

## EMPREGO DE RESÍDUO LIGNOCELULÓSICO ORIUNDO DO SETOR SUCROENERGÉTICO NA REMOÇÃO DE CRÔMIO HEXAVALENTE

Talita Sara Vicentini<sup>1</sup>

Caio Ribeiro Salata<sup>2</sup>

Luciana Maria Saram<sup>3</sup>

Gener Tadeu Pereira<sup>4</sup>

### Química Ambiental

#### Resumo

Várias atividades industriais produzem efluentes que contêm elementos potencialmente tóxicos, como o crômio hexavalente, Cr(VI), cuja remoção pode ser realizada por bioadsorção, com bioadsorventes de baixo custo, como a palha da cana-de-açúcar. Visando estudar o emprego da palha *in natura* (PCAN) e da palha mercerizada (PCAM) na remoção do Cr(VI) de soluções aquosas, adotou-se o delineamento composto central rotacional para avaliar o efeito do pH inicial da solução de Cr(VI), tempo de contato, concentração inicial do Cr(VI) em solução e dose de PCAN e PCAM, no processo de bioadsorção. Posteriormente aos ensaios de bioadsorção, a concentração do crômio total remanescente na solução foi determinada por espectroscopia de absorção atômica com chama de ar-acetileno. Foram calculadas a capacidade de bioadsorção (q) dos mesmos e a taxa de remoção (TR) do crômio. Embora os resultados para q e TR não tenham possibilitado a proposição de um modelo matemático preditivo, visto que para estas duas variáveis não houve ajuste significativo ( $p > 0,05$ ) para ambos bioadsorventes (PCAN e PCAM), foi possível prever que o melhor valor para cada fator estudado corresponde à pH inicial = 2,00; 5,00 g L<sup>-1</sup> da palha, concentração inicial de Cr(VI) = 25 mg L<sup>-1</sup> e 150 min de contato entre palha e Cr(VI), sendo estas as condições experimentais nas quais resultará a maior remoção de Cr(VI). Para ambos os bioadsorventes o pH inicial da solução de Cr(VI) foi o fator mais significativo, tanto para a capacidade de bioadsorção quanto para a taxa de remoção.

Palavras-chave: palha da cana-de-açúcar; bioadsorvente; adsorção; metal potencialmente tóxico; delineamento composto central rotacional.

<sup>1</sup>Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Departamento de Tecnologia, talita.vicentini@hotmail.com.

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Departamento de Tecnologia, caio-salata@hotmail.com.

<sup>3</sup>Profa. Dra., Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Departamento de Tecnologia, lm.saran@unesp.br.

<sup>4</sup>Professor Adjunto, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Departamento de Ciências Exatas, gener.t.pereira@unesp.br.

## INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes contendo íons metálicos potencialmente tóxicos, como o cromo hexavalente, Cr(VI), é um amplo campo de pesquisa, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de estudos referentes ao emprego de materiais de baixo custo como bioissorventes para contaminantes inorgânicos (KIELING et al., 2009; SANTOS et al., 2011; DAL MAGRO et al., 2013). Entre as principais vantagens da bioissorção comparada a outros procedimentos de tratamento, se destacam o baixo custo, alta eficiência, regeneração dos bioissorventes e recuperação do metal (SUD et al., 2008).

Embora existam relatos na literatura sobre o emprego do bagaço da cana-de-açúcar, seja *in natura* ou modificado quimicamente, como bioissorvente para remoção de íons metálicos potencialmente tóxicos de soluções, não há estudos desta natureza que envolvam o uso da palha da cana-de-açúcar. A palha da cana possui 41,09 %(m/m) de celulose; 35,07 %(m/m) de hemicelulose e 11,13 %(m/m) de lignina (PEREIRA et al., 2016), as quais contêm grupos de átomos com capacidade para interagir com íons metálicos potencialmente tóxicos, associando-se aos mesmos, removendo-os de soluções (FOMINA; GADD, 2014).

Considerando que o pH inicial da solução de Cr(VI), o tempo de contato, a concentração inicial de Cr(VI), e a dose do bioissorvente, estão entre os principais fatores que podem afetar o processo de bioissorção, objetiva-se com este trabalho relatar o efeito destes fatores na remoção do Cr(VI) por palha *in natura* e mercerizada da cana-de-açúcar.

## METODOLOGIA

A palha de cana-de-açúcar *in natura* (PCAN) foi preparada mergulhando-se palha de cana-de-açúcar crua, doada por indústria sucroenergética localizada na região de Jaboticabal, SP, em água deionizada por 48 h trocando-se a água a cada 12 h. A secagem da palha foi realizada em estufa com circulação de ar a 60 °C, até massa constante. A biomassa seca foi moída e peneirada para obtenção de partículas com diâmetro (d):  $0,5 \text{ mm} < d \leq 1 \text{ mm}$ . No processo de mercerização 5,0 g da PCAN foram tratados com 100 mL de solução aquosa de NaOH a 10 %(m/v), a temperatura ambiente, durante 8 h, com agitação constante. A solução alcalina foi separada, por filtração, da palha da cana mercerizada (PCAM), que foi lavada com água deionizada até pH 7 (JIANG et al., 2012).

Os ensaios de bioadsorção foram realizados em batelada, em erlenmeyers tampados, contendo 50 mL de solução de Cr(VI), na forma de  $K_2Cr_2O_7$ , a 30 °C e agitação constante (150 rpm). Foi estudado o efeito do pH inicial ( $pH_0$ ) da solução de Cr(VI); do tempo de contato ( $t$ ); da concentração inicial ( $C_0$ ) do Cr(VI) em solução e da dose dos bioadsorventes ( $C_b$ ). Para otimizar tais fatores, foi adotado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) de segunda ordem ( $2^k$ ). A Tabela 1 apresenta os níveis fatoriais: mínimo (-1) e máximo (+1), cujos valores foram estabelecidos consultando-se a literatura, como subsídio; ponto central (0); pontos axiais, mínimo (-2) e máximo (+2).

