



Exacta

ISSN: 1678-5428

ISSN: 1983-9308

gerald@neto@uni9.pro.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Moreira Lima, Amanda; Telöken, Fabiane Taís; Hermes, Régis
Henrique; Moraes, Jorge André Ribas; Silva, André Luiz Emmel
A casca de arroz como fonte de energia em empresas beneficiadoras do grão
Exacta, vol. 17, núm. 4, 2019, pp. 375-382
Universidade Nove de Julho
São Paulo, Brasil

DOI: <https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v17n4.8576>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81066998012>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

A casca de arroz como fonte de energia em empresas beneficiadoras do grão

Rice husk as a source of energy in companies benefiting from the grain

Amanda Moreira Lima¹

Fabiane Taís Telöken²

Régis Henrique Hermes³

Jorge André Ribas Moraes⁴

André Luiz Emmel Silva⁵

Resumo

Biomassa é matéria orgânica que pode ser utilizada para produção de energia. A casca de arroz apresenta características que permitem sua utilização para esta finalidade. Assim, este estudo objetivou verificar qual o destino da casca de arroz gerada pelas empresas que beneficiam o grão na região do Vale do Rio Pardo – RS – Brasil, e sua situação quanto à certificação ambiental. Identificou-se que apenas duas empresas utilizam a casca em seus processos, e que o restante vende ou doa o resíduo para terceiros. Além disso, somente uma delas possui certificação. Concluiu-se que, apesar de ser uma ótima opção de energia limpa, de reutilização de resíduos e diminuição de custos, nem todas as indústrias realizam a utilização da casca, em função do baixo conhecimento e desinteresse sobre o assunto. Também se evidenciou que apenas as empresas de grande porte buscam certificação de seus processos por consequência do mercado mais amplo e exigente.

Palavras-chave: Biomassa. Energias alternativas. Casca de arroz.

Abstract

Biomass is the organic matter that can be used for energy production. The rice husk has characteristics that allow its use for this purpose. Thus, this study aimed to verify the fate of the rice husk generated by companies that benefit the grain in the region of the Rio Pardo Valley – RS – Brazil, and its situation regarding environmental certification. It was identified that only two companies use the bark in their processes, and the rest sell or donate the waste to third parties. In addition, only one of them is certified. It was concluded that, despite being a good option for clean energy, waste reuse and cost reduction, not all industries use the bark because of low knowledge and lack of interest in the subject. It has also been shown that only large companies seek certification of their processes as a consequence of the broader and more demanding market.

Keywords: Biomass. Alternative energies. Rice husk.

¹Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.
amandamlima@mx2.unisc.br

²Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.
fteloken@mx2.unisc.br

³Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.
regisherms@yahoo.com.br

⁴Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.
jorge@unisc.br

⁵Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.
andresilva@unisc.br

1 Introdução

A biomassa de agro-resíduos não deve ser negligenciada como lixo. Em vez de tratar esta biomassa como um desperdício, uma opção é reaproveitá-la na geração de energia. A biomassa tem sido considerada como uma fonte potencial e renovável de energia (Ni et al., 2006; Lim et al., 2012; Pode, 2016; Mohammed et al., 2017; Xu et al., 2017), podendo ser utilizada na combustão direta para geração de vapor e energia elétrica por cogeração, ou como matéria-prima na geração de energia renovável secundária, na produção de biogás e gás de pirólise (Schirmer et al., 2017). Caracteriza-se por qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia térmica, mecânica ou elétrica (Fernandes et al., 2016), sendo uma das maneiras ambientalmente corretas de se produzir energia.

Os cenários ambientais e econômicos projetados para um futuro não muito distante nos permitem afirmar que a utilização das diversas biomassas disponíveis se firmará como uma importante fonte para geração de energia e outros produtos para diversos ramos da economia (Mota et al., 2017). No Brasil, por falta de alternativas de destinação imediata, grandes quantidades desses resíduos são simplesmente empilhadas, encontrando-se em diversos estágios de decomposição (Preilipper et al., 2016). O Brasil está em condições bastante favoráveis em termos de uso de fontes de energia renováveis, principalmente no que diz respeito ao uso de biomassas vegetais para produzir energia (Brasil et al., 2015). Aliado a isso, existe, no país uma necessidade em manter a matriz energética diversificada, com o intuito de garantir com

segurança o fornecimento de energia a diversos setores, industrial, residencial, comercial, transportes, entre outros (Preilipper et al., 2016).

