

Dia 21 — PELOTIZAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO

CONFERENCISTA: Prof. Paulo Bohomoletz

COMPONENTES DA MESA

Dr. Luiz Dumont Villares
Dr. Carlos Dias Brosch
Dr. Francisco Pinto de Souza
Dr. Benedito M. de Andrade
Dr. Renato Wood
Prof. Henrique Anawate
Prof. Luiz Corrêa da Silva
Sr. Antônio Luiz Capellari de Almeida

Sr. Antônio Luiz Capellari de Almeida — Meus senhores, minhas senhoras, chegamos já com tristeza à penúltima conferência da XVI Semana de Estudos Mínero-Metalúrgicos.

Dizemos com tristeza porque em poucos lugares teremos a oportunidade de ver tão grande manifestação de brasilidade e tanto empenho em resolver racionalmente os problemas de nossa Pátria como a patenteada pelas ilustres personalidades que lotaram e lotam o Salão Nobre do Instituto de Engenharia, e que vêm acompanhando assiduamente as conferências de nossa XVI Semana.

Na noite de hoje ouviremos o Eng. Paulo Bohomoletz, que discorrerá sôbre Pelotização de Minério de Ferro.

Como Presidente do Centro «Moraes Rêgo», convido para presidir os trabalhos da noite o ilustre brasileiro Dr. Luiz Dumont Villares.

(Assume a Presidência o Sr. Luiz Dumont Villares).

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — Muito honrado com o encargo de presidir esta reunião, eu queria constituir a Mesa, convidando o Professor Henrique Anawatte, o Dr. Francisco Pinto

de Souza, o Professor Luiz Corrêa da Silva, o Dr. Carlos Dias Brosch, que vai ser o Orientador dos Debates, o Dr. Benedito de Andrade, do I.B.S., o Dr. Renato Wood e, naturalmente, o conferencista, Professor Paulo Bohmoletz.

Antes de dar a palavra ao conferencista, desejava pedir ao Dr. Anawate que dirigisse algumas palavras ao auditório, com relação ao Centro «Moraes Rêgo».

(Seguem-se as palavras proferidas pelo Dr. Henrique Anawate, que iniciam êste boletim).

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — Muito obrigado, Prof. Anawate.

Em seguida, vamos ouvir o conferencista desta noite, cujo tema é «Pelotização do Minério de Ferro», Prof. Paulo Bohomoletz, cujos títulos e grande bagagem de experiência em diversas atividades, tanto como professor, como industrial, pesquisador, cientista, certamente vai nos dar uma conferência de primeira ordem e de máximo interêsse, neste momento, no País.

O Prof. Paulo Bohomoletz foi professor da Escola Politécnica de São Paulo; Presidente da Acesita; é assessor da Diretoria da Cia. Vale do Rio Doce; foi sempre um grande colaborador da A.B.M. e do Centro Moraes Rego, é uma personalidade, um grande amigo e grande brasileiro!

Tem a palavra o conferencista.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Sr. Presidente; senhores membros da Mesa; minhas senhoras; meus senhores:

Desejo agradecer, preliminarmente, o honroso convite do Centro Moraes Rego, que me oferece oportunidade de transmitir o pouco do que pude ver e aprender.

Quanto às bondosas palavras do Dr. Luiz Dumont Villares, acho que êle enganou-se de destinatário!... (Não apoiado!) Embora absolutamente imerecidas, eu me agarro a elas com avidez — porque fornecem-me coragem para enfrentar o auditório tão seleta e de tão alto nível.

BIBLIOGRAFIA

- BALESTRINI, CÉSAR — La industria venezolona del mineral de hierro [Caracas, 1962 pref.] 292 p
- BOHOMOLETZ, PAULO MIGUEL — Industrialização dos finos de minério de ferro: pelotização. *Boletim da Associação Brasileira de Metais*, São Paulo, 19 (78): 727-756, set. 1963.
- BROES, E. — L'approvisionnement en minerai de fer de l'industrie sidérurgique des pays de la C.E.C.A. Apport des pays africains. *Revue de L'Industrie Minérale*, Paris, 45 (7): 497-508, juie. 1963.
- DANIELSSON, C. & IVARSSON, S. — Iron ore developments surge in West Africa. *Journal of Metals*, New York, 15 (5): 377-381, May 1963.
- LANDER, H. N. & BANKS, J. W. — Blast furnace operation with a one hundred per cent pellet bruden. In: Journés internationales de sidé-

- urgie. 3., Luxembourg, 1-4 oct. 1962. Centre National de Recherches Métallurgiques. p. 248-257.
- MERKLIN, K. E. & CHIDS, M. H. — Some factors influencing the physical qualities of iron ore pellets. *Trans. AIME*, 220: 491-498, 1961.
- OLT, T. F. — Blast-furnace performance using iron ore pellets. *Journal of The Iron and Steel Institute*, London, 200: 87-95, Feb. 1962.
- PETERSEN, ULRICH et alii — Betriebsversuche zur Leistungssteigerung des Hochofens durch Einsatz von Pellets. *Stahl und Eisen*, Düsseldorf, 83 (23): 1397-1407, 7 Nov. 1963.
- TIGERSCHIÖLD, M & ILMONI, P. A. — Fundamental factors influencing the strength of green and burned pellets made from fine magnetite ore concentrates. *Proceedings AIME Blast Furnace, Coke Oven and Raw Materials*, New York, 9: 18-53, 1950.

PELOTIZAÇÃO DE MINÉRIOS DE FERRO

As necessidades crescentes de minério de ferro em todo o mundo e as perspectivas de esgotamento, num prazo curto, das reservas de minério de alto teor, em alguns países de consumo interno elevado, provocaram uma verdadeira corrida internacional, em algumas áreas não conhecidas geologicamente, para pesquisa desta matéria prima. Os resultados desses estudos permitiram revelar reservas consideráveis do referido minério, nas seguintes regiões:

- 1) Venezuela — Os depósitos aí existentes são da ordem de 2.140 milhões de toneladas e estão sendo, no momento, explorados por dois grandes grupos e pelo governo venezuelano.
- 2) Costa Oeste Africana:
 - a) Maurítânia — Reservas de cerca de 130 milhões de toneladas de minério de alto teor, comparável ao nosso, além de reservas consideráveis de um minério semelhante ao itabirito, cuja utilização necessita de prévia concentração. «Miferma» é o grupo que industrializa esse minério, com participação de capitais franceses, ingleses, alemães e italianos.
 - b) Libéria — Reservas da ordem de 400 milhões de toneladas de teores variados. As reservas de Mount Nimba, num total aproximado de 200 milhões de toneladas, estão sendo exploradas por um consórcio da LAMCO, do qual participam capitais de grupos da Libéria, Estados Unidos e Suécia.
 - c) Guiné Francesa — A Companhia Mineira do Conakry, com capitais da França, Inglaterra e Alemanha, explora algumas minas, enquanto faz reconhecimento e estudos geológicos de detalhes em outras regiões do país.
 - d) Gabão — A «Somifer», constituída de capitais de Be-

thlehem Steel Corporation (50%), franceses (34%) e de siderúrgicas européias (16%), aguarda a construção de uma estrada de ferro para dar início aos trabalhos de exploração de suas jazidas.

Em outros países do continente africano, tais como Argélia e África do Sul, nota-se u'a maior preocupação no aparelhamento de suas minerações para aumentar suas capacidades de produção, visando não só ao acréscimo da exportação como também ao atendimento de suas necessidades siderúrgicas.

Em outros exportadores, tais como Suécia, Canadá e Peru, observa-se a tendência de aumento das exportações desse minério.

Paralelamente a essas descobertas e investimentos em setores mineradores, houve expansão na indústria siderúrgica, apoiada pela introdução de novas técnicas, como também pelos melhoramentos de processos visando a obter maior produtividade operacional. Esta maior produtividade pôde ser obtida nos altos fornos, observando-se que os mesmos marchavam com melhor rendimento à medida que se condicionava mais racionalmente sua carga. A observância desta prática permite trabalhar-se com menor consumo de combustível sólido, obtendo-se ao mesmo tempo maior produção diária de gusa.

Enquanto se processavam essas modificações, os laboratórios siderúrgicos empenhavam-se no campo da pesquisa para fornecer aos aparelhos transformadores do minério de ferro uma carga cada vez mais homogênea, não só sob o ponto de vista físico como químico. Desenvolveram-se, então, as pesquisas no setor de aglomeração, quer aperfeiçoando-se os métodos de sinterização quer pesquisando-se outros, tais como briquetagem, nodulação e pelotização.

O tipo de minério desempenha função preponderante na escolha dos processos de beneficiamento — prévio e aglomeração. Para ilustrar a afirmação, podem-se destacar os seguintes fatores:

1. Dureza
2. Fragilidade
3. Forma das partículas
4. Granulometria inicial
5. Superfície específica
6. Natureza da superfície
7. Natureza mineralógica
8. Composição química
9. Riqueza
10. Propriedades elétricas
11. Propriedades magnéticas

Percebe-se que minérios constituídos de um mesmo mineral podem oferecer algumas das propriedades acima citadas, sensivelmente diferentes, daí a referência de «tipo de minério» e a necessidade de seu perfeito conhecimento para efeito de definição de métodos de tratamento. No caso da Companhia Vale do Rio Doce, estão sendo considerados, para a fabricação de aglomerados pelo processo de PELOTIZAÇÃO, os três seguintes tipos:

- a) Hematias pulverulentas muito ricas, naturais — que designamos por «Blue Dust» — com granulometria contendo uma fração de, aproximadamente, 50% inferior a 150 mesh e Fe entre 67 e 69%.
- b) Finos provenientes da lavra e classificação de diversos tipos de hematitas — compactas e brandas —, admitindo-se para dimensão máxima 1/2" e a variação do teor de Fe entre 62 e 66%.
- c) No futuro, concentrados de itabiritos, que poderão ser empregados misturados ou não com os tipos acima citados.

No processo de PELOTIZAÇÃO destacam-se as seguintes etapas: formação de pelota crua, secagem, pré-queima (pré-aquecimento) e queima.

PELOTA CRUA

A formação de uma boa pelota crua requer, de um modo geral, que a granulometria do minério utilizado seja da ordem de 80% abaixo de 325 mesh e que a superfície específica seja de cerca de 1.400 cm²/g.

O exame dos três tipos de minério mencionados mostra o grau de flexibilidade que se deve impor ao setor de moagem para que possa ser obtida uma polpa com propriedades razoavelmente constantes, sem prejuízo do rendimento operacional da instalação. A correta discriminação dos tipos de aparelhos e respectivas capacidades decorrerá do conhecimento que se tiver das matérias primas a utilizar, suas reservas e as respectivas distribuições nas jazidas. A granulometria e a superfície específica resultantes desta moagem ligam-se a outros fatores requeridos para a formação da pelota crua. É aceita a explicação de Tigerchiold-Ilmoni para a formação da pelota crua, de acordo com a qual as partículas finas de minério são unidas entre si pelo efeito da força capilar. A tradução deste fenômeno é dada pela relação dos autores citados:

$$Z = S \times \frac{\rho_s}{\rho} \times \frac{(1 - \epsilon) \cos i}{g\epsilon}$$

onde:

Z = força capilar em cm de coluna d'água

S = superfície específica das partículas do minério,
em cm^2/g

ρ_s = massa específica verdadeira do concentrado, em g/cm^3

ρ = densidade do líquido, em g/cm^3

ε = porosidade da pelota, em %

A tendência das curvas granulométricas x S é representada na Figura 1, onde se traduz o caso dos concentrados de taconita do Mesabi-Range.

