



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## USO DA CINZA DE CASCA DE ARROZ NA REMOÇÃO DOS CORANTES AZUL DE METILENO E RODAMINA B

**Thaís Schmitz** – thaisschmitz@hotmail.com  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Luci Kelin de Menezes Quines** – kelinquines@yahoo.com.br  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Ana Katiuce Fellenberg** – anakatiucefellenberg@gmail.com  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Kirstin Milbradt Engel** – kirstinm\_engel@hotmail.com  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Nilson Romeu Marcilio** – nilson@enq.ufrgs.br  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Resumo:** O presente estudo investiga o uso potencial de cinza de casca de arroz (CCA) para a remoção dos corantes azul de metileno (AM) e rodamina B (RB) em solução aquosa. Cinzas de casca de arroz obtidas de dois processos de queima diferentes, com grelha (CCA01) e em leito fluidizado (CCA02), foram submetidas ao processo de moagem e caracterizadas quanto à área superficial e diâmetro de poro por BET e BJH, à composição química por Fluorescência de Raio X (FRX) e à morfologia pela Micrografia Eletrônica de Varredura (MEV). Experimentos de adsorção de corantes pelas cinzas de casca de arroz foram realizados para determinar a influência de diferentes variáveis do sistema, concentração inicial do corante, tempo de contato e quantidade de adsorvente, para as duas diferentes cinzas. Verificou-se que ambas as cinzas removem favoravelmente o corante azul de metileno, com aproximadamente 100% de remoção, para todos os ensaios realizados. Já a rodamina B teve menor porcentagem de remoção, sendo esta maior para a cinza CCA01 em relação a cinza CCA02, verificando-se a influência da área superficial dos materiais na eficiência de adsorção. Também se verificou a influência do tempo de contato, da quantidade de adsorvente e da concentração da solução de RB na eficiência de adsorção. Os resultados deste estudo demonstram que as cinzas de casca de arroz, obtidas de dois processos diferentes de queima, apresentam potencial para serem aplicadas como um adsorvente eficiente e de baixo custo para a remoção dos corantes azul de metileno e rodamina B.

**Palavras-chave:** cinza de casca de arroz, adsorção, azul de metileno, rodamina B

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## USE OF RICE HUSK ASH IN THE REMOVAL OF METHYLENE BLUE AND RHODAMINE B DYES

**Abstract:** *The present study investigates the potential use of rice hull ash (CCA) for the removal of methylene blue (AM) and rhodamine B (RB) dyes in aqueous solution. Rice husk ash obtained from two different burning processes (CCA01) and in a fluidized bed (CCA02) were subjected to the milling process and characterized by surface area and pore diameter by BET and BJH, the chemical composition by X-Ray Fluorescence (FRX) and to the morphology by Scanning Electron Microscopy (SEM). Dye adsorption experiments by the rice hull ash were performed to determine the influence of different system variables, initial dye concentration, contact time and amount of adsorbent, for the two different ashes. It was found that both ashes favorably remove the methylene blue dye, with approximately 100% removal, for all assays performed. Rhodamine B had a lower percentage of removal, which was higher for CCA01 ash than CCA02 ash, and the influence of the surface area of the materials on the adsorption efficiency was verified. The influence of the contact time, the amount of adsorbent and the concentration of the RB solution in the adsorption efficiency was also verified. The results of this study demonstrate that the rice hull ash obtained from two different burning processes has the potential to be applied as an efficient and low cost adsorbent for the removal of methylene blue and rhodamine B dyes.*

**Keywords:** *rice husk ash, adsorption, methylene blue, rhodamine B*

### 1. INTRODUÇÃO

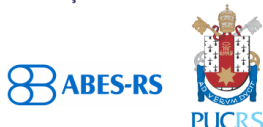
Corantes sintéticos têm sido amplamente utilizados em vários processos industriais, e quantidades consideráveis são perdidas anualmente nos efluentes dessas indústrias durante o processamento de têxteis, e acabam entrando no meio ambiente. A presença de pequenas quantidades de corantes na água é altamente visível e indesejável. Os efluentes das indústrias de matérias têxteis, couro, processamento de alimentos, tingimento, cosméticos, papel e tintura são as principais fontes de poluição dos corantes (CRINI, 2006).