O arroz está entre as mercadorias mais importante em todo o mundo e a tendência é que seu cultivo aumente à medida que a população mundial cresce (Coltro et al., 2017). A casca é a camada externa de uma semente de arroz, removida como subproduto durante o processo de moagem (Lim et al., 2012). Geralmente queimada ao ar livre ou descartada como lixo (Zhang, Chen & Xiong, 2017), sua produção, a nível mundial, aproxima de 1,2 bilhões de toneladas por ano (Zhang et al., 2015; Costa & Paranhos, 2018). A casca de arroz corresponde a 20% do peso total do arroz beneficiado (Lorenzett, Neuhaus & Schwab, 2012; Lieu, Chang & Chen, 2018), podendo em alguns casos chegar até 30% (Silva & Silva, 2016).

Na moderna indústria de moagem de arroz, a casca é cada vez mais usada como fonte de combustível para a secagem de grãos e geração de eletricidade (Coltro et al., 2017; Lucca et al., 2017), necessitando de pouco recursos logísticos e reduzindo a energia elétrica consumida. A casca de arroz também tem sido empregada na obtenção de bio-óleo por pirólise rápida (Zhang et al., 2018a). Em comparação com outros métodos de produção de produtos de base biológica a partir da biomassa, a pirólise rápida é uma promissora tecnologia termoquímica para converter a biomassa em produto líquido conhecido como bio-óleo (Zhang et al., 2018b). Já o estudo feito por Bharath et al. (2018) mostra que a casca de arroz pode ser adicionada a queima de carvão, obtendo assim melhora em todas as métricas de desempenho, como conversão total de carbono, eficiência de gás frio e poder calorífico do gás sintético. No entanto,

segundo Ninduangdee & Kuprianov (2018) as características de combustão e emissão são afetadas pelas condições de operação, e a redução nas emissões de óxido de nitrogênio podem ser alcançadas através da co-combustão usando a requieima da casca de arroz.

Não é só na geração de energia que a casca de arroz vem sendo estudada, mas também na obtenção de outros materiais. Resíduos de casca de arroz combinados com grânulos de cortiça expandida e grânulos de borracha de pneus foram utilizados para a fabricação de painéis compósitos com características térmicas e acústicas melhoradas, destinados a aplicações em construção civil (Antônio et al., 2018). Lieu, Chang & Chen (2018) conseguiram a síntese de nanopartículas de prata usando extratos de casca de arroz, sendo considerada uma abordagem ecológica porque minimizar o uso de substâncias que são perigosas para a saúde humana e para o meio ambiente. As nanopartículas de prata possuem propriedades únicas que permitem seu uso em biosensores e aplicações antibacterianas e condutoras. Cascas de arroz moídas em combinação com fibras de álcool polivinílico foram usadas para produzir compósitos cimentícios híbridos de baixo custo e alta qualidade, com melhoras comprovadas na resistência à flexão, absorção de energia e diminuição no peso do concreto (Pakravan, Jamshidi & Jeddi, 2018). Já o estudo feito por Padhi et al. (2018) indicam que o uso de 10 a 15% de cinzas de casca de arroz em misturas de concreto pode ser viável e recomendado para aplicação prática em vários setores de construção. Mas acima destes índices os parâmetros foram afetados negativamente.

Carvão ativado derivado da casca de arroz carbonizada foi testado para remoção da contaminação por nitrato da água, até então

considerado um processo complexo e caro, e mostrou resultados satisfatórios (Satayeva et al., 2018). Cinzas da casca do arroz (fonte natural e econômica de sílica) combinadas com imidazol foram aplicadas ao solo durante o cultivo de arroz e se mostraram viáveis no manejo de pragas de arroz e em particular da broca-do-caule. A broca-do-caule ou broca amarela é uma das pragas mais temidas da Ásia, sendo que as perdas de rendimento de grãos podem variar de 10 a 90%, quando a lavoura é atacada por elas (Jeer et al., 2018). Essa grande quantidade de sílica presente nas cinzas da casca de arroz também tem chamado a atenção de pesquisadores como uma fonte alternativa e barata para produzir materiais à base de silício de interesse tecnológico (Costa & Paranhos, 2018).

