

Produção de carvão ativado a partir de bagaço e melaço de cana-de-açúcar

Gilberto da Cunha Gonçalves^{1*}, Elisabete Scolin Mendes¹, Nehemias Curvelo Pereira¹ e José Carlos de Sousa²

¹Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. *Autor para correspondência. e-mail: gil_cunha@lycos.com

RESUMO. Carvões ativados foram preparados a partir de diferentes misturas de bagaço e melaço de cana-de-açúcar. A relação mássica bagaço:melaço variou de 1:0 a 1:2. Cada mistura foi prensada, formando *pellets*, os quais foram submetidos a uma pirólise sob fluxo de 150 mL·min⁻¹ de N₂, a 850°C, por 1 hora. Os carvões pirolisados foram ativados com CO₂, sob fluxo de 75 mL·min⁻¹, a 850°C, durante 30 min. A caracterização dos carvões ativados foi realizada pela análise de isotermas de adsorção física de N₂ (77 K), pH e descoloração de soluções de melaço de cana (1% p/v). O rendimento médio dos carvões ativados foi de 23% em relação aos *pellets* iniciais. A área superficial específica dos carvões variou de 272 a 455 m²·g⁻¹ com predominância de micro e mesoporos. Os carvões ativados preparados com pequena adição de melaço apresentaram-se tão eficientes na descoloração quanto um carvão ativado comercial, utilizado como referência.

Palavras-chave: carvão ativado, bagaço de cana-de-açúcar, melaço, descoloração.

ABSTRACT. Production of granular activated carbons from sugar cane bagasse and molasses. Activated carbons were prepared from mixtures of sugar cane bagasse and molasses in bagasse:molasses mass ratios from 1:0 to 1:2. The mixture was pressed to form pellets, and pyrolyzed under N₂ flow of 150 mL·min⁻¹, at 850°C, for 1 hour. The pyrolyzed carbons were activated with CO₂, under the flow of 75 mL·min⁻¹ at 850°C for 30 min. The activated carbons were characterized by an analysis of nitrogen adsorption isotherms (77 K), pH, and solutions decolorization of sugar cane molasses (1% w/v). Results showed that the activated carbons presented yield of 23% in relation to the initial pellets, surface areas from 272 to 455 m²·g⁻¹, and that micro and mesopores were predominant in the pore size distribution. Activated carbons made with a smaller amount of molasses in the mixture were as efficient in the decolorization as a commercial reference carbon.

Key words: activated carbon, sugar cane bagasse, molasses, decolorization.

Introdução

O carvão ativado ou ativo (CA) é uma forma microcristalina, não grafítica de carbono. Apresenta-se como um sólido predominantemente amorfo, na forma de pó ou granulado, que foi processado para desenvolver porosidade interna, aumentando a área superficial e o volume de poros. Devido a sua boa propriedade de adsorção, o CA é amplamente usado como adsorvedor em aplicações tanto em fase líquida como gasosa, sendo utilizado para purificar, filtrar, descolorir, desodorizar, declorificar, desintoxicar, etc.

Quase todos os materiais que possuem um alto teor de carbono podem ser utilizados para na

fabricação CA. As matérias-primas usadas comumente são: casca de coco, carvão mineral (antracito, betuminoso e lignito), madeiras (de alta e baixa densidade), turfa, resíduos de petróleo, ossos de animais e resíduos agroindustriais. O bagaço de cana-de-açúcar, um subproduto das usinas sucroalcooleiras, tem despertado grande interesse por apresentar-se como uma matéria-prima economicamente atrativa e disponível em abundância (Bernardo *et al.*, 1997; Pendyal *et al.*, 1999a; Ahmedna, 2000a e b). O bagaço de cana-de-açúcar é uma biomassa fibrosa que contém cerca de 50% celulose, 25% hemicelulose e 25% lignina (Pandey *et al.*, 2000).

