

35

ESTIMATIVA DE CUSTO PARA PRODUZIR MAGNÉSIO POR
ELETROLISE NO BRASIL

J. A. Freymann (o)
C. B. dos Santos (o)
P. M. Cibrián (o)

I - INTRODUÇÃO

Foram os seguintes fatos que motivaram nosso interesse por este assunto:

- o magnésio é um metal amplamente vinculado as indústrias automobilística, aeronáutica, produção de titânio zircônio e urânio, e alguns setores da indústrias bélica,
- o caráter estratégico que isso lhe confere, explica porque todos os países tentam produzi-lo com matérias primas disponíveis dentro de suas fronteiras,
- o Brasil, com seu consumo atual em torno de 4000 t/ano, se apresenta em sexto ou sétimo lugar entre os consumidores mundiais, na frente de países como a França e Italia. Este consumo, comparativamente alto, explica-se pela fabricação do automóvel Volkswagen. As fábricas deste carro consomem em torno de 20% da produção mundial,
- se por alguma causa, houver uma falta no fornecimento exterior, a indústria automobilística nacional entraria em colapso. É verdade que a capacidade de produção instalada no mundo é muito superior ao consumo, mas não se deve esquecer que o consumo pode dobrar facilmente em caso de um conflito armado,

- êste fato seria suficiente para se pensar na necessidade de produzir êste metal, sem falar na indústria aeronáutica, nuclear e de metais refratários, que deverão ser instalados num futuro próximo.
- a vinculação do consumo a uma indústria tão dinâmica como a automobilística, num país de desenvolvimento, representa uma garantia para o investimento.

Depois de um estudo dos métodos de produção de magnésio, realizado neste Instituto, chegamos às seguintes conclusões:

- a grande variedade de processos que foram usados, explica-se por aquele caráter estratégico já destacado, que faz com que cada país tente usar sua própria matéria prima,
- de todos os métodos usados durante a guerra, apenas dois se conservam atualmente: redução pela corrente elétrica ou com ferro silício, o primeiro sendo responsável por 85% da produção mundial atual,
- a coexistência destes dois processos, apesar da desvantagem no custo de produção que o processo silico-térmico a carreta, explica-se pelas seguintes razões: a existência de fábricas montadas durante a guerra para atender ao violento aumento do consumo; o interesse dos governos em manter uma produção nacional; a pureza maior do produto, importante quando vai ser usado como redutor dos metais reactivos.

O maior custo de produção se origina de acôrdo com um relatório do U.S. Bureau of Mines (1), nos seguintes fatores:

- o custo elevado do redutor (24%)
- a redução-destilação em pequenos "batches" (52%)
- a mão de obra comparativamente alta;
- as perdas havidas no lingotamento das corôas (6%)

O referido relatório estimou o custo de produção de uma usina para 12.000 t/ano, operando nos E.U., em 41 cents/libra (1964), quando o preço de venda andava pelos 36 cents. Êste processo se fôsse usado no Brasil teria a seu favor eviden

temente a mão de obra mais barata, mas em compensação teria na nossa opinião, de enfrentar as seguintes dificuldades:

- a inexistência de combustível barato (gás natural) como ocorre nos Estados Unidos,
- a fabricação das retortas Pidgeon, que tornaria a produção provávelmente dependente do fornecimento, exterior.

Baseados nestas informações chegamos à conclusão que um processo eletrolítico usando magnesita, operando com cloreto anidro formado no ataque do óxido de magnésio com cloro seco, seria o processo mais indicado para um país com vultosas reservas de magnesita de elevada pureza e com energia elétrica disponível a preço razoável, próximo das jazidas.

Esta é a situação brasileira.

Outra fonte possível de matéria prima para o mesmo processo, seria a magnésia extraída das águas mães de fábricas de sal, restando apenas a dúvida se teria condições de competir em preço. Este processo eletrolítico ofereceria ainda outras vantagens para nossa situação:

- o processo é adaptável a produções relativamente pequenas,
- o consumo de cloro, um dos principais insumos, que permitiria diminuir o deficit atual do país em soda,
- a possibilidade de associar esse tipo de instalação, a uma indústria de titânio, onde o cloreto de magnésio, subproduto da redução, poderia ser reciclado,
- a autonomia do processo, que não dependeria de fornecimento exterior para sua operação,
- a existência de um mercado para o cloreto de magnésio, como componente do cimento Sorel.