Percebe-se que a casca de arroz se apresenta como uma ótima opção de biomassa, pois ela possui características adequadas para geração de energia, como granulometria, baixo teor de umidade e alto teor de voláteis. Contudo, muitas empresas desconhecem estas características, e ao invés de utilizarem essa biomassa em suas operações, acabam comercializando ou até mesmo doando-a. Com base nestes fatores, objetivou-se verificar qual o destino da casca de arroz gerada pelas empresas beneficiadoras do grão na região do Vale do Rio Pardo – RS – Brasil, e suas situações quanto à certificação ambiental.

2 Material e métodos

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza exploratória, com caráter descritivo, a partir de uma abordagem qualitativa e quantitativa com o uso da pesquisa de campo. É exploratória pois se pretendeu explicitar o problema do destino da casca de arroz pelas

Para a coleta de dados utilizou-se a método de levantamento descrito por Santos (2007), no qual se realizou uma investigação direta com cinco empresas beneficiadoras de arroz, através da aplicação de um questionário semiestruturado sobre a quantidade de arroz processado, quantidade de casca gerada no processo de beneficiamento, destino dado a esta casca e se a empresa possui ou não algum tipo certificação ambiental. Dessa forma, a caracterização das fontes de informação segundo Santos (2007), deu-se pela pesquisa de campo. O período da coleta de dados ocorreu nos meses de junho e julho de 2017.

O Vale do Rio Pardo é formado por 23 municípios (Figura 1), compreende uma área de 13.171 km², população de 435.550 habitantes, e está localizado na encosta inferior do nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, a 150 km da capital Porto Alegre (FEE, 2018), e registra as coordenadas geográficas 29°43'59" de latitude Sul e 52°24'52" de longitude Oeste.

Figura 1 - Área de estudo: Vale do Rio Pardo – RS – Brasil

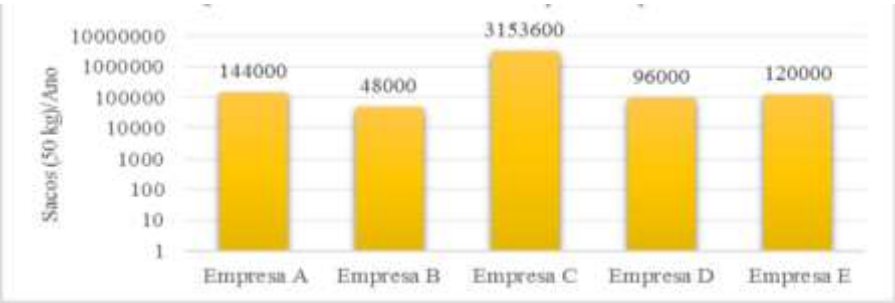


3 Resultados

O questionário enviado aos gestores das empresas beneficiadoras de arroz da região era composto por apenas 5 perguntas, com intuito de ser simples, objetivo e rápido: 1) Qual a quantidade de arroz processado na empresa? 2) Qual a quantidade de casca gerada no processo de beneficiamento? 3) O que é realizado com esta casca? 4) É utilizada para queima nos secadores? e 5) A empresa possui alguma certificação ambiental?

Após aplicação do questionário e coleta dos dados, gráficos foram gerados para facilitar a interpretação. As empresas pesquisadas foram aqui identificadas pelas letras A, B, C, D e E a fim de preservar suas identidades. Assim, através da Figura 2, identifica-se que a empresa C é que possui a maior quantidade do grão processado por ano, sendo 3.153.600 sacos de 50 Kg cada, o que equivale a 157.680 toneladas.

Figura 2 - Quantidade de arroz beneficiado



A literatura pesquisada nos mostra que o percentual ideal de casca gerada varia de 20% a 30% do peso total do arroz beneficiado. Neste estudo, a pesquisa apontou para percentuais semelhantes, com variação de 20% a 25% (Figura 3). A empresa

que possui a maior porcentagem é da empresa E (25%), seguida da empresa B (24%), empresa D (22%) e empresas A e C (20% cada). Percebe-se que a empresa com maior processamento é a que tem menor quantidade de casca gerada (empresa C).

