

ASPECTOS DA ESCOLHA DE TECNOLOGIA PARA A PRODUÇÃO DE MAGNÉSIO NO BRASIL (1)

EDUARDO DA GAMA CÂMARA (2)

PAULO REMI GUIMARÃES SANTOS (3)

DARLY PINTO MONTENEGRO (4)

RESUMO

O presente trabalho é consequência do esforço que vem sendo feito no CTA na área de magnésio e analisa o potencial de aproveitamento das águas-mães residuais da produção de cloreto de sódio, face aos aspectos de mercado, de localização e tecnológicos. Ênfase especial é dada ao estágio atual dos diversos processos disponíveis para a produção de magnésio e é discutida a escolha de uma linha de tratamento. Tendo em vista o "estado da arte", é demonstrado o potencial existente para trabalhos de desenvolvimento na área.

(1) Contribuição Técnica a ser apresentada ao VI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, Rio de Janeiro, 1979.

(2) Engenheiro Químico, MSc, PhD, Chefe do Projeto Águas-Mães, da Divisão de Materiais, Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, Centro Técnico Aeroespacial.

(3) Engenheiro Mecânico, pesquisador da Divisão de Materiais, Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, Centro Técnico Aeroespacial.

(4) Engenheiro Químico, pesquisador da Divisão de Materiais, Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, Centro Técnico Aeroespacial.

1 - INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos mais importantes consumidores mundiais de magnésio após os EUA, URSS, Alemanha Ocidental e Japão. O crescimento deste mercado foi gradativo, atingindo-se uma participação de 4,8% em 1975 e devendo chegar a aproximadamente 6% em 1980 (12.000t). A estrutura do consumo do metal difere bastante das médias mundiais, uma vez que as aplicações de um único consumidor representam 94%.

Nos últimos 3 anos o consumo esteve estabilizado na faixa de 11.500 t/ano como consequência das barreiras criadas às importações, que vieram impor uma política de substituição por outros materiais e que veio impedir uma contínua exploração de campos potenciais para o metal. O Quadro 1, mostra a situação atual de consumo e as perspectivas para 1985.

2 - PROCESSAMENTO

2.1 - ASPECTOS GERAIS

A produção de magnésio se faz através de dois tipos de processos: Térmico e Eletrolítico.

Os processos térmicos oferecem como principal vantagem, uma produção mais elástica, um menor investimento e um magnésio mais puro. Os processos eletrolíticos, tem como vantagem o fato de serem contínuos, de custos operacionais mais baixos, menor consumo de energia e não apresentam limites para expansão da escala de produção. Do total de magnésio produzido no mundo, 65% é por via eletrolítica e 35% por via térmica.

2.2 - FONTES

De um ponto de vista amplo, o Brasil teria a possibilidade de produzir magnésio tanto por processo térmico como eletrolítico, face às diversas alternativas no que diz respeito à matérias primas e outros insumos. Esta situação é ilustrado na Figura 1, que mostra de forma esquemática todas as opções para se chegar ao metal. O Quadro 2, resume a situação atual de reservas de importância econômica para a produção de magnésio.

Sob o aspecto particular, algumas considerações podem ser feitas quanto às várias alternativas apresentadas. Os evaporitos de Sergipe, pela sua importância em termos de potás-

sio, estão sendo estudados prioritariamente para este fim. A magnésita é a matéria prima nobre para a produção de refratários e seu emprego para a obtenção de magnésio não seria estrategicamente adequado. As dolomitas, que são empregadas mundialmente nos processos térmicos, do ponto de vista econômico não seriam adequadas ao processo eletrolítico.

Face ao acima exposto, as águas-mães surgem como matéria prima de grande potencial para a produção de magnésio. Pela sua composição, vide Quadro 3, oferecem como vantagem adicional a possibilidade de extração de outros valores além do magnésio. Este encontra-se sob a forma de cloreto, indicando que desde que haja viabilidade de separá-lo e secá-lo seria adequada para um processo eletrolítico.

