

Arthur Lakschevitz Junior (*)

Oswaldo G.C. da Cunha (*)

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos de fundição de ligas de cobre são hoje em dia parcialmente recuperados, aproveitando-se através de uma separação grosseira grande parte do material que se encontra sob forma metálica.

A recuperação do material oxidado e da parte metálica fina, continua sendo objetivo de estudos de desenvolvimento de processos que permitam o aproveitamento integral desses resíduos em uma forma econômica.

Uma das principais dificuldades no estabelecimento de uma técnica viável economicamente reside no fato desses resíduos se encontrarem distribuídos em lotes relativamente pequenos entre os produtores das ligas de cobre e conseqüentemente geradores de resíduos.

A abordagem escolhida no caso específico, foi a de encontrar um processo tecnicamente simples evitando sempre que possível a introdução de etapas que pudessem aumentar o investimento inicial.

A apresentação desse trabalho tem ainda como objetivo, demonstrar a viabilidade do aproveitamento de alguns resíduos industriais que com esforço relativamente pequeno em desenvolvimento de processo, poderiam ser tratados, recuperando-se os valores metálicos neles contidos.

(*) Diretores da Remetálica Consultoria e Desenvolvimento de Processos Ltda.

São José dos Campos - SP

2. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

O material amostrado apresenta-se sob a forma de um pó escuro, relativamente fino.

Examinado ao microscópio, ou mesmo à vista desarmada, mostrou-se parcialmente heterogêneo, notando-se especialmente inclusões de cobre ou, possivelmente, latão, sob a forma de partículas cujas dimensões atingem até 2 ou 3mm.

A tabela I apresenta os resultados da análise granulométrica.

TABELA I

Análise granulométrica do resíduo zinco/cobre

Acima de 32 mesh	=	18%
32 a 65 mesh	=	8%
65 a 80 mesh	=	3%
80 a 100 mesh	=	6%
100 a 150 mesh	=	15%
150 a 200 mesh	=	12%
Abaixo de 200 mesh	=	39%

É evidente que boa parte do material se encontra bastante fino com partículas de tamanho inferior a 50 m. As frações mais grossas, particularmente as maiores que 32 mesh, são em sua quase totalidade resultados de agregação e desfazendo-se facilmente por atrito.

Uma amostra representativa foi submetida a análise química elementar, sendo o resultado apresentado na Tabela II.

TABELA II

Análise química do resíduo zinco/cobre

Zincó	=	27,5%	Chumbo	=	0,90%
Cobre	=	9,0%	Cloreto	=	0,00%
Ferro	=	6,7%	Cálcio	=	0,32%
Alumínio	=	8,6%	Níquel	=	0,13%
Manganês	=	1,14%	Umidade	=	23,0%
Silício	=	6,00%			

Como se depreende, os principais constituintes de importância econômica presentes em quantidade expressivas, são cobre e zinco.

3. TRATAMENTO QUÍMICO DO RESÍDUO

3.1 - Lixiviação

Os ensaios de lixiviação foram conduzidos em dois grupos : lixiviação clorídrica e lixiviação sulfúrica. Todos os testes foram conduzidos em pequenos reatores de laboratório agitados e com possibilidade de controle de temperatura. Em cada teste empregou-se 50-100g de material em base úmida.

a) Lixiviação sulfúrica

Os testes de lixiviação sulfúrica foram conduzidos com ácido sulfúrico a 25% em temperaturas de 75°C e 100°C e com ou sem adição de oxidantes. Os resultados apresentados na Tabela III indicam as recuperações de cobre e zinco expressos como percentagens desses elementos dissolvidos.

TABELA III

Testes de lixiviação sulfúrica

Nº teste	Condições	Recup. Cu	Recup. Zn
1	75°C 30 min	30%	87%
2	75°C 30 min + HNO ₃	100%	85%
3	100°C 60 min + NH ₃	100%	92%

Os dados permitem concluir que sem a adição de oxidante (no caso pequenas quantidades de HNO₃) uma expressiva parte do cobre não se solubiliza. Isto era de esperar, uma vez que parte do cobre se ache presente sob a forma metálica requerendo um oxidante para sua dissolução ácida.

b) Lixiviação clorídrica

A lixiviação com ácido clorídrico foi planejada de forma a se trabalhar com uma solução lixiviante que atacasse todos os valores contidos no resíduo.

Conduziram-se ensaios fazendo variar a concentração, a relação sólido-líquido, o tempo de extração e o número de estágios.