Nas últimas décadas, vários trabalhos têm sido

realizados sobre a preparação e caracterização de carvão ativado a partir do bagaço de cana utilizando-se várias técnicas de ativação (Ruiz e Rolz, 1971; Mortley *et al.*, 1988; Bernardo *et al.*, 1997; Xia *et al.*, 1998; Medeiros, 2001; Juang *et al.*, 2002). Quando apenas o bagaço foi utilizado como matéria-prima, o CA obtido apresentou partículas de pequeno diâmetro ($< 0,25\text{mm}$) e o rendimento, em relação às matérias-primas originais, foi de 13-15%. Entretanto, quando foram empregados materiais aglomerantes (melaço de cana, melaço de beterraba, xarope de milho ou alcatrão), foi possível obter CA granular com partículas de diâmetros entre 0,3 e 1,4 mm, e o rendimento aumentou para 25-49% (Pendyal *et al.*, 1999a, b; Ahmedna *et al.*, 2000a, b). A utilização do material aglomerante garante um maior contato entre as partículas lignocelulósicas durante a pirólise (Ahmedna *et al.*, 2000a).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a preparação e caracterização de materiais carbonosos ativados a partir do bagaço e melaço de cana-de-açúcar, usando CO_2 como agente de ativação.

Material e métodos

Matéria-prima

O bagaço e o melaço de cana-de-açúcar, utilizados na preparação dos carvões ativados, foram fornecidos pela usina de álcool e açúcar Alto Alegre do município de Colorado, Estado do Paraná. O bagaço foi secado em estufa a 105°C para evitar a proliferação de fungos e armazenado em sacos plásticos. Já o melaço foi colocado em garrafas plásticas e guardado em refrigerador a uma temperatura de -10°C .

Preparação dos pellets

O bagaço de cana foi peneirado a 10 mesh (1,68 mm), secado a 105°C por uma hora e misturado a diferentes quantidades de melaço. As relações mássicas bagaço:melaço estudadas foram: 1:0,0 - 1:0,5 - 1:1,0 - 1:1,5 e 1:2,0. Cada mistura foi seca a 105°C , por 1 hora e transferida para um cilindro de aço inox de 1,0 cm de diâmetro e 5,0 cm de comprimento sendo prensada por 1 min. Os pellets apresentaram formato cilíndrico com 1,0 cm de diâmetro e 0,5 cm de altura e, para evitar a absorção de umidade, foram conservados em um dessecador.

Módulo experimental

Os testes de pirólise e ativação dos pellets foram realizados num módulo experimental de bancada, descontínuo, do tipo leito fixo, conforme esquema mostrado na Figura 1. As amostras foram

introduzidas no reator composto por tubo de quartzo inserido num forno elétrico tubular horizontal. Um termopar tipo K, colocado junto à amostra, foi conectado a um controlador de temperatura acoplado a um controlador de potência da resistência elétrica do forno. O controle do fluxo dos gases foi realizado por meio de um rotâmetro. Os gases, após incidirem sobre a amostra, saem do tubo de quartzo e borbulham em água para manter a pressão atmosférica local.

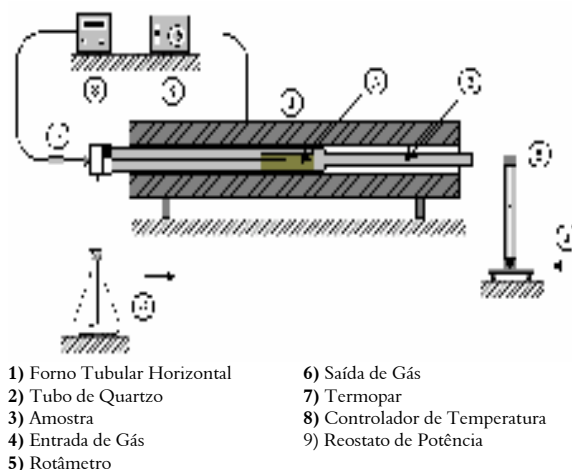


Figura 1. Esquema representativo do módulo experimental de pirólise/ativação dos pellets.

