

## IMPREGNAÇÃO DE CARVÃO COM METAL. I. SORÇÃO DE PRATA NO CARVÃO VEGETAL E MINERAL

Mário CILENSE\*  
Assis Vicente BENEDETTI\*  
Miguel JAFELICCI JUNIOR\*  
José Arana VARELA\*  
Ricardo Aurélio da COSTA\*\*

**RESUMO:** A sorção de prata no carvão vegetal tratado com  $\text{HNO}_3$  e no carvão mineral, ambos ativados, foi investigada através da quantidade de prata sorvida em função do tempo de contato, a diferentes concentrações hidrogeniônicas, mantendo-se fixo a concentração inicial de  $\text{AgNO}_3$  e a temperatura ( $25,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ ). Difratogramas de Raios-X, das amostras de carvão obtidas em diferentes tempos de contato com solução ácida de  $\text{AgNO}_3$ , mostraram a presença de prata metálica. Isotermas de sorção de prata foram obtidas com o carvão vegetal tratado e carvão mineral. Também foi investigada a influência da temperatura na sorção de prata, mantendo-se constante a concentração inicial de  $\text{AgNO}_3$ , tempo de contato e a concentração hidrogeniônica.

**UNITERMOS:** Prata; carvão vegetal; carvão mineral.

### INTRODUÇÃO

A redução de sais de metais pesados como Au, Ag, Hg, Fe pelo carvão é mencionada na literatura<sup>1, 2</sup>. Devido às propriedades de adsorção e de redução, o carvão tem sido usado na extração e recuperação de metais nobres de solução<sup>3, 4</sup>. Essas propriedades são funções da concentração de metal, concentração hidrogeniônica, relação entre massa de carvão e o volume da solução, tempo de contato e temperatura. BOLAM & PHILLIPS<sup>5</sup> investigaram o comportamento de soluções neutras de nitrato de prata no carvão obtido da queima de açúcar, bem como a influência da concentração inicial de ácido nítrico (< 0,5M) na adsorção de prata. A literatura<sup>2</sup> também menciona espectros de raios-X de vários carvões após o contato com soluções neutras e ácidas de nitrato

de prata que indicaram a presença de prata metálica, para uma concentração limite de ácido.

Neste trabalho foi investigada a influência dos fatores abaixo enumerados sobre a quantidade de prata sorvida e dispersa na solução.

1. Natureza e Tratamento do carvão;
2. Tempo de contato e a concentração hidrogeniônica da solução de  $\text{HNO}_3$  com o carvão;
3. Concentração da solução Inicial — Isotermas de sorção de prata;
4. Temperatura.

### PARTE EXPERIMENTAL

#### MATERIAIS

Foram utilizados dois tipos principais de carvão: carvão mineral comercial

\* Departamento de Físico-Química — UNESP — 14.800 — Araraquara - SP.  
\*\* Aluno de Iniciação à Pesquisa Científica — Departamento de Físico-Química — Instituto de Química — UNESP — 14.800 — Araraquara — SP.



(A) sem tratamento prévio e carvão vegetal comercial (B), previamente tratado com  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$  (Reagen, p.a.),  $\text{KCNS}$  (Ecibra, p.a.),  $\text{NaCl}$  (Merck, p.a.),  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2$  (Ecibra, p.a.),  $\text{NaOH}$  (Carlo Erba, p.a.),  $\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}$  (Reagen, p.a.),  $\text{HNO}_3$  (Carlo Erba, p.a.), Fenolftaleína (Merck, p.a.) foram utilizados no preparo e padronização das soluções.

#### MÉTODOS

O carvão vegetal comercial (B) foi submetido aos seguintes tratamentos:

- a) Refluxo com  $\text{HNO}_3$  10% durante 6 horas<sup>6</sup>, e em seguida, o carvão foi lavado até a eliminação do  $\text{HNO}_3$ , seco a  $120^\circ\text{C}$  durante 12 horas e ativado na mufla entre  $200$ - $250^\circ\text{C}$  por 2 horas (Carvão B<sub>1</sub>);
- b) Lavagem em um extrator tipo Soxhlet com  $\text{HNO}_3$  1:1 durante 70 horas, trocando-se solução ácida a cada 24 horas. O carvão foi lavado, seco e ativado nas mesmas condições anteriores (Carvão B<sub>2</sub>).

O carvão mineral comercial foi ativado entre  $250$  -  $300^\circ\text{C}$  por 2 horas.

As superfícies específicas das amostras do carvão foram determinadas com um medidor de área superficial CG.2000, pelo método de adsorção de nitrogênio de B.E.T.<sup>7</sup>. Cada amostra, com cerca de 0,5g de carvão, foi aquecida a  $200^\circ\text{C}$  durante 30 minutos em corrente de nitrogênio na célula de medida do aparelho. Após a limpeza da amostra o nitrogênio é adsorvido no carvão em várias pressões a partir de uma mistura de nitrogênio: Hélio (0,098:1), à temperatura do nitrogênio líquido (77k). A quantidade de nitrogênio adsorvido é determinada por um detector de condutividade térmica através da comparação da mistura de gases que passa pela amostra e de uma mistura de referência de mesma composição. A calibração do aparelho foi realizada através da comparação da mistura nitrogênio: Hélio com Hélio puro.

constantes. Em seguida, o sobrenadante foi coletado por filtração simples e titulado com tiocianato de potássio.