Os testes exploratórios foram executados com amostras de 50g de resíduo. Usou-se ácido concentrado, ácido a 20% e ácido a 15%. A relação ácido/resíduo experimentada foi de 0.35, 0.71 e 1.05. A temperatura em todas as experiências foi mantida entre 80/90°C e o tempo entre 1 e 3 horas.

Os resultados obtidos indicam ser possível com uma relação HCl/resíduo de 0.35 e trabalhando-se a 80/90°C, colocar em solução após 2 horas 78% de zinco e 98% do cobre.

Como a extração de zinco não foi considerada satisfatória optou-se por ensaios com dois estágios. Uma primeira lixiviação menos enérgica e uma segunda em condições mais fortes para atacar o resíduo da primeira etapa.

Os resultados destes testes indicaram ser possível colocar em solução praticamente todo o zinco e cobre, permanecendo um resíduo insolúvel sem valores contidos importantes.

3.2 - Purificação das soluções

Uma vez colocado os valores metálicos em solução foram feitas algumas tentativas no sentido de se desenvolverem métodos de purificação das soluções, eliminando as impurezas indesejáveis. Dois métodos específicos foram tentados : precipitação seletiva das impurezas e extração por solventes.

a) Precipitação seletiva

A 1ª etapa de separação consistiu na eliminação do ferro por elevação do pH da solução até 5,0. Neste caso todo o ferro é precipitado. Juntamente com o ferro, a maior parte do cobre também passa para a fase sólida. Para 100g de resíduo foram gastos nesta purificação 35g de Na₂CO₃.

A solução resultante, foi tratada com NaOCl para eliminar o manganês presente.

A solução de zinco residual apenas continha cobre como impureza. A remoção total do cobre foi feita usando zinco em pó. Antes do tratamento, o teor de cobre na solução era de 1g/l, correspondendo a uma relação zinco/cobre aproximadamente igual a 40. Após a adição de zinco em pó (1.5g para 100g do resíduo original) o teor de cobre na solução de zinco baixou para 1ppm o que significa uma relação zinco/cobre igual a 40.000.

b) Extração por solventes

O grande número de impurezas presentes, bem como o já consagrado uso da extração por solventes com reagentes bastante específicos para a separação de cobre, levou a que se fizessem alguns testes de extração usando-se 25% de LIX 64N em Shellsol.

De ambas as soluções, sulfúrica e clorídrica, foram feitos testes de extração apresentados na Tabela IV.

TABELA IV

Solução original clorídrica	Solução original sulfúrica
Cu 3,6g/l	Cu 3,9g/l
Zn 0,4g/l	Zn 0,2g/l

4. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos nos testes de laboratório indicaram claramente que a melhor opção para o tratamento desses resíduos é o ataque com ácido sulfúrico e a separação do zinco/cobre usando a extração por solventes.