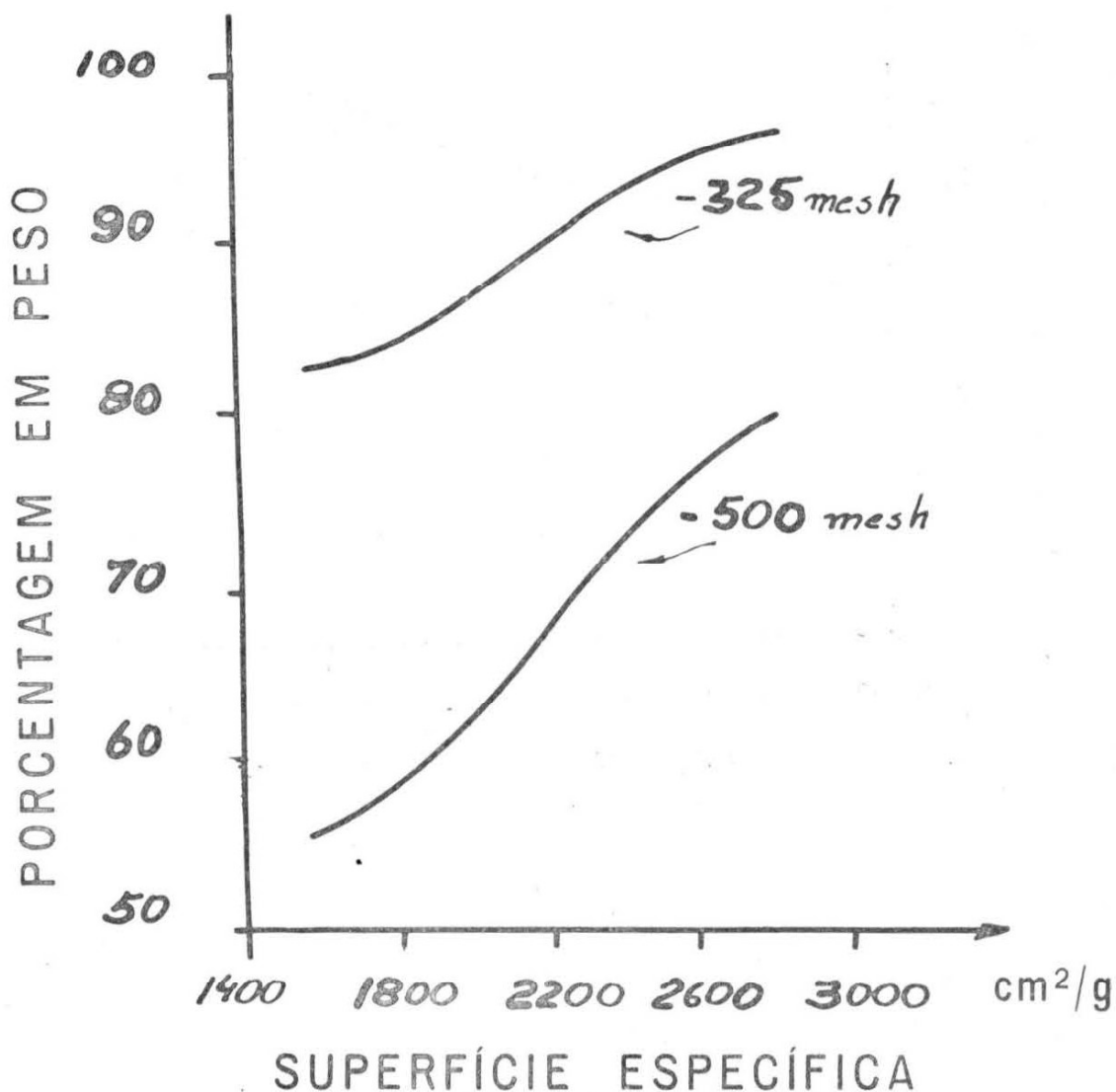


Fig. — 1

Vê-se, pois, que Z , isto é, a força capilar e, portanto, a resistência da pelota crua, aumenta com S e, ainda, que esta mesma resistência, para uma dada superfície específica, depende de

$\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon}$, isto é, do teor de umidade, teor este que oscila entre

7% e 10%. Uma pelota crua satisfatória deve resistir a uma compressão da ordem de 1,0 kg/unidade. A influência da superfície específica e da umidade sobre a resistência das pelotas produzidas com este mesmo concentrado tem suas tendências mostradas nas Figuras 2 e 3.

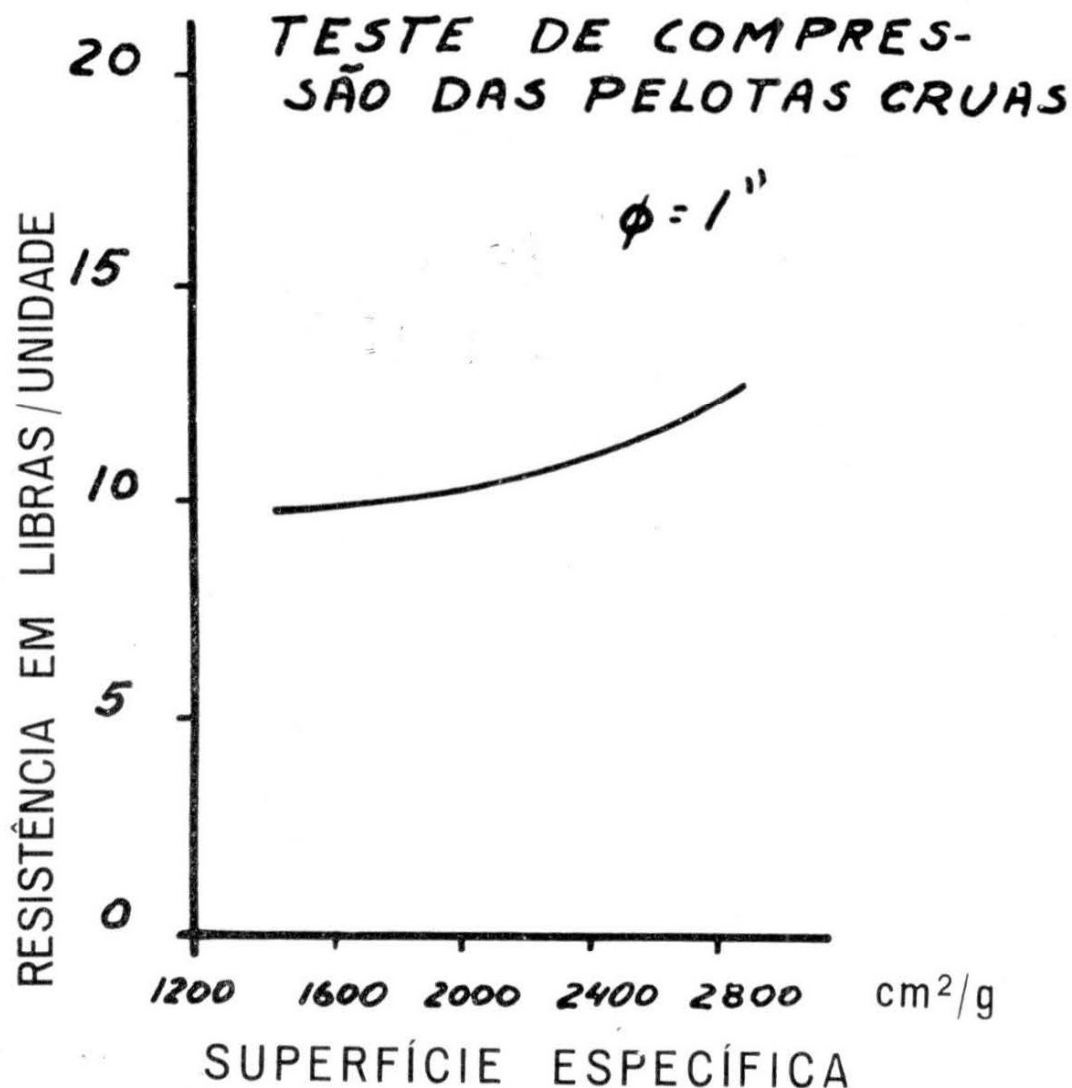


Fig. — 2

Para o caso da CVRD, devemos-nos situar entre as duas curvas mostradas na Figura 3, curva III.

A indústria requer as seguintes características das pelotas cruas com diâmetro médio de $1/2''$:

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| a) Resistência à compressão, mínima | 0,9 kg/unidade |
| b) Ruptura por quedas repetidas de uma altura de 45 cm (18"), mínimo de quedas | 5 |
| c) Deformação, na compressão | 15% |

Note-se que as propriedades «a» e «c» são antagônicas, ao passo que «b» cresce com «c» — todos êsses fenômenos depen-

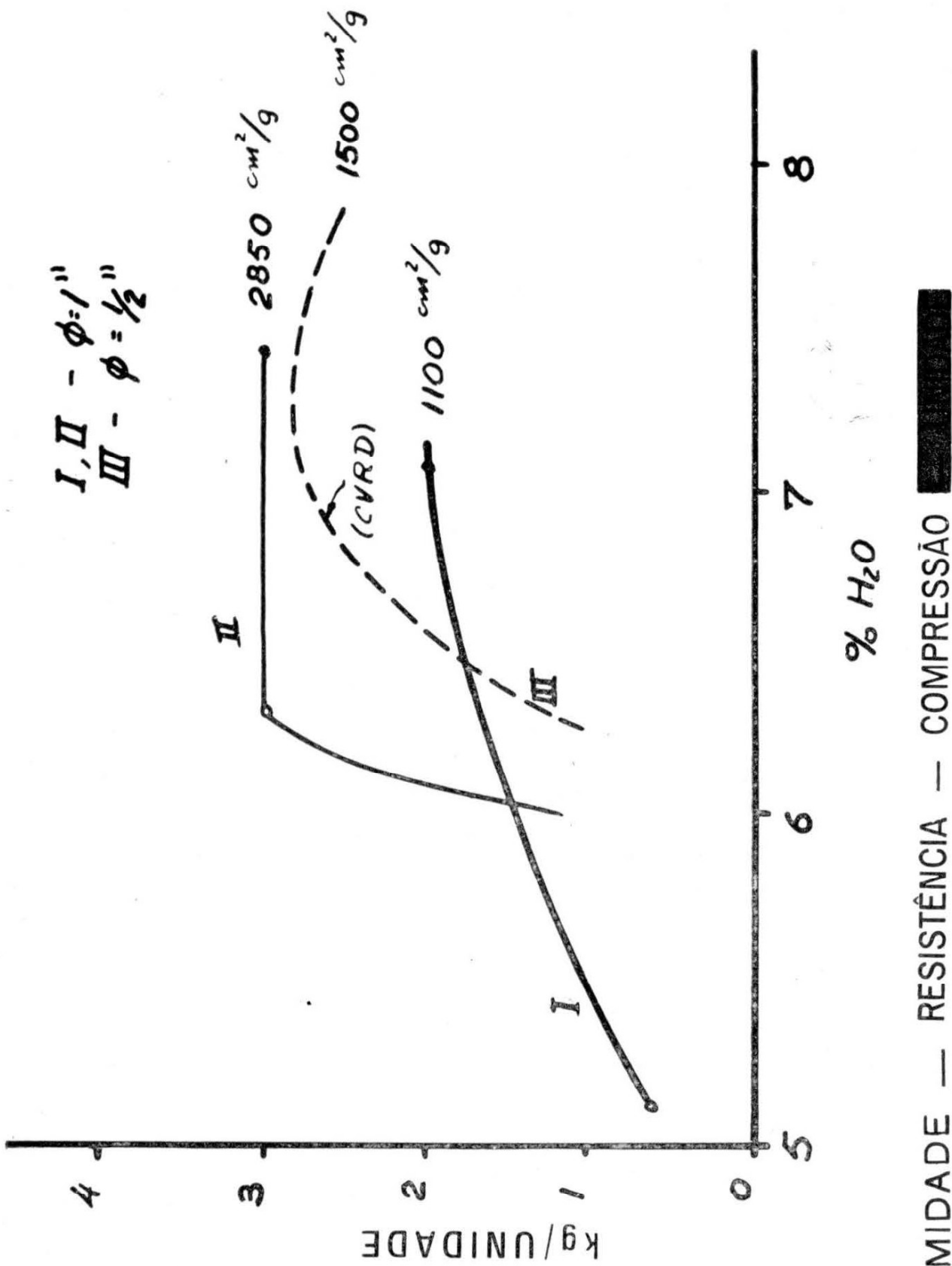


FIG. 3

dem da umidade —, cuja variação de 0,25 já se manifesta apreciavelmente. Daí a fixação da propriedade «b» em certo valor, geralmente em torno de 6, valor êste que representa um compromisso satisfatório entre as três propriedades mencionadas. Percebe-se que é uma medida fácil e rápida de ser efetuada para efeito de contrôle industrial.