A influência da temperatura na sorção da prata foi investigada nas concentrações 0,060, 0,085 e 0,198M de  $\text{AgNO}_3$  e nas temperaturas 5,25 e  $35^\circ\text{C}$ . As condições experimentais foram análogas às mencionadas anteriormente.

Foram obtidos difratogramas de raios-X do carvão, após a sorção de prata, utilizando-se um difratômetro HGZ 4/C e radiação de  $\text{CuK}_\alpha$  gerada a 35KV e 20 mA. As amostras foram obtidas de solução de  $\text{AgNO}_3$  0,316M, a concentração de  $\text{HNO}_3$  para diferentes tempos de contato carvão/solução (15, 120, 1440 min). O carvão (cerca de 0,5g) foi seco a  $80^\circ\text{C}$  em estufa durante 6 horas, triturado em almofaris de ágata e peneirado com peneira Grantest ASTM, 230. A identificação da prata foi realizada através da comparação das distâncias interplanares das tabelas do Index to the Powder Diffraction File, 1971<sup>9</sup>.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 1. Natureza e tratamento do carvão

A superfície específica do carvão vegetal (B) e mineral (A), determinadas pelo método de B.E.T.<sup>7</sup>, foram 575 e 1000  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ , respectivamente.

As soluções ácidas de  $\text{AgNO}_3$ , em diferentes tempos de contato com o carvão mineral e vegetal, quando tituladas com hidróxido de sódio, apresentaram interferência do ion ferro (III) no ponto final da titulação. Além disso, algumas soluções sobrenadantes, do carvão mineral, também apresentaram um escurecimento que impossibilitou a visualização do ponto final. Este comportamento indica que o carvão mineral contém alguma impureza, além do Fe III, que contamina a solução, produzindo seu escurecimento. Considerando o interesse de determinar a concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$ , o carvão vegetal comercial (B) foi submetido ao tratamento des-

crita por Vogel<sup>6</sup>, na tentativa de diminuir a concentração de ferro no carvão. Este carvão (B<sub>1</sub>) (superfície específica 577  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) continuou apresentando a interferência do ion ferro (III) na determinação da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Assim sendo, o carvão vegetal foi submetido a um tratamento mais enérgico com  $\text{HNO}_3$  1:1. Neste carvão (B<sub>2</sub>), (superfície específica 846  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ), o Fe(III) ainda persistiu como interferente. Outra amostra de carvão vegetal (B) foi submetida a tratamento semelhante com  $\text{HNO}_3$  1:1 (carvão B<sub>3</sub>). Esperava-se que o carvão B<sub>3</sub> (601  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) tivesse superfície específica semelhante a do carvão B<sub>2</sub> (846  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ). Entretanto, não foi verificado experimentalmente, provavelmente devido a necessidade de um controle mais rigoroso das condições de oxidação, por exemplo, da temperatura e tempo de contato carvão/solução de  $\text{HNO}_3$ . A literatura menciona o aumento da superfície específica<sup>10, 11</sup> e a alteração dos grupos da superfície<sup>12, 13</sup> em função do tratamento com  $\text{HNO}_3$ . Recentemente<sup>14</sup>, foi observado que o tratamento oxidativo com  $\text{HNO}_3$  6M por 16 horas do carvão de tecido, provoca um aumento do volume do poro e também um estreitamento da entrada do poro impedindo o acesso de moléculas de nitrogênio. Provavelmente, isto pode ter ocorrido no carvão B<sub>3</sub>, alterando, portanto, a superfície específica determinada por adsorção de nitrogênio.

##### 2. Influência do tempo de contato e da concentração hidrogeniônica na quantidade de prata sorvida

O tempo de contato e a concentração hidrogeniônica influem na quantidade de prata sorvida e dispersa na solução.

A Fig. 1 (A-F) mostra a influência do tempo de contato sobre a quantidade de prata sorvida e dispersa na solução, nos tipos de carvão A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>, em diferentes concentrações hidrogeniônicas. As curvas i e j (Fig. 1B) representam a variação do número de miliequivalentes de pra-



ta total\* por grama de carvão, obtidas em concentrações 0,306 e 0,0543M de  $\text{AgNO}_3$  em meio 2,5M de  $\text{HNO}_3$ .

Daqui em diante o número de miliequivalentes por grama de carvão será referido como número de miliequivalentes.

Foi observado que as soluções ácidas de  $\text{AgNO}_3$  quando em contato com o carvão, apresentavam prata metálica dispersa na solução.

Os resultados apresentados na Fig. 1(A, C, D, E, F) foram obtidos com o carvão mineral e carvão vegetal B<sub>3</sub>, usando-se uma solução 0,196±0,001M de  $\text{AgNO}_3$  em diferentes concentrações hidrogeniônicas. A relação massa de carvão: volume foi 1:30.

