

PREPARAÇÃO DE UMA ANÁLISE PRELIMINAR DE CUSTOS NO CAMPO DA METALURGIA EXTRATIVA (1)

- Eduardo da Gama Câmara (2)
- José Gustavo Freitas Coelho (3)
- Tárzio Pimentel Campos (4)

RESUMO

Diversos tipos de estimativas são feitos durante o período que vai de uma pesquisa de laboratório até uma unidade industrial. Entre estes inclui-se a análise preliminar de custos que pode ser utilizada como base para as primeiras decisões sobre a oportunidade empresarial do projeto em que estão considerando-se uma precisão de \pm 30%. O presente trabalho ilustra o conceito da análise preliminar de custos para a extração de tântalo contido em escórias oriundas da redução de cassiterita de alto teor em estanho.

- (1) Trabalho incluído no V Encontro Nacional de Tratamento de Minérios, Salvador, 1978.
- (2) Engenheiro Químico, MSc, PhD, pesquisador da Divisão de Materiais, Grupo de Metalurgia Extrativa, Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, Centro Técnico Aeroespacial.
- (3) Engenheiro Químico, Mestre em Ciências, pesquisador da Divisão de Materiais, Grupo de Metalurgia Extrativa, Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, Centro Técnico Aeroespacial.
- (4) Engenheiro Químico, pesquisador da Divisão de Materiais, Grupo de Metalurgia Extrativa, Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, Centro Técnico Aeroespacial.

1. INTRODUÇÃO

As escórias provenientes da redução da cassiterita, contem quantidades consideráveis de Ta_2O_5 , e se constituem numa fonte secundária importante de aproveitamento desse metal. A análise química de uma escória típica de Sn é apresentada na Tabela I.

Assim sendo, procurou-se fazer uma avaliação econômica preliminar para estudar a possibilidade de recuperação do tântalo destas escórias, mediante cloração. Na análise econômica, foram também considerados os outros elementos contidos e de valor econômico significativo, como Zr e Ti.

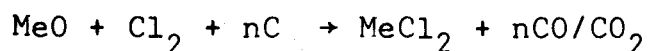
Quanto ao Sn, admite-se que o mesmo tenha sido, a priori, removido e recuperado das escórias por lixiviação ácida, processo este ora sendo estudado em escala piloto pela Sub-Divisão de Metalurgia Extrativa da Divisão de Materiais do IPD/CTA.

Os dados aqui levantados, se baseiam numa escória contendo 1,16% de Ta_2O_5 e 3,8% de Nb_2O_5 , cujo produtor é a Mamoré Mineração e Metalurgia S/A. No processo considerado, prevê-se a recuperação do Ta como Ta_2O_5 , formando com o Nb uma mistura de óxidos, contendo 25% de Ta_2O_5 . O Zr é recuperado como ZrO_2 puro, e o Ti como $TiCl_4$ bruto.

A avaliação econômica do processo foi feita com base numa unidade industrial com capacidade para tratar 1200t/ano de escória, operando 360 dias/ano em três turnos.

2. O PROCESSO DE CLORAÇÃO

Alguns óxidos metálicos podem ser clorados diretamente de modo a formarem cloretos metálicos, enquanto outros, tais como os chamados óxidos de metais refratários, só podem ser clorados na presença de um agente redutor tal como carbono. A cloração de óxidos metálicos em presença do carbono, pode ser representada pela seguinte reação:



Esta reação realizada em torno de 800 °C, apresenta velocidade bastante alta, o que a torna de importância prática na obtenção de cloretos metálicos.

O processo de cloração é usualmente efetuado em fornos elétricos, revestidos de tijolos refratários antiácidos, e isolados termicamente. O aquecimento pode ser feito na parte inferior do forno, através de três eletrodos de grafite dispostos horizontalmente em ângulos de 120°, ou alternativamente por queima in direta e mais ainda por pré-aquecimento dos gases de reação.

A carga de briquetes (mistura do material a ser clorado e redutor) é alimentada periodicamente a través de dispositivo situado na parte superior do forno. A alimentação de cloro é feita na sua parte inferior. Por controle do nível de briquetes e da velocidade de suprimento de cloro, o processo pode ser conduzido ido as expensas do calor de reação, reduzindo consideravelmente o seu fornecimento externo.