É preciso observar, entretanto, que os ensaios referidos se processam sobre pelotas formadas com adição de aglomerantes, vale dizer que os resultados que se obtêm ensaiando-se pelotas fabricadas com o mesmo material e em condições idênticas, porém, sem aglomerante, apresentarão resultados diversos.

Os aglomerantes que na pelotização desempenham diversas funções, vão atuar na pelota crua, no sentido de aumentar a sua plasticidade — fator componente da propriedade «b».

SECAGEM

A etapa seguinte do processo consiste na secagem da pelota. Esta operação submete o material a uma variação brusca de temperatura, da ordem de 250°C — aí se manifesta uma outra função do aglomerante, qual seja a de atenuar os efeitos decorrentes do choque térmico e da evaporação brusca da água. As pelotas secas devem ter resistência à compressão compatível com o processo a que são submetidas, isto é, se elas são empilhadas em camadas pouco espessas, espessas ou muito espessas, reproduzindo esta classificação os seus carregamentos em grelhas contínuas ou fornos de cuba e correspondendo, aproximadamente, a 7", 12" e 25", respectivamente. Uma terceira função do aglomerante aqui se manifesta, fazendo com que as pelotas sejam capazes de suportar as pressões decorrentes dos empilhamentos citados, situando-se os respectivos valores entre 1 e 4 kg/unidade.

É preciso observar ainda que a resistência da pelota seca é influenciada pela superfície específica do minério, como ilustra a Figura 4, decrescendo a primeira à medida que aumenta a segunda. Êste fato se opõe àquele demonstrado na Figura 2, na qual se verifica a melhoria da resistência da pelota crua diretamente com S. É preciso, pois, determinar-se uma faixa de valores de S que satisfaça às resistências requeridas para as pelotas cruas e secas.

A razão da tendência da curva da Figura 4 encontra-se no fato de se ter um maior volume de vazios à medida que cresce S, vazios êstes que são responsáveis por uma menor compactação das partículas constituintes da pelota.

Como o aumento da superfície específica faz com que as pelotas se tornem mais sensíveis ao choque térmico, é necessário

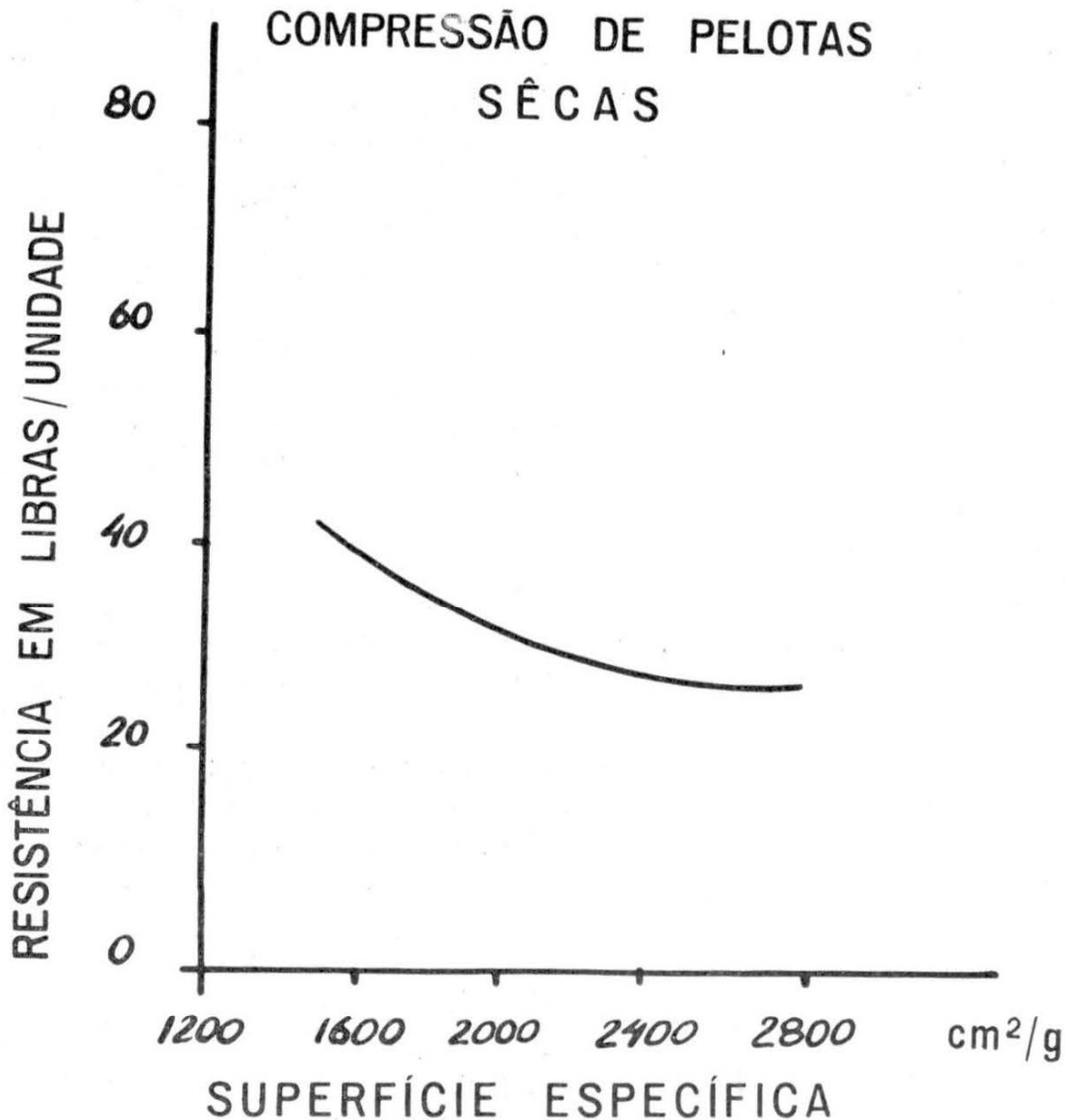


FIG. 4

que a faixa de valores de S esteja também relacionada com a temperatura de secagem..

PRÉ-AQUECIMENTO

Terminada a etapa de secagem, a 350°C aproximadamente, inicia-se a de pré-aquecimento, a cerca de 600°C, que tem como finalidade melhorar as propriedades da resistência à compressão e evitar o choque térmico pela passagem direta das pelotas da etapa da secagem para a de queima.

Esta fase da operação, como se percebe, deve obedecer a um perfil de temperatura correto, a fim de se evitarem os inconvenientes citados. Segue-se, imediatamente, que o referido perfil é fator decisivo para um desenho adequado dos respectivos aparelhos. É fácil perceber que, num forno de cuba, o gradiente de

temperatura será diferente daquele correspondente a uma grelha simples ou de uma grelha combinada com forno rotativo. De um modo geral, os valores extremos da temperatura, durante o pré-aquecimento, situam-se entre 600 e 1.000°C, respectivamente.

É nesta etapa que se começa a observar a influência da composição química do minério e o tipo do mesmo, na obtenção das pelotas. Quando o minério a ser pelletizado é magnetita, as características requeridas são alcançadas mais facilmente, porque a recristalização e o intercrescimento de grãos iniciam-se a uma temperatura baixa (cêrca de 600°C), ao mesmo tempo que a exotermicidade da reação favorece a uniformização da temperatura.

Quando se tratar de minérios carbonatados ou hidratados (siderita e limonita), o contrôle térmico desta operação tem que ser muito mais cuidadoso, porque é nela que se faz a eliminação do CO₂ ou da água de hidratação. Se estas reações se processarem violentamente, as pelotas decrepitarão.

Em se tratando de hematitas, esta etapa exige temperatura mais elevada, uma vez que o intercrescimento de grãos se dá apreciavelmente a partir de 900°C.

Os fenômenos de recristalização e intercrescimento de grãos são facilitados à medida que aumenta a superfície específica do minério, o que concorre para sensível incremento da resistência à compressão da pelota.

QUEIMA

Esta é a etapa em que as pelotas atingem as características necessárias ao seu aproveitamento industrial.

A temperatura de queima varia de 1.250 a 1.350°C.

As principais características exigidas para a boa qualidade de uma pelota queimada são:

1. Resistência à abrasão
2. Resistência à compressão
3. Porosidade
4. Resistência à compressão a altas temperaturas
5. Resistência às intempéries

Dentre os processos usados para a medida da resistência à abrasão, destacamos aquêle que utiliza o mesmo aparelho empregado para os testes ASTM de abrasão de coque. Ensaiam-se 10 kg de pelotas e gira-se o tambor a 24 ± 1 rpm. O índice de abrasão é determinado pela percentagem de material inferior a 28 mesh, após 200 revoluções. Quanto maior fôr esta resistência, menor será o índice. A indústria considera, hoje, como bom o índice compreendido entre 5 e 7%.

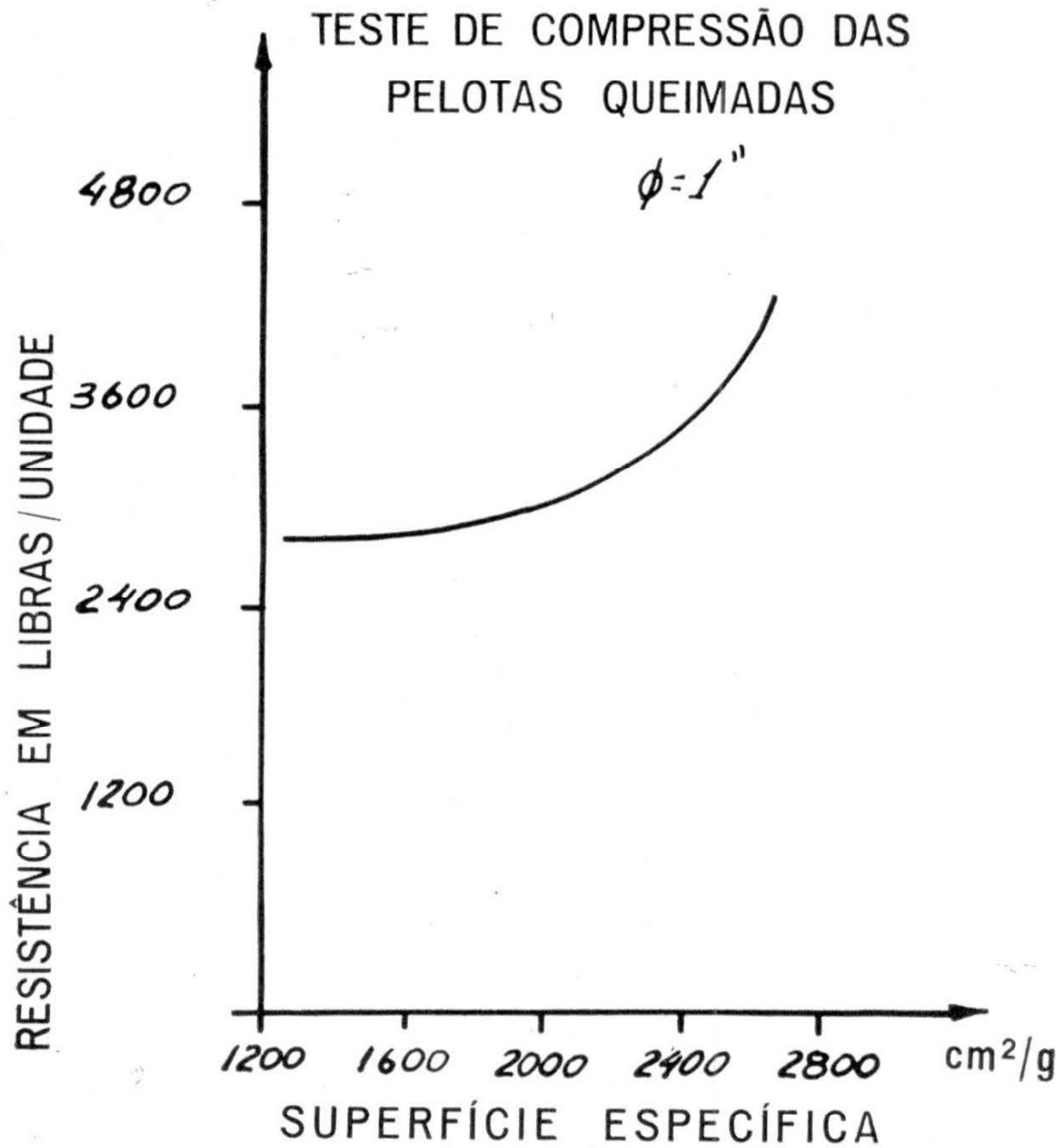


Fig. — 5

Como nas etapas anteriores, a resistência à compressão é medida pela tensão necessária para fraturar uma pelota. Uma boa pelota resiste a cargas superiores a 200 kg.