As curvas a, b, c da Fig. 1A apresentam uma descontinuidade relativamente acentuada. A Tabela I mostra os resultados do número de miliequivalentes de prata metálica total\*\*, obtidos no carvão mineral em alguns tempos de contato.

Os resultados da Tabela I e a Fig. 1A sugerem que a descontinuidade é, principalmente, devida à oxidação da prata metálica.

A Fig. 1A mostra que à medida que a concentração hidrogeniônica aumenta a descontinuidade ocorre em um tempo de contato menor, e como esta descontinuidade está relacionada com a oxidação da prata total é razoável supor que a velocidade de oxidação, sendo uma função da concentração hidrogeniônica, seja maior que a velocidade de redução. BOLAM & PHILLIPS<sup>5</sup> sugeriram também que os íons  $\text{H}_3\text{O}^+$  adsorvem na superfície do carvão impedindo a redução do  $\text{Ag}^+$ .

As curvas d e da Fig. 1A mostram que a variação do número de miliequivalentes de prata total é menor do que nas demais concentrações hidrogeniônicas.

Os resultados apresentados na Fig. 1B foram obtidos com o carvão B<sub>1</sub>, usando-se uma solução de  $\text{AgNO}_3$

0,191±0,003M em diferentes concentrações hidrogeniônicas. A relação massa de carvão/volume de solução foi igual a 1:15.

Na concentração 0,001M de  $\text{HNO}_3$  (v. curva f Fig. 1B) a prata metálica dispersa persistiu em todos os tempos de contato estudados, entretanto, isto não foi observado a partir do tempo de 240 min para a concentração aproximadamente 2M de  $\text{HNO}_3$  (v. curva h Fig. 1B). O tempo que a prata permanece em dispersão é função da concentração hidrogeniônica. A curva (g) da Fig. 1B apresenta uma descontinuidade entre 940 e 1440 min. As curvas h e j (Fig. 1B) também apresentam uma descontinuidade a 60 min e tendem a um valor constante.

Já foi discutido anteriormente que esta descontinuidade está relacionada com a oxidação da prata metálica. As curvas (i) e (j) (Fig. 1B) mostram que a quantidade de prata total tende a um valor constante a 930 e 1440 min, para as concentrações 0,316 e 0,0543 M de  $\text{AgNO}_3$ , em meio 2,5M de  $\text{HNO}_3$ . A 930 e 1440 min não se observa prata dispersa para ambas as soluções.

Os diafragramas de raios-X de algumas amostras de carvão impregnado, obtidas a concentração 0,316M de  $\text{AgNO}_3$ , em meio 2,5M de  $\text{HNO}_3$  e nos tempos de contato 15, 120 e 1440 min, mostraram distâncias interplanares iguais a 2,04 Å, que são atribuídas à prata metálica.

A curva c' da Fig. 1C representa o número de miliequivalentes de prata. Pode-se observar que esta curva tende a um máximo a 240 min, e a 930 diminui cerca de 40% da quantidade máxima atendida.

A curva b' representa o número de miliequivalentes de  $\text{H}_3\text{O}^+$  tanto sorvido no carvão como consumido devido à reação de oxidação da prata metálica total.

Esta curva acompanha paralelamente a curva c' até o tempo de 240min, tendendo a um valor constante a 930 e 1440 min.

A curva é da Fig. 1C (teores de prata metálica) apresenta um comportamento semelhante às curvas b' e c' até o tempo de 240 minutos, embora sua curvatura seja menos acentuada. Com isto foi possível estimar o número de miliequivalentes de íon prata sorvido no carvão subtraindo-se os resultados da curva (c') do teor de prata metálica total representado pela curva (c').

Pode-se verificar que o número de miliequivalentes do íon prata sorvido representa 53±5% do número de miliequivalentes de prata total até 240 min, e atinge cerca de 70 e 80% a 1440 e 930 minutos, respectivamente. A curva (e') mostra que o teor de prata metálica é cerca de 4,5 vezes menor a 930 min do que a quantidade máxima atingida, e esta diminuição pode ser explicada devido à oxidação da prata metálica pelo  $\text{HNO}_3$  do meio. O aumento do número de miliequivalentes de  $\text{H}_3\text{O}^+$  sorvido neste tempo (v. curva b', Fig. 1C) é uma evidência deste fato. Um ligeiro aumento observado a 1440 min pela curva (c') é devido à redução do íon  $\text{Ag}^+$  pelo carvão. Uma evidência disto é o aumento da quantidade de prata metálica total no mesmo tempo de contato (v. curva e', Fig. 1C). A curva b', quando comparada com a curva a', sugere uma competição entre o  $\text{H}^+$  e o  $\text{Ag}^+$  pela superfície.