Outro fator que deve ser considerado também, é a evolução observada recentemente no sentido de se fazer eletrólise de cloreto completamente anidro, uma vez que está sendo resolvido o problema de tratar esse produto em células de grande amperagem. A Dow anunciou o teste de produção com êxito de células para 180.000 ampéres (2). No mesmo local os metalurgistas russos comunicaram que células de 100.000 ampéres estavam em operação normal, em seu país, tendo baixado o consu

mo de energia para 16.000 KW h/t. Como é sabido, a operação com células de 40 a 50 mil ampères no máximo, constituia a maior limitação do processo.

2 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Um esquema do processo eletrolítico usando magnesita é apresentado na fig. 1. A magnesita é britada e classificada, sendo a seguir clacinada a baixa temperatura, num forno vertical de soleira múltipla. O produto esfriado, passa num moíno de martelos, sendo a seguir misturado com carvão moído e um aglomerante, para ser transformado em briquetes.

Os briquetes, após a separação dos finos, são introduzidos num forno túnel, onde são coquizados. Ainda quentes são alimentados nos fornos de cloração. Estes fornos são elétricos sendo aquecidos por passagem de correntes através de um leito de carvão atuando como resistência colocado na parte inferior.

O cloreto de magnésio produzido no estado líquido, desce no leito, acumulando-se no fundo, de onde é vazado periodicamente em caçambas, sendo transferido diretamente para as células de eletrólise no estado líquido. Estas operam com os sais fundidos pelo calor da própria eletrólise, formando-se magnésio no estado líquido que flutua sobre os sais. O cloro que se forma é aspirado e conduzido diretamente aos clorados. O magnésio fundido, retira-se fundido, retira-se periodicamente com uma caçamba-sifão, sendo transferido para os fornos de refino, de cadinho basculante. O refino é feito por adição de um fluxo, a fim de limpar o magnésio dos sais que levava em suspensão. A seguir o metal é lingotado. Este processo produz o metal comercial, com pureza de 99,85%. No esquema também foi previsto um refino por destilação em retorta de vácuo, que permite obter uma pureza de 99,99% possibilitando a produção de magnésio para usos especiais.

3 - CUSTO DE INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO

As tabelas I e II apresentam o volume do investimento e o custo de operação de uma instalação para 5.000 t/ano, operando com esse processo no Brasil. Esta capacidade de produção

foi escolhida pensando no consumo mínimo previsível para 1970, mas é provável que o consumo naquela data seja bem maior. O custo dos equipamentos foi estimado com base em informações de fabricantes nacionais, de indústrias nacionais operando com equipamento similar e nalguns casos, em preços de catálogos americanos.

O custo de instalação de cada equipamento foi estimado entre 10% e 20% do seu valor de acôrdo com a complexidade do mesmo. Os fornos cloradores, devido a falta de informação sôbre os mesmos, foram estimados com base em dados disponíveis sôbre a cloração de minérios de titânio, zircônio e nióbio, pelo que consideramos terão maior êrro que o resto dos equipamentos relacionados.

A seção de eletrólise foi estimada aceitando o investimento ser igual ao de uma para alumínio da mesma capacidade, computada na base de 500 \$ t/ano.

A instalação para o refino em vácuo foi avaliada com base numa para purificação de titânio que foi instalada recentemente neste Instituto, para uma operação similar.

As instalações auxiliares foram por nós dimensionadas e calculadas na base de outros similares existentes neste Centro. O capital de giro foi estimado para dois menses de operação. Os autores consideram que o desvio provável desta estimativa não deve ser superior a 2.000.000 Nc\$.

Quanto ao custo de operação devem ser feitos os seguintes esclarecimentos:

- os briquetes de magnésia foram computados pelo custo de produção que nos foi fornecido pela firma MAGNESITA S/A. de Belo Horizonte.
- a coquização e cloração foram calculadas com base em operações similares para outros minérios,
- a eletrólise foi calculada com base nos seguintes insumos: energia elétrica, perda de sais e consumo de eletrodos. O consumo de energia foi calculado a base de 18 KW/h/kg de magnésio com kWh a 0,027 Nc\$. As perdas de sais consideradas foram 20% nas lamas e 5% na retirada do metal. Não foi previsto retôrno para este material. Os desgastes de eletrodos foi calculado na base de 15 kg/t.

- os principais insumos do refino são o fluxo e a mão de obra, sendo o consumo de óleo pouco significativo. Não foi prevista recuperação do fluxo.

A mão de obra para toda a fábrica foi calculada por operação arrojando num total de 138 pessoas que inclui 10 engenheiros. O salário do pessoal foi computado na base de um custo mensal médio de 360 NC\$/pessoa, e 2.700 NC\$ para os engenheiros. Estes valores incluem o salário e os custos indiretos.