A boa redutibilidade das pelotas requer, entre outros fatores, uma passagem relativamente fácil à fase gasosa, através de sua massa. Vale dizer que a pelota deve oferecer um certo volume de vazios. A medida desta propriedade chama-se porosidade. A experiência tem demonstrado que uma boa pelota apresenta porosidade oscilando entre 25 e 35%.

É fácil compreender que as pelotas constituintes da carga metálica de um alto forno devem oferecer uma resistência à compressão satisfatória, quando submetidas aos efeitos dos gases redutores em vários níveis do aparelho e, conseqüentemente, em diferentes temperaturas, e isso porque, se tal não se der, a colagem

que se pode produzir entre elas, a temperaturas mais elevadas, interromperá a normalidade do funcionamento do forno. Sob o ponto de vista comercial, terão melhor aceitação no mercado aquelas que, em igualdade das demais propriedades, oferecerem a resistência citada mais alta.

É preciso dizer, entretanto, que os ensaios referentes à determinação desta propriedade estão muito longe de qualquer padronização. Alguns investigadores têm realizado ensaios a 1000°C e sob diferentes atmosferas. É, portanto, uma propriedade, embora útil, ainda não determinada. A título de curiosidade apenas, podemos informar que pelotas da CVRD, em atmosfera normal, ofereceram, à temperatura de 1000°C, uma resistência representada por 50% daquela medida à temperatura ambiente.

A necessidade da estocagem das pelotas nos parques das usinas poderá sujeitar as mesmas tanto à ação de fortes chuvas como à de frio intenso por efeito de neve e gelo. A fim de se poder verificar estas propriedades executam-se atualmente dois tipos de ensaios. O ensaio para verificação da umidade excessiva consiste em mergulhar as pelotas em água e ensaiar lotes das mesmas semanalmente, durante um mês, medindo-se a resistência à ruptura de cada lote. Uma boa pelota resistirá, no mínimo, a 200 kg. A verificação à ação do frio se faz acondicionando-se pequenos lotes de pelotas em sacos plásticos, com um pouco de umidade e congelando-se a -10°C . Repete-se o ciclo sete vezes. Depois deste ciclo, determina-se a resistência. Uma boa pelota não deve romper-se antes de 200 kg.

UTILIZAÇÃO DAS PELOTAS

Sob o ponto de vista de utilização das pelotas, citaremos alguns dados referentes ao seu emprêgo em altos fornos. Reproduzem-se, adiante, alguns resultados dos trabalhos de: T. F. Olt, experiências feitas pela Armco Steel Corporation, em fevereiro de 1962 e publicadas no *Journal of the Iron and Steel Institute*; de H. N. Lander e J. W. Banks, intitulado «Blast Furnace Operation with a One Hundred Per Cent Pellet Burden», apresentado no III Congresso Internacional de Siderurgia, realizado no Luxemburgo em outubro de 1962; de Von Ulrich Petersen, Heinrich Kahlhörer e Alfred Send, intitulado «Betriebsversuche zur Leistungssteigerung des Hochofens durch Einsatz von Pellets», objeto do relatório nº 382 da Comissão de Altos Fornos, da Associação Alemã da Indústria Siderúrgica — publicado na revista *Stahl und Eisen*, Caderno 23, de 7 de novembro de 1963.

O trabalho de T. F. Olt apresenta três gráficos convincentes quanto às vantagens do uso de pelotas na carga dos altos fornos. No Gráfico «A», verifica-se a diminuição do valor da relação

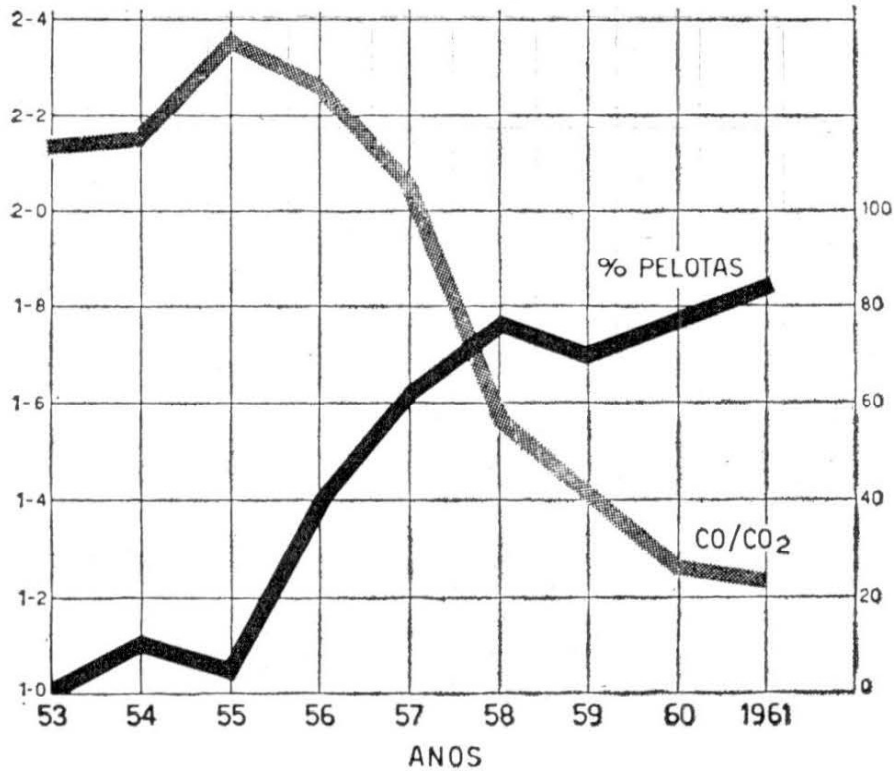


Gráfico "A" — O mercado norte-americano, devido às suas dimensões, condições geo-econômicas em geral e energéticas em particular, — é mais promissor de todos para pelotas. Segundo Olt, T. F. — Journal of the Iron and Steel Inst.; II, 1962. Ver gráficos "B" e "C", a seguir.

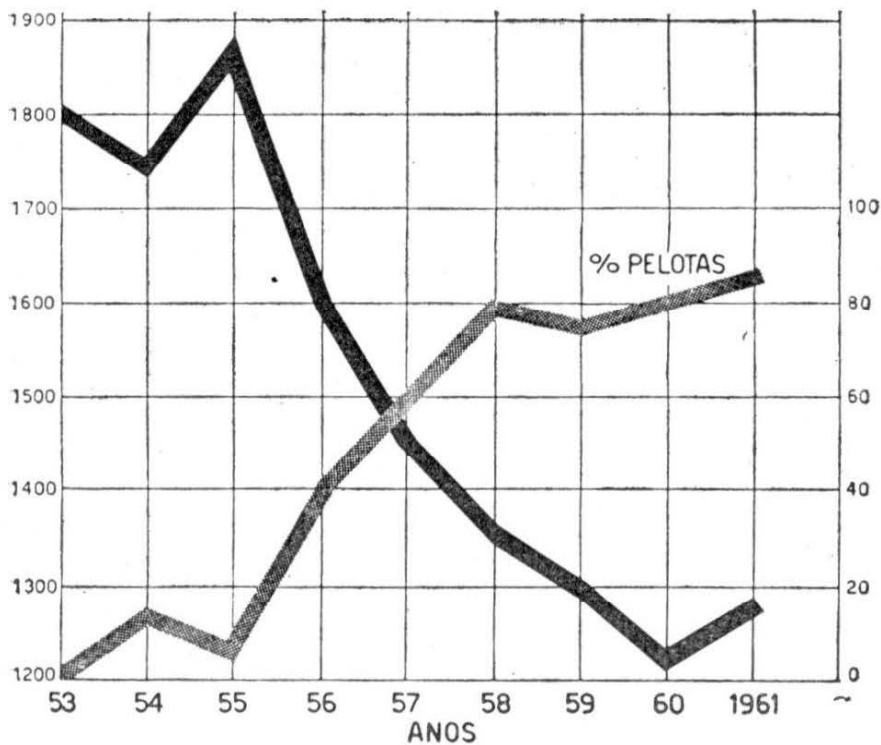


Gráfico "B" — Relação entre a % de pelotas na carga e o "Coke rate", em Lb/Nthm. Segundo o autor citado.

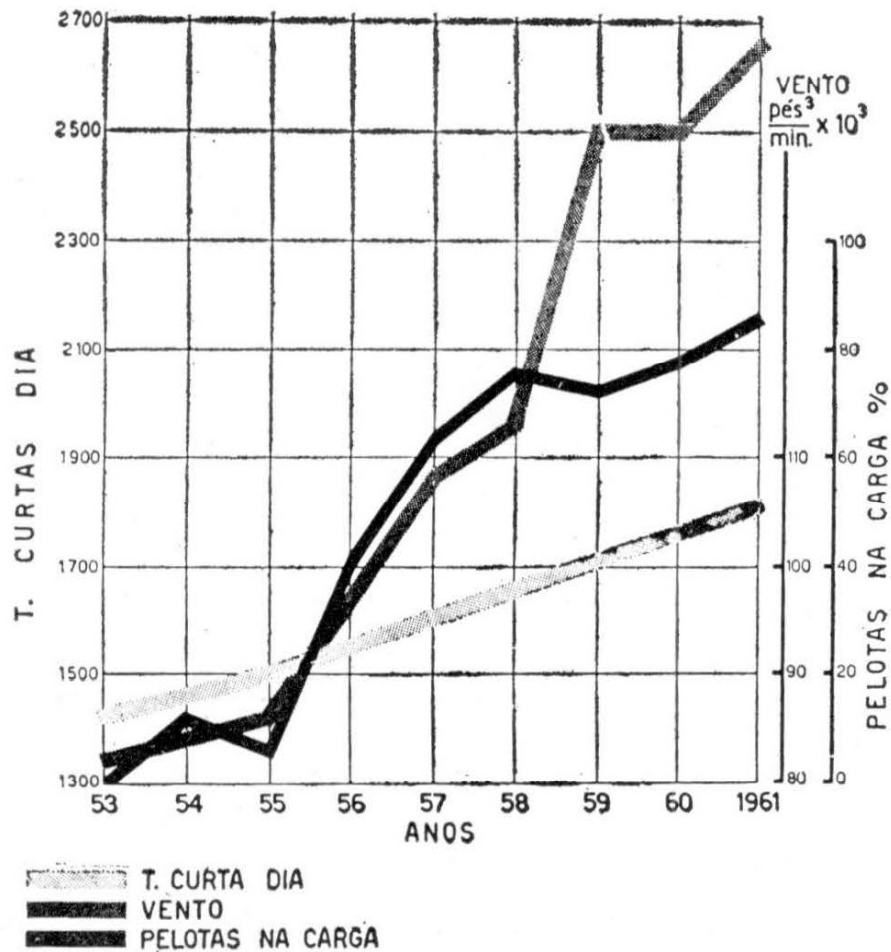


Gráfico "C" — Relação entre a produção média, em toneladas curtas/dia, com a % de pelotas na carga. Autor citado.