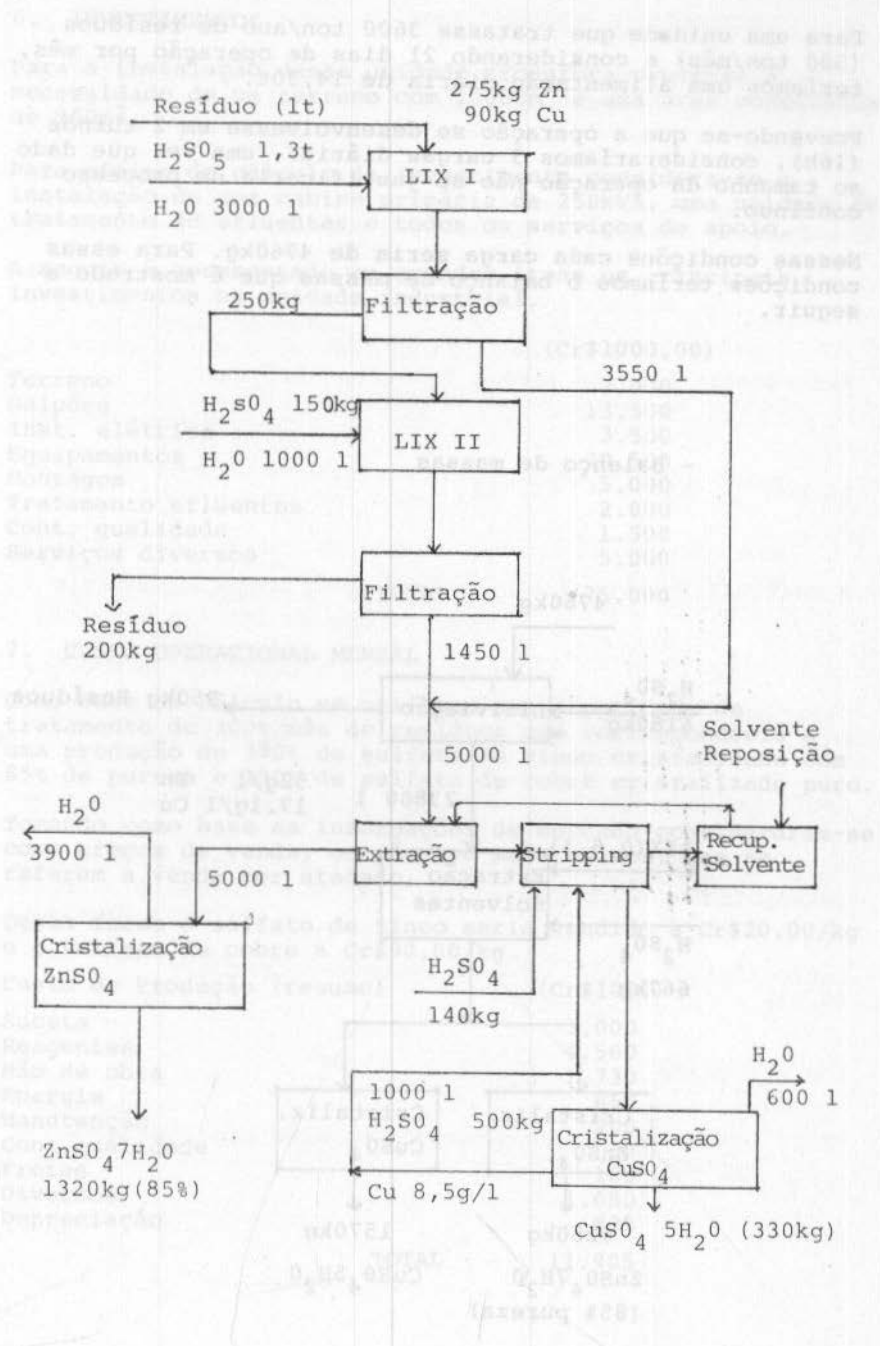
A extração em 2 estágios ataca praticamente todo o zinco e cobre, e a extração com solventes do tipo LIX efetua uma separação bastante efetiva.

Para efeito de processo, só será considerado deste ponto em diante a lixiviação em 2 estágios, com adição de oxidante, seguida de separação zinco/cobre usando solventes LIX.

Também só se considerará a produção de um sulfato de zinco impuro, objetivando simplificar o processamento junto aos resíduos e diminuir o investimento global.

5. FLUXOGRAMA

O fluxograma apresentado a seguir toma como base 1t de resíduo na alimentação, facilitando desta forma o cálculo dos insumos necessários a qualquer capacidade escolhida posteriormente.

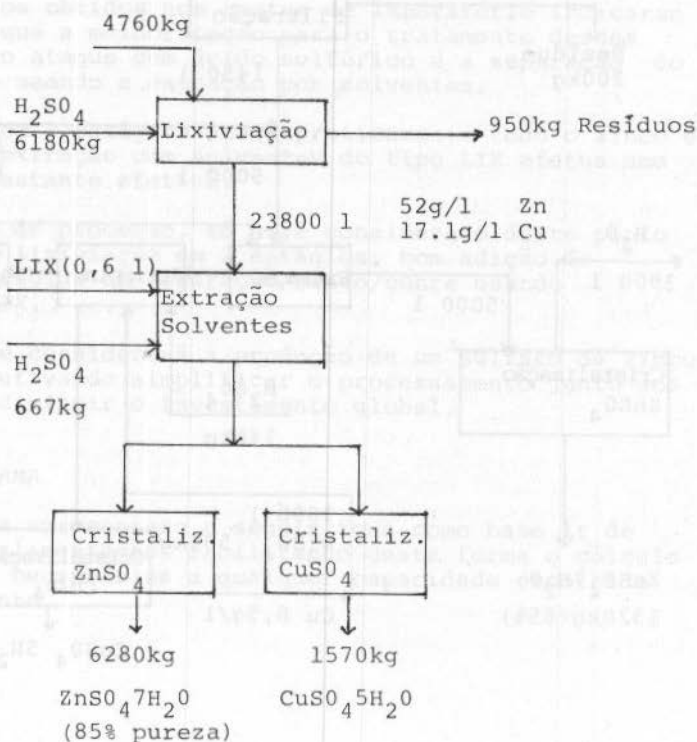


Para uma unidade que tratasse 3600 ton/ano de resíduos (300 ton/mês) e considerando 21 dias de operação por mês, teríamos uma alimentação diária de 14,30t.