A depreciação foi estimada em 16% ao ano, de forma global para todo o equipamento.

Baseados nesta estimativa, concluímos que o magnésio pode ser produzido no Brasil a preço competitivo pelo processo descrito, com um investimento de 2.455 NC\$/t.ano, valor comparável aos 900 US\$/t.ano, que foram estimados para uma planta Pidgeon de 12.000 t/ano, no citado relatório do U.S. Bureau of Mines.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a colaboração das firmas: Magnesita S/A; Volkswagen do Brasil S/A; Alumínio Minas Gerais S/A; Willys Overland do Brasil e Companhia de Aços Paulista, que nos forneceram os dados para a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- (1) - "An economic and technical evaluation of magnesium production methods" - I Metallothermic. by K.C.Dean, D.A. Elkins, and S.J. Hussey.
- (2) - "Journal of Metals", by J.D.Hanawalt, July, 1964.
"Journal of Metals" - pag. 556, July 1964.

ELETRÓLISE NO BRASIL

Pedro Mijares Cibrian⁽¹⁾
Johann A. Freymann⁽²⁾
Ciro Bondesan Santos⁽³⁾

DEBATE:

Valeriano⁽⁴⁾

- Felicitando os autores do trabalho, Mijares, Freymann e Bondesan e, se me permitem, para iniciar os debates, vou salientar alguns pontos do que foi tratado, por exemplo o processo de calcinação aventado pelos autores, sua aplicação e estudo econômico feito elimina uma difícil fase do processo eletrolítico ou outros, qual seja a calcinação nunca conseguida completamente, trazendo consequentes dificuldades para a eletrólise. Como desvantagens apresentam, visto de outra prisma, uma técnica muito difícil de eletrólise em contraposição com outros processos de redução térmica, e o fato de ser um processo pouco elástico, no que diz respeito à expansões futuras. Lembrando talvez pudesse ter sido feito também, um estudo comparativo com o processo carbotérmico, como aventado pelo Prof. Rennó há muitos anos para o Recôncavo Baiano, utilizando gases de petróleo como redutor.

Cap Longo⁽⁵⁾

- Queria fazer uma objeção à citação do autor de que o processo Pidgeon dependeria da importação da retorta. Eu acho que não é real. Em 1959 nós já havíamos verificado que havia possibilidade de se fazer essa retorta no Brasil. Inclusive havíamos até tomado preço de forma que acho que essa informação não caberia aqui.

Mijares

- Quanto à essa objeção, a retoria Pidgeon é uma retorta de Níquel e Cromo, como sabe, o Níquel não é produzido no Brasil. Por outro lado a recuperação da retorta, que por outro lado também pode ser levantada, é problemática, porque os gases da combustão introduzem dentro do material algumas impurezas que provavelmente tornará a recuperação impossível. Talvez aqui há alguns especialistas que poderiam indicar se isso pode ser feito, com material totalmente produzido no país.

Mario Rennó⁽⁶⁾

- Primeira questão que eu queria levantar, foi exatamente essa apresentada pelo Cap Longo. Nós estamos numa reunião de Não Ferrosos e agora precisamos de um aciarista para decidir a discussão. Eu também imagino que não haveria dificuldades, de produzir no Brasil esse aço de alta liga, porque nós temos a Mórro Níquel produzindo ferro-níquel refinado de muito baixo teor de Carbono e de silício, e temos também a produção de ferro-cromo. Então eu imagino que as aciarias de aços especiais poderiam perfeitamente fazer esse aço. Numa consulta sem nenhum compromisso, eu ouvi da Usina Queiros Jr., que ela poderia fundir essas retortas, em aço especial. O problema levantado pelo autor, de que esses aços poderiam ser impurificados na retorta em uso para depois serem refundidas, seria um problema de refino do aço, porque não seria uma simples refusão, mas poderia ser uma fusão com refino do aço para utilização dessas retortas como sucatas de aços especiais, para retorno à novas fundições. Mas enfim eu não sou especialista para garantir essa solução. Outra indagação eu faria ao autor, seria a respeito da sua sugestão, de que uma usina eletrolítica poderia ser colocada próxima à jazidas de magnesita e citou Paulo Afonso.