Vários tipos de corantes e seus produtos de decomposição são tóxicos para os organismos vivos. Quinze por cento da produção mundial total de corantes são liberados em efluentes têxteis durante o processo de tingimento. A liberação deste efluente colorido é perigosa para a vida aquática. Nas correntes receptoras, os resíduos coloridos interferem na transmissão da luz solar e reduzem a atividade fotossintética. Do ponto de vista ambiental, a remoção de corantes sintéticos é de grande preocupação, uma vez que alguns dos corantes e seus produtos de degradação podem ser carcinogênicos e tóxicos, de tal forma que seu tratamento não pode ser deixado apenas com a biodegradação (SHARMA *et al.*, 2010).

Recentemente, um interesse crescente tem sido focado na remoção de corantes da água devido à sua biodegradação refratária e natureza tóxica que afeta a biota aquática e a cadeia alimentar. A remoção de cor das águas residuais pode ser realizada por flotação, coagulação química, oxidação química e adsorção. A técnica de adsorção é bastante popular devido à sua simplicidade, bem como a disponibilidade de uma ampla gama de adsorventes. Além disso, tem sido provado ser um processo eficaz e atraente para remoção de poluentes não biodegradáveis (incluindo corantes) de águas residuais (AKSU, 2005).

Carvões ativados são os adsorventes mais comumente usados e tem uma boa capacidade para a remoção de poluentes orgânicos. No entanto, algumas das suas desvantagens são o alto preço e a difícil regeneração, o que aumenta o custo do tratamento de águas residuais. Assim, existe uma demanda por outros adsorventes, que sejam feitos de material barato e não requerem qualquer pré-

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

tratamento adicional, de tal forma que o processo de adsorção se torne economicamente viável (SHARMA *et al.*, 2010).

Durante o crescimento do arroz, há a formação da casca de arroz como revestimento ou capa protetora dos grãos. Removidas durante o refino do arroz, estas cascas possuem baixo valor comercial, pois não possuem valor nutritivo e assim não são usadas na alimentação humana ou animal. Dessa forma, a casca de arroz é um subproduto abundante das indústrias de processamento de arroz e, como a maioria dos outros materiais de biomassa rural, é reconhecida como uma fonte potencial de geração de energia pela incineração (LIM *et al.*, 2012).

A queima da casca de arroz (CA) no ar resulta na formação de cinza de casca de arroz (CCA). Atualmente, as tecnologias mais utilizadas para a combustão de biomassa incluem o sistema de grelhas e os sistemas de leito fluidizado. O tipo de equipamento e o processo de combustão da CA (processo artesanal a céu aberto, grelhas, processo industrializado por leito fluidizado), assim como o tempo e a temperatura de queima, geram cinzas com formas estruturais variáveis (FERRO, 2009).

No Rio Grande do Sul, segundo a IRGA (Instituto Riograndense do Arroz), a safra 2016/2017 foi de 8,74 milhões de toneladas de arroz. Desse total de arroz colhido, 20 % correspondem à casca e 4 % correspondem à cinza (HOUSTON, 1972). Assim, aproximadamente 350 mil toneladas de cinzas de casca de arroz são geradas ao ano.

Um processo de adsorção bem sucedido não depende apenas do desempenho da adsorção de corante dos adsorventes, mas também do suprimento constante de materiais para este processo. Portanto, é preferível usar adsorventes de baixo custo e abundantes como a cinza de casca de arroz (CCA). A CCA possui boas propriedades adsorptivas e tem sido usada para a remoção por adsorção de íons metálicos e corantes da água (SHARMA *et al.*, 2010; CHAVES *et al.*, 2009).

O objetivo deste trabalho é estudar o potencial de adsorção de um bioadsorvente de baixo custo, a cinza de casca de arroz, para a remoção dos corantes azul de metileno e rodamina B. Também se objetivou estudar o efeito da concentração de corante, dose de adsorvente e tempo de contato, para duas diferentes cinzas obtidas de indústrias de beneficiamento de arroz, uma por combustão em grelha (CCA01) e outra em leito fluidizado (CCA02).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Adsorvente

As cinzas de casca de arroz (CCA) utilizadas neste estudo foram obtidas de empresas de beneficiamento e industrialização de arroz, localizadas no Rio Grande do Sul, a partir da queima da casca de arroz em grelha (CCA01) e em leito fluidizado (CCA02), para aproveitamento energético. As cinzas foram moídas e peneiradas em peneira de malha de 80 mesh e foram utilizadas sem qualquer tratamento químico ou térmico.