A cloração é realizada entre 750 e 850 °C. Os produtos de reação são constituídos de cloretos voláteis e não voláteis. Os cloretos voláteis ao saírem do forno são coletados em um sistema de condensadores. Os gases residuais que normalmente acompanham os produtos, são lavados em torres de absorção, antes de serem lançados a atmosfera. Os cloretos não voláteis por sua vez, formados durante a cloração acumulam-se na parte inferior do forno, juntamente com outros resíduos sendo retirados daí periodicamente.

A Figura 1, mostra o fluxograma do processo de cloração aplicado às escórias de estanho. As diferenças de volatilidade entre os diversos cloretos formados no processo, permitem a separação dos componentes de interesse. Assim sendo, por um sistema de condensação apropriado, é possível separar os cloretos de tântalo, nióbio e zircônio de cloretos mais voláteis como o tetracloreto de titânio e tetracloreto de silício. Os cloretos de cálcio e magnésio formados, por

terem pontos de ebulição altos, ficam retidos no forno.

Os cloretos sólidos obtidos são tratados com água. Nessa operação os cloretos de Ta e Nb são hidrolisados, e separados por filtração como óxidos hidratados. Posteriormente são calcinados para a obtenção de um produto final, que se constitui em uma mistura de óxidos de Ta e Nb com cerca de 25% de Ta_2O_5 .

Os cloretos solúveis resultantes da operação de hidrólise, são tratados para a recuperação do Zr. Este é precipitado com H_2SO_4 como $Zr_5O_8(SO_4)_2 \cdot 5H_2O$, a seguir separado por filtração e calcinado. O óxido obtido tem uma pureza de 99%.

3. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Na composição dos custos considerou-se uma unidade industrial com capacidade para tratar 1200t/ ano de escórias de estanho, operando 360 dias/ano em três turnos. Os valores estimados, referem-se aos custos envolvidos para recuperar o tântalo e o zircônio, na forma de seus óxidos. O Ta como um concentrado, consistindo de uma mistura de óxidos de Ta_2O_5 e Nb_2O_5 , contendo aproximadamente 25% Ta_2O_5 e o Zr como ZrO_2 de pureza 99%. A recuperação do Ti como $TiCl_4$ bruto, é praticamente uma decorrência do processo, que não vai aumentar em nada os custos estimados.

O investimento fixo foi estimado tomando por base uma indústria química de porte médio, onde materiais de construção especiais são requeridos em razão da natureza corrosiva do cloro.

A receita por sua vez foi estimada, considerando-se um índice de recuperação para o processo de 80%. Considerando-se a capacidade da unidade industrial, a composição química da escória e o índice de recuperação, prevê-se uma produção de 11 toneladas de Ta_2O_5 , 92 toneladas de ZrO_2 e 141 toneladas de $TiCl_4$ bruto.

Uma vez levantados os dados de custos, investimento e receita, foi feito um cálculo estimado da taxa de retorno, com o objetivo de verificar a viabilidade econômica do processo proposto.

3.1. Matérias primas

A matéria prima básica do processo, é a própria escória de estanho. No entanto, por conveniência, considerou-se zero o preço dessa matéria prima. Outros insumos do processo são o cloro, hidróxido de sódio, carvão, ácido sulfúrico e melação.

Para estimar os custos anuais das matérias primas foram considerados os seguintes preços médios:

Cloro	Cr\$ 1.000/t
Hidróxido de sódio	Cr\$ 8.000/t
Carvão	Cr\$ 800/t
Ácido sulfúrico	Cr\$ 1.600/t
Melação	Cr\$ 400/t

A tabela II mostra os custos anuais estimados para matérias primas. O cloro e o hidróxido de sódio são os insumos de maior incidência. O índice de incidência dos dois juntos, é de 92%. Carvão, ácido sulfúrico e melação somam os 8% restantes.

3.2. Pessoal

Os custos de mão de obra direta e indireta foram estimados, de acordo com a capacidade e programa de trabalho da unidade industrial. Na tabela III estão representados os custos anuais de pessoal, sendo o pessoal técnico envolvido em um total de 54. O custo de mão de obra indireta foi estimado, considerando-se um percentual de 10% sobre os custos de mão de obra direta. Foi estimado um custo de encargos de 80%, que incidiu sobre os custos de mão de obra direta e indireta.

3.3. Energia

A demanda anual de energia elétrica estimada para a unidade industrial é de 330.000Kwh. Na

quase sua totalidade essa energia é consumida nas operações de moagem, briquetamento, secagem, cloração e condensação.