Será que junto de Paulo Afonso existe realmente magnesita de pureza bastante alta para o processo? Porque na Bahia existem as famosas jazidas de Brumado, mas essas já estão bastante longe de Paulo Afonso, e na região de Brumado eu creio que ainda não há energia abundante, suficiente, e de preço baixo, que possa abastecer a usina eletrolítica para esse fim. Essa é uma pergunta. A segunda, é onde o autor diz que outra fonte possível de matéria prima, para o mesmo processo, seria a magnésia extraída das águas-mães das fábricas de sal, restando apenas a dúvida que se estaria em condições de competir em preço. Então eu perguntaria, onde seria colocada uma fábrica dessas para utilizar águas-mães das fábricas de sal, e se seria satisfeita a condição de energia abundante e barata que seria a condição "sine qua non" para possibilitar essa fábrica.

Mijares

- Quanto à primeira pergunta, nós estávamos dizendo que a magnesita estava na região de Paulo Afonso. Nós temos informações que está na área de Paulo Afonso. Agora, a magnesita, a magnésio calcinada viaja para Belo Horizonte, para produzir refratários em Belo Horizonte, e viaja para o exterior para produzir refratários também, de modo que pode viajar também alguns quilômetros para produzir magnésio. Agora, sobre a fábrica de sal, estou aludindo à Cia Nacional de Álcalis, que com sua nova fábrica de sal, terá água-mãe com magnésio, que poderia se aproveitar para produzir magnésio. A única dúvida desse óxido de magnésio pode competir em preço como outro mas esse óxido de magnésio poderia vir já para um lugar onde encontrar energia elétrica barata.

- Rennó
- Seria um caminho bastante grande, para sair de Cabo Frio para onde houver energia barata. Seria Minas Gerais, energia da CEMIG ou se querendo Paulo Afonso.
- Mijares
- Eu penso que se êsse material viaja para fazer refratário, também pode viajar para fazer magnésio metal.
- Bondesan
- Eu queria apenas ressaltar ao Prof. Mario Rennó, e ao Cap Pirro y Longo, os seguintes dados: como disse o autor aqui no trabalho, êsse magnésio obtido pelo processo Pidgeon êle sai nos estudos do Bureau of Mines, a 41 cents por libra, e que o preço comercial de mercado era de 36 cents por libra. Nêsse tempo foi computado o preço da retorta Pidgeon que utiliza mais ou menos 20% de Ni, e o níquel custava US\$ 2/kg - níquel metálico e atualmente no mercado negro, porque existe uma falta tremenda de níquel, o níquel está sendo cotado até US\$ 5/kg. O ferro-níquel também, segundo informações que nós temos, está sendo cotado a um preço um pouco mais elevado, no mercado internacional, e existem mesmo preocupações dos EE.UU nêsse ponto da comercialização do Níquel. Eu tenho aqui o trabalho é do "Chemical Week", êle cita que o Níquel está sendo cotado até US\$ 5/kg, o níquel metálico e é justamente o níquel metálico que é preferido para fabricação de aços dêsse tipo.
- Mario Rennó
- Na questão do níquel, nós precisávamos mesmo de um aciarista porque se o estrangeiro trabalha com Níquel puro, é porque dispõem dêle. Nós que dispomos de ferro-níquel creio que poderíamos utilizá-lo perfeitamente. O ferro níquel altamente refinado é produzido já no país. Outra questão sôbre que eu queria um

esclarecimento, é sôbre as vantagens do processo eletrolítico; refere o autor que há a possibilidade de associar êsse tipo de instalação a uma usina de titânio, onde o cloreto de magnésio, sub produto da redução de tetracloreto de titânio poderia ser reciclado. Acho que não tem nada uma coisa com outra, porque se trata de uma reciclagem do magnésio utilizado na indústria do titânio, e o cloreto do magnésio volta a uma célula e se nós abstrairmos das perdas temos um circuito fechado com 100% de rendimento. O magnésio da cela vai ser redutor do tetracloreto de titânio, e o cloro vai ser empregado na cloração do minério do titânio, e depois êsse cloro, cloreta o magnésio, volta à cela de cloreto de magnésio pra nova redução. De modo que aí não se teve nada com a indústria do magnésio. Apenas o que se faz, é utilizar algumas das células do processo eletrolítico para reconstituir o magnésio para redutor e utilizar o cloro na cloração de $Ti O_2$. Outro fato que deve ser considerado também é que estão observando recentemente no sentido de se fazer eletrólise por cloreto, completamente anidro, uma vez que está sendo resolvido o problema de tratar êsse produto com certa dezena de kilo amperes. Aí eu perguntaria se esta eletrólise de cloreto anidro é mais favorável do que aquela que trabalha com cloreto hidratado.