Na curva c'' da Fig. 1. D pode-se observar que o número de miliequivalentes de prata total atinge um máximo a 120 min, e a 240 min diminui cerca de 20% do valor máximo, voltando a aumentar ligeiramente a 930 e 1440 min, tendendo a um valor constante. A curva e'' representa o número de miliequivalentes de prata metálica total, e tem uma certa semelhança com a curva c''. A curva e'' sugere que a diminuição observada na curva c'' entre 120 a 240 min também está relacionada com a oxidação da prata metálica pelo

$\text{HNO}_3$ . O aumento a 930 e 1440 min e o fato do teor de prata manter-se constante, em baixa quantidade, sugerem que esse aumento seja devido à sorção de  $\text{Ag}^+$ . O comportamento da curva d'' é uma evidência deste fato, a qual aumenta de uma forma suave e tende a um valor constante. A curva a'', quando comparada com a curva b'', também sugere uma competição entre o  $\text{Ag}^+$  e  $\text{H}^+$  pela superfície.

A curva c''' da Fig. 1E representa a variação do número de miliequivalentes de prata total e apresenta uma descontinuidade entre 120 e 240 min. A curva e''' representa o número de miliequivalentes de prata metálica total e observa-se uma diminuição entre 10 e 120 minutos. Esta diminuição provoca um aumento até 120 minutos na quantidade de  $\text{Ag}^+$  sorvido (v. curva d''', Fig. 1E). Provavelmente, a oxidação da prata metálica, principalmente a dispersa, provoca uma sorção simultânea do  $\text{Ag}^+$ .

A curva c'''' da Fig. 1F mostra que o número de miliequivalentes de prata total diminui entre 10 e 60 minutos. A curva e'''' representa o número de miliequivalentes de prata metálica total e diminui de uma maneira análoga à curva c'''''. Isto sugere que a diminuição observada na curva c'''' está relacionada com a oxidação da prata metálica. A curva d''''', Fig. 1F, mostra que o número de miliequivalentes de  $\text{Ag}^+$  sorvido aumenta em função do tempo de contato, tendendo a um valor constante a 930 e 1440 min.

A Fig. 2A mostra que para os tempos de contato 930 e 1440 min o número de miliequivalentes de prata total diminui à medida que a concentração inicial de  $\text{HNO}_3$  aumenta. Isto sugere uma competição entre o  $\text{H}^+$  e  $\text{Ag}^+$  pela superfície do carvão (A).

Na Fig. 2B observa-se, com exceção da concentração hidrogeniônica 0,50M, que o número de miliequivalentes de prata metálica total a 930 e 1440 min coincide e se mantém praticamente constante no intervalo de 0,99 e 2,5M de  $\text{HNO}_3$ . Não foi observada a presença de prata metálica

\* Prata metálica sorvida + íon prata sorvido + prata metálica dispersa.  
\*\* Prata metálica sorvida e dispersa na solução.



dispersa neste intervalo de concentração de  $\text{HNO}_3$  e de tempo de contato.

A Fig. 2C apresenta os teores de prata metálica total em função da concentração inicial de  $\text{HNO}_3$  em outros tempos fixos. Observa-se que o número de miliequivalentes de prata metálica total varia de uma maneira não uniforme com a concentração inicial de  $\text{HNO}_3$  nos tempos de contato fixados (60, 120, 240). O fato do teor de prata metálica aumentar e diminuir em função da concentração de  $\text{HNO}_3$  provavelmente é determinado pela velocidade de oxidação de  $\text{Ag}^0$  e redução do  $\text{Ag}^+$  pelo carvão.

Na Fig. 2D, também com exceção da concentração 0,50M de  $\text{HNO}_3$ , o número de miliequivalentes do íon prata sorvido diminui para 0,99 a 2,50 de  $\text{HNO}_3$ , mantendo-se fixo o tempo de contato. Portanto, esperava-se uma quantidade de íon prata sorvido maior na concentração 0,50M de  $\text{HNO}_3$ . Entretanto, isto não foi observado devido provavelmente ao fato da velocidade de redução de  $\text{Ag}^+$  ainda predominar de uma forma significativa sobre a velocidade de oxidação do  $\text{Ag}^0$ . Uma evidência disso é que os teores de prata metálica total são cerca de 2 a 5 vezes superiores aos demais teores de prata metálica total obtidos nesses mesmos tempos de contato e em outras concentrações hidrogeniônicas. A Fig. 2E também representa as quantidades de  $\text{Ag}^+$  sorvido em função da concentração inicial de  $\text{HNO}_3$  em outros tempos de contato. O seu comportamento é provavelmente determinado pela competição entre o  $\text{H}^+$  e  $\text{Ag}^+$  pela superfície do carvão. A oxidação da prata metálica pelo  $\text{HNO}_3$  deve influir nesse comportamento.

A Fig. 2F mostra a influência da concentração hidrogeniônica na quantidade de prata total tanto no carvão mineral como no carvão vegetal  $\text{B}_3$  nas mesmas condições. Para a concentração inicial 0,196M de  $\text{AgNO}_3$  e no intervalo de 0,99 a 2,5M de  $\text{H}^+$  o carvão vegetal tipo  $\text{B}_3$  e o carvão mineral têm as mesmas capaci-

des de sorção. Na concentração 0,50M de  $\text{HNO}_3$ , o carvão  $\text{B}_3$  apresentou um valor inferior de prata total.