O consumo anual de óleo combustível é de 60 toneladas/ano e sua principal utilização é na geração de vapor, destinado a operação de hidrólise e precipitação de sulfato básico de zirconia.

No cálculo dos custos anuais foram considerados os seguintes preços médios:

Energia elétrica	Cr\$ 0,40/kwh
Óleo combustível	Cr\$ 4.000/t

Na tabela IV, tem-se os custos anuais estimados para energia.

3.4. Investimento Fixo

Foi estimado tendo-se em vista uma indústria química de porte médio, onde devido principalmente a natureza corrosiva do gás de reação cloro, é indispensável a utilização de materiais de construção especiais. O valor estimado foi de Cr\$40.000.000,00.

3.5. Depreciação

Foi estimada com base em um percentual de 80% sobre o investimento fixo, em 10 anos. O valor calculado foi de Cr\$ 3.200.000,00 anuais.

3.6. Manutenção

Esses custos foram estimados como sendo 3% do investimento fixo. O custo anual de manutenção calculado foi de Cr\$ 1.200.000,00.

3.7. Capital de Giro

Na tabela IV, estão discriminados os componentes do capital de giro. As necessidades de capital estimadas são da ordem de Cr\$ 5.460.000,00.

3.8. Custos

As tabelas VI e VII mostram respectivamente o custo operacional e a receita da unidade industrial. A receita foi estimada levando-se em conta os seguintes preços médios:

Óxido de tântalo contido	Cr\$ 1.080,00/kg
Óxido de zircônio	Cr\$ 180,00/kg
tetracloreto de titânio	Cr\$ 30,00/kg

De acordo com os valores estimados, os custos representam aproximadamente 58% da receita.

É interessante, entretanto, frisar que na estimativa da receita, considerou-se a hipótese da existência de mercado para todos esses produtos e, que toda a produção seria absorvida, sem maiores problemas.

A partir dos dados de custo operacional e receita, é possível fazer de forma aproximada e simplificada, uma estimativa da taxa de retorno, como segue:

$$\text{Lucro Bruto} = \text{Receita} - \text{Custos}$$

$$\text{LB} = 26.046 - 15.055 = 10.991$$

$$\text{Lucro líquido} = \text{Lucro bruto} - \text{Imposto de renda (30\%)}$$

$$\text{LL} = 10.991 - 10.991 \times 0,30 = 7.694$$

$$\text{Investimento bruto} = \text{Investimento Fixo} + \text{Capital de Giro}$$

$$\text{IB} = 40.000 + 5.460 = 45.460$$

$$\text{Taxa de Retorno} = \frac{\text{Lucro líquido}}{\text{Investimento bruto}} \times 100$$

$$\text{Taxa de Retorno} = \frac{7.694}{45.460} \times 100 = 17\% \text{ ao ano}$$

$$\text{Tempo de Retorno} = \frac{\text{Investimento bruto}}{\text{Lucro líquido}}$$

$$\text{Tempo de Retorno} = \frac{45.460}{7.694} = 6 \text{ anos}$$

4. CONCLUSÕES

Os estudos de avaliação técnica e oportunidade de investimento numa unidade de tratamento de escórias tan-
talíferas com capacidade para processar 1200 toneladas por
ano de material contendo 1.16% Ta₂O₃, 3.80% Nb₂O₅, 6.17%
TiO₂ e 9.62% ZrO₂, permitem as seguintes conclusões:

- Por um processo de cloração total e conden
sação fracionada é tecnicamente viável sepa
rar os cloretos de titânio em fase líquida,
Nióbio, zircônio, ferro e alumínio em fase
sólida e se obter um resíduo no forno conten
do os cloretos de cálcio e magnésio.
- Por um processo hidrometalúrgico seguido de
uma calcinação final pode-se chegar a um óxi
do de zircônio 99% de pureza a uma mistura
de óxidos de nióbio e tântalo contendo 25%
deste e a um tetracloreto de titânio comer
cial.
- A unidade de processamento necessária seria
semelhante aquelas existentes para produção
de ZrO₂. Caracteriza-se pela alta incidência
de materiais especiais pela natureza corrosi
va dos reagentes e pelas temperaturas exigi
das.
- Tomando-se por base o que foi discutido ante
riormente, conclui-se que o investimento fi
xo poderia ser estimado com base numa indús-
tria química de porte médio de alto nível de
corrosão chegando-se a um valor de Cr\$
40.000.000,00.
- Para um rendimento global do processo estima

do em 80%, conclui-se que a receita seria de Cr\$ 26.046.000,00, sendo que o tântalo representa 46%, o zircônio 38% e o titânio 16%.