Pirólise dos pellets

Os testes de pirólise foram realizados em bateladas de 22-30 g de pellets, sob fluxo de $150\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ de N_2 , nas condições normais de pressão e temperatura. O aquecimento das amostras foi feito com rampa de $14^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ desde a temperatura ambiente até 850°C , permanecendo por 1,0 hora nesta temperatura. Após este tempo, as amostras foram esfriadas até uma temperatura inferior a 100°C , no próprio forno, e depois transferidas para um dessecador para completar o esfriamento e, então, pesadas. Nesta etapa, foi calculado o rendimento, em massa, dos carvões pirolizados, conforme a Equação 1.

$$\text{Rendimento Pirólise (\%)} = \left(\frac{m_{\text{Pirolisada}}}{m_{\text{Inicial}}} \right) * 100 \quad (1)$$

Ativação dos carvões pirolizados

Os carvões pirolizados foram previamente secos em estufa a 105°C , por 12 horas. A seguir, foram pesados e transferidos para o reator onde foram ativados sob fluxo de $75\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ de CO_2 (nas condições normais de temperatura e pressão), a

850°C, por 30 min. Os *pellets* ativados foram moídos e separados na faixa de 1,19 e 2,00 mm. Nesta etapa, foi calculado o percentual de redução em massa das amostras (grau de *burn-off*), devido ao processo de ativação, conforme Equação 2.

$$\text{Burn-off (\%)} = \left(\frac{m_{\text{Pirólisada}} - m_{\text{Ativada}}}{m_{\text{Pirólisada}}} \right) * 100 \quad (2)$$

A partir da massa seca inicial dos *pellets*, para cada amostra preparada, determinou-se o rendimento total da preparação dos carvões ativados foi calculado pela Equação 3.

$$\text{Rendimento Total (\%)} = \frac{\text{Rend. Pirólise} * (100 - \text{Burn-Off})}{100} \quad (3)$$

Caracterização dos carvões ativados

As caracterizações superficiais dos CA foram realizadas a partir das isotermas de adsorção física de N₂ (77 K), obtidas em um adsorvômetro Quantachrome, modelo NOVA-1200. As áreas superficiais específicas foram calculadas segundo o método BET, as áreas de microporos e as áreas externas (meso e macroporos) foram determinadas pelo método *t*-plot e as distribuições dos tamanhos e os diâmetros médios dos poros foram calculadas pelo método BJH.

As análises de pH dos carvões foram realizadas conforme metodologia apresentada por Pendyal *et al.* (1999a) com modificações. Colocou-se 0,5 g de carvão (base seca) num *erlenmeyer* com 50 mL de água destilada com pH ajustado para 7,0 com solução de hidróxido de sódio 0,05N. Deixou-se em agitação, em um banho termostático Dubnoff-TE053, da Tecnal, a 90°C, por 20 min. Após o esfriamento, a solução foi filtrada em papel filtro qualitativo para a remoção do CA e realizou-se a leitura do pH em um pHmetro Digimed DM-20.

A capacidade de adsorção dos CA foi avaliada utilizando o método de descoloração de soluções de melão apresentado por Pendyal *et al.* (1999a), com modificações. Para a preparação da solução, 10,0 g de melão de cana de açúcar e 15,0 g de fosfato dissódico (Na₂HPO₄) foram dissolvidos em 500 mL de água destilada e o pH foi ajustado a 6,5 com ácido fosfórico. A mistura foi diluída a 1,0 L e filtrada com papel filtro qualitativo em um funil de Buchner. A solução foi armazenada em refrigerador a 4,0 °C. Para os testes de descoloração, 50 mL da solução de melão foram transferidos para um *Erlenmeyer* de 125 mL e 0,5 g de carvão ativado foram adicionados. Os frascos ficaram em agitação num banho Dubnoff-