Mijares

- A maior limitação do processo que foi desenvolvido na Alemanha, para eletrólise de cloreto anidro era o fato de ter de limitar a corrente a 50 Amp. isso aumentava o número de células e conseqüentemente o custo da instalação e operação. Com isto há o problema da recombinação do cloro e magnésio. Por ou

tro lado, a célula que opera com 20% de água, consome um pouco mais de energia elétrica, e também consome combustível, porque para a água ser evaporada, esse calor é fornecido com aquecimento do combustível. Então é uma célula forno; a célula que opera no processo anidro, não precisa de aquecimento externo, pelo contrário, essas novas células estavam sendo desenvolvidas para grande escala são células que devem ser esfriadas para poder operar com essa corrente. Então a dificuldade estava nesse problema de recombinação, que parece que está sendo resolvido pela "Dow" a base de cloreto de lítio, com o que o Mg vai para o fundo, e o cloro naturalmente sai por cima, e com isso a recombinação é menor. Parece que já estão querendo operar com células de 100 mil Amp., então as vantagens que tinha o trabalho com cloreto com 20% de água estão sendo perdidas e parece que a própria Dow, está desenvolvendo esta nova célula.

Rennó

- Tenho a impressão que estas células são aquecidas externamente porque certamente o gás é barato, então resulta menor consumo de energia. Na Alemanha todo o aquecimento de eletrólise era feita a custa de energia elétrica, o interesse era só de caráter econômico e não porque tenha a água a ser evaporada. A água será evaporada pelo calor reinante na eletrólise e será recombinada, resultando daí um teor mais alto de ácido clorídrico de gás clorídrico, isso é o proprio calor da célula que deve fazer. Acho que não será a água o condicionante para ter um aquecimento externo. Será certo isso?

Mijares

- Mas há um consumo maior de energia, porque para evaporar a água consome energia.

Rennó

- Representa consumo maior de energia de qualquer fonte. Não é por causa da água que é preciso aquecimento externo. Devem ter optado por êle devida a abundância de gás de petróleo, o aquecimento a gás deve ser mais barato do que consumir essa energia através dessa eletrólise de dentro da célula. É isso que penso seja a razão dessa diferença de formas de células, uma célula a forno, e a outra ser uma célula que não tem aquecimento externo.

Mijares

- De qualquer forma resulta um equipamento mais caro, e uma operação mais cara.

Valeriano

- O tempo destinado para debates está encerrado e eu precisava provocar a intervenção de um economista nesse debate, com a pergunta que ficou no ar na parte da manhã deixada para essa ocasião. Há 3 dias atrás, o centro ~~MaMo~~ raes Rego promoveu uma reunião em que foram apresentados pelo Dr Ferri, os metais não ferrosos no Plano Mestre Decenal, e idêntica pergunta feita agora pelo Prof. Mário Rennó, foi feita na ocasião: por que é que o magnésio estava ainda no ponto morto? E na ocasião uma das respostas, foi que o consumidor é praticamente uma entidade, a Volkswagen, e que talvez se devesse incentivar ou procurar a colaboração da grande firma, para que ela produzisse através de uma possível subsidiária, o magnésio de que ela necessita. Eu perguntaria então ao Dr Ferri, e ao representante da VW se daquela época para cá já se fez alguma coisa nêsse sentido.

Ferri (7)

- Tivemos satisfação de iniciar um contato, aqui no CTA, junto à Magnesita. Era nossa intenção que o representante da VW também estivesse presente, porque a meu ver, as condi -

ções são extremamente favoráveis. Quer dizer a Magnesita desenrolou um projeto nesse sentido, inclusive com a colaboração financeira da VW, que tem recursos recolhidos da SUDENE, através do artigo 3418 do Imposto de Renda. A meu ver, se associaria o interesse da VW para participar, há interesse da SUDENE em desenvolver o projeto e a Magnesita passou a se interessar pelo programa, acho inclusive que o momento é bastante oportuno, para que se inicie esses contatos. A meu ver são indispensáveis, ou extremamente úteis dentro de toda essa esquemática do Imposto de Renda e do grande consumidor.

Ove Shirm (8)

- A respeito desse assunto, eu não estou publicamente autorizado nem tenho as informações necessarias eu sou apenas um técnico da firma, mas naturalmente levaremos a sugestão à Diretoria para que se pronuncie no sentido de colaboração se ela achar isso realmente interessante. A única coisa que nós achamos e que entre nós técnicos já aventamos, várias vezes, é que seria talvez mais interessante provocar um incremento da produção de alumínio no Brasil antes que nós pensássemos na produção do magnésio, porque o alumínio é o metal de muito maior uso e nós temos aqui a maior fonte de recurso natural que é a bauxita, no mundo todo. A quantidade de magnésio utilizada por nós é aproximadamente 3 mil ton/ano. Eventualmente esse consumo de magnésio crescerá nos próximos anos com o aumento da nossa produção, mas quero dizer também que não há absolutamente uma garantia que essa produção seja realmente elevada. Os Srs bem conhecem os vários motivos que levam os industriais a fazerem seus planos aqui no Brasil a relativamente curto prazo, porque somos, como os Srs sabem, sujeitos a vários

fatores fóra da nossa vontade, fóra da nossa alçada. Em todo caso, levarei a sugestão a nossa Diretoria e ela vai se pronunciar a respeito.