**Tabela 1.** Níveis de variação do delineamento composto central rotacional (DCCR).

Fatores	Unidade	-2	-1	0	+1	+2
pH inicial	-	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Tempo de contato	min	30	60	90	120	150
Concentração inicial do Cr(VI)	mg L <sup>-1</sup>	25	50	75	100	125
Dose do bioadsorvente	g L <sup>-1</sup>	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0

Do DCCR aplicado resultaram 31 ensaios, realizados em triplicata, com PCAN e PCAM como bioadsorventes. A concentração do cromo total,  $C_f$ , remanescente em solução foi determinada por espectroscopia de absorção atômica com chama de ar-acetileno. Para avaliar a eficiência de remoção do Cr(VI) por cada bioadsorvente, foram calculadas a capacidade de bioadsorção ( $q$ ) e a taxa de remoção (TR) do cromo (GHONEIM et al., 2014). Os resultados foram analisados por meio do software Statistica 10.0, sendo utilizada a análise de variância (ANOVA) para estimar os parâmetros estatísticos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 é apresentado o *design* experimental e os ensaios de bioadsorção que resultaram nos maiores valores para as variáveis-respostas  $q$  e TR assim como a concentração do cromo total remanescente,  $C_f$ , em solução para a PCAN e para PCAM.

Os resultados demonstram que 1 t de PCAN pode adsorver, em média, 3,06 kg de Cr(VI) enquanto 1 t de PCAM tem capacidade para adsorver, em média, 3,45 kg de Cr(VI), nas condições experimentais adotadas nesses ensaios.

**Tabela 2.** *Design* experimental e resultados dos ensaios com maior impacto para as variáveis-respostas q e TR, empregando-se palha *in natura* e palha mercerizada da cana-de-açúcar.

<b>Palha <i>in natura</i> (PCAN)</b>							
Ensaio	pH <sub>0</sub>	t (min)	C <sub>b</sub> (g L <sup>-1</sup> )	C <sub>0</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	C <sub>f</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	q (mg g <sup>-1</sup> )	TR (%)
5	3,0	120	10	103,8	63,8	4,00	38,5
16	3,0	120	10	50,2	22,7	2,75	54,8
20	4,0	90	15	131,1	92,9	2,55	29,1
<b>Palha mercerizada (PCAM)</b>							
Ensaio	pH <sub>0</sub>	t (min)	C <sub>b</sub> (g L <sup>-1</sup> )	C <sub>0</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	C <sub>f</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	q (mg g <sup>-1</sup> )	TR (%)
4	2,0	90	15	67,8	23,6	2,94	65,2
5	3,0	120	10	103,8	62,4	4,14	39,9
9	3,0	60	10	103,8	70,9	3,29	31,7

Tanto para a PCAN como para a PCAM a análise de variância, para um nível de 95% foi significativa para ambas as variáveis respostas (q e TR) nos modelos lineares, quadráticos e também nas interações. A falta de ajuste para q e TR também foram significativas (p-valor < 0,05), fazendo com que o modelo matemático não seja preditivo. Assim, não se podem estimar os valores ótimos para q e TR, pois não foram obtidos valores críticos para as variáveis estudadas assim como não foi possível definir uma equação matemática para o modelo. Porém foi possível prever que, para ambos os biossorbentes (PCAN e PCAM), o melhor valor para cada fator estudado corresponde à pH<sub>0</sub> = 2,0; 5,0 g L<sup>-1</sup> do biossorbente, concentração inicial de Cr(VI) = 25 mg L<sup>-1</sup> e 150 min de contato entre palha e Cr(VI), sendo estas as condições experimentais nas quais resultará a maior remoção de Cr(VI).

## CONCLUSÕES

Para ambos os biossorventes (palha *in natura* e palha mercerizada) o pH inicial da solução de Cr(VI) foi o fator mais significativo, tanto para a capacidade de biossorção ( $q$ ) quanto para a taxa de remoção (TR). A dose de biossorvente e a concentração inicial de Cr(VI) também foram fatores significativos para a palha *in natura* e mercerizada. Para a palha *in natura* as interações entre pH inicial e concentração inicial de Cr(VI) bem como concentração inicial de Cr(VI) e dose da palha foram significativas. Em contrapartida, para a palha mercerizada, não houve interações significativas entre os fatores estudados.

## AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPe) da UNESP (Processo N. 46595) e à FAPESP (Processo N. 18/10850-5), pelas bolsas de iniciação científica concedidas.

## REFERÊNCIAS

- DAL MAGRO, C. et al. Biossorção passiva de cromo(VI) através da microalga *Spirulina platensis*. **Química Nova**, v.36, n. 8, p. 1139-1145, 2013.
- FOMINA, M.; GADD, G. M. Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. **Bioresource Technology**, v. 160, p. 3–14, 2014.
- GHONEIN, M. M. et al. Removal of cadmium from aqueous solution using marine Green algae, *Ulva lactuca*. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 40, p. 235-242, 2014.
- JIANG, G. B. et al. Potential biosorbent based on sugarcane bagasse modified with tetraethylenepentamine for removal of eosin Y. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 50, p. 707– 712, 2012.
- PEREIRA, S. C. et al. Caracterização do bagaço, palha e ponteiros da cana-de-açúcar para a produção de etanol 2G. **XVI Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química**, 2016.
- SANTOS, F.A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.
- SUD, D.; MAHAJAN, G.; KAUR, M. P. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 6017-6027, 2008.