CO/CO₂ à medida que é aumentada a quantidade de pelotas na carga do forno. Vê-se que, para 0% de pelotas, a relação CO/CO₂ vale 2,15 contra 1,22 quando são utilizados 82% de pelotas. Pelo Gráfico «B» observa-se que o «coke rate» caiu de 734 kg/t para 522 kg/t, para 0% e 82% respectivamente.

O acréscimo de produção pode ser visto no Gráfico «C», em função da carga de pelotas. Para 0% de pelotas tem-se uma produção de 1.215 t métricas/dia. Para 82% de pelotas tem-se uma produção de 2.385 t métricas/dia.

Quanto ao trabalho de Lander e Banks, destaca-se uma comparação entre o funcionamento de dois altos fornos, com 616 pés quadrados de área de cadinho e respectivos diâmetros de 28 pés. O primeiro, da Armco Middletown, trabalhando com 95% de pelotas e o segundo, da United States Steel, de Gary, usando 100% de sinter autofundente. Os resultados foram:

Produção de gusa/pé quadrado de área de cadinho ..	+	26,7%
Consumo de coque/tonelada de gusa	+	6,0%
Volume de escória/tonelada de gusa	—	10,0%
Vento, pés cúbicos/minuto	+	13,9%

Temperatura do vento: 1.390°F contra 1.510°F (com sínter)

Pressão, psi: 27,7 contra 21,5 (sínter)

Si no gusa: 0,65% e 0,96%

S no gusa: 0,03% e 0,03%

CO/CO₂: 1,24 e 1,47

Basicidade: 0 e 0,83

Com referência ao trabalho da Comissão Alemã, podem ser apresentados os seguintes dados:

Produção de gusa, t/24 hs	2.040
Produção específica, ton. gusa/m ² : 24 hs. ...	53,0
Coeficiente de utilização do volume do alto forno (KIPO), m ³ /t: 24 hs	0,46
Consumo de coque, kg/ton. gusa	589
Consumo específico de coque, kg/m ² : h ...	1.301
Carga do forno, kg/ton. gusa	1.928
Poeiras da goela, kg/ton. gusa	43
Produção de escória, kg/ton. gusa	401
Vento	
Temperatura, °C	862
Volume, Nm ³ /h	138.000
Pressão, atmosferas	1,60
Umidade, g/Nm ³	15,3
Área da secção transversal das ventaneiras, m ²	0,35
Temperatura do gás da goela, °C	116
Composição do gás	
da goela, %	
CO ₂	18,6
CO	23,9
H ₂	1,2
N ₂	56,3
Poder calorífico, kcal/Nm ³	753
Coeficiente de redução indireta, %	62,9
Coeficiente de utilização CO, $\frac{CO_2}{CO + CO_2}$	0,438
Composição do	
gusa,	
%	
C	4,47
Si	0,65
Mn	1,23
P	0,172
S	0,042
Cr	0,03
Temperatura do gusa, °C	1.434
Temperatura da escória, °C	1.434

Composição da escória %	SiO ₂	36,17
	CaO	40,96
	Al ₂ O ₃	9,44
	MgO	9,53
	S	1,09
	CaO/SiO ₂	1,13
	CaO - MgO	1,40
Coeficiente de desulfuração, (S)/ S 		26,0

Os dados acima enumerados referem-se ao alto forno da Usina de Huckingen, de propriedade da Mannesmann. O referido forno tem 7 m de diâmetro de cadinho e sua produção diária era de 1.400 t, empregando-se sinter e minério de ferro peneirado. Vê-se, assim que, em relação à produção de 2.040 t/24 horas, decorrente da utilização de 83% de pelotas na carga, o aumento de produção foi da ordem de 50%. A carga empregada foi peneirada de maneira a utilizar-se apenas a fração superior a 60 mm.

O consumo de coque em relação à marcha anterior permaneceu constante. Entretanto, é preciso chamar atenção para o fato de que a mencionada experiência não tencionava diminuir o consumo de coque, porquanto era requerida a manutenção de um determinado poder calorífico dos gases do alto forno para utilização posterior.

Com relação às pelotas, estas foram fornecidas pela Reserve Mining Company. Sob o ponto de vista granulométrico, 80% delas estavam compreendidos entre 9 e 15 mm. A sua composição química era a seguinte:

Fe	FeO	Fe₂O₃	Mn	P	S	CaO	SiO₂	Al₂O₃	MgO
6,49	2,30	86,95	0,24	0,090	0,01	0,99	7,84	0,14	0,72

Umidade: 6,46

Ao terminar, gostaria de dizer que o principal objetivo desta palestra foi o de mostrar a estreita intercorrelação que existe entre as diversas disciplinas dos cursos de minas e metalurgia.

O planejamento de empreendimentos industriais, como o aqui focalizado, requer o conhecimento completo das reservas do minério, isto é, suas composições mineral e química; suas propriedades físicas; a variação de teor do elemento ou composto principal através da massa da jazida. A seguir, é preciso conhecer, de modo o mais completo, o beneficiamento do minério: sua britagem, concentração e remoagem; torna-se indispensável o conhecimento da físico-química para certos tratamentos, tais como flotação e outros.

Nas etapas seguintes, constituídas pela pelotização, propriamente dita, aparece a necessidade de se conhecerem os fenômenos da capilaridade, permeabilidade, etc., matéria que se estende desde

a mecânica dos solos até a preparação das areias de moldagem. Para finalizar, aparecem em cena os conhecimentos de metalurgia, com o seu cortejo de problemas ligados aos balanços de massa e energia térmica, crescimento de cristais, difusão de gases, cinética das reações, fenômenos de escorificação e tantos outros mais.

Em conclusão, por mais que se estude, ainda é pouco tudo o que deixarem de aprender na Escola lhes fará falta amanhã; terão de aprender sòzinhos, o que é muito mais penoso. Sugiro-lhes, pois, que tirem dos seus ilustres Professores até a última gota de sangue, medida em termos de saber...

Muito obrigado.

DEBATES

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — Não nos desapontou o Prof. Paulo Bohomoletz com sua ótima conferência. E não vamos perder tempo; vamos começar os debates, como é costume aqui no Centro.

Passo, então, a palavra ao orientador dos debates, e, como de costume, peço aos senhores que queiram usar da palavra, que o façam ao microfone, declinando nome e companhia a que pertencem.

Dr. Carlos Dias Brosch (Orientador) — Antes de dar início aos debates, quero congratular-me com o conferencista pela excelente palestra que proferiu, que, sem dúvida, irá constituir um elemento a ser incorporado à bibliografia ainda muito incipiente sobre Técnica de Pelotização.

Para melhor programar e ordenar os debates que terão início, poder-se-ia classificar o assunto em três etapas: na primeira, o conferencista mencionou a questão das reservas de minério de ferro. Depois passou à discussão do processo de aglomeração, acompanhados dos ensaios de teste relativos às várias etapas de processamento de pelotas e, finalmente, na terceira e última fase, na etapa de exposição, êle se referiu à utilização das pelotas, mostrando as vantagens e diferentes características de operação de altos fornos com o uso das pelotas.

Portanto, durante os debates eu pediria que se obedecesse a êsses três assuntos, iniciando pelo primeiro.

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — Eu queria fazer algumas perguntas.

Ouçõ falar muito em preparo do minério para altos fornos. Nosso Diretor, Dr. Azevedo, na COSIPA, constantemente menciona o preparo como uma coisa importantíssima. Naturalmente, o uso de pelota é talvez uma dessas condições. A minha pergunta é a seguinte: com minério ideal, de tamanho escolhido, peneirado, qual a vantagem da pelota?

Compreendo que, se há uma variação muito grande de dimensões, no minério, que tem características variadas, a pelota, pela sua uniformidade, tem uma vantagem muito grande no alto forno. Mas com minério ideal, bem peneirado, qual a vantagem da pelota?

Se a minha pergunta não tiver bom senso no sentido industrial de alto forno, peço não responder.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — É uma pergunta, como se diz na gíria, «cabulosa», porque responderei pelo que sei, pelo que tenho visto.

Indiscutivelmente, não há comparação entre o uso de minérios, vamos

dizer, altamente classificados, bitolados, versus pelota direta. As experiências geralmente versam em tórno do uso de combinações de carga do forno contínuo, entre sinter e minério: bom sinter, minério regular; bom sinter, minério bom; bom minério, melhor sinter etc. Em seguida, a comparação é feita entre minérios comuns, empregados no forno e estas cargas de minério versus sinter. A etapa seguinte é a comparação entre as cargas mistas de minério sinter versus pelotas, entre 75, 80 e 85% de pelotas e sempre um pouco de sinter, um pouco de minério.

Portanto, a pergunta procede. A tendência da experiência principalmente americana e a agora incipiente experiência européia mostram as vantagens aqui mencionadas.

Mas penso — apenas penso, não tenho certeza — que, mesmo com uma carga de minério bem preparado, bem bitolado, isento de finos, é possível que se comportará tão bem quanto a pelota no alto forno.

Mas, aí entra a economia. Imaginem os senhores uma tonelada de minério: é preciso peneirar, classificar, isentar de pó para se obter, na bôca só do alto forno, a tonelada de minério assim calibrado e preparado. Tenho a impressão que, no final, o custo para minério tão bem preparado será superior ao custo da pelota que se originou, afinal de contas, por imposição tecnológica para se poder aproveitar minério americano. No caso brasileiro, hoje, é complementação da economia da mina.

O objetivo principal não é se fazer pelota, mas sim baratear a mineração. Estão produzindo fino em tal quantidade que não sabem mais o que fazer com êle.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Tenho diversas perguntas a fazer ao ilustre conferencista. Mas, observando o esquema traçado pelo orientador dos debates, vou fazer a primeira pergunta, por enquanto, referente à questão das jazidas brasileiras de minério de ferro. Qual a percentagem de minério de ferro do vale do Rio Dôce que merecerá pelotização?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — A pergunta é maior do que parece. Vamos dizer de que é que consistem nossas jazidas. Tentarei fazer uma classificação de minerador, não de geólogo.

Temos hematitas compactas, hematitas brandas e hematitas pulverulentas, extraordinariamente ricas, do tipo «blue dust», e temos itabiritos. Êsses 4 tipos se encontram justapostos, misturados, enfim em tôdas as coordenadas possíveis. Resulta disto o seguinte: Como o mercado internacional está requerendo cêrca de oito a nove tipos de minérios, com percentagem de finos diferentes (chamamos de fino todo aquêle minério que passa na malha de meia polegada), com limites de teor de ferro também diferentes, na classificação dêsses minérios resultam finos. Já há origem dos finos na própria extração. Depois, é gerado na classificação. Temos aí, então, duas origens de finos, seguindo os grandes bolsões, às vêzes medidos por milhões de toneladas de minério tipo «blue dust». Entremeadado nisso tudo existem milhões de toneladas de itabiritos.

No Vale do Rio Doce, em setores ainda em lavra não muito distantes, temos que enfrentar talvez 30, 40 e 50% da massa em itabiritos. De sorte que a única maneira de se conseguir maior economia do processo de mineração é utilizar êsses finos. Todos êles. Então, o grande problema surge: qual a maneira mais econômica, mais conveniente, mais satisfatória para se utilizar êsses finos?

Complemento a resposta dizendo ainda, que a proporção de finos entre os minérios comuns, quer dizer, partindo desde a hematita compacta, incluindo a hematita branda, deixando de fora os itabiritos, é hoje da ordem de 50%, às vêzes até mais, até uns 60%.

Portanto, para cada tonelada de minério que exportamos, a Vale do Rio Doce tem que achar aplicação para outra tonelada de minério fino, sem

se contar os concentrados de Jacutinga que serão aproveitados dentro de alguns anos e sem se contar com os «blue dust».

Dr. Francisco Pinto de Souza — O Sr mencionou os três tipos de minérios que deveriam ser tratados, os finos naturais, em que se referiu até com teor de 67 a 69%, os finos resultantes da operação, as hematitas brandas e compactas e os concentrados. Agora, o Sr. já tem uma indústria em estudo, em desenvolvimento e pelo que ouço dizer, está muito interessado numa bolsa extremamente rica, extremamente fina, isento, portanto, de moagem. É exato que a direção que a empresa vai seguir é de primeiro explorar este e a exploração oferece vantagens para produzir pellets mais econômicos e mais ricos que os normalmente, os finos procedentes da hematita?