Bondesan

- Existe mais um acréscimo ainda com relação ao projeto que é o seguinte: quero preço adotado na eletrólise para o KW é de C\$ 27,00 (antigos)/KW., E o Dr Walter disse há uns dias atrás que o preço do KW seria reduzido para NC\$ 0,15.

Cap Longo

- Quanto a se produzir ou não o Magnésio, eu queria dizer que existe, quanto à oportunidade da fabricação um outro problema que é o de segurança militar. Nós teremos que fazer o Mg. Esse é um problema inadiável, intransferível e que nós temos que resolver a curto prazo, porque ele envolve outros problemas, que não me compete citar aqui no momento, de segurança militar. De forma que se os civís não o fizerem economicamente para a sua utilização eu tenho a impressão que as Fôrças Armadas terão que tomar à si essa iniciativa e eu acho mais interessante que os civís a tomassem.

Edio Vieira⁽⁹⁾

- Convém lembrar a possibilidade de emprêgo da carnalita, que teria o aproveitamento duplo do potássio que é de interêsse do govêrno, porque é um material estrategico no desenvolvimento nacional, juntamente com o Mg que como bem falou o Cap Longo, é também estratégico e de interêsse nacional.

- 1) Pedro Mijares Cibrian
Pesquisador do Depto de Materiais - IPD/CTA
S. Jose dos Campos
- 2) Johann Alexander Freymann
Pesquisador do Depto de Materiais - IPD/CTA
S. Jose dos Campos
- 3) Ciro Bondesan dos Santos
Pesquisador do Depto de Aeronaves - IPD/CTA
S. Jose dos Campos
- 4) Dalton Linneu Valeriano Alves
Oficial do Exército - Engenheiro Metalurgista
Professor do Curso de Metalurgia do Instituto Militar de Engenharia - Membro da ABM
- 5) Wladimir Pirró e Longo
Oficial do Exército - Engenheiro Metalurgista
Professor do Curso de Metalurgia do IME
Membro da ABM
- 6) Mário Rennó Gomes, Dr
Prof Catedrático de Metalurgia dos Metais Não Ferrosos na
Escola de Engenharia da UFMG
Engenheiro Tecnologista do Instituto de Tecnologia Industrial
de Minas Gerais
- 7) Walter Ferri da Silveira Horta
Economista - Coordenador setor Metais Não ferrosos
IPEA - Min. do Planejamento
- 8) Ove Schirm
Chefe de Pesquisas - Engº Eletrônico da Volkswagen do Brasil
- 9) Édio Vieira de Azevedo
Professor Catedrático de Metalurgia Física da EEUFMG