- Considerando-se as matérias primas necessárias ao processo, conclui-se que o custo destas por ano seria de Cr\$ 47.160.000,00, sendo que o cloro mais a soda representam 92% do total.
- Considerando-se todos os itens que compõe o custo de processamento, conclui-se que por ano este valor seria Cr\$ 15.055.000,00, sendo que as matérias primas representam 31% do total, mão de obra 22%, depreciação 21%, impostos 15%, manutenção 8% e energia 3%.
- Com base na composição de custos pode-se concluir que o sucesso do empreendimento é sensível as condições de preço da soda e do cloro, e é praticamente independente de condições de fornecimento de energia. Por outro lado, tendo em vista a natureza do processo chegou-se a um alto valor para depreciação que na prática poderá ser diminuído por um sistema bem planejado de manutenção.
- Com base nas estimativas de receita e custo operacional, calculou-se a taxa e o tempo de retorno para o investimento estimado. O resultado foi uma taxa de 17% e um tempo de 6 anos. Portanto pode-se concluir que o resultado não é dos mais estimulantes. Isto acrescido do fato que o preço da escória não foi incluído, supondo-se que todo seu custo tenha sido agregado aos tratamentos anteriores.
Se admitimos um preço para a escória de Cr\$ 1.000,00 por tonelada, a taxa de retorno baixaria para 15% e o tempo de retorno aumentaria para 7 anos.
- Finalmente, deve-se antecipar uma certa dificuldade de colocação do tetracloreto no mer-

cado. Tal fato reduziria a receita para Cr\$ 21.816.000,00, o que reduziria a taxa de retorno para 10% e aumentaria o tempo de retorno para 10 anos.