TE053, a 80°C, por 30,0min. As soluções foram filtradas, a vácuo, em membranas com tamanho de poro de 0,45 µm e diâmetro de 50 mm. O pH das soluções foi ajustado, quando necessário, a 7,0 ± 0,1 com solução de ácido clorídrico ou hidróxido de sódio 0,05 N. A leitura de absorbância das soluções, a 420 nm, foi feita em um espectrofotômetro Shimadzu UV-1203, utilizando uma cubeta de 1 cm. O mesmo procedimento foi realizado para o branco, porém, sem a adição de carvão ativado. Os testes de descoloração foram realizados em duplicata onde a porcentagem de remoção de cor do melão (PRCM) foi calculada por meio da Equação 4.

$$\text{PRCM (\%)} = \left(\frac{\text{ABS}_{\text{Branco}} - \text{ABS}_{\text{Amostra}}}{\text{ABS}_{\text{Branco}}} \right) * 100 \quad (4)$$

onde: $\text{ABS}_{\text{Branco}}$ e $\text{ABS}_{\text{Amostra}}$ são as absorbâncias, a 420 nm, do branco e da amostra com CA, respectivamente.

Um CA comercial, produzido a partir de ossos de animais, foi utilizado como referência. Esse tipo de carvão é muito utilizado na refinação de açúcar para remover as moléculas corantes presentes no mel final. Suas propriedades físico-químicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas do carvão ativado comercial.

Propriedades	Valor
pH	8,9
Área Superficial Específica (m ² .g ⁻¹)	113,4
Tamanho Médio de Poro (Å)	35,92
Volume de Poros [cm ³ .g ⁻¹]	
Microporos	0,006
Mesoporos	0,153
Macroporos	0,096
Total	0,255

As características estruturais da superfície do CA foram verificadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV). A amostra de CA foi recoberta com uma camada de ouro para a condução elétrica e transferida para um microscópio eletrônico de varredura SHIMADZU, modelo SS-50, onde a morfologia do grão de CA foi observada.

Resultados e discussão

As amostras de carvões ativados preparados de acordo com as relações mássicas bagaço:melão de 1:0,0, 1:0,5, 1:1,0, 1:1,5 e 1:2,0 receberam, respectivamente, as denominações: CA1:0,0, CA1:0,5, CA1:1,0, CA1:1,5 e CA1:2,0.

Os valores obtidos para os rendimentos de pirólise, *burn-off* e rendimento total para as amostras dos CA são apresentados na Tabela 2. Pode-se

perceber que o processo de pirólise das diferentes misturas entre bagaço e melaço resultou na produção, em média, de 27% de material carbonizado, relativamente à massa inicial. A amostra preparada apenas com bagaço (CA 1:0,0) apresentou rendimento de pirólise inferior às demais devido, provavelmente, ao pequeno arraste de partículas de bagaço durante a pirólise. A mistura com o melaço propiciou um maior contato entre as partículas lignocelulósicas ocasionando um aumento no seu rendimento.

Tabela 2. Rendimento de pirólise, *burn-off* e rendimento total dos CA preparados com diferentes relações mássicas bagaço:melaço.

Amostra	Rendimento Pirólise (%)	Burn-Off (%)	Rendimento Total (%)
CA1:0,0	24,20	16,35	20,24
CA1:0,5	27,22	15,37	23,04
CA1:1,0	27,56	18,56	22,44
CA1:1,5	29,01	13,72	25,03
CA1:2,0	28,40	21,32	22,35
Média	27	17	23

O grau de *burn-off* e o rendimento total encontrados para as diferentes relações mássicas bagaço:melaço ficaram, em média, em 17% e 23%, respectivamente. Pendyal *et al.* (1999b), prepararam CA com bagaço e melaço de cana, na proporção 1:0,5 e 1:1,0, e obtiveram valores médios de *burn-off* e rendimento total de 23% e 26%, respectivamente. Esses valores foram ligeiramente superiores aos encontrados no presente estudo devido às condições de ativação utilizadas. Enquanto Pendyal *et al.* (1999b) utilizaram uma mistura de 13% de CO₂ e 87% de N₂ a 800°C por 6h, em nosso trabalho, os carvões pirolizados foram ativados com CO₂ puro a 850°C por apenas 30 min.