### 2.2. Caracterização das cinzas de casca de arroz (CCA)

A composição química da CCA foi determinada pela técnica de o ensaio de Fluorescência de Raios X (FRX), segundo método registrado ASTM D 4326 2003, sob pastilha fundida em equipamento WD-FRX modelo RIX 3100, marca Rigaku Dengui. Para determinação da área específica e diâmetro médio de poros, foram realizados os métodos BET e BJH, no analisador de área superficial NOVA, da marca QuantaChrome Instruments,

A morfologia da CCA foi obtida pela técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizou-se o equipamento da marca Zeiss, modelo AURIGA. A amostra foi disposta em suporte de alumínio, com fita adesiva de carbono, sendo feita a metalização com uma película de ouro. As imagens foram geradas por elétrons secundários com voltagens de 20 kV.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



### 2.3. Ensaio de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em duplicata utilizando erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL de solução dos corantes rodamina B (RB) e azul de metileno (AM) com concentrações iniciais de 20 a 40 mg.L<sup>-1</sup> e 1 ou 2 g de cinza de casca de arroz. Os sistemas foram agitados a 175 rpm em shaker horizontal (CT-712 RN – Cientec, BR) à 25 °C por 5, 10, 15, 20 e 25 minutos. Após transcorrido cada tempo de contato as amostras foram retiradas e filtradas à vácuo e as concentrações remanescentes foram analisadas por espectroscopia na região do UV-vis nos comprimentos de onda correspondentes a 553 nm e 665 nm para os respectivos corantes, RB e AM.

A eficiência de remoção (R) dos corantes pela cinza de casca de arroz foi calculada a partir das Equações (1).

$$R = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

Em que Co e Ct são a concentração inicial e concentração no tempo t de adsorbato na solução (mg.L<sup>-1</sup>).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Caracterização das cinzas de casca de arroz (CCA)

Os valores encontrados nas análises de composição química, BET e BJH estão mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Características das cinzas de casca de arroz

Característica	CCA01	CCA02
1. Composição química (%)		
SiO <sub>2</sub>	89,09	92,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,11	0,64
CaO	2,47	0,83
K <sub>2</sub> O	2,42	2,37
SO <sub>3</sub>	0,86	0,33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,62	0,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,59	0,11
MnO	0,54	0,46
2. Área superficial BET (m <sup>2</sup> .g)	34,08	16,61
3. Diâmetro médio dos poros (Å)	40,88	262,90

De acordo com os resultados obtidos por FRX, pode-se afirmar que ambas as cinzas contêm como principal elemento o silício, 89,09% para a CCA01 e 92,21% para a CCA02. A composição química da CCA varia em função do solo em que o arroz é plantado, dos tipos e teores de fertilizantes utilizados, das condições climáticas, bem como do tipo de arroz propriamente dito. A sílica é predominante na composição das cinzas e o K, P e o S presentes são oriundos dos tipos de fertilizantes usados na plantação do arroz (HOUSTON, 1972).

Pode-se observar que a área superficial específica e o diâmetro médio dos poros da CCA01 foram de 34,08 m<sup>2</sup>.g e 40,88 Å, respectivamente. Já para a cinza CCA02 foram de 16,61 m<sup>2</sup>.g e 262,90 Å. Assim, de acordo com a classificação da IUPAC, os poros de ambas as cinzas estudadas são caracterizados como mesoporos (20–500 Å). A CCA01 apresentou uma área superficial maior que a CCA02.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



Nas Figuras 1 e 2 estão as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV), com aproximação de 30.000 X, das CCA01 e CCA02, respectivamente.