Dr. Paulo Bohomeletz (Conferencista) — É verdade. A intenção é de se começar com o que nós chamamos de «Blue dust». Há diversas razões para isso. A primeira delas é a seguinte: desde que o Brasil se lança na produção de pellets e tenciona colocá-los no mercado internacional, não pode correr o menor risco de oferecer um produto que não seja da mais alta qualidade, porque a produção mundial de pellets este ano deve estar em torno de 40 milhões de toneladas, ou coisa dessa ordem ou mais. Em 1970 poderá ser da ordem de 85 milhões ou 86 milhões de toneladas. Portanto, a competição que se esboça é tremenda.

Para pleitearmos digamos 10% disso em 1970-1972, seriam apenas 8 milhões de toneladas, não podemos, portanto, na nossa fase inicial, comparecer com produto que não seja da mais alta qualidade.

Em segundo lugar, a uniformidade dêsse minério, a sua constância de composição e teor, sua constância na relação ferro para sílica mais alumina, o recomenda porque isso nos eliminará uma série de problemas de compensação de carga para pelotização, que é problema complexo, e penso que seja bem mais complexo do que na sinterização.

Em terceiro lugar, a facilidade com que pode ser extraído o minério, a baixo custo operacional, cria-nos condições de produção a custo positivamente bem competitivo! Portanto, podemos nos arriscar a construir a usina, e termos a certeza de conquistar o mercado, sem nenhum problema de qualidade, de homogeneidade, e de constância de qualidade e homogeneidade no correr do tempo, nas entregas.

Portanto, essa é a resposta à uma parte de sua pergunta. Mas, evidentemente, isso não resolve o problema, porque perdura a questão dos finos obtidos na lavra e na classificação; perdura o problema da utilização dos concentrados que advirão.

A idéia reinante, no momento, na direção da Companhia, é a construção de duas usinas. A primeira em Itabira, destinada a alimentar as usinas siderúrgicas na zona, de influência da Vale do Rio Doce; e a segunda, de 2.000.000 de toneladas, destinadas a alimentar as usinas do litoral e para exportação. Seria, portanto, um consumo inicial de três milhões de toneladas de finos por ano — o que ainda não é satisfatório, mas, positivamente, já é um desafio! Temos, já, uma pilha de oito milhões de toneladas, e se não dermos uma solução dentro de pouco tempo, acumularemos novas pilhas, de dois ou três milhões de toneladas por ano...

Dr. Benedito M. de Andrade (Instituto Brasileiro de Siderurgia) — Complementando, ainda, o que o Dr. Paulo Bohomeletz acabou de falar, a respeito do aproveitamento dessas bolsas de minério fino, eu teria que acrescentar as vantagens econômicas, do ponto de vista do projeto de instalação, principalmente na questão de moagem, porquanto, sendo um minério bastante fino, já se poderia reduzir o custo da instalação, pela redução do equipamento de moagem.

Em segundo lugar, é preciso considerar a economia operacional em decorrência do menor consumo da própria energia de moagem, que é bastante grande, no caso.

Dr. Carlos Dias Brosch (Orientador) — Sôbre essa comparação, eu gostaria de complementar a explicação dada pelo Dr. Paulo Bohomoletz, sôbre comparação já bastante conhecida, entre minério bem bitolado para uso em alto forno, comparados com as pelotas das mesmas dimensões. É comparação difícil de ser feita na prática, mas, pode-se prever comportamento favorável em relação a pelotas, do que em relação ao minério. Primeiro, porque a forma quase esférica da pelota permitirá um atrito recíproco muito menor, dando curva de distribuição de carga mais horizontal e ocasionando erosão, nas paredes do alto-forno, menor, com menor desgaste. É possível de se prever, tecnicamente, vantagens no uso de pelota, em relação a minério bitolado da mesma maneira.

Além das considerações feitas pelo Dr. Bohomoletz sôbre economicidade, é muito difícil conseguir hematita bitolada quase da mesma dimensão sem uma produção muito grande de finos, que teriam de ser pensados nesse aproveitamento.

Sr. Nicolino Viola — Eu queria fazer uma pergunta ao ilustre orador a respeito dêses 8 milhões de entulho. Que tipo de fino representam êses 8 milhões?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Temos de tudo. Há minério excelente, há minério pobre, há lentes de sílica, há de tudo. Estamos reservando êsse minério para passá-lo pela usina de concentração, que dentro de alguns anos, imperativamente, deverá ser construída.

É um minério muito misturado. Não houve certo cuidado, não havia espaço físico, na ocasião, para se poder fazer pilhas de qualidades diferentes.

Dr. Martinho Uchoa — Não há possibilidade de simples exportação dos finos?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Nós estamos exportando muito; mas absolutamente não é suficiente.

Dr. Martinho Uchoa — Não se poderia incrementar a exportação de finos sem se recorrer à pelotização?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Essa exportação é feita, mas há um certo limite no interêsse, porque o preço do fino é muito mais baixo. Em primeiro lugar, para nós há uma limitação; em segundo lugar, nós não ditamos o preço. O mercado, hoje é do comprador. Há imposição de preço para determinados tipos. É uma das razões pelas quais a Vale do Rio Doce tem oito ou 9 tipos. A Vale do Rio Doce inventou tipos de minérios para poder colhêr o melhor preço. Até onde essa mágica vai funcionar não sabemos.

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — Eu queria lembrar que exportar «pellets», que é um produto mais caro, naturalmente sofre um frete, sendo um frete mais ou menos igual, deve levar uma vantagem muito grande no comércio internacional.

Mas a minha pergunta, Professor Bohomoletz, seria a seguinte: quanto custa aproximadamente a instalação de uma usina para produzir um milhão de toneladas de «pellets» por ano? Para dar uma idéia da grandeza do investimento.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Pois não. É preciso dividir a pergunta porque a usina de pelotização é uma unidade industrial. Deve ser antecedida de secção de preparação. Dependendo da diversificação, da dimensão dessa secção, o preço será maior ou menor.

No nosso caso, por exemplo, caso específico da primeira usina da Vale do Rio Doce, onde vamos empregar êsse minério, que contém em estado natural cêrca de 50% abaixo de 150 mesh, evidentemente tôda a secção anterior à remoagem praticamente não existe. Existirá só uma secção de moa-

gem fina pròpriamente dita não há que distinguir. Vou-lhe dar números referentes a nosso caso, onde não existem britadores, mas só algumas peneiras, então peneiraremos a meia polegada e temos material excepcionalmente bom que se salvará. Mas não há britagem secundária ou terciária. Esse é o primeiro fator a considerar. O segundo é o processo que se vai utilizar.

Entre os processos desprezo o forno de cuba porque como unidade de baixa produção, 600 toneladas no máximo é destinado especialmente a magnetita. Os outros dois processos, de esteira apenas, e de esteira combinada com forno, têm diferenças. Há que considerar é que a menor dimensão de uma unidade econômica no processo de simples esteira é da ordem de um milhão de toneladas por ano (um milhão e duzentos mais ou menos), ao passo que hoje — não era talvez há seis meses atrás — a unidade mais econômica, a dimensão mais econômica para sistema combinado grelha-forno, é quase dois milhões de toneladas por ano.

Para um milhão de toneladas por ano no primeiro caso, de simples grelha podemos orçar em termos de oito dólares por tonelada-ano. O segundo caso pode se orçar em torno de 9 a 10 dólares por tonelada-ano. Isso se complica pelo seguinte, o Dr. Luiz Dumont Villares sabe melhor que eu, que há incidência obrigatória de equipamento nacional. Qual será a incidência, não sei, espero que seja, 30, 40% no nosso caso. Se eu pago financiamento no exterior na base de 6% de juros ao ano, o nacional é na base de 4% ao mês.

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — No nacional podemos dizer que o juro é zero, porque não existe financiamento.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — É da ordem de 4% ao mês. Tudo isso complica e tira a realidade. Nosso orçamento tem sido feito, até o momento, para estudos comparativos, medindo-se em termos de dólares, principalmente porque temos de exportar e competir em dólares.

Dr. Renato Wood — Poderia o ilustre conferencista responder ao seguinte? Nós vimos que a siderurgia durante longo tempo esteve como que adormecida, e de repente começaram a surgir aperfeiçoamentos com velocidade incrível, como o LD por exemplo, o lingoteamento contínuo em seguida e, agora, a pelotização. Esta, durante algum tempo, esteve como que escondida e pouca literatura se conseguia a respeito. Agora, surge, em números já citados pelo conferencista, projeção até 1970. É problema premente para a Companhia Vale do Rio Doce, pela acumulação de seus finos. É um problema premente para se alcançar mercado, porquanto uma agressividade se impõe uma vez que alguns países já tratam do assunto, exportando. Terá mercado quem primeiro se apresentar. Desejo saber em que ponto estão as cogitações, o projeto ou anteprojeto, para quando se poderá ter essas duas usinas citadas em condições de fornecimento doméstico e exportação.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Para a Usina de Vitória já foi encaminhado ao AID o relatório preliminar. Se tudo correr bem, esperamos ter a parte burocrática resolvida antes do fim do ano. Isso para a Usina de Vitória. Para a Usina do interior do País, na semana que vem vamos expedir as cartas-convites para uma tomada de preço de âmbito internacional, abrangendo as duas usinas. Estamos também tentando obter financiamento pelo AID, para a primeira. Portanto, só pode ser americana. A outra poderá ser de qualquer procedência. De sorte que amarramos por todos os lados que fôr possível.

Na próxima semana vamos emitir as cartas-convites. Está tudo preparado.

Dr. Renato Wood — Boa notícia. Muito obrigado.

Dr. Francisco Pinto de Souza — O preço que foi dado de 8, 9 e 10 dó-

lares para a pelotização, refere-se exclusivamente à operação de sinterizar admitindo-se que já disponha do concentrado ou do pulverizado?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — É tudo incluído e completo.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Há um aspecto que queria considerar, porque na proposta que tenho deram uma base de 2,5 a 5 dólares, partindo a moagem de um material que já fôsse menos de 3/8" ou uma coisa dessa ordem. Nessa moagem eles admitiram uma inversão de 2,5 a 5 dólares.

Numa recente viagem aos Estados Unidos, aliás feita sob o patrocínio e recomendação sua e da Vale do Rio Doce, a Cleveland Steel está extremamente entusiasmada porque pretendia que na concentração de taconitos hematíticos não havia necessidade de descer a pulverização a tão baixo.

Eles resolveram reduzir o tempo da operação, ou em outras palavras, aumentar a capacidade nominal da instalação, de 30 a 40%, confirmando os resultados experimentais, o que equivaleria aumentar a produtividade da instalação de 30 a 40%; pelo motivo de poder acelerar a velocidade, os pellets briquets teriam uma capacidade de resistência muito maior a choques térmicos, permitindo uma operação muito mais rápida.

Aqui, em que o importante para nós não é a moagem para a concentração, de vez que o material já é rico, já encarou a possibilidade dessa solução que estava sendo acelerada, para eles que tinham êste problema?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Já. Nós da Vale do Rio Doce estamos fazendo alguns testes de brinquetagem na Europa, Alemanha, e já mandamos algumas amostras pequenas, dezenas de quilos, para os Estados Unidos também, para uma aproximação preliminar de laboratório (nem de usina piloto). O quanto eu pude verificar, êsse problema de brinquetagem ainda está um pouco longe de uma solução em larga escala industrial. Se não me engano, são duas as grandes linhas de trabalho desenvolvidas nos Estados Unidos. A primeira delas, é de se fazer o briquete, de se comprimir a frio e conduzi-lo a uma grelha, ou, inclusive, uma grelha forno-rotativa. E a segunda linha, consiste em brinquetar-se a quente.

O percalço da primeira linha, é que não se conseguiu — pelo menos quanto eu saiba — imprimir ao briquete cru a resistência mecânica suficiente para poder ser transportado da prensa para o aparelho. É propriedade análoga à da pelota.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Eu trouxe briquetes, crus e queimados. Amanhã, acho que posso mostrá-los. Mas, os crus, têm uma resistência extremamente elevada; ainda estão duríssimos até agora!

