

UMA INSTALAÇÃO HIPOTÉTICA PARA EXTRAIR NIQUEL DO MINÉRIO
SILICATADO

Ciro Bondesan dos Santos (1)
Johan Alexander Freymann (2)
Pedro Mijares Cibrian (3)

R E S U M O

Apresenta-se uma estimativa do custo de uma instalação para produzir 3.000 t/ano de níquel, usando-se um processo químico estabelecido no Departamento de Materiais deste Instituto.

O processo se baseia no ataque do níquel com cloro a baixa temperatura após uma redução a 800-1000 °C. Nestas condições o níquel é atacado seletivamente, com uma parte de ferro.

Os resultados de laboratório mostram que se o processo pudesse ser levado a escala industrial, 85% do níquel poderia ser solubilizado com água, com apenas 25% do ferro sendo atacado. Isto implicaria num consumo de cloro não superior a 60 Kg/t.

Esta estimativa se baseia em dados obtidos em diversas firmas sobre operações industriais semelhantes.

-
- (1) Pesquisador do Depto. de Aeronaves - IPD.CTA
 - (2) Pesquisador do Depto. de Materiais - IPD.CTA
 - (3) Pesquisador do Depto. de Materiais - IPD.CTA

UMA INSTALAÇÃO HIPOTÉTICA PARA EXTRAIR
NÍQUEL DE MINÉRIO SILICATADO

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

DEBATE:

Valeriano (4)

- Eu quero cumprimentar aos Srs pela apresentação dêsse interessante trabalho que é uma continuação do que foi apresentado no Congresso da ABM, em Vitória, como disseram êsse trabalho os animou a continuar. A importância é grande, e para iniciar os debates dêsse trabalho é necessário salientar:

O Brasil é auto-suficiente em Ferro Níquel. É até exportador regular de Fe-Ni, ao passo que importa todo o Níquel metálico que necessita e, devido as condições do nosso minério garnierita, somente, poderá ser obtido o Níquel, por processo úmido, como êle já vem sendo desenvolvido, com o "know-how" de pesquisa inicial. Êsse desenvolvimento aqui, é de alto interêsse, e mais uma vez felicitamos os autôres pela oportunidade e profundidade do trabalho.

Walter Ferri (5)

- Eu fiquei em dúvida, ou não entendi bem essa demonstração do custo de operação. Dá novos cruzeiros por tonelada de minério tratado moagem, 2,52/ton de minério e, faz todos os cálculos na base de minério tratado. Mas, há a relação de uma tonelada de minério para uma tonelada de níquel?

Bondesan

- No mercado internacional, mesmo o Fe-Ni é vendido pela quantidade de níquel contido no Fer-

ro Liga. É uma praxe do mercado de Níquel, ser vendido pelo Níquel contido na liga. Então, nós temos o seguinte-:

Sabemos que gastaríamos 28,30 NCr\$/ton de minério Ni tratado e nessa tonelada de minério Ni tratado, que teoricamente nós obteríamos 18 kg/ton de minério tratado, nós obtivemos apenas 15 de acordo com os rendimentos que nós estimamos. Então, dividindo-se o custo da tonelada pelo que se vai obter do Níquel final, existe uma relação entre tonelada tratada e a quantidade que vai ser extraída de Níquel.

Ferri

- Mais ou menos eu entendi. Agora, vamos ver se está certo o raciocínio. Quantas toneladas de minérios são necessárias para extrair uma tonelada de minério de Níquel puro. Qual é essa relação de minério até o Níquel puro.

Bondesan

- Bem, se em cada tonelada de minério, obtenho 15 kg, então fazendo a regra de três, vou obter 66 ton de minério para 1 ton de Ni.

Ferri

- 66 toneladas de minério, o Sr consegue o mineral por 2,62 NCr\$.

Bondesan

- É o que nós estimamos. Aí é tonelada de minério!

Mijares

- Está havendo uma confusão entre minério e metal; isto aqui é minério tratado.

José C.D'Abreu (6)

- Eu gostaria de saber se já foi feita alguma experiência, para o caso da precipitação do minério.

Mijares

- Nós não temos preocupação com esse assunto da precipitação. Existem vários métodos práticos de se verificar isso, existem alguns métodos que não são clássicos, já empregados em várias fábricas dentro dos quais devemos conduzir.