Figura 1-Micrografia da CCA01

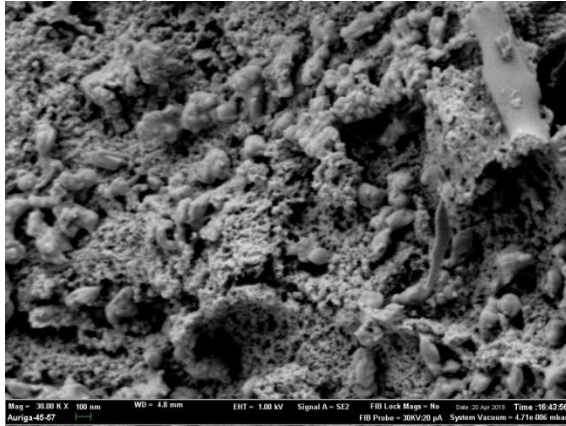
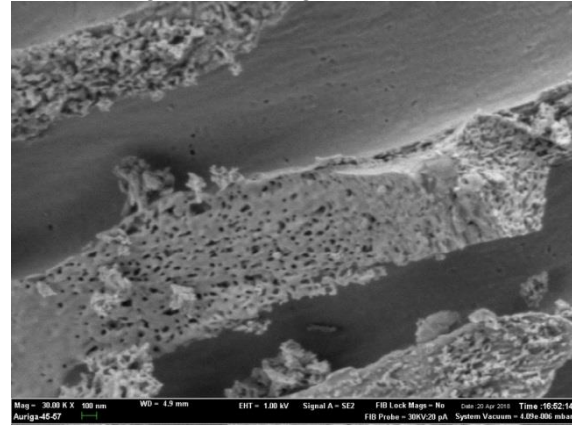