Estas águas-mães, são decorrentes da concentração por evaporação solar da água do mar para a produção de cloreto de sódio. A produção de maior importância econômica localiza-se na região salineira do Rio Grande do Norte, exatamente pelas excepcionais condições para evaporação solar existentes na quela área.

A região salineira do Rio Grande do Norte, é principalmente representada pelos municípios de Areia Branca e Macau. Além de excepcionais condições para a evaporação solar, a região está próxima à fonte compatível de energia hidrelétrica e há disponibilidade de quantidades apreciáveis de gás natural. Estes três fatores consistem o trinômio básico para a produção eletrolítica do magnésio de forma altamente competitiva.

Fazendo-se referência ao Quadro 3, nota-se que as águas-mães da região são caracterizadas por um alto teor de sulfatos, sendo que, a linha principal de produtos objetiva cloretos. Este fato teria um impacto econômico negativo no processo eletrolítico. No entanto, surge um quarto fator regional que é determinante para a opção eletrolítica. Com a implantação em Macau de uma fábrica de barrilha, estará disponível um efluente rico em cálcio que a custo marginal poderá servir de meio para precipitação do sulfato.

2.3 - FUNDAMENTOS DOS PROCESSOS ELETROLÍTICOS

Os processos eletrolíticos foram desenvolvidos segundo duas linhas básicas de tecnologia, eletrólise do cloreto de magnésio hidratado e eletrólise do cloreto de magnésio a

nídro. A Figura 2, mostra de forma esquemática as principais operações da duas linhas básicas. O Quadro 4, apresenta as principais características dos processos.

Uma análise detalhada destes processos com fins de seleção não pode ser feita sem se considerar os aspectos históricos de cada um.

A produção de magnésio em larga escala está vinculada a diversos fatores, além dos puramente técnicos, pois existem alguns pontos que merecem atenção e que podem tornar uma linha tecnológica mais ou menos atraente para uma dada localização.

O processo de eletrólise do cloreto de magnésio hidratado que é utilizado somente nos Estados Unidos pela Dow Chemical, usa a água do mar como matéria prima. Isto significa uma fonte interminável a baixo custo e livre de efeitos inflacionários. Mas é precipitado com óxido de cálcio que possa a ser um custo adicional.

Devido ao fato de que as células Dow são alimentadas com cloreto de magnésio hidratado, menos energia é utilizada na operação de secagem. Mas a água presente na célula causa oxidação nos anodos a uma razão de 100 quilos de grafite por tonelada de magnésio produzida. O cloro produzido durante a eletrólise não é suficiente para gerar todo HCl preciso para neutralizar o hidróxido de magnésio.

A eficiência de corrente das células Dow é baixa, 75 a 80%, sendo o máximo de corrente aplicada 90.000 A para um consumo energético de 19.000 KWh por tonelada de magnésio. O aquecimento é externo, possibilitando uma temperatura mais homogênea mas uma eficiência térmica menor e uma resposta mais lenta ao controle.

A versão original do processo de eletrólise do cloreto anidro é de autoria da IG Farben alemã, e é baseada na cloração do MgO obtido da água do mar. Atualmente é utilizada pela Norsk Hydro na Noruega que a está substituindo pela versão modificada a exemplo da National Lead e American Magnesium nos Estados Unidos.

A principal vantagem da nova versão do processo IG é o fato de cloro produzido nas células na razão de 2 toneladas de cloro por tonelada de magnésio não ser reciclado, passando a ser um crédito do processo. Tal fato está ligado à obten

ção direta do cloreto de magnésio por evaporação e secagem da salmoura original.

Uma das principais desvantagens do processo era a manutenção das células face a sua geometria que exigia semi-paredes suspensas para separação do cloro do magnésio. Este fato já foi superado com o projeto das células atuais. A presença de água mesmo em pequenas quantidades tem efeitos altamente negativos, pois para cada 0.1% de água presente ocorre uma queda na eficiência de corrente de 1%. O eletrolito é aquecido por efeito Joule significando um custo adicional de energia, associado a uma temperatura menos homogênea.