FIG.-1 FLUXOGRAMA DA CLORAÇÃO DAS ESCÓRIAS DE ESTANHO

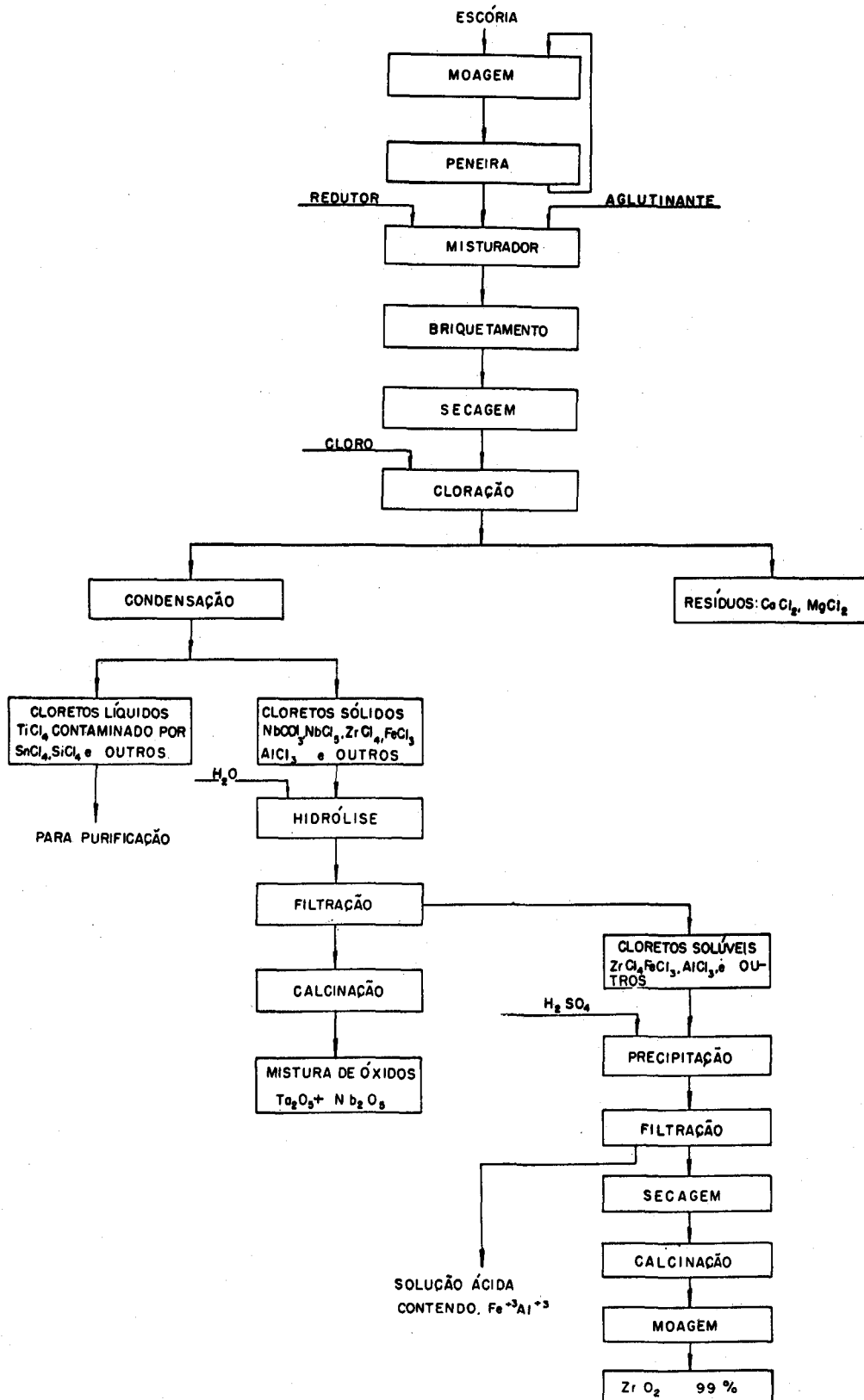


TABELA I

Análise química de uma escória típica de Sn produzida pela Mamoré Mineração e Metalurgia S/A.

Componentes	%
SnO ₂	3,86
FeO	4,48
CaO	18,2
SiO ₂	36,8
MgO	1,28
TiO ₂	6,17
ZrO ₂	9,62
Al ₂ O ₃	7,08
Nb ₂ O ₅	3,80
Ta ₂ O ₅	1,16
	<hr/> 92,8

TABELA II

CUSTO ANUAL DE MATÉRIAS PRIMAS

<u>MATÉRIAS PRIMAS</u>	<u>Cr\$ 1.000</u>
Escória	-
Hidróxido de sódio	1.920
Cloro	2.400
Carvão	288
Ácido sulfúrico	96
Melaço	12

Custo total das matérias primas 4.716

TABELA III

CUSTO ANUAL DE MÃO DE OBRA

<u>Pessoal</u>	<u>Cr\$ 1.000</u>
Mão de obra direta	
1 engenheiro	400
9 técnicos	900
24 operários	460
	<hr/>
Custo total de mão de obra direta	1.760
Mão de obra indireta	
10% sobre mão de obra direta	176
Encargos	
80% sobre mão de obra direta	1.408
	<hr/>
Custo total de pessoal	3.344

TABELA IV

CUSTO ANUAL DE ENERGIA

<u>ENERGIA</u>	<u>Cr\$ 1.000</u>
Elétrica	132
Óleo combustivel	240
Custo total de energia	<hr/> 372

TABELA V

ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES DE CAPITAL DE GIRO

<u>COMPONENTES</u>	<u>Cr\$ 1.000</u>
Matérias primas (2 meses)	1.000
Produtos em processamento (1 semana)	400
Produto acabado (1 mês)	1.800
Contas a receber (1 mês)	1.800
Mão de obra (1 mês)	300
Manutenção (1 mês)	100
Caixas e bancos	60
Total	<u>5.460</u>

TABELA VI

CUSTO OPERACIONAL DA UNIDADE INDUSTRIAL

<u>CUSTOS</u>	<u>Cr\$ 1.000</u>
Matérias primas	4.716
Mão de obra	3.344
Energia	372
Depreciação (80% IF 10 anos)	3.200
Manutenção (3% IF)	1.200
ICM (13%)	<u>2.223</u>
Custo total de operação	15.055

TABELA VII

RECEITA ANUAL DA UNIDADE INDUSTRIAL

<u>PRODUTOS</u>	<u>Cr\$ 1.000</u>
Ta ₂ O ₅ (25%) + Nb ₂ O ₅	11.880
ZrO ₂ (99% duro)	9.936
TiCl ₄ (comercial)	4.230
	<hr/>
Total do faturamento	26.046