Figura 2-Micrografia da CCA02

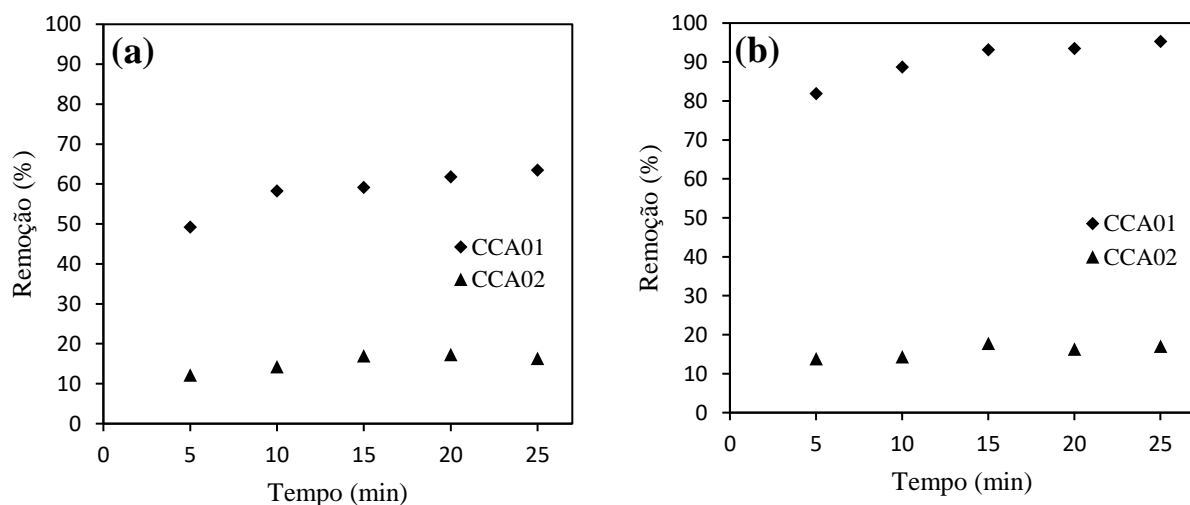


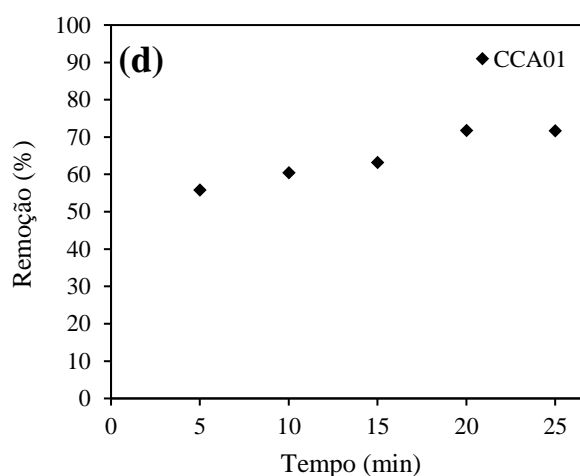
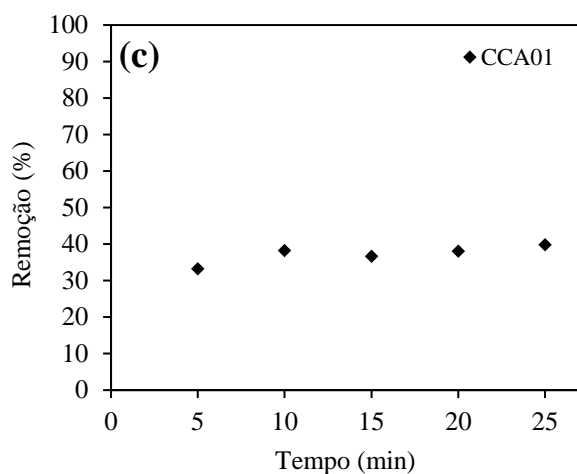
Analisando as imagens é possível observar as duas cinzas de casca de arroz possuem uma superfície porosa irregular, em acordo com os resultados de BET e BJH. Esta porosidade é possivelmente causada pela perda dos compostos orgânicos menos densos, pois após o processo de combustão da casca de arroz a celulose deste material é consumida da rede sílica-celulose original através da combustão (KIM *et al.*, 2008; STROEVEN *et al.*, 2000).

### 3.2. Ensaio de adsorção

As cinéticas de remoção do corante rodamina B pelas cinzas de casca de arroz (CCA01 e CCA02), com variação nas concentrações das soluções 20 e 40 mg.L<sup>-1</sup> e na massa de adsorvente estão apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Cinética de remoção de rodamina B pelas diferentes cinzas de casca de arroz (CCA01 e CCA02) para diferentes concentrações da solução e diferentes quantidades de adsorvente. (a) 1g de CCA e 20 mg.L<sup>-1</sup>; (b) 2g de CCA e 20 mg.L<sup>-1</sup>; (c) 1g de CCA e 40 mg.L<sup>-1</sup>; (d) 2g de CCA e 40 mg.L<sup>-1</sup>.





Com base nos resultados apresentados na Figura 3, observa-se que à medida que o tempo de contato aumenta, a taxa de adsorção aumenta primeiro e depois permanece quase constante. Percebe-se que para todos os ensaios a taxa de adsorção dos corantes foi muito rápida durante os primeiros 5 minutos de adsorção. Após esta rápida taxa inicial de adsorção, a capacidade de absorção dos corantes para ambos os adsorventes CCA01 e CCA02 aumentou pouco com o tempo. O gradiente de concentração é responsável por essas mudanças na taxa de adsorção. No início, devido ao alto gradiente de concentração, a força motriz ajudou nessa rápida adsorção. No entanto, como o gradiente de concentração diminuiu com o tempo, a taxa também foi reduzida. Esta pode ser a razão pela qual, após um intervalo de tempo de 20 minutos, a porcentagem de adsorção permanece quase constante (SHAIBU *et al.*, 2014). Resultados semelhantes foram relatados na literatura para a remoção de corantes e íons metálicos de soluções aquosas usando cinzas de casca de arroz (SHARMA *et al.*, 2010; CHAVES *et al.*, 2009).

As máximas remoções encontradas utilizando-se 2 gramas de CCA01 foram de 95% para a solução de 20 mg.L<sup>-1</sup>. Aumentando a concentração da solução para 40 mg.L<sup>-1</sup>, teve-se uma redução do percentual de remoção para 72%. Já com 1 grama de CCA01 obteve-se uma máxima remoção de 63% para a solução de 20 mg.L<sup>-1</sup> e de 40% para a solução de 40 mg.L<sup>-1</sup>. Dessa forma, pode-se verificar que a eficiência da remoção do corante RB é afetada pela concentração do adsorbato no meio como também pela quantidade de adsorvente utilizada.