As isotermas de adsorção de N₂ (77K) obtidas com os carvões ativados experimentais são mostradas na Figura 2. Pode-se constatar que a amostra preparada apenas com o bagaço (CA 1:0,0) apresentou uma isoterma com forma aproximadamente do tipo II, de acordo com a classificação da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), típica de materiais com a presença mesoporos. As demais amostras apresentaram isotermas aproximadamente do tipo I, típica de materiais microporosos. Esses resultados sugerem que, sem a adição de material aglomerante, as fibras de bagaço ficam menos compactadas produzindo carvões com a presença de meso e macroporos. Entretanto, a adição de melaço na preparação dos carvões ativados produziu amostras mais compactadas, com a predominância de microporos, devido ao maior contato entre as fibras

do bagaço propiciado pela presença do material aglomerante. As amostras preparadas com maior quantidade de melaço apresentaram menores volume de N₂ adsorvido, devido ao menor desenvolvimento da microporosidade causado pela compactação das amostras. Por outro lado, a amostra preparada na proporção de 1:1,0 foi a que apresentou o maior volume de N₂ adsorvido.

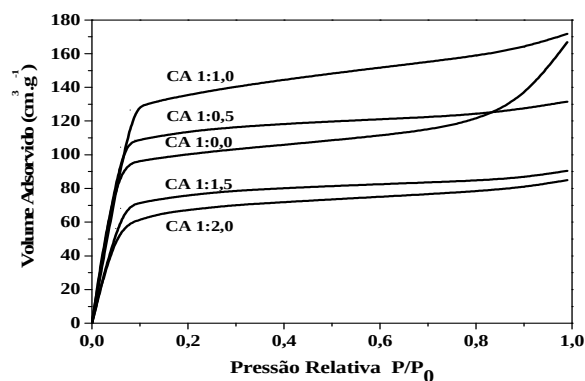


Figura 2. Isoterma de adsorção de N₂ (77K) obtidas com os carvões ativados experimentais.

As propriedades físico-químicas dos CA, preparados com a adição de diferentes quantidades de melaço, são apresentados na Tabela 3. Como observado a partir das isotermas de adsorção de N₂, a adição de pequena quantidade melaço na preparação dos CA propiciou um aumento na área superficial específica, no qual a amostras CA 1:0,5 apresentou área na faixa de 450 m².g⁻¹, a maior área obtida. A partir do observado para essa amostra, com o acréscimo de melaço na preparação dos *pellets*, verificou-se uma diminuição da área superficial específica. Esses valores estão de acordo com os observados por Pendyal *et al.* (1999a e 1999b) que prepararam CA na proporção bagaço:melaço de 1:0,5 e 1:1,0 e obtiveram áreas superficiais na faixa de 400 m².g⁻¹.

Tabela 3. Propriedades físico-químicas dos CA preparados com diferentes relações mássicas bagaço: melaço.

Amostra	Área Superficial Específica Total (m ² .g ⁻¹)	Volume Total de Poros (cm ³ .g ⁻¹)	Diâmetro Médio de Poro (Å)	pH
CA1:0,0	357,5	0,140	35,8	8,2
CA1:0,5	455,8	0,108	35,7	10,4
CA1:1,0	405,1	0,074	36,1	10,5
CA1:1,5	272,8	0,062	17,7	10,4
CA1:2,0	247,9	0,071	17,7	10,5

Por outro lado, a amostra preparada usando apenas o bagaço apresentou maior volume de poro com diâmetro médio de aproximadamente 36 Å. A

medida em que se aumentou a proporção de melaço na amostra, observou-se uma diminuição no volume total e no diâmetro médio dos poros devido, provavelmente a maior compactação das amostras.