### 3. Concentração da solução inicial de $\text{Ag-NO}_3$ . Isotermas de sorção de prata

A Fig. 3 mostra as isotermas de sorção de prata em carvão vegetal (tipo  $\text{B}_2$ ) e mineral (tipo A). No carvão mineral observa-se um patamar a partir de 0,2M até cerca de 0,3M. Esta isoterma apresenta o comportamento da isoterma de Langmuir. No carvão vegetal (tipo  $\text{B}_2$ ) a isoterma foi obtida em um intervalo maior de concentração, tendo sido observados vários patamares. As condições experimentais das isotermas foram estabelecidas baseando-se nos resultados obtidos no item 2. Sabe-se que o tratamento do carvão com ácido nítrico altera a natureza da superfície produzindo vários grupos, por exemplo, hidroxilas e carboxilas<sup>2,13</sup>. A presença dos patamares sugere a adsorção em multicamadas e/ou adsorção seletiva de acordo com os diferentes grupos na superfície do carvão. As isotermas de sorção de prata em carvão são bastantes sensíveis à origem, natureza e tratamentos prévios do carvão.

### 4. Influência da temperatura na sorção de prata

A Fig. 4 mostra a variação do número de miliequivalentes de  $\text{Ag}^+/\text{Ag}^0$  sorvido no carvão  $\text{B}_3$  em função da temperatura, nas concentrações iniciais 0,060; 0,085 e 0,198 molar de  $\text{AgNO}_3$  em  $\text{HNO}_3$  2,50 molar. As curvas a, b e c indicam que o número de miliequivalentes de  $\text{Ag}^+/\text{Ag}^0$  sorvido é uma função da temperatura e sua variação depende da concentração inicial mais alta (v. curva a) e varia pouco nas duas concentrações mais baixas (v. curva b e c). As curvas da Fig. 4 mostram que o número de miliequivalentes de  $\text{Ag}^+/\text{Ag}^0$  sorvido no carvão diminui com o aumento da temperatura, conforme o comportamento esperado para o fenômeno da adsorção física<sup>15</sup>.

### AGRADECIMENTOS

30.0964/83, 30.0965/83 e 30.0967/83) pelas bolsas concedidas.

Agradecemos à FAPESP (Proc. n.º 83/0661-0) e ao CNPq (Procs. n.ºs

TABELA 1 — Número de miliequivalentes de prata metálica total para diferentes tempos de contato e concentrações de  $\text{HNO}_3$ .

Curvas	Tempo (minutos)	N.º de miliequivalentes de prata metálica total. $10^{-2}$
a	180	20
	240	7
b	120	13
	240	4
c	10	12
	30	1
d	120	1
	240	1
	1440	1