Figura 3 - Quantidade de casca gerada



Entretanto, quando questionadas quanto ao destino dado à casca gerada no processo, apenas as empresas C e B responderam que reutilizam. A empresa C respondeu que utiliza toda a casca gerada como fonte de energia para a secagem do arroz, e a empresa B reutiliza 50% do que é gerado para alimentar o processo de parboilização do arroz.

No caso das empresas A, D e E, a casca é comercializada com aviários, doada para outras empresas e produtores, e a fonte de energia para os secadores é proveniente da combustão de lenha eucalipto adquirida de empresas madeireiras do estado, gerando um custo a mais ao processamento.

Outra questão levantada às empresas era referente a certificações de seus processos. Neste âmbito observa-se que somente a empresa C respondeu positivamente, sendo que a mesma possui a norma ISO 9001:2008, que dispõe dos requisitos de sistemas de gestão de qualidade.

4 Discussão

O questionário elaborado para investigação das respostas que estão descritas no item resultados foram elaboradas a partir de consultas em livros e artigos, o que subsidiou os pesquisadores de forma bastante apropriada para a elaboração do mesmo. As respostas dos entrevistados contribuíram para que os pesquisadores pudessem entender e compreender o processo de disposição das cascas de arroz e assim também investigar novas possibilidades de utilização deste resíduo.

Embora a utilização dos resíduos oriundos da casca de arroz possa ser utilizada para outros fins,

como cama de aviário, preenchimentos como isolantes térmicos e acústicos em painéis, sabe-se que a sua utilização mais corriqueira, ocorre como fonte energética; mas mesmo assim a pesquisa apontou que somente duas empresas as utilizam (C e B) com este fim, sendo que as demais empresas (A, D e E) não as utiliza pois desconhecem o seu real valor, ou porque não possuem interesse por este assunto.

O uso da casca de arroz (biomassa) é muito interessante, pois, caso não seja utilizada para geração de bioenergia, possui um destino incerto, sendo em algumas vezes utilizada em aterros ou até simplesmente depositada na terra. Além disso, por ser fonte de carbono, a casca de arroz é uma excelente fonte de energia quando realizada sua combustão. A possibilidade da geração de energia a partir da casca de arroz configura-se como uma forma de lucratividade para a empresa geradora através da venda da mesma ou da utilização em seu processo produtivo. A biomassa pode ser utilizada, por exemplo, no processo de secagem dos próprios grãos que a geram ou como substituto de óleos combustíveis, trazendo assim benefícios ambientais e de custos para a empresa ou região.

Sabe-se que a queima da casca resulta, consequentemente, na emissão de gases poluentes, sendo necessária a realização de uma comparação desta emissão com a de outros combustíveis fósseis, tendo em vista a mitigação dos impactos ambientais. Cabe ainda ressaltar que um item de grande importância nesse processo, é fazer a combustão da casca de arroz próximo ao local onde ocorre o beneficiamento, visto que a logística deste resíduo representa uma problemática muito significativa, pois o volume deste material por

tornar-se bastante elevado, acaba fazendo com que o transporte se torne inviável.

5 Conclusões

A partir dos resultados obtidos conclui-se que, mesmo sendo conhecidas as propriedades bioenergéticas da casca de arroz, a maioria das empresas que trabalham com o grão na região do Vale do Rio Pardo/RS, não detém o conhecimento técnico e não apresentam interesse pela utilização desta biomassa.

Dessa forma, ao invés desta ser utilizada nos processos da própria empresa como fonte de energia, e como forma de reduto dos custos, ela acaba sendo doada ou comercializada com outras empresas, que também não fazem uso de sua propriedade energética.

Além disso, também ficou evidente através das respostas obtidas, que as empresas não buscam a certificação ambiental ou quaisquer outras formas de melhorias nos seus processos devido à baixa exigência dos mercados onde as mesmas estão inseridas. A empresa C, ao contrário das demais, possui certificação de qualidade devido ao seu porte ser maior e sua produção abranger mercados mais exigentes. Se por um lado a empresa produz mais e gera mais impactos ao meio ambiente, por outro lado ela controla e gerencia as suas práticas de produto, com qualidade; restando a ela avaliar a possibilidade de melhorar ainda mais as suas práticas sustentáveis.