A distribuição de micro, meso e macroporos com relação à adição de melaço na preparação dos CA é apresentada na Figura 3. Verificou-se que os microporos foram os principais responsáveis pela área superficial total, contribuindo com mais de 93% da área total verificada – Figura 3(a). Com relação aos volumes de poros, – Figura 3 (b) –, observou-se que com o acréscimo de melaço, ocorreu um aumento no volume de microporos, acompanhado de uma redução no volume de macro e mesoporos. É importante notar que essas observações estão em conformidade com o que foi discutido acima, na qual a adição de melaço produziu amostras mais compactadas com a predominância de microporos.

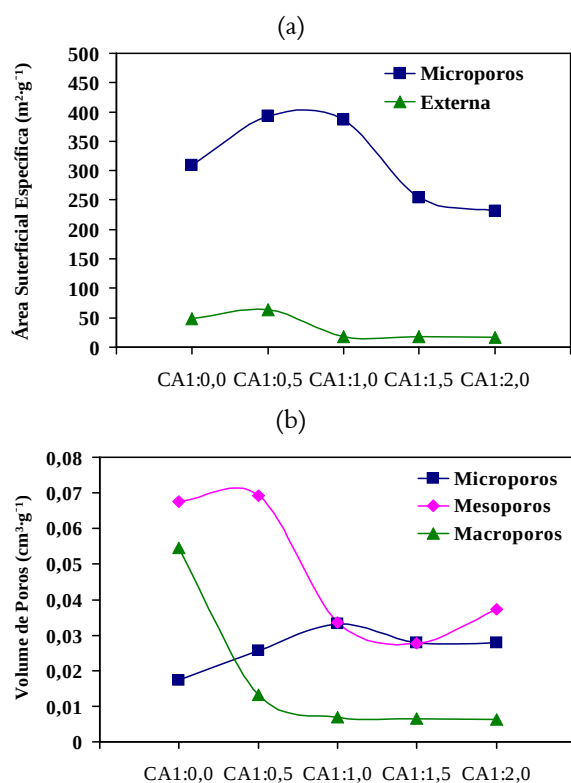


Figura 3. Distribuição de micro, meso e macroporos dos carvões ativados produzidos com diferentes relações bagaço:melaço: (a) Área Superficial Específica e (b) Volume de Poros.

Com relação às análises de pH, observou-se que os CA produzidos apresentaram pH alcalino. Para a amostra CA 1:0,0, o valor de pH foi de 8,2, semelhante ao CA comercial (8,9), enquanto que os carvões que utilizaram melaço na preparação apresentaram pH superior a 10,4. Estes valores de pH observados podem ser atribuídos à lixiviação de

cinzas presentes na superfície do carvão. Uma solução alternativa para a redução da alcalinidade dos CA poderia ser uma lavagem ou tratamento com soluções ácidas. De fato, Pendyal *et al.* (1999b) e Ahmedna *et al.* (2000b) utilizaram, como etapa final de preparação dos CA com bagaço e melaço, uma lavagem com HCl (0,1 N) para a remoção das cinzas da superfície e observaram que os valores de pH dos carvões ficaram em torno de 8,0. Um estudo mais aprofundado sobre a lixiviação das cinzas poderia ser realizado pelo método de titulação potenciométrica ou pelo método de titulação em massa. A influência de diferentes tratamentos nas propriedades dos CA, principalmente do pH, torna-se necessário a fim de melhorar as características do produto final. Em certas aplicações, como a descoloração de açúcar, carvões com pH próximo de 7,0 são preferidos, pois carvões ácidos podem levar à inversão da sacarose enquanto que carvões alcalinos podem levar ao desenvolvimento de cor através da alteração da estruturas moleculares das impurezas do açúcar.

Os resultados obtidos nos testes de descoloração de soluções de melaço de cana dos CA preparados e do CA comercial são apresentados na Figura 4.

