

## 6 Conclusões e Sugestões

### 6.1 Conclusões

- Neste trabalho foram selecionadas e caracterizadas EPU comerciais e de fabricação nacional, visando sua aplicação em fase sólida para sorção de índio de meio iodeto.
- Foi realizado um criterioso estudo sobre os parâmetros físico-químicos da sorção de índio de meio iodeto usando EPU como fase sólida.
- O sistema In-KI-EPU mostrou-se aplicável tanto em meio alcalino (ajustado com hidróxido de amônio até  $10^{-2}$  mol L<sup>-1</sup>) quanto em meio ácido (ajustado com ácido sulfúrico até 1,0 mol L<sup>-1</sup>).
- A sorção de índio tem cinética rápida e apresenta coeficiente de distribuição acima de  $10^4$  L mol<sup>-1</sup>, para concentrações de KI maiores do que 0,6 mol L<sup>-1</sup>. Nestas condições, ou para maiores concentrações de iodeto, o sistema In-KI-EPU sofre efeito sinérgico positivo (tipo *salting out*) na presença de elevadas concentrações de sulfato e nitrato. Entretanto, é bastante susceptível à presença de cloreto. A EPU carregada com índio pode ser lavada com solução de hidróxido de amônio até 1,0 mol L<sup>-1</sup>, sem dessorção de índio.
- A sorção de índio ocorre basicamente por um mecanismo do tipo cátion quelação do potássio (ou hidrogênio) estabilizado pelo contra-íon; no caso, o complexo aniônico InI<sub>4</sub><sup>-</sup>, conforme indicou a análise do equilíbrio de sorção do sistema, a partir dos dados obtidos experimentalmente.
- Os valores da entalpia, entropia e energia livre de Gibbs foram determinados para o sistema In-KI-EPU e indicam um processo espontâneo e exotérmico caracterizado por sorção química. O valor obtido para a entalpia de  $50 \pm 5$

$\text{kJ mol}^{-1}$  sugere que a interação da espécie sorvida com a EPU deve ser de natureza iônica.

- O comportamento de sorção do sistema ajustou-se perfeitamente à isoterma de Langmuir, sendo obtida uma capacidade de saturação de  $0,155 \text{ mol In kg}^{-1} \text{ EPU}$ .
- O estudo de dessorção de índio da EPU mostrou-se eficaz em meio etanol 50 % ou em  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido clorídrico em etanol 50 %. A cinética de reextração também foi rápida.
- O sistema In-KI-EPU tem características seletivas, podendo suportar presença de grandes quantidades de outros íons de carga +3, +2 e +1. Elevadas quantidades de Al, Fe, Zn, Ni, Co, Mn, dentre outros, não afetam significativamente, a sorção de In de meio KI  $0,7 \text{ mol L}^{-1}$ , na presença de ácido ascórbico, para minimizar a formação de iodo, que afeta a sorção.
- Foi desenvolvida metodologia analítica visando a determinação de traços de In em matrizes de Al, Fe, e Zn, após separação em fase sólida. A metodologia foi avaliada por adição de padrão e recuperação, além de ser aplicada a material de referência certificado (Zinc spelter modified), apresentando reprodutibilidade e repetibilidade compatível com os critérios de avaliação estatísticos para 95 % de confiança.
- A precisão da metodologia proposta é adequada para fins analíticos, porém sua exatidão não pode ser expressa, em valores reais, pois o MCR utilizado não apresenta intervalo de confiança para ensaios destrutivos.
- O sistema In-KI-EPU, com eficiência adequada para aplicações industriais (melhor que 90 % de recuperação), pode ser proposto para tal finalidade. Entretanto, devido à baixa capacidade de carga apresentada, fica limitado como processo industrial, pois o volume de EPU comercial necessário pode inviabilizar sua operação. Contudo, considerando que o Brasil não dispõe de

tecnologia própria para recuperação de índio, esse processo pode ser ainda considerado, principalmente em escala preparativa.

## 6.2 Sugestões

- Estudar alternativas para viabilizar a separação de traços de In de matriz de estanho usando o sistema In-KI-EPU, principalmente explorar os efeitos cinéticos e de diluição do meio.
- Aplicar a metodologia para a determinação de índio em minérios, usando sistema de separação em colunas, valendo-se da rápida cinética de sorção e dessorção apresentada pelo sistema.
- Explorar o efeito de diluição da amostra como vantagem na separação e aplicação do sistema como método de pré-concentração.
- Associar o sistema de sorção de In para determinação direta do metal sorvido na EPU usando FRX.
- Avaliar o sistema em regime de colunas visando aplicação industrial, principalmente como um processo auxiliar, na separação de In-Fe em processos de extração líquido-líquido com extratantes organofosforados.
- Usar EPU como suporte neutro para extratantes promissores para separar índio de matrizes complexas, beneficiando-se das vantagens da extração em fase sólida, e da elevada cinética dos sistemas que usam EPU.