Referências

- Antônio, J.; Tadeu, A.; Marques, B.; Almeida, J. A. S. & Pinto, V. (2018). Application of rice husk in the development of new composite boards. *Construction and Building Materials*, v. 176, p. 432-439.
- Bharath, M.; Raghavan, V.; Prasad, B. V. S. S. & Chakravarthy, S. R. (2018). Co-gasification of Indian rice husk and Indian coal with high-ash in bubbling fluidized bed gasification reactor. *Applied Thermal Engineering*, v. 137, p. 608-615.
- Brasil, D. S.; Martins, M. P.; Nakashima, G. T. & Yamaji, F. M. (2015). Use of sugarcane bagasse and candeia waste for solid biofuels production. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 45, n. 1, p. 185-192.
- Coltro, L.; Marton, L. F. M.; Pilecco, F. P.; Pilecco, A. C. & Mattei, L. F. (2017). Environmental profile of rice production in Southern Brazil: A comparison between irrigated and subsurface drip irrigated cropping systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 153, n. 1, p. 491-505.
- Costa, J. A. S. & Paranhos, C. M. (2018). Systematic evaluation of amorphous silica production from rice husk ashes. *Journal of Cleaner Production*, v. 192, p. 688-697.
- FEE - Fundação de Economia e Estatística (2018). *Perfil Sócio Econômico COREDE Vale do Rio Pardo*. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=Vale+do+Rio+Pardo>>. Acesso em 05 jan 2018.
- Fernandes, I. J.; Calheiro, D.; Kielling, A. G.; Moraes, C. A. M.; Rocha, T. L. A. C.; Brehm, F. A. & Modolo, R. C. E. (2016). Characterization of rice husk ash produced using different biomass combustion techniques for energy. *Fuel*, v. 165, p. 351-359.
- Gil, A. C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6. ed. São Paulo: Atlas.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Produção Agrícola Municipal (1974 a 2016)*. Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Acesso em 05 jan 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457#resultado>
- IRGA - Instituto Rio-Grandense do Arroz. (2018). *Censo da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul – Safra 2016/2017*. Porto Alegre, 2017. Disponível em: http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170713143631pRodutividade_municipios_safra_16_17_final.pdf. Acesso em 05 jan 2018.
- Jeer, M.; Suman, K.; Maheswari, T. U.; Voleti, S. R. & Padmakumari, A. P. (2018). Rice husk ash and imidazole application enhances silicon availability to rice plants and reduces yellow stem borer damage. *Field Crops Research*, v. 224, p. 60-66.
- Lieu, Y. S. Chang, Y. C. & Chen, H. H. (2018). Synthesis of silver nanoparticles by using rice husk extracts prepared with acid-alkali pretreatment extraction process. *Journal of Cereal Science*, v. 82, p. 106-112.
- Lim, J. S.; Manan, Z. A.; Alwi, S. R. W. & Hashim, H. (2012). A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 5, p. 3084-3094.
- Lorenzetti, D. B.; Neuhaus, M. & Schwab, N. T. (2012). Gestão de resíduos e a indústria de beneficiamento de arroz. *Revista Gestão Industrial*, v. 8, n. 1, p. 219-232.
- Lucca, A. S.; Oliveira, P. N.; Schalcher, L. F. C. & Moraes, L. F. B. (2017). Indicadores de design para a