TABELA 1
EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS

	ITEM	Nº	POTEN- CIA K w	TIPO DE OPERAÇÃO	CAPACIDADE POR UNIDADE	CUSTO DO EQUIPAM;	CUSTO DE INSTALAÇÃO	TOTAL (parcial)	TOTAL NCS
BRITAGEM	SILO DE AÇO	1			400 m ³	43.500	4.000	47.500	
	ALIMENTADOR MECÂNICO	1	5	45 H/SEMANA	9,5 T/H	9.000	500	9.500	
	PENEIRA VIBRATÓRIA	1	4	"	"	10.000	500	10.500	
	BRITADOR DE MANDIBULA	1	19	"	8 T/H	18.800	1.000	19.800	
	CORREIA TRANSPORTADORA	2	2	"	7 T/H	50.000	2.000	52.000	
	" "	2	1	"	3 T/H	20.000	1.000	21.000	
	MOINHO DE MARTELOS	1	18	"	8 T/H	12.000	2.000	14.000	
	PENEIRA VIBRATORIA CLASSIFICADORA	1	1	"	9 T/H	8.000	500	8.500	
	SILO DE AÇO	1		"	20 m ²	4.500	500	5.000	
	SILO DE CONCRETO	1		"	400 m ³	11.000		11.000	
	SUB-TOTAL		48						198.800
CALCINAÇÃO E MOAGEM	CORREIAS ALIMENTADORAS	1	1	INTERMITENTE	5 T/H	6.000	500	6.500	
	ELEVADOR DE CAÇAMBA	1	1	"	5 T/H	13.000	1.500	14.500	
	SILO DE AÇO	1		"	7 m ³	3.000	500	3.500	
	FORNO VERTICAL DE SOLEIRA MULTIPLA	1	4	CONTINUA	60 T/DIA	200.000	40.000	240.000	
	ESFRIADOR ROTATIVO	1	4	"	30 T/DIA	50.000	10.000	60.000	
	COLETOR DE PÓ (CICLONE)	1		"	4 m ³	3.000	500	3.500	
	EXAUSTOR	1	7	"	90 m ³ /minuto	3.500	500	4.000	
	CHAMINÉ AÇO	1		"	15 m	2.000	1.000	3.000	
	ELEVADOR DE CAÇAMBA	1	1	"	2 T/H	7.000	1.500	8.500	
	SILO DE AÇO (ESTOCAGEM MAGNESIA)	1		"	20 m ³	5.000	1.000	6.000	
	CORREIA ALIMENTADORA	1	1	45 H/SEMANA	6,0 T/H	8.000	800	8.800	
	MOINHO DE MARTELOS	1	18	"	6,0 T/H	12.500	2.000	14.500	
	ELEVADOR DE CAÇAMBA	1	1	"	6,0 T/H	11.000	2.200	13.200	
	SILO ESTOCAGEM MgO (AÇO)	1		"	200 m ³	30.000	4.000	34.000	
	SILO ESTOCAGEM CARVÃO	1		"	50 m ³	9.000	1.300	10.300	
ALIMENTADOR DE CORREIA	2	2	"	6 T/H	16.000	3.200	19.200		
			40						449.500
BRIQUETAGEM	UNIDADES PESA-CARGAS-PARA TRES COMPONENTES	1		INTERMITENTE	5 T/CARGA	10.000	2.000	12.000	
	ALIMENTADOR DE PARAFUSO	1	1	"	8 T/H	2.500	500	3.000	
	MISTURADOR DE FITA	1	20	"	2,5 T/CARGA	20.000	2.000	22.000	
	SILO ESTOCAGEM (AÇO)	1		"	5 m ³	2.000	500	2.500	
	ELEVADOR DE CAÇAMBA	1	1	"	10 T/H	7.000	1.000	8.000	
	SILO DE ESTOCAGEM (AÇO)	1		"	20 m ³	4.500	500	5.000	
	ALIMENTADOR DE PARAFUSO	1	1	45H/SEMANA	8 T/H	2.500	500	3.000	
	MÁQUINA DE BRIQUETAGEM	1	8	"	5 T/H	102.600	10.000	112.600	
	CORREIA TRANSPORTADORA	2	2	"	5 T/H	20.000	2.000	22.000	
	PENEIRA VIBRATORIA	1	1	"	5 T/H	8.000	500	8.500	
	ELEVADOR DE CAÇAMBA	1	1	"	5 T/H	7.000	1.500	8.500	
	SILO ESTOCAGEM BRIQUETAS (AÇO)	1		"	40 m ³	7.500	700	8.200	
			35						215.300

(continuação)