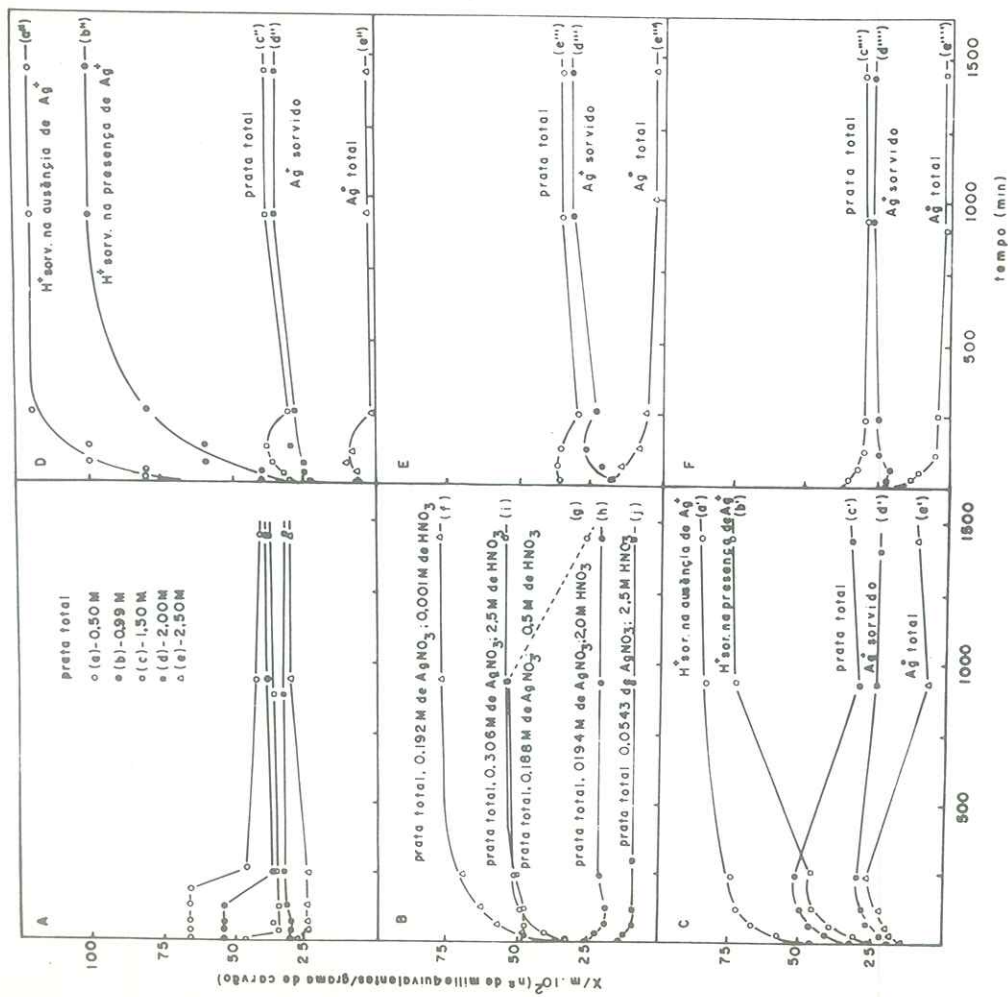


FIG. 1 — Número de miliequivalentes por grama de carvão em função do tempo de contato: A — Carvão mineral A, B — Carvão vegetal B<sub>1</sub> (f, g, h) e Carvão B<sub>2</sub> (i, j); C, D, E, F — Carvão B<sub>3</sub>.

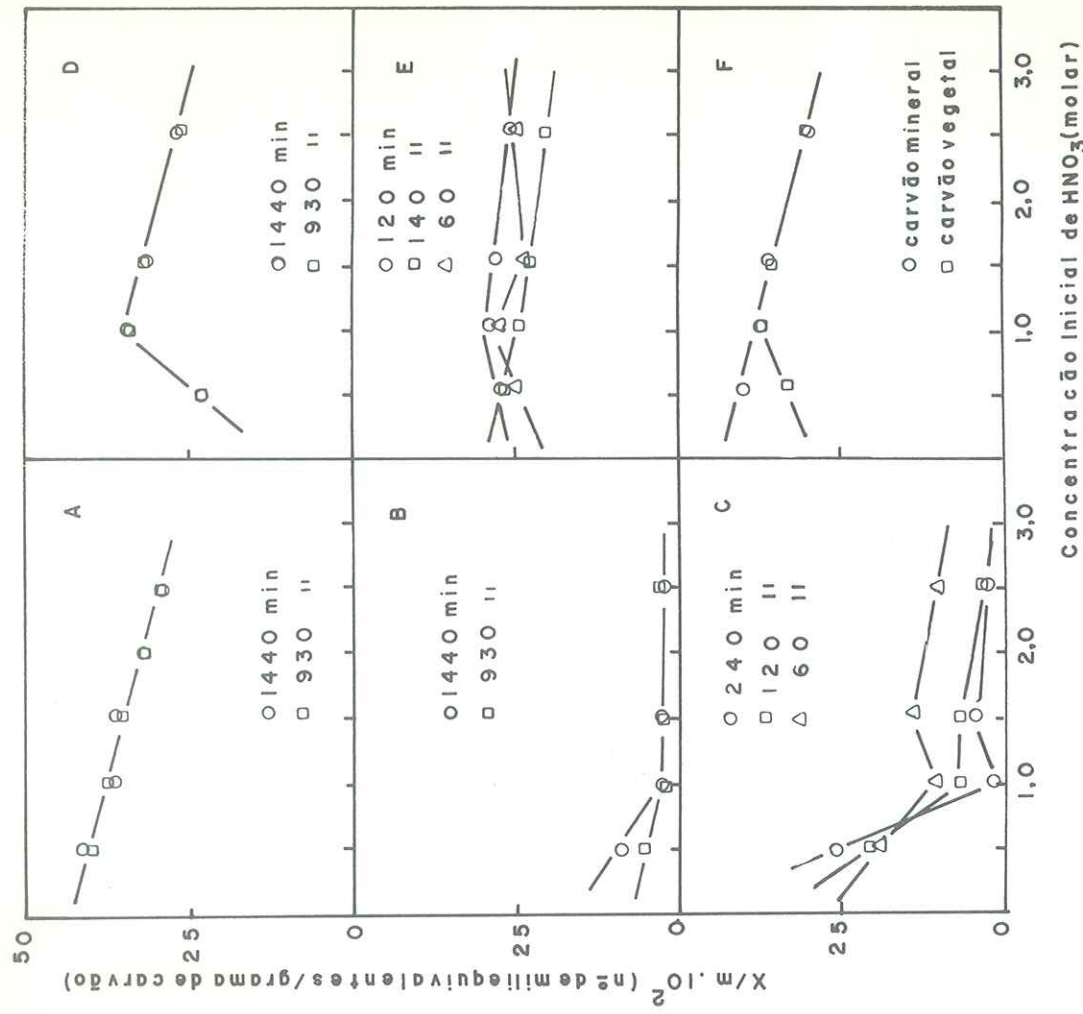


FIG. 2 — Número de miliequivalentes por grama de carvão em função da concentração inicial de  $HNO_3$ : A — Prata total, carvão mineral tipo A; B e C — Prata metálica total, carvão B<sub>3</sub>; D e E — Ion prata sorvido, carvão B<sub>3</sub>; F — Prata total, em 1440 min, (O) carvão mineral A, (□) carvão vegetal B<sub>3</sub>.