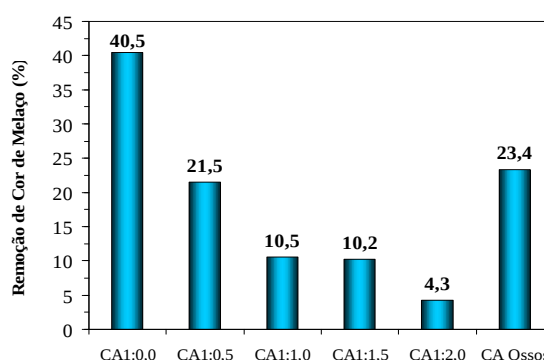


Figura 4. Descoloração de soluções de melaço de cana (1% p/v) para as amostras de CA e CA comercial.

A amostra de CA contendo apenas bagaço (CA 1:0,0) teve um maior percentual de remoção de cor de melaço (40,5%), em relação as outras amostras, porém apresentou grânulos quebradiços que não resistiram a agitação durante os testes de descoloração e esfarelaram-se. Por outro lado, verificou-se que a adição de melaço propiciou grânulos mais resistentes. No entanto, o aumento da proporção de melaço na mistura ocasionou uma redução no percentual de remoção de cor de melaço, devido, principalmente, a diminuição da área superficial, do volume de poros e da redução do tamanho de poros, visto que as moléculas a serem adsorvidas têm tamanhos moleculares maiores que

os microporos, conforme discutido anteriormente. Dentre amostras preparadas com melaço, a CA 1:0,5 foi a que apresentou maior remoção de cor (21,5%), valor este que assemelha-se ao CA comercial (23,4%), nas condições experimentais ora empregadas.

As capacidades de redução de cor das soluções açucaradas, apresentadas por nossos CA, foram inferiores as observadas por Pendyal *et al.* (1999a). Porém, cabe salientar que a metodologia empregada foi modificada. Nos testes usados por Pendyal *et al.* (1999a), as amostras de CA permaneceram em contato com a solução de melaço durante o aquecimento até a ebulição e o esfriamento, não indicando, exatamente o tempo de contato, enquanto que em nossos testes, os CA permaneceram em contato com a solução de melaço por 30 min a 80°C.

A morfologia da superfície do CA foi verificada por microscopia eletrônica de varredura (SEM) da amostra CA1:0,5, conforme imagens mostradas na Figura 5.

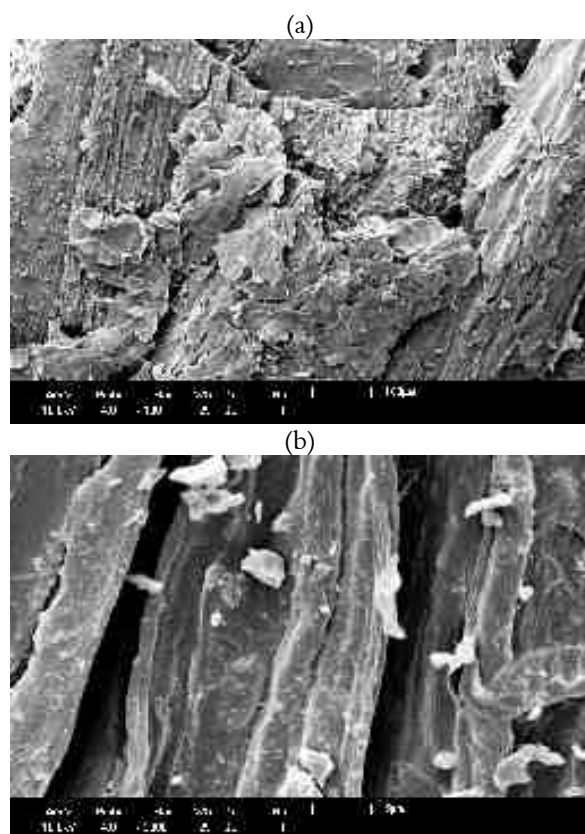


Figura 5. Microscopia de varredura eletrônica (SEM) da amostra CA1:0,5 ampliada em (a) 100 vezes e (b) 2000 vezes.