Êsses métodos de precipitação são bem conhecidos e, estamos mais preocupados em tratar o minério para a lixívia, isto é, a "quebra" do minério. O resto é muito convencional.

Aparteante

- Quais são as condições para a extração do minério nacional?

Bondesan

- As condições de extração para as condições nacionais. Cada minério tem que ser tratado de sua maneira. Esta é a maneira que achamos que devemos tratar o minério nacional, para ser obtido o Níquel. Porque de um ponto para frente (após se obter o Ni em solução), já existem processos metalúrgicos que dão os processamentos finais. Então nosso problema é obter um "semi-industrializado", isto é, abrir o minério daí em diante é fácil. Para o processamento do nosso minério, não temos praticamente, um método que fôsse conhecido e que fôsse rendável aqui, no Brasil, porque o minério brasileiro tem muito MgO. Êsse é um dos fatores que impede o uso do ácido sulfúrico. Se atacarmos com sulfúrico, vai se ter um grande gasto, devido, a presença dêsse MgO.

Oliveira Castro (7)

- Eu gostaria de saber dos autôres do processo, que segundo eu entendo estar em estudos, quais as fontes de recursos para o estudo. Que apoio tem obtido das firmas de mineração que possuem reservas de Níquel, na forma silicatada.

Bondesan

- Nós estamos ainda na fase de laboratório, tratando ainda pouca quantidade, mas nós prevemos que talvez, num futuro próximo se tudo der certo, nós possamos fazer uma usina piloto, dependendo dos contatos que estão sendo feitos. No momento estamos nesse pé. Esperamos talvez, a possível implantação de uma usina piloto, que passe a operar se houver interêsse de alguém em financiá-la. Eu creio que interêsse nacional existe e bastante.

Oliveira Castro

- Eu quero saber do interêsse das firmas que possuem reservas de Níquel no Brasil, porque é claro que para um processo dêsse, é preciso demonstrar a inviabilidade ou viabilidade dêle. Êle deve despertar interêsse grande de uma firma que possui reserva muito grande dêsse tipo de minério. Então eu fiz uma pergunta que é o ponto básico da minha questão:

Que interêsse tem despertado por êsse processo, pois pelo que entendo, não está sendo apresentado agora, já foi apresentado, as firmas que possuem reservas de Níquel sob a forma de silicatos.

Bondesan

- Temos aqui um representante da Morro do Níquel e da Nickel do Brasil, então eu pediria que respondessem a questão.

Cláudio Lins⁽⁸⁾

- De nossa parte nós conhecemos êsse processo relativamente a pouco tempo. Nós temos uma usina de Fe Ni de pequeno porte no sul de Minas, trabalhando com ferro-níquel a quase 30 anos é uma indústria tôda nacional, com poucos recursos. Lutamos com dificuldades e já tínhamos inclusive montado uma usina piloto para tratamento de 1 tonelada diária pelo processo Guerrero, que é à base do ácido sulfúrico. Tomamos conhecimento do processo aqui, no CTA, há cerca de uns 2 meses. Fomos primeiro visitados pelo Major Vale e alguns técnicos daqui e prontamente viemos aqui retribuir a visita e tomamos conhecimento mais de perto disso. Depois posteriormente, foram até Liberdade, conhecer a nossa Usina e ficou assentado que a fase de laboratório que nós já assistimos aqui, seria então incrementada, porque a escala que estava sendo feita, era muito pequena e poderia dar uma idéia mais certa do processo. Nós, infelizmente, não dispomos de recursos para aplicar na parte de pesquisas e cremos que, a não ser uma firma maior, como do meu colega da Morro do Níquel,

possa fazer com iniciativa do govêrno. Fomos solicitados a prestar colaborações. Tôdas que pudemos, prestamos, inclusive mandamos minério para tratar e vamos agora, ver o que podemos fazer.

Era o que tinha a dizer.

Wolf (9)

- Como produtores de ferro-níquel, nós temos um processo que produz o ferro-níquel, que nós chamamos de FN1, que é o ferro-níquel refinado. Até agora, não desenvolvemos um processo adequado além dêsse FN1, para o Níquel puro. Acreditamos que, com o minério que nós temos (temos disponível na Morro do Níquel), temos que partir ou continuar do ferro-níquel. E temos agora um projeto de expansão, da duplicação da nossa produção de ferro-níquel, e eu acho o processo agora aqui apresentado deverá interessar à Morro do Níquel. Não sei se êsse processo já foi levado ao conhecimento dos nossos engenheiros.