O consumo de energia nas células IG é de 14.000 KWh por tonelada de magnésio. A eficiência de corrente é de 90% e na sua última versão já são operadas na faixa de 250.000 A.

O magnésio produzido em ambos os casos é de pureza semelhante, mínimo 99.9%. Finalmente vale lembrar que o processo para cloreto anidro, depende essencialmente de um meio barato para evaporação. Assim não se pode deixar de enfatizar a importância que vem sendo dada à energia solar. Em termos comparativos, a evaporação utilizando-se combustível custaria cerca de US\$ 0.05 por quilo de magnésio, enquanto que a evaporação solar, em condições favoráveis, custaria US\$ 0.01 por quilo de magnésio.

Pode-se concluir que o procedimento IG Farben encontra-se em fase mais avançada de desenvolvimento, sendo que alguns de seus aspectos negativos já foram suplantados principalmente no que diz respeito à manutenção. No entanto, mesmo para este processo, a tecnologia ainda está longe de ter atingido seu desenvolvimento total, principalmente em relação à eficiência energética.

3 - CONCLUSÕES

A produção de magnésio por processo eletrolítico ainda se caracteriza por um alto consumo de energia. É pois um campo onde o potencial para desenvolvimento tecnológico é vasto, não havendo disponível uma tecnologia pronta com nível ideal. Entre as áreas específicas de estudo surgem com importância o comportamento físico-químico do eletrolito, geometria da célula, qualidade do cloreto de magnésio e balanço de energia.

Entre os procedimentos eletrolíticos, o IG Farben

atual, oferece uma série de vantagens econômicas e técnicas provadas em diversas unidades em operação, citando-se principalmente a alta densidade de corrente e o crédito do cloro.

O emprego de energia solar na separação e obtenção do cloreto de magnésio parece ser o caminho indicado dentro da conjuntura energética em que vivemos, sendo ainda essencial uma fonte de energia adicional para que se obtenha o sal anidro.

As águas-mães do Rio Grande do Norte, surgem como matéria prima de grande potencial, face ao seu conteúdo de magnésio e outros sais aproveitáveis, associado às vantagens regionais, em termos de energia solar, elétrica e gás natural.

QUADRO 1 - CONSUMO DE MAGNÉSIO, TONELADAS

	1978	1985
Fundição	11.100	13.000
Semi-manufaturados	1.600	5.200
Indústria-automobilística	-	15.000
Produção de titânio	-	800
Dessulfuração do gusa	-	6.000
TOTAL	12.700	40.000

QUADRO 2 - RESERVAS DE MATÉRIAS PRIMAS, CONTENDO MAGNÉSIO (MEDIAS)

MATÉRIA PRIMA	QUANTIDADE	Mg CONTIDO
Dolomita	1.024.212.557 t	122.905.507 t
Magnesita	163.146.961 t	45.028.561 t
Carnalita	14.000.000.000 t	1.200.000.000 t
Taquidrita	4.000.000.000 t	200.000.000 t
Águas-Mães	4.000.000 m ³ /ano	145.800 t/ano

FONTES: Anuário Mineral Brasileiro
 Petrobrás Mineração S/A
 CIRNE
 Tecnometal

QUADRO 3 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DAS ÁGUAS-MÃES

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO g/l
Ca	0.17
Mg	36.45
K	10.89
Br	1.86
SO ₄	50.89
Cl	188.40
Na	71.48

FONTE: CIRNE

QUADRO 4 - DADOS COMPARATIVOS DOS PROCESSOS ELETROLÍTICOS

Variáveis	Eletrólise do $MgCl_2 \cdot 1.25H_2O$	Eletrólise do $MgCl_2$ anidro	
		Com reciclo de Cloro	Sem reciclo de Cloro
Alimentação	Água do Mar 130000000 m ³ /ano	Água do Mar 130000000 m ³ /ano	Salmourç 4100000 m ³ /ano
Magnésio	30000 ton/ano	30000 ton/ano	30000 ton/ano
Cloro	Reposição 850 ton/ano	850 ton/ano	63000 ton/ano
Calcareo	245000 ton/ano	200000 ton/ano	-
Energia elétrica para preparação e eletrólise	21000 KWh/ton Mg	24700 KWh/ton Mg	19000 KWh/ton Mg
Energia térmica	25×10^6 Cal/KgMg	2×10^6 Cal/KgMg	18×10^6 Cal/KgMg
Mão de obra	400	350	250
Investimento	US\$ 4000-6000 por ton/ano	US\$ 4000-5000 por ton/ano	US\$ 5000 por ton/ano