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Eu disse que eu conheço, não estou dizendo que não existe.

Dr. Francisco Pinto de Souza — O que eles julgavam, é que realmente a resistência é muito superior.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — A tecnologia muda, em meses...

O problema da segunda linha, é que era preciso comprimir, briquetar a carga de minério fino a uma temperatura entre 900 e 1.000°C. Acontecia que, aquelas prensas que estavam juntas aos aparelhos de aquecimento, recebiam material na temperatura necessária; mas, aquelas que precisassem de um percurso um pouco maior, já recebiam a carga fria — isso sem se falar no problema das matrizes, que, mais dia, menos dia, se consegue resolver. Os resultados que tivemos, de alguns ensaios que mandamos proceder, confirmam a minha primeira informação. O problema maior está em se impor ao briquete a resistência mecânica suficiente para ser conduzido, sem muito luxo, para o aparelho de queima.

Essa tecnologia evolui, em meses, qual a posição exata do problema hoje, não sei. O que é certo, é que até hoje não houve, ainda, uma solução de caráter industrial, em larga escala, porque, para o caso específico da

Vale do Rio Doce, essa unidade industrial tem que ser medida pelo menos por um milhão de toneladas por ano, senão não nos resolve o problema.

Francisco Pinto de Souza — E êsse valor de 2 e meio dólares, para moagem de minério com menos de 3/8”?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Honestamente, acho que não trouxe dados a respeito. O Sarcinelli trouxe?

Dr. Luiz Fernando Sarcinelli Garcia — Acho que é êsse.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Dois e meio a 3 dólares para o nosso minério. Nos numerosos testes que fizemos nos quatro cantos do mundo, para o mesmo tipo de minério, nós encontramos consumos específicos de energia para moagem, variando do simples ao dôbro, vale dizer, de 12 a 21 kwh por tonelada (para o mesmo tipo de minério). Onde está a verdade? Agora estamos mandando verificar alguns ensaios, porque são de importância capital na definição do equipamento. Porque, senão, ou se compra máquina grande demais, ou pequena demais...

Dr. Carlos Dias Brosch (Orientador) — O Dr. Francisco Pinto de Souza levantou a questão do processo de briquetagem, lembrando que na origem dos processos de pelotização havia o caso de minério pobre que precisava ser enriquecido, portanto, moído a granulação bastante fina. E, no caso brasileiro, o minério é bastante rico, podendo-se economizar a moagem e usar um outro processo, como briquetagem, economizando, portanto, energia e custo de instalação de moagem.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — O Dr. Paulo mencionou, se não me engano, que o forno de cuba não mereceria ser considerado, devido à sua pequena capacidade.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Eu diria «principalmente», mas em segundo lugar, porque as informações que temos, que colhemos, definem-no como um instrumento interessante, econômico, para minérios magnéticos.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Exatamente a razão da pergunta, porque existem instalações com cêrca de 15 a 17 milhões de toneladas por ano de capacidade de operação, usando fornos de cuba para minérios predominantemente magnéticos.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — O motivo principal é o seguinte: porque a magnetita tende, em tôdas as etapas de transformação térmica, dissolver-se em temperaturas mais baixas. Isso evita o fenômeno da colagem da pelota dentro do forno.

Eu vi na Suécia cachos de pelotas que não conseguiam ser desagregadas daquele moínho de garra à saída, quando o processo não era bem conduzido. Êsse me parece o motivo principal que dificulta a possibilidade de sucesso da utilização de forno de cuba para as hematitas, porque a diferença de temperatura entre aquela necessária para o desenvolvimento de grãos, que vai dar rigidez à pelota, em relação à temperatura de amolecimento responsável pela colagem é da ordem de 50 a 100°C. No caso da hematita é da ordem de 200°C. Só que essa diferença de largura na faixa torna possível o contrôle no processo para as magnetitas e torna muito sensível para o caso das hematitas.

Mas, devo fazer a seguinte declaração: a Vale do Rio Doce mandou para Kawasaki, no Japão, cêrca de 1.000 toneladas de minério pelotizado e queimado em fornos de cuba. As pelotas são 7/8” a 1”, de resistência elevada — cêrca de 900 quilos por unidade. Quer dizer, pelotas de meia polegada, de 20 x 4 vai dar 200 quilos. E as informações, em relatório preliminar que recebemos do Japão, referiram que elas foram queimadas em fornos de cuba, mas não conseguimos mais nenhuma outra informação.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Parece que uma técnica que estão ado-

tando no Japão é na pelotização de hematita, que é efetuada durante a operação mesmo. Na fase redutora essa hematita passa a magnetita, e depois passa a operar como magnetita, ao passo que nos Estados Unidos, trabalhando com hematita, que é a grelha de forno rotativo, estão mantendo permanentemente ambiente oxidante.

O Sr. teria notícia de que a solução japonesa foi essa, de fazer uma prévia redução da magnetita em hematita?

Dr. Paulo Bohomoletz — Não tivemos informações. Recebemos diversos relatórios sem nenhuma referência ao caso. É uma usina inteiramente fechada. Pediria ao colega Fernando Sarcinelli que nos dissesse algo sobre o forno de cuba que estão queimando pelota de hematita nos Estados Unidos.

Dr. Luiz Fernando Sarcinelli Garcia — Forno de Cuba trabalhando com hematita só, não.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Não houve notícias de experiências?

Dr. Luiz Fernando Sarcinelli Garcia — Houve notícias, mas não trouxeram resultados satisfatórios. A usina que visitei produz sete milhões e meio de toneladas por ano.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Fui informado que bastava ter uma pequena porcentagem, que não fôsse de hematita, que o insucesso seria total, por não se ter controle de temperatura.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Gostaria de fazer uma pergunta ao ilustre conferencista. Considerando que a maior parte da capacidade mundial instalada é de grelha, que é considerada a melhor para tratamento de magnetita para o cozimento de pelotas de hematita, por não haver sobrecarga, não seria essa solução natural para a Vale do Rio Doce?

Dr. Paulo Bohomoletz — A experiência americana, a única que existe para carga 100% hematita, indica que forno misto é o melhor. Não a grelha contínua, o «Great Keal». Não diria que é o melhor. Depois de numerosos ensaios feitos em relação ao minério 100% hematita, feitos em «pot», portanto «pot test», enveredou-se pela solução do «Great Keal». Construíram a primeira unidade, evidentemente com alguns defeitos e problemas que foram superados. A usina foi ampliada e depois construíram outra com o mesmo processo.

O que se sabe que funciona bem para pelotizar minério 100% de hematita, é o Processo «Great Keal», mas não existe ainda experiência de se queimar pelota 100% hematita em outros equipamentos. Isso é preciso se ressaltar. A experiência foi realizada com «Great Keal» e ninguém quer arriscá-la em outro tipo de equipamento. Talvez arrisquemos, na Vale do Rio Doce, em instalação de grelha contínua, apesar de serem inúmeros os prós e os contras. Temos um motivo técnico para preferir utilizar o processo «Great Keal» em produto destinado à exportação. Reside principalmente na obtenção de boa superfície, porque a boa superfície, a superfície lisa, dura, resistente, é indispensável para se melhorar a geração de finos. Outros processos usam determinados artifícios para se chegar a essa superfície boa, como o tamboramento da pelota pronta, para descascar e liberar as partículas pouco aderentes. O «Great Keal» oferece, indubitavelmente, a vantagem de imprimir à pelota, ainda em formação, uma compactação no estado plástico, compactação boa e permitir bom acabamento de superfície.

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — O Sr. Sarcinelli tem um esclarecimento a respeito da instalação?

Dr. Luiz Fernando Sarcinelli Garcia — Era quanto à questão da utilização de minérios hematíticos em grelha contínua. Não existe nenhuma instalação industrial que funcione com 100% de hematita.

Tive oportunidade de visitar usinas em Groveland, nos Estados Unidos,

da Hana Minning Co. que funciona com cargas misturadas em proporções que já chegaram a atingir 70% de hematita. Estivemos também no Canadá, onde as mesmas experiências são feitas na Usina de Carol Lake.

Dr. Paulo Bohomoletz — Eu acrescentaria à informação do colega Sarcinelli Garcia, que tendo verificado a excelência de resultados do emprêgo da magnetita, fiz a seguinte pergunta: qual a porcentagem mínima de magnetita que deveria existir numa carga para se ter uma vantagem maior do processo magnetítico, vamos assim dizer, e aí me foi dito que «no mínimo 30%».

Minha idéia era procurar nas nossas jazidas reservas de magnetita e misturá-la, mas a porcentagem é muito alta e não temos magnetita para podermos tirar partido em todo o processamento. O colega Sarcinelli quase confirma isso: carregam de minério hematita-magnetita na proporção de 70-30%. Quer dizer, êles têm os 30% mínimos que reputam necessários.

Dr. Carlos Dias Brosch — Eu tinha pedido um esclarecimento ao colega Sarcinelli sobre o uso do forno de cuba nos minérios que êle chamou taconitas magnéticas. Pergunto se seriam realmente magnetitas ou tipos artificialmente magnetizados?

Dr. Luiz Fernando Sarcinelli Garcia — As usinas industriais de hoje ainda são feitas com magnetita, mas estão se pesquisando nos Estados Unidos a concentração das taconitas hematíticas pelo processo preliminar da magnetização. Essa magnetita artificial poderia ser pelletizada pelo forno de cuba. Sobre êsse aspecto já foram feitas experiências pela Hana Mining Co., que tem grande reserva de taconitas hematíticas, mas até hoje não há nenhuma instalação industrial trabalhando com taconitas hematíticas.

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — Gostaria também de uma informação do ilustre conferencista sobre a instalação da Vale do Rio Doce, da ordem de 3 milhões de toneladas, que seria dividida em duas instalações parciais, uma localizada em Vitória e outra em Itabira. Essas instalações seriam do mesmo tamanho e do mesmo tipo, ou diferentes?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Não. A de Itabira é da ordem de um milhão de toneladas e possivelmente — não certamente — tipo grelha contínua. A de Vitória deverá ser de 2 milhões de toneladas e deverá ser tipo grelha.

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — Vamos passar para a questão de ensaios, de características, de processamento das várias etapas da pelletização.

Sr. Nilson Peres Dal-Ri (Estudante de Engenharia da Politécnica) — Gostaria de saber como é mais conveniente fazer o aproveitamento dos finos, se por sinterização ou pelletização.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — No Vale do Rio Doce somos essencialmente exportadores, de sorte que não nos resta outra alternativa senão fazer um produto capaz de suportar operações do transporte, carga e descarga e intempéries. Portanto, no momento a pelota, no futuro talvez o briquete. Não podemos considerar o sinter, já que não suporta manuseio complicado, transporte longo. Isto é um ponto de vista do exportador.

Agora, para o mercado interno, o problema se põe de maneira diferente, porque a grande maioria das usinas siderúrgicas possuem minas próprias e vivem os próprios problemas. Mas, à medida que nossas indústrias se expandirem, êsse problema deverá ser encarado e resolvido, em termos de economia nacional. Desaparecerá a possibilidade de se discutirem economias parciais, pequenas, isoladas; porque a movimentação dêsses minérios, os investimentos que se fazem para isso, são de tal monta, que pesam na balança financeira do País. E há que integrar isso num sistema que requer

produção máxima, de melhor qualidade, pelo menor preço. Mas, cabe ao governo decidir sobre a política mineral, de modo geral.

Dr. Benedito M. de Andrade (I.B.S.) — Gostaria que me dissesse alguma coisa sobre o problema de pré-redução de pelotas. Parece que o resultado obtido por uma companhia norte-americana foi tão interessante, que ela já cogita do enriquecimento do teor metálico das pelotas por meio desse processo.

Dr. Paulo Bohomoletz — Conheço muito pouco sobre o processo. No ano passado, numa conferência em Caracas, o assunto foi ventilado e publicado nos boletins de lá. O que se acentuou lá não deixa de ser interessante, argumentando que, à medida que cresce o grau de redução da pelota, o seu emprêgo no aparelho convencional obrigará a se fazer mudanças no aparelho, porque deixa de ser alto-forno clássico para funcionar nos princípios do cubilô.