	ITEM	Nº	POTEN- CIA K w	TIPO DE OPERAÇÃO	CAPACIDADE POR UNIDADE	CUSTO DO EQUIPAMEN. INSTALAÇÃO	CUSTO DE INSTALAÇÃO	TOTAL (parcial)	TOTAL Nº\$
COQUIZAÇÃO CLORAZÃO	CORREIA ALIMENTADORA	1	1	INTERMITENTE	5 T/H	8.000	800	8.800	
	FORNO TUNEL EQUIPAMENTO	1	3	CONTINUA	1,5 T/H	24.000		24.000	
	CHAMINÉ (AÇO)	1			15 m	2.000	500	2.500	
	EXAUSTOR	1	2	CONTINUA	10 m ³ /MINUTO	1.500	500	2.000	
	TALHA ELÉTRICA(20 M. PERCURSO)	1	1	INTERMITENTE	0,5 T/CARGA	5.000	2.000	7.000	
	FORNOS DE CLORAZÃO EQUIPAMENTO	7	700	CONTINUA	6 T/DIA	265.000	40.000	305.000	
	TALHA ELÉTRICA TRANSPORTADORA DE CAÇAMBA (80 m. PERCURSO)	1	2	INTERMITENTE	0,5 T/CARGA	6.000	2.500	8.500	
									357.800
ELETRÓLISE	FONTE CORRENTE CONTINUA	1	12,500	CONTINUA	11,500 KW D.C. 1.000 A.C.				
	CELULAS DE ELETRÓLISE EQUIPA- MENTO	33		CONTINUA	50.000 Amp.				
	CAÇAMBA ALIMENTADORA DE CLORE- TO DE MAGNESIO	6	2	INTERMITENTE	0,5T/CARGA				
	CAÇAMBA-SIFON PARA RETIRAR 0 MAGNÉSIO, TALHA EFETRICA(80m.)	3	2	"	0,5T/CARGA				
	SISTEMA EXAUSTÃO TUBULAÇÃO DE RETORNO AOS CLORADORES(100 m)		3	CONTINUA	1 m ³ (minuto)				
			12,507					(1) 7.500.000	
REFINO	FORNO DE CADINHO	1		INTERMITENTE	2 T/CARGA	80.000	8.000	88.000	
	SOPRADOR COMBUSTÃO	1	3	"	25 m ³ /minuto	3.000	500	3.500	
	EXAUSTORES	2	2	CONTINUA	500 m ³ /minuto	1.000	1.000	2.000	
	BOMBAS PARA MAGNESIO	2	1	INTSRMITENTE	80 KG/minuto	7.800	700	8.500	
	MÁQUINA DE LINGOTEAMENTO(15 m)	1	1	"	1 T/H	22.000	2.000	24.000	
	RETORTA DESTILAÇÃO A VACUO EQUIPAMENTO	1	100	INTERMITENTE	1 T/DIA	40.000	8.000	48.000	
			108					174.000	
INSTALAÇÕES AUXILIARES	<u>INSTALAÇÕES AUXILIARES</u>			<u>RESUMO</u>					
	LABORATÓRIO	300.000 NGS		OPERAÇÃO					
	OFICINA MECÂNICA	150.000		BRITAGEM					
	ADMINISTRAÇÃO	100.000		CALCINAÇÃO E MOAGEM					
	SANITÁRIOS	50.000		BRIQUETAGEM	215.300				
	REFEITÓRIO	200.000		COQUIZAÇÃO E CLORAZÃO	357.800				
	PRONTO SOCORRO	30.000		ELETRÓLISE	7.600.000				
	RESIDÊNCIAS	150.000		REFINO	174.000				
	GRUPO ESCOLAR	100.000		TOTAL (equipamento)	8.994.600	8.994.600			
		1.080.000		OBRA CIVIL		1.200.000			
			INSTALAÇÕES AUXILIARES		1.080.000				
			CAPITAL DE GIRO (2 meses de operação)		1.900.900				
			TOTAL DO INVESTIMENTO		Nº\$ 12.275.500				

TABELA 2
CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO

OPERAÇÃO	ENERGIA		COMBUSTIVEL		PROD. QUIMICOS		MÃO DE OBRA		DIVERSOS		TOTAL Nc\$ x 1000
	1000 Kw/h	Nc\$ x 1000	t/ano	Nc\$ x 1000	t/ano	Nc\$ x 1000	num.Pess.	Nc\$ x 1000	t/ano	Nc\$ 1000	
P R O D U Ç Ã O	BRIQUETAS MgO				2500 (carvão)	175,0			-11.000	725,0	
	COQUIZAÇÃO	50 A.C.	1,3	680	48,0		9	38,9			
	CLORAÇÃO	4250 A.C.	11,5			2500 (cloro)	500,0	33 3 = 36	250,7	150 (grafite)	240,0
	ELETROLISE	98.000 D.C.	2630,0			2500(sais) 1000(iodos)	259,0	30 3 = 33	221,2	75 (grafite)	120,0
	REFINO	920. A.C.	25,0	130	9,1	300 (influxo)	300,0	18 3 = 21	172,9		
	TOTAL	103.220	2.667,8	710	57,1		1234,0	99	683,7		1085,0
S E R V I Ç O S	MANUTENÇÃO	25 A.C.	0,7				10	43,2		80,0	
	LABORATÓRIO	20 A.C.	0,6				2	8,6			
	ADMINISTRAÇÃO						5 1 = 6	54,0			
	SERVIÇOS GERAIS						21	90,7			
	TOTAL	45 A.C.	1,3					39	196,5		80,0
D E P R E C.	DEPRESSÃO DO EQUIPAMENTO										1.180,0
	TOTAL GERAL										7.185,4

CUSTO DE PRODUÇÃO
POR TONELADA METAL

7.185,45 = Nc\$ 1.437,09
5.000,00