Previendo-se que a operação se desenvolvesse em 2 turnos (16h), considerariamos 3 cargas diárias, uma vez que dado ao tamanho da operação não se justificaria um processo contínuo.

Nessas condições cada carga seria de 4760kg. Para essas condições teríamos o balanço de massas que é mostrado a seguir.

- Balanço de massas



6. INVESTIMENTOS

Para a instalação dessa unidade produtora prevê-se a necessidade de um terreno com 10000m² e uma área construída de 900m².

Para efeito de cálculo de investimento considera-se a instalação de uma cabine primária de 250kVA, uma unidade de tratamento de efluentes e todos os serviços de apoio.

A seguir é apresentado em grandes itens os principais investimentos na unidade industrial.

(Cr\$1000,00)

Terreno	2.000
Galpões	13.500
Inst. elétrica	3.500
Equipamentos	39.500
Montagem	5.000
Tratamento efluentes	2.000
Cont. qualidade	1.500
Serviços diversos	5.000
TOTAL	75.000

7. CUSTO OPERACIONAL MENSAL

Como base de cálculo se utilizou uma capacidade de tratamento de 300t/mês de resíduos que corresponderia a uma produção de 390t de sulfato de zinco cristalizado com 85% de pureza e 100t de sulfato de cobre cristalizado puro.

Tomando como base as informações de mercado consideraram-se como preços de venda, os números mais baixos, que se referem a venda por atacado.

Desta forma o sulfato de zinco seria vendido a Cr\$20,00/kg e o sulfato de cobre a Cr\$90,00/kg.

Custo de Produção (resumo) (Cr\$1000)

Sucata	3.000
Reagentes	4.500
Mão de obra	1.730
Energia	650
Manutenção	200
Cont. qualidade	50
Fretes	100
Diversos	1.050
Depreciação	625
TOTAL	11.905

8. FATURAMENTO E RENTABILIDADE

Tomando como base os preços anteriormente mencionados, o faturamento anual da unidade seria :

	(1000 Cr\$)
Sulfato de zinco	7.800
Sulfato de cobre	9.000
	<hr/>
	16.800

Faturamento líquido (menos impostos diretos) :

$$16.800 - 1907 = 14.893 \quad (1000 \text{ Cr\$})$$

A rentabilidade para o empreendimento seria a seguinte :

	(1000 Cr\$)
Faturamento líquido	14.893
Custo operacional	11.905
	<hr/>
Lucro bruto mensal	2.988

$$\begin{aligned} \text{Lucro bruto anual} \\ 2988 \times 12 = 35.856 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lucro líquido anual (30\% de imposto de renda)} \\ 35.856 \times 0.7 = 25.100 \end{aligned}$$

$$\text{Lucratividade} \quad \frac{25100}{75000} = 33.5\%$$

OBS.: Todos os preços foram calculados com base em outubro de 1981.

9. CONCLUSÕES

a) A avaliação técnica do projeto indica que é perfeitamente viável a transformação desse resíduo em produtos finais comercializáveis.

b) Em relação a economicidade, a avaliação mostrou que a capacidade mínima rentável para o empreendimento é de 300t de resíduos alimentados por mês. Nessa escala se produzirá sulfato de zinco e sulfato de cobre em quantidades suficientes para abastecer 50% do mercado de 1981, em relação ao 1º produto e 15% em relação ao 2º. A rentabilidade esperada para uma unidade de 300t/mês do resíduo é de 33,5%.

c) Uma vez tomada a decisão de se implantar a unidade seriam necessários :

- Testes específicos de algumas etapas visando obter dados para o projeto industrial.
- Estudo específico de viabilidade técnico-econômico, tendo como objetivo, calcular com mais precisão os índices econômicos, definir localização, mercado a atingir e linha de processamento.
- Engenharia básica e detalhamento.
- Implantação industrial.

10. AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam aqui o seu agradecimento a Tonolli do Brasil S/A pela permissão para a publicação do presente trabalho.