Pode-se notar que a superfície do CA apresentou-se bastante irregular na qual a estrutura das fibras de bagaço carbonizadas pode ser observada

na superfície do CA. Na Figura 5(b) pode-se observar a superfície do CA ampliada em 2000 vezes, porém os micro e mesoporos, predominantes nesta amostra, não pode ser verificada pela microscopia eletrônica de varredura.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho pode-se verificar que o bagaço e melaço de cana-de-açúcar apresentam-se como matérias-primas de grande potencial para a produção de carvão ativado granular. O rendimento médio de produção dos carvões foi de 23% em relação aos *pellets* iniciais. Os carvões preparados com pequena adição de melaço apresentaram maiores áreas superficiais específicas ($455 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$) com predominância de micro e mesoporos. Por meio dos testes de descoloração de soluções de melaço de cana, foi observado que o CA preparado com relação mássica bagaço:melaço de 1:0,5 apresentou-se tão eficiente quanto o CA comercial na remoção de cor de soluções açucaradas.

Essas características tornam os CA de bagaço e melaço de cana uma alternativa interessante para a descoloração de soluções açucaradas, pois apresentam boas propriedades de adsorção além de terem um baixo custo de produção, devido as matérias-primas estarem disponíveis em abundância na própria usina.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Sr. Claudionor Luiz do Nascimento, chefe do tratamento de caldo da usina de álcool e açúcar Alto Alegre, pelo fornecimento das amostras e a CAPES pelo suporte financeiro.

Referências

- AHMEDNA, M. *et al.* Surface properties of granular activates carbons from agricultural by-products and their effects on raw sugar decolorization. *Bioresour. Technol.*, Kidlington, v. 71, p. 103-112, 2000a.
- AHMEDNA, M. *et al.* Production of granular activated carbons from select agricultural by-products and evaluations of their physical, chemical and adsorption properties. *Bioresour. Technol.*, Kidlington, v. 71, p. 113-123, 2000b.
- BERNARDO, E.C. *et al.* Decolorization of molasses' wastewater using activated carbon prepared from cane bagasse. *Carbon*, Elrusford, v. 35, n. 9, p. 1217-1221, 1997.
- JUANG, R.S. *et al.* Characterization and use of activated carbons prepared from bagasses for liquid-phase adsorption. *Colloids Surf. A / Physicochem. Eng. Aspects*, Amsterdam, v. 201, p. 191-199, 2002.
- MEDEIROS, L.L. *Avaliação do desempenho de carvões ativados de bagaço de cana-de-açúcar, endocarpos de coco da bahia e de*

coco-babaçu na remoção de cloro residual. 2001. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001.

MORTLEY, Q. *et al.* Activated carbons from, materials of varying morphological struture. *Thermochim. Acta*, Amsterdam, v. 129, p. 173-186, 1988.

PANDEY, A. *et al.* Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse. *Bioresour. Technol.*, Kidlington, v. 74, p. 69-80, 2000.

PENDYAL, B. *et al.* Removal of sugar colorants by granular activated carbons made from binders and agricultural by-products, *Bioresour. Technol.*, Kidlington, v. 69, p. 45-51, 1999a.

PENDYAL, B. *et al.* The effect of binders and agricultural

by-products on physical and chemical properties of granular activated carbons, *Bioresour. Technol.*, Kidlington, v. 68, p. 247-254, 1999b.

RUIZ, M., ROLZ, C., Activated carbons from sugar cane bagasse, *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, Washington, D.C., v. 10, n. 4, p. 429-432, 1971.

XIA, J. *et al.* Production of activated carbon from bagasse (waste) of sugarcane grown in Brazil, *J. Chem. Eng. Jpn*, Tokyo, v. 31, n. 6, p. 987-990, 1998.

Received on October 04, 2005.

Accepted on May 04, 2006.