Estes resultados podem ser explicados pelo fato de que em baixas concentrações de corante a razão entre a superfície de adsorção da cinza de casca de arroz e a disponibilidade total de moléculas de corante é elevada, portanto uma maior quantidade de moléculas de corante pode interagir com o adsorvente e, conseqüentemente, ser removida da solução (UCUN *et al.*, 2002). De acordo com Srivastava *et al.* (2006), em baixas concentrações, as moléculas tendem a interagir com todos os sítios de ligação disponíveis do adsorvente, resultando em maiores eficiências de remoção. Em concentrações mais elevadas, há uma tendência em saturar os complexos disponíveis para a adsorção, o que resulta em uma queda na eficiência de remoção do corante. Já o aumento na adsorção com o aumento da quantidade de adsorvente pode ser atribuído à maior área de superficial e à disponibilidade de mais sítios de adsorção (SHARMA *et al.*, 2010).

Para a cinza CCA02, nos ensaios com concentração de rodamina B de 20 mg.L<sup>-1</sup>, as máximas remoções encontradas foram de 18% utilizando-se 2 gramas de adsorvente e de 17% para 1 g. Tendo em vista a baixa remoção obtida para a concentração de 20 mg.L<sup>-1</sup>, não foram realizados os ensaios com maior concentração do corante para esta cinza.

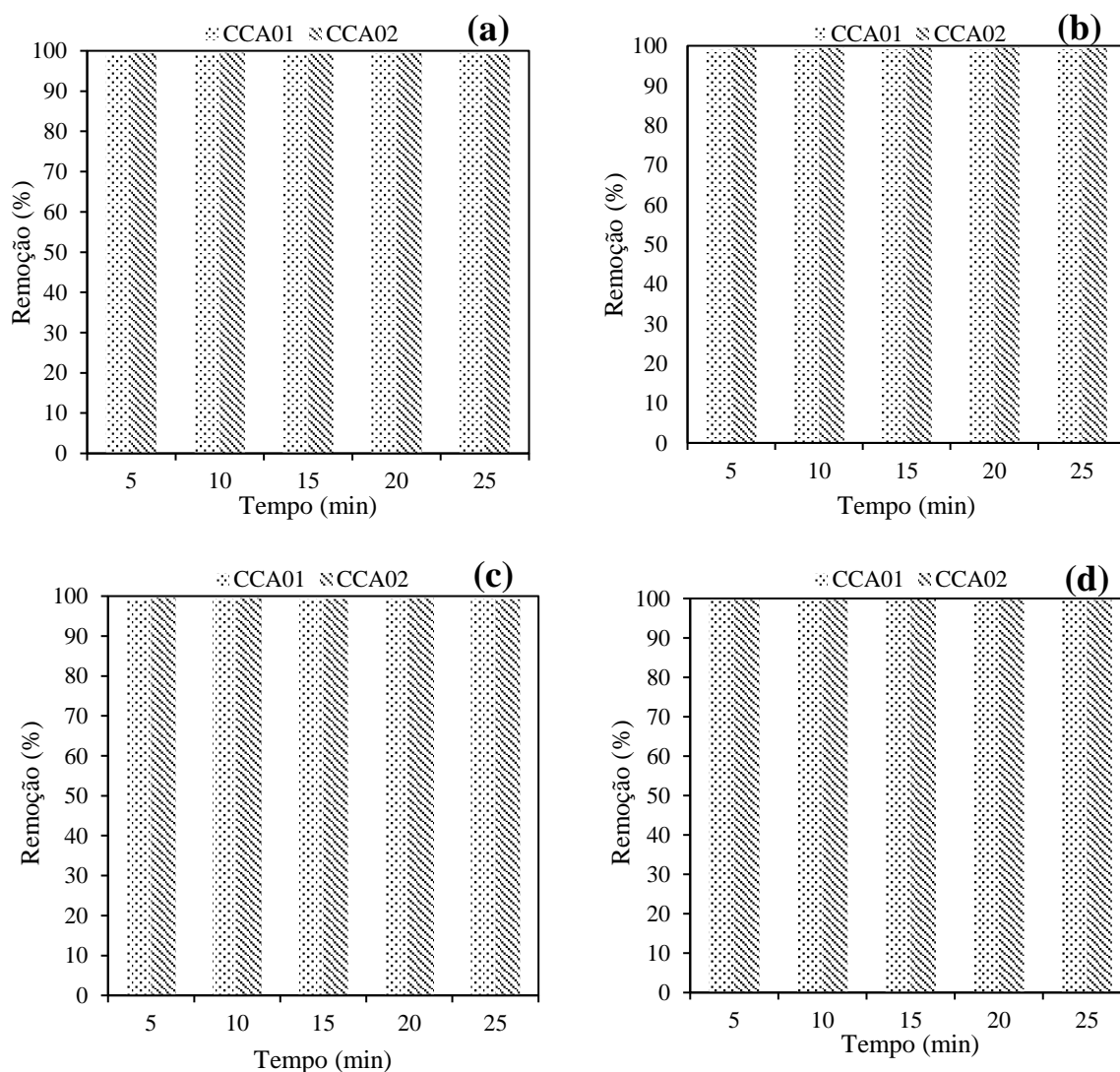
A área superficial tem um papel importante na remoção de corantes. Durante o fenômeno de adsorção, a molécula de corante é anexada aos sítios ativos da superfície adsorvente e então se