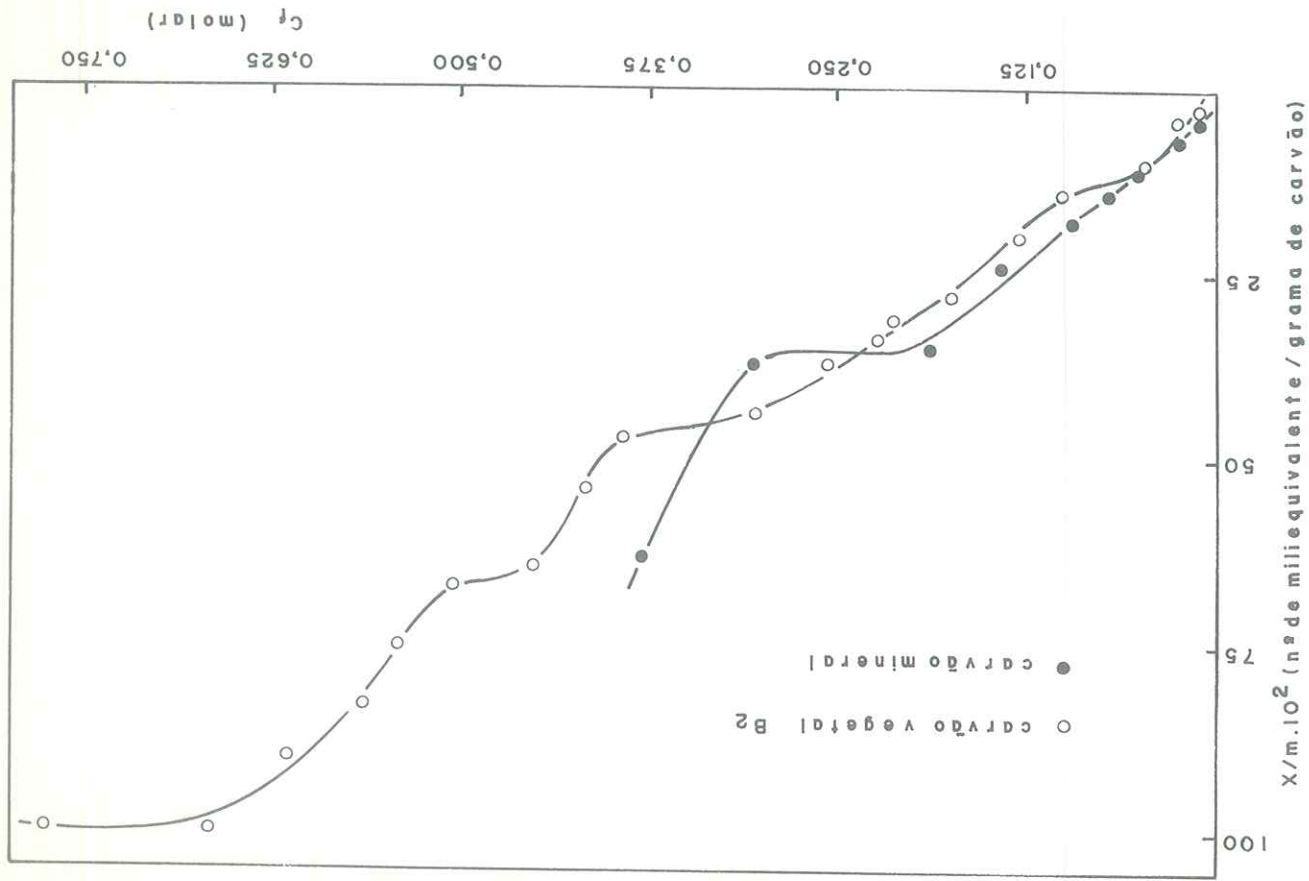


FIG. 3 — Isotermas de sorção de prata em carvão: Temperatura (25±0,2°C) tempo de contato 24h, concentração inicial de HNO<sub>3</sub> 2,50M. o — Carvão vegetal B<sub>2</sub>, ● — Carvão mineral.