Bondesan

- Já foi. Estivemos em contato com o Eng^o Langer, inclusive foi êle que chefiou a mesa em que foi apresentado o trabalho do Dr. Pedro Mijares.

Wolf

- Quer dizer, qualquer resposta dêsse processo, deverá partir dos próprios engenheiros. Eu não tenho uma opinião sôbre isso.

Oliveira Castro

- Eu acredito, Sr. orientador e distinta platêia, que um conclave dessa natureza, a célebre, a tão falada cooperação entre os Institutos e as Emprêsas e que poderá nascer isso íntimamente. Um processo, por exemplo, como êsse que foi recebido agora, poderá com mais trabalho vir a se provar, não digamos, inteiramente eficiente, mas poderá também vir a ser uma solução para o Níquel brasileiro, que é muito diferente do Níquel canadense, por exemplo. De maneira que me parece ser extremamente oportuno se houvesse, uma cooperação entre os pesquisadores e a

Indústria interessados nesse metal.

Bondesan

- Na realidade o colega tem inteira razão, ao meu modo de ver, porque aqui no CTA uma equipe jovem, uma equipe dinâmica, uma equipe que trabalha com gosto, que trabalha com vontade e idealismo, e a equipe daqui está com 10 anos de experiência em cloração. Grande parte dos metais importantes e que nós temos em quantidade e que são exportados para outros países como minério, poderiam ser atacados aqui e serem exportados no futuro. Quer dizer, equipe nós temos para que possamos ir à frente, também quero falar na questão do equipamento, o Departamento está relativamente bem equipado. Nós temos o clorador já instalado, o Projeto Titânio já funcionando, temos gente e vontade é o que não falta. Só resta termos alguma coisa na mão para realizarmos alguma coisa em prol do Brasil.

Valeriano

- Gostaria de perguntar ao representante da Morro do Níquel, a respeito do processo que está sendo desenvolvido, a partir do Fe-Ni se não me engano, e pelo ataque de ácido sulfúrico, como está esse processo, se tem alguma notícia, como está sendo desenvolvido.

Wolf

- De acordo com as informações que eu tenho, é que esse processo está em fase ainda de experiência; o Sr se refere ao processo de níquel puro, não?

Ruy J. Moraes (10)

- Uma pergunta que não ficou bem clara para mim, já dimensionada, mas não ficou muito bem clara para mim.
A avaliação preliminar baseada em resultados de laboratório, permite esperar condições de custo para a obtenção de níquel para o Brasil, ou permite mesmo esperar as condições de preço para botar no mercado? Parece-me que esse ponto é muito importante, se aceitar como válido o início da esplanção de que sempre haverá quem

compre o níquel, se êle tiver o preço realizado economicamente.

Bondesan

- Nós estamos, felizmente convictos de que nós podemos fazer, porque os preços que tomamos como base, por exemplo, o preço do cloro é (que tomamos como padrão) o preço do cloro internacional. Ficamos tremendamente surpresos quando os representantes da El-Cloro que nos visitaram, falaram que êsse preço era um pouco mais baixo no Brasil. Em tudo nós tomamos um preço alto e chegamos a essa conclusão. O problema - Cloro, nos EEUU, é completamente diferente do Brasil. Às vezes, se faz a eletrólise da soda cáustica, e joga-se a soda cáustica para se aplicar o cloro. Aqui no Brasil, é ao contrário. Faz-se a soda cáustica e se joga o cloro, e não se pode mais fazer soda cáustica, de que tanto precisamos, porque para jogar fora o cloro, é muito difícil, pois tem que atacar com cal, sendo um processo anti-econômico . O cloro existe em excesso e está aí para ser usado.
- Nós temos as minas de níquel que estão aí, para serem "atacadas". Então, êsses fatos já dão para antever um custo de produção que seria mais baixo do que o internacional, e com isto o produto daria para ser vendido no mercado oficial de níquel puro, que é em torno de US\$ 2/kg níquel, com lucro, no mercado internacional, que não é o objetivo mais alto.
- Nós queremos é suprir o mercado brasileiro e nos livrarmos das importações, mas temos que adiantar que o níquel puro no mercado oficial custa US\$ 2, mas aqui nessa publicação de 10 Jul 67, "Chemical Weeks", nós vemos que o preço por libra é US\$ 2.50, quer dizer; está US\$5/Kg de níquel no mercado negro, bem entendido, porque não existe no mercado oficial. Ninguém vende mais níquel a preço oficial.