- valorização dos resíduos da construção civil, da indústria sucroalcooleira e da rizicultura no maranhão. *Revista Gestão Industrial*, v. 13, n. 1, p. 157-175.
- Mohammed, I. Y.; Lim, C. H.; Kazi, F. K.; Yusup, S.; Lam, H. L. & Abakr, Y. A. (2017). Co-pyrolysis of Rice Husk with Underutilized Biomass Species: A Sustainable Route for Production of Precursors for Fuels and Valuable Chemicals. *Waste and Biomass Valorization*, v. 8, n. 3, p. 911-921.
- Mota, K. I. A.; Rodrigues, L. B. O.; Santana, N. B. & Amarante Segundo, G. S. (2017). Biomass production from biomass: prospecting patents in Brazil. *Revista GEINTEC*, v. 7, n. 4, p. 4089-4099.
- Ni, M.; Leung, D. Y. C.; Leung, M. K. H. & Sumathy, K. (2006). An overview of hydrogen production from biomass. *Fuel Processing Technology*, v. 87, p. 461-472.
- Ninduangdee, P. & Kuprianov, V. I. (2018). Fluidized bed co-combustion of rice husk pellets and moisturized rice husk: The effects of co-combustion methods on gaseous emissions. *Biomass and Bioenergy*, v. 112, p. 73-84.
- Nunes, F. A.; Seferin, M.; Maciel, V. G.; Flôres, S. H. & Ayub, M. A. Z. (2016). Life cycle greenhouse gas emissions from rice production systems in Brazil: A comparison between minimal tillage and organic farming. *Journal of Cleaner Production*, v. 139, p. 799-809.
- Padhi, R. S.; Patra, R. K.; Mukharjee, B. B. & Dey, T. (2018). Influence of incorporation of rice husk ash and coarse recycled concrete aggregates on properties of concrete. *Construction and Building Materials*, v. 173, p. 289-297.
- Pakravan, H. R.; Jamshidi, M. & Jeddi, A. A. A. (2018). Combination of ground rice husk and polyvinyl alcohol fiber in cementitious composite. *Journal of Environmental Management*, v. 215, p. 116-122.
- Preilippper, U. E. M.; Dalfovo, W. C. T.; Zapparoli, I. D.; Maroubio, L. A. & Mainardes, E. L. (2016). Aproveitamento do resíduo madeireiro na produção de energia termoeletrica no município de Marcelândia-MT. *Desenvolv. Meio Ambiente*, v. 36, p. 411-428.
- Pode, R. (2016). Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 53, p. 1468-1485.
- Santos, A. R. (2007). *Metodologia científica: a construção do conhecimento*. 7. ed. Rio de Janeiro: Lamparina.
- Satayeva, A. R.; Howell, C. A.; Korobeinyk, A. V.; Jandosov, J.; Inglezakis, V. J.; Mansurov, Z. A. & Mikhailovsky, S. V. (2018). Investigation of rice husk derived activated carbon for removal of nitrate contamination from water. *Science of The Total Environment*, v. 630, p. 1237-1245.
- Schirmer, W. N.; Ferreira, I. T. M.; Ribeiro, C. B.; Pavanello, G. P.; Machado, G. O. & Rodrigues, P. R. P. (2017). Caracterização de biomassa residual de fábrica de papel-cartão para aproveitamento energético. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 10, n. 4, p. 1113-1132.
- Silva, R. L. & Silva, A. M. P. (2016). Bioenergia da Biomassa Residual: Potencial Energético da Combustão da Casca de Arroz em Dourados-MS e Região. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 5, n. 1, p. 91-105.
- Xu, C.; Zhong, A.; Li, X.; Wang, C.; Sahu, A.; Xu, H.; Lattimore, T.; Zhou, K. & Huang, Y. (2017). Laminar burning characteristics of upgraded biomass pyrolysis fuel derived from rice husk at elevated pressures and temperatures. *Fuel*, v. 210, p. 249-261.
- Zhang, H.; Ding, X.; Chen, X.; Ma, Y.; Wang, Z. & Zhao, X. (2015). A new method of utilizing rice husk: Consecutively preparing d-xylose, organosolv lignin, ethanol and amorphous superfine silica. *Journal of Hazardous Materials*, v. 291, p. 65-73.
- Zhang, S.; Chen, T. & Xiong, Y. (2017). Effect of Washing Pretreatment with Aqueous Fraction of Bio-Oil on Pyrolysis Characteristic of Rice Husk and Preparation of Amorphous Silica. *Waste and Biomass Valorization*, p. 1-9.
- Zhang, S.; Su, Y.; Xu, D.; Zhu, S. & Liu, X. (2018a). Effects of torrefaction and organic-acid leaching pretreatment on the pyrolysis behavior of rice husk. *Energy*, v. 149, p. 804-813.
- Zhang, S.; Zhu, S.; Zhang, H.; Chen, T. & Xiong, Y. (2018b). Catalytic fast pyrolysis of rice husk: Effect of coupling leaching with torrefaction pretreatment. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 133, p. 91-96.

Recebido em: 16 abr. 2018 / Aprovado em: 26 set. 2018

Para referenciar este texto

Lima, A. M., Telöken, F. T., Hermes, R. H., Moraes, J. A. R., & Silva, A. L. E. (2019). A casca de arroz como fonte de energia em empresas beneficiadoras do grão. *Exacta*, 17(4), 375-382. <https://doi.org/10.5585/Exacta.v17n4.8576>.