difunde nos poros. Portanto, a adsorção aumenta com a área superficial do adsorvente (CHANDRASEKHAR & PRAMADA, 2006). Assim, a menor eficiência de remoção do corante rodamina B para a cinza CCA02, pode estar atrelada a sua menor área superficial, 16,61 m<sup>2</sup>.g, em relação a CCA01, que apresentou área superficial de 34,08 m<sup>2</sup>.g, e melhor eficiência de remoção do corante rodamina B.

As cinéticas de remoção do corante azul de metileno com variação na quantidade de adsorvente e nas concentrações das soluções 20 e 40 mg.L<sup>-1</sup>, estão apresentadas na Figura 4. Para uma melhor visualização dos percentuais de remoção deste corante pelas cinzas de casca de arroz, CCA01 e CCA02, com as diferentes massas de adsorvente e concentrações da solução, optou-se por apresentar os resultados em gráficos tipo barras.

Figura 4 - Cinética de remoção de azul de metileno pelas diferentes cinzas da casca de arroz, CCA01 e CCA02, para as diferentes concentrações da solução e diferentes quantidades de adsorvente. (a) 1g de CCA e 20 mg.L<sup>-1</sup>; (b) 2g de CCA e 20 mg.L<sup>-1</sup>; (c) 1g de CCA e 40 mg.L<sup>-1</sup>; (d) 2g de CCA e 40 mg.L<sup>-1</sup>.





11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

Com base nos resultados apresentados na Figura 4, pode-se verificar que para todas as condições de adsorção estudadas, 1 e 2 g de adsorvente, 20 e 40 mg.L<sup>-1</sup> de concentração de azul de metileno, as remoções do corante pelas duas cinzas foi de aproximadamente 100%, já nos primeiros 5 minutos de ensaio. Dessa forma, a condição de 5 minutos de contato e 1 grama de adsorvente pode ser utilizada para tratar efluentes aquosos com 40 mg.L<sup>-1</sup> de azul de metileno, com remoção próxima a 100%.

Verificou-se que nas condições de ensaio realizadas, o tipo de cinza de casca de arroz, o tempo de contato entre o adsorvente com a solução de corante, a quantidade de adsorvente e a concentração da solução não influenciaram nos resultados de remoção de AM de solução aquosa com cinzas de casca de arroz.

A molécula de rodamina B apresenta como maior largura 17,9 Å (CAANNING *et al.*, 2014), enquanto que a molécula de azul de metileno 14,3 Å (PELEKANI & SNOEYINK, 2000). A maior remoção do corante azul de metileno em comparação com a rodamina B pode estar atribuída ao menor tamanho de sua molécula, que permite uma maior mobilidade para acessar os poros, obtendo maior adsorção.

#### 4. CONCLUSÕES

As cinzas de cascas de arroz obtidas de dois processos de queima diferentes foram caracterizadas por suas propriedades físicas, químicas e morfológicas. Verificou-se que a cinza obtida por combustão em grelha (CCA01) apresentou menor quantidade de sílica e uma maior área superficial em relação a cinza obtida por combustão em leito fluidizado (CCA02).

Foram realizados estudos de cinética de adsorção dos corantes rodamina B e azul de metileno nas amostras de cinzas. Verificou-se que ambas as cinzas removem favoravelmente o corante azul de metileno, com aproximadamente 100% de remoção, já nos primeiros 5 minutos de contato. Dessa forma, todos os parâmetros estudados neste trabalho não influenciaram nos resultados de remoção de AM de solução aquosa com cinzas de casca de arroz.