Ruy

- Então a resposta da equipe seria, que se êsses resultados fôsem confirmados, um complexo para obtenção de níquel de produção de soda poderia ser lucrativa a prêços internacionais e que existiria o fato de que quantidades abundantes de níquel podem ser vendidas por êsse prêço no mercado internacional. Está correta esta interpretação?

Bondesan

- O consumo de cloro não é tão grande assim, para que se tenha um grande aumento na produção de soda, mas é um consumo razoável, inclusive, eu pediria ao representante da El-Cloro que nos desse um adendo a êsse respeito.

Paul Kotlareswky (11)

- Aqui no Brasil, o prêço de custo de eletrólise de sal que dá aproximadamente uma tonelada de soda cáustica e 900 Kg de cloro é muitíssimo alto do que em qualquer país do mundo, porque o custo de eletricidade é bastante maior que em outros países, fornecimento de sal, muitíssimo mais caro, digamos, cêrca de 6 vêzes mais caro do que na Europa ou EEUU, quer dizer que respondendo ao Sr., o prêço de 1 tonelada de níquel nessas condições ao prêço internacional, e o prêço de soda cáustica do Brasil que hoje é o dôbro do prêço internacional pareceria viável. O prêço da soda cáustica internacional, é metade do prêço no Brasil. E êsse prêço de venda baixou, justifica o prêço de custo é muitíssimo mais baixo no mundo inteiro do que no Brasil.

Bondesan

- O cloro, acho que no Brasil, é mais barato do que nos EEUU, inclusive acho que é o país no mundo, onde é mais barato, não é isto Sr. Kotlareswky? Quer dizer, que existe grandes diferenças no mundo inteiro. No Brasil, êle é mais barato.

Müller (12)

- Eu gostaria de saber exatamente, em relação à sua exposição agora, se não deveria ser feito um cálculo baseado num possível excesso de demanda de cloro, ou seja no caso de subir muito o preço do cloro. O preço internacional do cloro qual seria? O dobro, três vezes maior do que o brasileiro? E a influência do cloro no final do produto?

Paul Kotlareswky

- O preço internacional do cloro é um pouco mais caro, a saber, do que o preço atual dele, no Brasil é um pouco menor que o preço internacional.

Bondesan

- Na Inglaterra, parece que o cloro é muito mais caro que o preço internacional. Depende das condições do país.

Ruy

- Eu queria perguntar qual é a porcentagem dos equipamentos para Usina. Deveriam ser importados? A vida deles é muito longa para não citar re-importação?

Bondesan

- Quase todos podem ser feitos aqui, por exemplo: na parte de moagem, não temos conhecimentos de quem faça um moinho de bolas, não sei se já é feito no Brasil.

Há a parte do forno vertical, não sei também se pode ser feita no Brasil. O nosso preço (tomado como base para o trabalho) é o internacional. Parece que a Magnesita, importou um, há pouco tempo, isto nos diz que não deve ser feito no Brasil.

Quanto ao resfriador e ao forno de cloração, podem perfeitamente, ser feitos no Brasil, porque nada mais são, do que cilindros, fornos circulares. E o decantador acredito que possa ser feito no Brasil. Creio que pode ser feito, porque os engenheiros da ALUMINAS já projetaram e realizaram este equipamento.

Mário Rennó

- Eu quero fazer uma pergunta aos autôres sôbre o que está declarado na página 4.

É que após obtida a lixívia, contendo níquel ês se será precipitado de uma outra forma porque implica na formação de uma torta, contendo níquel, etc. Parece-me que estamos numa simples questão de como aterrar, nêsse problema do níquel. Sabe-se que o processo canadense o sulfeto de níquel separado do sulfeto de cobre deve ser espumado e depois a silica impura seria refinada e adotada o refino eletrolítico.

Creio que agora, essa parte de redução está superada já, porque pode-se fazer o refino eletrolítico diretamente do sulfeto de níquel.