	DOW	IG FARBEN
Célula	Recipiente de aço	refratário
Aquecimento	Corrente contínua no interior e gas no exterior	Corrente contínua no interior
Anodos	Tarugos de grafite substituíveis	Placas de grafite fixas
Catodos	Fixos no sentido transversal, em aço	Suspensos, em aço
Corrente, A	90.000	90.000 a 230.000
Retirada do Metal	Cuba de esfriamento	recipiente a vácuo

FIGURA 1 - DIFERENTES POSSIBILIDADES PARA A PRODUÇÃO DE MAGNÉSIO

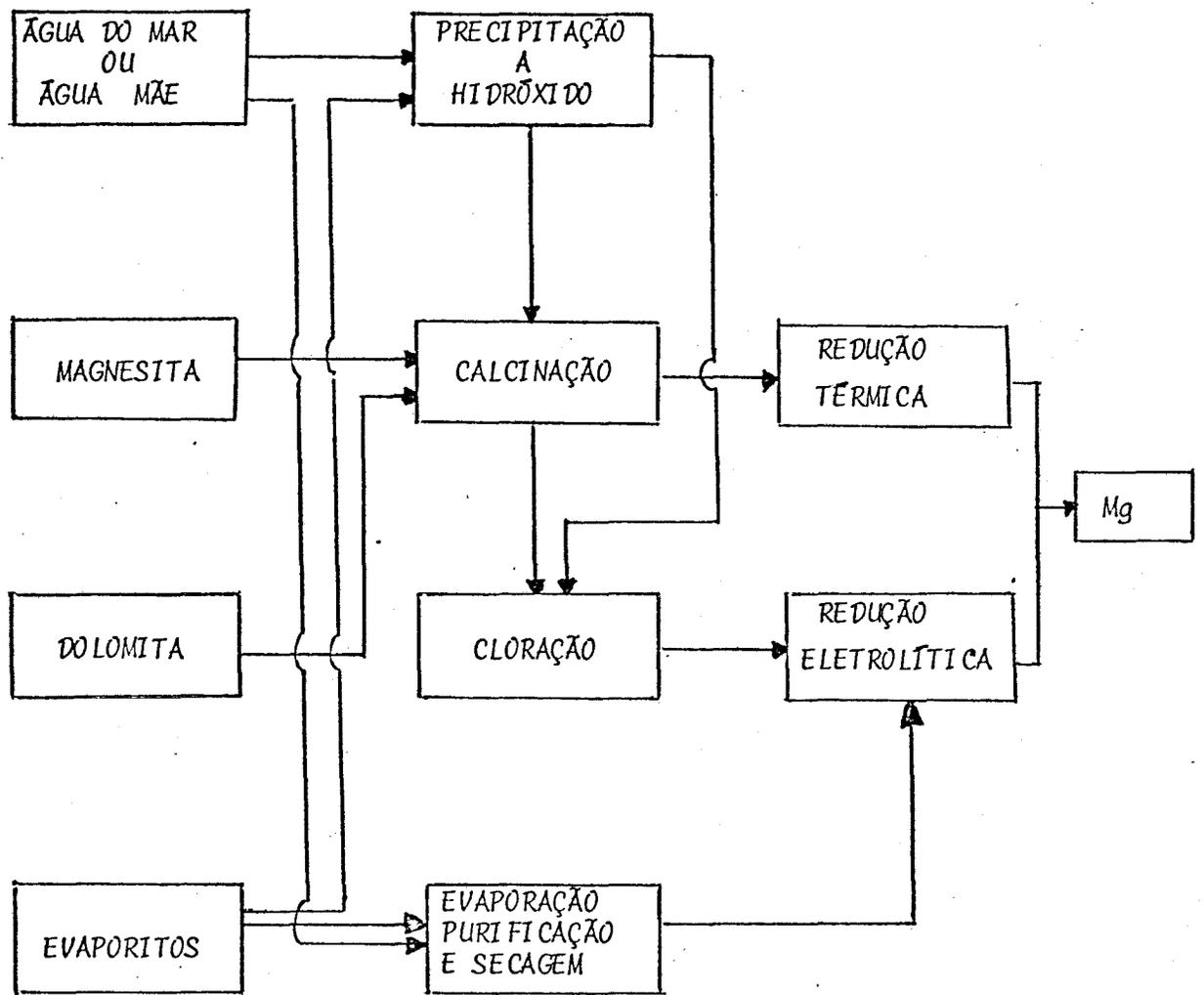
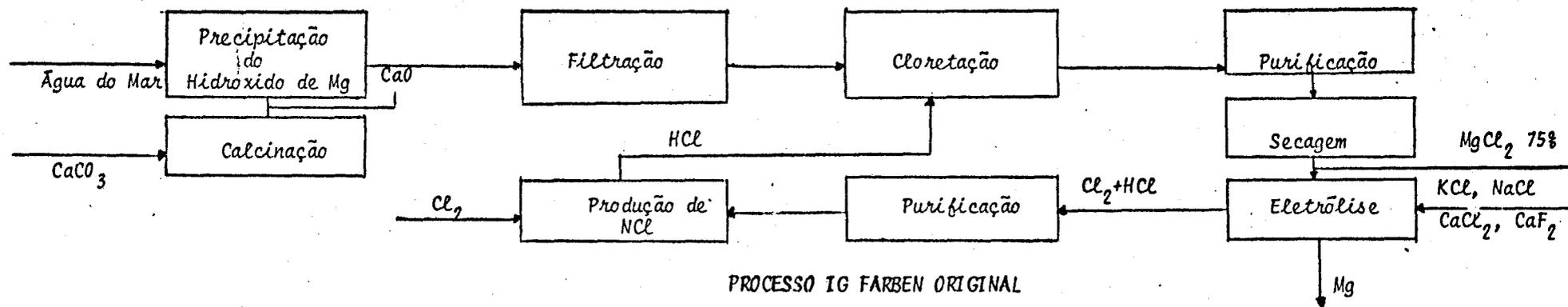
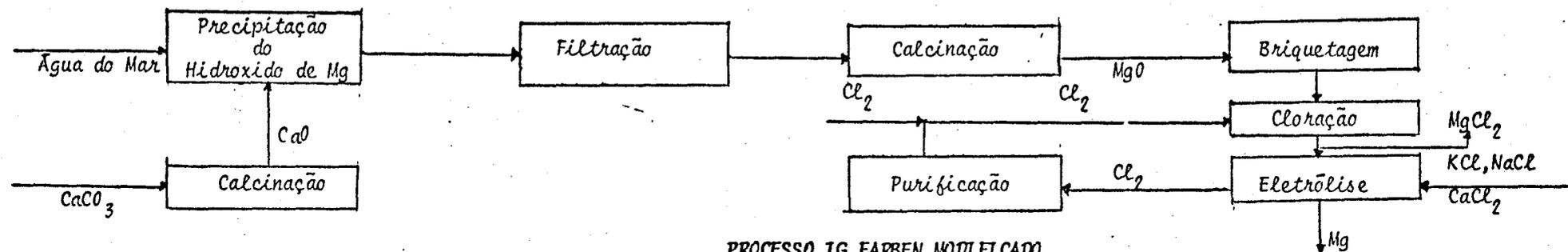


FIGURA 2 - PROCESSOS ELETROLÍTICOS

PROCESSO DOW PARA
CLORETO HIDRATADO



PROCESSO IG FARBEN ORIGINAL



PROCESSO IG FARBEN MODIFICADO