Os ensaios com o corante rodamina B mostraram uma menor porcentagem de remoção, sendo esta maior para a cinza CCA01 em relação a cinza CCA02, verificando-se assim a influência da área superficial dos materiais na eficiência de adsorção. Também se observou que a eficiência da remoção do corante RB é afetada pela concentração do corante no meio, pela quantidade de adsorvente utilizada e pelo tempo de contato.

Os resultados deste estudo demonstram que as cinzas de casca de arroz, obtidas de dois processos diferentes de queima, apresentam potencial para serem aplicadas como um adsorvente eficiente e de baixo custo para a remoção dos corantes azul de metileno e rodamina B.

#### REFERÊNCIAS

AKSU, Z. Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 3-4, p. 997-1026, 2005.

AZEVEDO, A. C. N. de *et al.* Starch/rice husk ash based superabsorbent composite: high methylene blue removal efficiency. **Iranian Polymer Journal**, v. 26, n. 2, p. 93-105, 2017.

CANNING, J. *et al.* Percolation diffusion into self-assembled mesoporous silica microfibers. **Nanomaterials**. v. 4, n. 1, p. 157-174, 2014

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375





11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

CHANDRASEKHAR, S.; PRAMADA, P. N. Rice husk ash as an adsorbent for methylene blue effect of ashing temperature. **Adsorption**, v. 12, n. 1, p. 27-43, 2006.

CHAVES, T. F. *et al.* Uso da cinza da casca do arroz (CCA) obtida da geração de energia térmica como adsorvente de Zn(II) em soluções aquosas. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1378-1383, 2009.

CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 9, p. 1061-1085, 2006.

FERRO, W. P. **Utilização da cinza da casca de arroz como carga em matriz de poliamida 6 submetida à radiação ionizante**. São Paulo, 85 p., 2009. Tese (Doutorado) – Instituto de pesquisas energéticas e nucleares.

HOUSTON, D. F. **Rice: Chemistry and Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972. 517p.

Instituto Riograndense do Arroz. IRGA. **Área e produção de arroz. Safra 2016/17**. Disponível em: <[http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170724112804produco\\_rs\\_historica.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170724112804produco_rs_historica.pdf)> Acesso em: 04 abr.2018.

IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada). Reporting Physisorption data for gas/solid systems. v. 54, p. 2201-2218, 1982

KIM, M. *et al.* Comparison of the adsorbent performance between rice hull ash and rice hull silica gel according to their structural differences. **Lwt - Food Science And Technology**, v. 41, n. 4, p.701-706, 2008.

LIM, J. S. *et al.* A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 5, p. 3084-3094, 2012.

PELEKANI, C.; SNOEYINK, V. L. Competitive adsorption between atrazine and methylene blue on activated carbon: the importance of pore size distribution. **Carbon**, v. 38, n. 10, p. 1423-1436, 2000.

SHAIBU S. E. *et al.* A comparative study of the adsorption of methylene blue onto synthesized nanoscale zero-valent iron-bamboo and manganese-bamboo composites. **Materials**. v. 7, p. 4493-4507, 2014.

SHARMA, P. *et al.* Removal of methylene blue from aqueous waste using rice husk and rice husk ash. **Desalination**, v. 259, n. 1-3, p. 249-257, 2010.

SRIVASTAVA, V. C. *et al.* Adsorptive removal of phenol by bagasse fly ash and activated carbon: Equilibrium, kinetics and thermodynamics. **Colloids And Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 272, n. 1-2, p. 89-104, 2006.

STROEVEN, P. *et al.* Contributions to sustainable development of cementitious materials, in: Barbosa, N.P, Swamy, R.N. and Lynsdale, C. **Sustainable Construction Into the Next Millenium: Environmentally Friendly and Innovative Cement Based Materials**, João Pessoa, Brazil, p. 45-66, 2000.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

UCUN, H. *et al.* Biosorption of chromium (VI) from aqueous solution by cone biomass of *Pinus sylvestris*. **Bioresource Technology**, v. 85, n. 2, p. 155-158, 2002.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375