Outra forma, outro processo no caso de minério silicatado, chega-se ao óxido de níquel, do processo amonia-cal. Êsse óxido de níquel deve ser reduzido. Agora, nêste processo aqui proposto chega-se a um cloreto de níquel, então perguntaria como é que dêsse cloreto de níquel nós vamos passar ao níquel metálico. Seria possível a eletrólise nesse cloreto de níquel? Se a eletrólise dêsse cloreto de níquel não é problema então num complexo industrial nós teríamos possivelmente uma diminuição grande de consumo de cloro porque o cloro seria re-circulado, produzido na eletrólise pela dissociação do cloreto de níquel e êsse cloro seria aproveitado no processo de cloração. De modo que são essas as questões que eu coloco para ver se podemos atender um pouco mais das possibilidades do processo.

Mijares

- Essas duas perguntas são respondidas com uma só. O critério que nós seguimos é só trabalhar no desenvolvimento do processo novo não conhecido e que não pode ser adquirido, nem comprado (abrir o minério). Quando existe a possibilidade de um processo ser comprado, nós, pelo menos, se até uma firma demonstrar que não pode comprado, nós, pelo menos, se até uma firma demonstrar que não pode comprar não andaremos perden

do tempo nem dinheiro em desenvolver técnicas conhecidas.

Rennó

- Dr. Pedro, o Sr precisa dar um exemplo, para que a gente possa convencer.

Mijares

- Parece que o caminho mais direto seria se precipitar com sulfídrico igual ao que feito em MOABAY. A alta pressão, permite separar o níquel em meio ácido dos sais, de acôrdo com essa novidade química. Agora, a partir daí seria uma redução com hidrogênio provàvelmente. Essa é a forma mais direta de se chegar ao níquel. Mas isso depende inteiramente do industrial que se interessar no assunto e quem vai gastar o di nheiro. Isso é problema posterior. Poderia ser precipitado também com cal, seguindo uma forma mais convencional, como é o caso do processo - Guerreiro sendo reduzido com carvão a cátodos e colocados como anodos eletrolíticos. Sim, existe uma série de processos que estão nos livros e que se podem comprar fàcilmente.

Bondesan

- Sim, um fato que nos leva e nos orienta é o se guinte:
Êsses processos de obtenção são processos urgentes para o Brasil. São processos de seguran ça nacional. Então, se nós vamos por ventura, desenvolver uma tecnologia própria, para processos que já existem, nós poderemos levar 5 a nos, 6 anos, 10 anos, pesquisando com os proble mas de momento. Então sairia muito mais barato, comprar um "know-how" para essa parte do processo que já é conhecida no mundo inteiro, do que nós ficarmos pesquisando durante anos e nes te intervalo de tempo nós perderíamos muito di nheiro no níquel que já foi comprado e que a futura fábrica não vendeu. Não sei se fiz-me claro a respeito.

Valeriano

- Completando a interrogação do Prof. Mário Rennó, queria perguntar como os autores afirmam na página , se possível uma solução com 10 gramas de níquel/litro. Perguntaria, essa solução tem características, tem pureza necessária e condições para ser submetida diretamente a eletrólise? Caso não se foi pesquisado alguma, alguma, algum processo ou se tem viabilidade ou possibilidade de aplicação, de algum processo clássico de eletrólise, para abreviar ou ater-rar, como sugere o Prof. Rennó.

Mijares

- É evidente que essa lixívia não está em condições de ser eletrolisada. Quanto Fe, vai ter, isso ainda nós não podemos dizer, está em escala de laboratório. Naturalmente, o resultado que nós obtemos em laboratório com gramas, não pode ser o mesmo que para um forno rotativo de 20m de comprimento, como vai ter um clorador. Então êsses resultados por enquanto, não teriam valor nenhum, nem eu sou interessado por êsse assunto. Mas é evidente que a solução não vai poder ser eletrolisada diretamente, precisa uma precipitação do Níquel. Consultamos uma firma inglesa, que está instalando um processo de combustão submersa, na Alcalis como chegar ao cloreto de níquel e daí recuperar o cloro da forma que o Prof. Rennó levantou. Essa firma é fabricante de equipamentos que transformam cloretos metálicos em metais e ácido clorídrico. É a firma que está aprontando projeto, para separar enxôfre da pirita de Santa Catarina e recuperar o cloreto de ferro usando o clorídrico, recuperando óxido férrico, de férrico. Essa firma tem interêsse que êsse processo seja seguido, porque teria oportunidade no futuro eventualmente, vender uma instalação para fazer essa operação, mas ainda está muito verde para tratar de assunto. Nós estamos concentrando esforços para otimizar as condições de operação e

