro de 2005.

BACENETTI, J. et al. Science of the Total Environment Environmental assessment of two different crop systems in terms of biomethane potential production. **Science of the Total Environment**, The, v. 466–467, p. 1066–1077, 2014.

BRUUN, E. W. et al. Effects of slow and fast pyrolysis biochar on soil C and N turnover dynamics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 46, n. August 2016, p. 73–79, mar. 2012.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. v.106, n. 1-3, p. 391- 397, 1996.

HEEDE, R.; ORESKES, N. Potential emissions of CO<sub>2</sub> and methane from proved reserves of fossil fuels: An alternative analysis. **Global Environmental Change**, v. 36, p. 12–20, 2016.

MOHAMMADI, A. et al. **Biochar use for climate-change mitigation in rice cropping systems**. v. 116, 2016.

PAPARI, S.; HAWBOLDT, K. A review on the pyrolysis of woody biomass to bio-oil : Focus on kinetic models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 1580– 1595, 2015.

PODE, R. Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 1468–1485, 2016.

RAMPELOTTO, G. (2014) **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2014

RODRIGUES, C. R. **Degradação térmica da casca de arroz e utilização do carvão obtido no processo para polimento de águas cinzas**. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

SOSTAR-TURK, SONJA & PETRINIC, IRENA & SIMONIČ, M.. (2005). Laundry Wastewater Treatment Using Coagulation and Membrane Filtration. **Resources, Conservation and Recycling**. 44. p. 185-196.