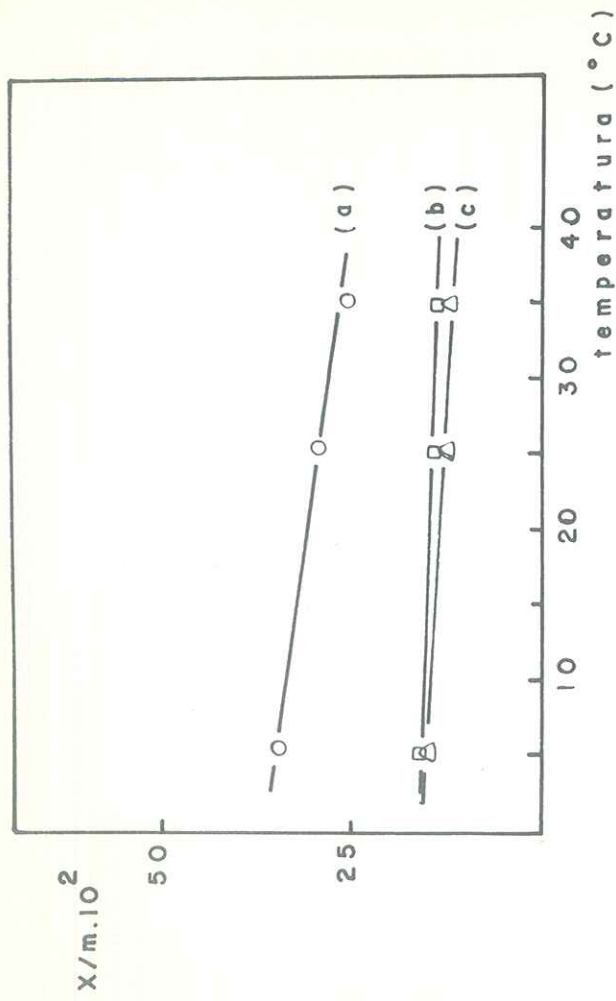


FIG. 4 — Número de miliequivalentes de prata total por grama de carvão em função da temperatura para carvão B<sub>2</sub>, tempo de contato 24h, concentração inicial de HNO<sub>3</sub> 2,50M, Concentração inicial de AgNO<sub>3</sub> (a) 0,198M, (b) 0,085M, (c) 0,060M.

CILENSE, M. *et alii* — Charcoal impregnation with metal. I. Silver sorption on charcoal and coal. Ecl. Quim., São Paulo 9:1-12, 1984.

**ABSTRACT:** Activated charcoal pre-treated with HNO<sub>3</sub> and activated coal where used to investigate the sorption of silver. The variables considered were contact time HNO<sub>3</sub> and HNO<sub>3</sub> concentration, keeping constant the initial concentration of AgNO<sub>3</sub> and temperature (25,0±0,2°C). X-rays diffraction from treated samples under these conditions showed the presence of metallic silver. Silver sorption isotherms on activated treated charcoal and activated coal were obtained and analyzed. It was also studied the influence of the temperature on the sorption by keeping constant the AgNO<sub>3</sub> initial concentration, contact time and HNO<sub>3</sub> concentration.

**KEY-WORDS:** Silver; charcoal; coal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HEYMANN, E.; SALOMON, K.; KIEFFER, R. — *Z. Anorg. Chem.*, 1930, 187, 97.  
*Chem. Abst.*, 1930, 24, 1812.
2. OTTO, R.; FRITZ, E.; FRITZ, L. — *Z. Anorg. Chem.*, 1928, 170, 49.
3. SAN, M.; JUAN, C.; CASTRO, F.; SOTO, A.M. — *Bol. Soc. Chil. Quím.*, 1982, 27(2), 340.  
*Chem. Abst.*, 1982, 97, 59139h.
4. VERONESE, V.; DAVIDSON, R.J. — *Chem. Abst.*, 1980, 93, 153849d.
5. BOLAM, T.R.; PHILLIPS, W.A. — *Trans. Faraday Soc.*, 1935, 31, 1443.  
— *Análise Orgânica Qualitativa* — *Análise*  
VOGEL, A.I. — *Química Orgânica* — *Análise*  
neiro, Livro Técnico, 1981. v.3, p. 996.
7. CIOLA, R. — *Fundamentos de Catálise*, São Paulo, Editora Universidade de São Paulo e Editora Moderna, 1981, cap. 5, p. 73-97.
8. BASSET, J.; DENNEY, R.C.; JEFFERY, G.A.; MENDHAM, J.; VOGEL, A.I. — *Análise Inorgânica Quantitativa*, 4, ed., Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1981, p. 255-6.
9. INDEX To the Powder Diffraction file 1971, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Swarthmore, Pennsylvania, Ficha 4-783, 1-16 E10.
10. SUZUKI, S.; MIYAZAKI K. — *Nippon Kagaku Zasshi*, 1967, 88, (6), 609.
11. DONNET, J.B.; LAHAYE, J. — *Bul. Soc. Chim. France*, 1966, 4, 1.282.
12. LANE, F.M.; DONNET, J.B.; NOBLET, M. de; LAHAYE, J. — *Bul. Soc. Chim. France*, 1964, 8, 2015.
13. LANE, F.M.; NOBLET, M. de; DONNET, J.B.; LAHAYE, J.; PAPIRER, E. — *Bul. Soc. Chim. France*, 1967, 5, 47.
14. BARTON, S.S.; KORESH, J.E. — *J. Chem. Soc. — Faraday Transactions I*, 1983, 79, 1181.
15. HAHN, Y.B.; LEE, H.S.; HAHN, K.J.; HONG, S.W.; IM, S.J.; CHUI, S.K. — *Chawon Kaepal Yonguso*, 1981, 12, 261 — *Chem. Abst.*, 1982, 96, 203084k.