reproduzir as condições de operação, para poder gastar algum dinheiro mais numa instalação experimental de alguns kilos, 100 ou 200 kg e se reproduzirmos os resultados nessa instalação, e nesta escala fazer uma piloto para 5 toneladas por dia, que permitiria a qualquer industrial-gastar dinheiro sem risco praticamente nenhum, numa instalação industrial de 30 mil toneladas talvez mais.

Bondesan

- Em Cuba também é obtido um licor nessa concentração, não?

Mijares

- A lixiviação com ácido sulfúrico da laterita, as lateritas de Cuba, conduz também a uma lixívia desse tipo. É lógico que a quantidade de água usada na lixiviação vai ser aproximadamente a mesma. Quer dizer, nossos cálculos estão baseados nessa informação. Só temos alguns dados sobre a decantação do minério clorado na lixívia. Como vemos que existe uma decantação rápida e coerente então esperarmos obter bons resultados de lixiviação, mas por enquanto são só esperanças. Naturalmente, isso tudo tem que ser feito numa escala maior.

Bondesan

- Quero adiantar Prof. Rennó que essa firma inglesa, propôs a levar amostras daqui, para se tentar e justamente ver qual o caminho a ser seguido mostrando assim, estar altamente interessada. Não somos nós que estamos procurando eles, mas sim eles que estão nos procurando. Quer dizer, se existe uma firma grande que se interessa, é sinal que talvez, estajamos no caminho certo.

José C.D'Abreu

- O problema levantado pelo Prof. Rennó, é exatamente, devido aparecer na página , no final uma estimativa de 60% do custo final, então estaria suposto que 40% seria para precipitação, mas já que não existe um processo definido para precipitação, ou seja, que o preço para se

chegar ao níquel metálico puro, foi baseado em que estimativa?

Mijares

- Esta estimativa está baseada exatamente em dados que existem sobre outros processos químicos. Esse número, foi tirado do relatório que fala sobre o processo MoaBay. Eles fazem na planta de lixiviação, a mesma operação que nós estamos vendo aí e tem um custo aproximadamente de 60% do custo final. Então nós esperamos que o nosso esteja dentro dessa ordem de grandeza. Exatamente, 60% foi tirado dessa planta, e coincide com o processo de Nickaro que é um processo químico completamente diferente, com a mônia.

Está sempre dentro dessa ordem de grandeza. O que mais custa é colocar o níquel em solução, daí para frente a escala se reduz e o investimento e o custo de operação cai.

Bondesan

- Essa usina de Moabay era operada por americanos. Depois da subida de Fidel Castro, quem passou a operá-la foram os russos com resultados satisfatórios, segundo me parece.

- (1) **Ciro Bondesan dos Santos**
Pesquisador do Depto. de Aeronaves - IPD-CTA
S. José dos Campos
- (2) **Pedro Mijares Cibrian**
Pesquisador do Depto. de Materiais - IPD-CTA
S. José dos Campos
- (3) **Johann Alexander Freymann**
Pesquisador do Depto. de Materiais - IPD-CTA
S. José 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) **Walter Ferri da Silveira Horta**
Economista - Coordenador Setor Metais Não Ferrosos
IPEA - Min. do Planejamento
- (6) **José C. D'Abreu**
Engenheiro Metalúrgico - IPEA
- (7) **Luís de Oliveira Castro**
Vice-Diretor do IPR
- (8) **Cláudio Lins de Barros**
Diretor Presidente Cia Niquel do Brasil
- (9) **Arthur Wolf**
Gerente da Morro do Níquel
- (10) **Ruy Jacques de Moraes**
Pesquisador do Depto. de Materiais - IPD-CTA
S. José dos Campos
- (11) **Paul Kotlarewsky**
Diretor Gerente - Ind. Quim.
Eletro-cloro S/A
- (12) **Dr. Mário Rennó Gomes**
Prof. Catedrático de Metalurgia dos Metais Não Ferrosos na
Escola de Engenharia da UFMG
Engenheiro Tecnologista do Instituto de Tecnologia Industrial
de Minas Gerais