É preciso estabelecer limite, medido, evidentemente, em termos econômicos, de valor e custo da matéria-prima, até onde se deve levar a redução de uma pelota ou briquete, para que isso justifique seu emprêgo como carga metálica em alto-forno. São problemas muito longe de ser resolvidos. Sem embargo, estão sendo desenvolvidos intensamente; e acho que em certos lugares estão sendo aplicados, tanto briquetes como pelotas pré-reduzidas, mas em escala de cubilô, de forno elétrico, não ainda em escala de alto-forno.

Dr. Carlos Dias Brosch — Parece-me que têm sido feitas experiências, não sei se muito longas, sobre o uso de pelotas pré-reduzidas, de alto teor em ferro metálico, em altos-fornos de 1.500 toneladas por dia. Se não me engano, isso foi citado pelo Dr. Luiz Corrêa da Silva.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Como bem foi frisado hoje, quanto mais reduzido o material, mais próximo do ferro, tanto menos o alto-forno se presta para processá-lo economicamente, já que, forçosamente, o alto-forno libera, pelo topo, gás, que é gás redutor que contém carbono não aproveitável. Quanto mais reduzido o material, maior será o teor de CO que sairá pelo topo que não encontrará óxido em quantidade suficiente capaz de transformar esse CO em CO₂. Então, estão sendo considerados todos os processos que citamos antes, que são combinações de aparelhos que visam resolver essa questão, tratamento de materiais por pré-redução ou pré-aquecimento, combinado com reator de fusão, que pode ser forno elétrico, ou forno tipo cubilô ou tipo baixo-forno.

Tenho uma pergunta a fazer: trata-se do uso de pelotas versus minério, versus sinter nos altos-fornos. O Dr. Paulo Bohomoletz mencionou os resultados obtidos na Mannesmann, há alguns meses, com o uso de pelotas americanas, creio que da Reserve Mining. Em contrapartida, há uma espécie de polêmica amistosa entre o pessoal da Mannesmann. Nos trabalhos que o Sr. mencionou, apresentados pelo Dr. Send, da Mannesmann, houve uma resposta muito interessante do Dr. Heinert, da Phoenix. O Dr. Heinert, citando os resultados obtidos por um grupo de altos-fornos de todo o mundo, da maior eficiência, fez um gráfico em que mostrava a produção em função do diâmetro do cadinho.

Além desse, há numerosos outros altos-fornos que não usam pelotas, inclusive altos-fornos que não só têm uma grande capacidade de queima de coque por m², por dia, mas também têm um grande «coke rate», porque há uma curva separada entre produção e «coke rate». Qual a capacidade de queima de coque por dia? Fazendo-se a relação, verificamos que há excelentes resultados obtidos com sinter e com minério. Agora, com relação ao minério, creio que, hoje em dia, não há grandes usinas que possam usar apenas minério com bons resultados, devido ao problema da granulometria. Nesse trabalho vemos que minério, de granulometria controlada, se compara ao melhor sinter e à melhor pelota. É questão de preparo do minério.

Dr. Paulo Bohomoletz — Não tenho motivo especial para pré-discordar

do raciocínio, mesmo porque existe trabalho publicado naquele Simpósio de Filadélfia, de 1962, que traz um gráfico muito interessante, comparando redutibilidade se não me engano de pellets, minério e sinter. Nela, o minério bitolado está no topo, oferecendo as melhores condições. Voltamos a repetir o que já dissemos: tecnologicamente, o assunto ainda não está encerrado. O problema é econômico.

Dr. Luiz C. Corrêa da Silva — Nessa questão do minério, depende do minério. Não convém à Usiminas usar minério não sinterizado justamente por causa das características do minério. Mas, supondo — é a informação que lá obtive este ano — determinada característica de redutibilidade, uma resistência adequada térmica, uma granulometria ótima, etc., parece que não há dúvida que se compara com boa carga preparada.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Tenho a impressão que a questão ainda está aberta sob o ponto de vista tecnológico. O que permanece, de longe, é o aspecto econômico.

Dr. Luiz C. Corrêa da Silva — O que o Sr. quer dizer com isso?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Tecnologicamente, não há decisão ainda. Sob o ponto de vista técnico, não há decisão.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — E entre sinter e pelota?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — A pelota, não há dúvida.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Não há dúvida o quê?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Basta considerarmos o estado superficial do sinter, para verificarmos que a pelota está isenta de agentes que dificultam sua redução.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — A pelota? O Sinter!

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Não tem silicatos de ferro, não tem escórias de superfície: a pelota!

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Mas há resultados que comprovam que isso não faz diferença. Como no gráfico que mostrei, se bem realizado dá até resultados melhores.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Estou em desvantagem para raciocinar porque não conheço esse trabalho. Mas, acho perigosa uma conclusão definitiva, quando se mapeia e se compara resultados de muitas unidades diferentes. Se me fôsse dito que o mesmo alto-forno, operado pela mesma equipe, nas mesmas condições, experimentou cargas «A», «B» e «C», chegando a tais, tais e tais resultados, não haveria nada a discutir. Mas, quando se mapeia 15 ou não sei quantos altos-fornos, com características diferentes, não se pode comparar cargas heterogêneas de um forno para outro.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Então não se pode dizer que pelota é melhor que sinter.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Pode. Experiências de pelotas foram feitas nos mesmos altos-fornos como foi a experiência da Youngstown e da Mannesmann e a que me referi foi com o mesmo forno com a mesma companhia que experimentou diferentes cargas de forno, mas comparar 15 fornos diferentes, eu acho, não vejo condições de reproducidade de resultados.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Acho que o número de fornos não influi. Isso deve fugir da evidência que o gráfico oferece. Não é um gráfico; é o resultado de diversas usinas muito bem aparelhadas. Esse resultado prova de que a carga em si, do alto-forno, não influi tanto nos melhores resultados que se pode obter. Isso é que representa esse gráfico. Quanto a isso, não há a que fugir.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Certo, se compararmos os resultados finais. Mas o resultado final da operação de um alto-forno não é constituído exclusivamente pelo comportamento da pelota em relação ao sinter e ao minério. Deve-se considerar uma série de fatores, temperatura, tamanho do coque, tipo do coque, uma porção de coisas.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Mesmo que o Sr. compare no mesmo alto-forno, como o caso da Mannesmann, que primeiro trabalhando com sinter conseguia só 1.400 toneladas e passando às pelotas apenas conseguiram 2.000 toneladas por dia, podemos argumentar que eles não podiam fazer o sinter, enquanto o sinter da Phoenix conseguia resultados excelentes.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Acho um argumento muito ponderável, mas válido também para outras experiências. Quem sabe se os outros não souberam usar a pelota. Vamos citar um exemplo concreto daqueles que não souberam usar a pelota mesmo. Uma determinada usina alemã fez uma compra de alguns milhares de toneladas de pelotas suecas, pelotas essas que por obra do acaso eu vi em Narvik sendo carregadas, pelotas grandes de quase duas polegadas, umas inferiores a uma polegada, outras rachadas. Eram depositadas no pôrto de Narvik, lançadas naquela instalação de uma altura de 25 metros no início da carga, arrebatadas e moídas. Essas pelotas foram experimentadas numa usina alemã e evidentemente deram resultados negativos. Não era possível. Aquilo não era pelota. Era pior do que um minério desbitolado. Mas o artigo que eles publicaram na Alemanha dava-os como pelotas.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Não há que fugir de que os melhores altos-fornos do mundo, comparados — se o sr. me permite uma comparação, dão um resultado melhor de operação sinter mais o minério, e é o recordista no momento.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Não posso contestar. Estamos apenas analisando diversos aspectos dos fatos.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — É interessante destacar isso para que não fiquemos com a idéia de procurarmos sempre receitas novas. Fazendo-se um sinter bom obtem-se um recorde mundial. Aliás, temos aqui no próprio Brasil um resultado que o Dr. Cota mencionou de alto-forno, usando 100% de sinter. De modo que estou insistindo nesse ponto porque creio que deve ficar bem claro.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Só lhe peço que não venda essa idéia no exterior.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Estamos citando porque já ouvimos discussões no exterior.

Dr. Benedito de Andrade — Tive oportunidade de ler um artigo sobre a questão do uso de pelotas e sinter em alto-forno, referindo-se sobre a experiência de um alto-forno francês de 8 metros de diâmetro de cadinho e cerca de 1.500 metros cúbicos de volume útil, empregando contrapressão durante meses, portanto, um forno considerado grande, em que a experiência com 80% de sinter foi muito bem sucedida. Fêz-se também experiência com 33% de pelotas na carga, embora por um período relativamente curto. Num gráfico, mostrando a evolução da relação coque-gusa, em ordenadas, em função da composição do leito de fusão, em abcissas, e da contrapressão, verifica-se que o consumo de coque por tonelada de gusa é menor, empregando-se 33% de pelotas, do que quando foi empregado 43% de sinter, na carga. Isto parece mostrar que o emprêgo de pelotas se compara de modo favorável com o de sinter, quando em proporções semelhantes, dentro das mesmas condições de operação.

A questão acha-se em aberto, inclusive quanto ao aumento da capacidade de produção dos altos-fornos. Isso do ponto de vista tecnológico.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Sobre o assunto quero externar minhas palavras, mas antes, quero abordar tema que foi ligeiramente tocado pelo Prof. Luiz Corrêa da Silva, relativamente à impossibilidade de a Usiminas trabalhar com minério de Itabira. Para mim, é coisa sem senso, porque milhões e milhões de toneladas estão sendo usadas em altos-fornos. Ocorre que no curto período em que a Usiminas trabalhou com minério apenas, encontrou certa dificuldade, que foi atribuída ao estilhaçamento, transformando em pó o minério. Ora, quase todo minério colocado em alto-forno, sofre estilhaçamento. Se fôr em chapa, é vantajoso; se fôr em pó, pode ser desvantajoso.

Realmente, também quase na mesma ocasião, numa carga de minério de Itabira mandada para o Sarre, assinalaram certa dificuldade, e encontraram para aquela determinada carga um estilhaçamento um pouco exagerado; não consideraram isso um grande problema, e continuaram a usar o minério de Itabira. Ocorreu, apenas, que talvez alguma camada com tensão interna — porque o minério não é hidratado — estilhaçou-se.

Querem lançar que o minério brasileiro se estilhaça e vira pó! É um doce de côco para nossos concorrentes, lançar-se isso! É perigosa uma afirmativa dessa ordem, sem uma conclusão mais profunda. A Usiminas não tem experiência longa para externar, nem demonstrou com números êsse grande estilhaçamento. Todo minério se estilhaça... Até se tem notícia da Itália e do Japão, que vêm com acusação perigosa se se generalizar, e mais ou menos gratuita, porque não foi nem comprovado, detalhadamente, e quais os efeitos que tem. Quero deixar, por isso, assinalado êsse aspecto que pode ser prejudicial à economia nacional. Na nossa organização, temos mandado, sistematicamente, fazer estudos nesse sentido com diferentes minérios. Não com o de Itabira, que não cheguei a fazer. Mas, os resultados são excelentes, mesmo para minérios hidratados.

Voltando à discussão, quero externar que essa questão do sinter, minério e «pellet» já está se estendendo, em congressos da A. B. M., pelo menos há 10 anos.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — E vai se estender muito mais...

Dr. Francisco Pinto de Souza — A discussão toma aspecto acadêmico na sua interpretação, porque não se comparam coisas homogêneas. Quem vive dentro de indústrias, sabe que de um homem para outro, os resultados dos fornos são diferentes. Tôda vez que vem novidade, todo mundo fica atento à novidade, e obtém-se recorde. É que se a carga está direita, então dá resultado. Mas, êsse resultado não permanece. As usinas têm diferença de laboratório.

Quanto ao minério sinter, eu sempre punha dúvidas nas discussões, porque o meu ponto de vista era que estavam discutindo em termos brasileiros, quando não havia comprovação no sentido de se fazer «pellets» hematíticos. Hoje a discussão acabou, porque se faz; está acabado. Agora já se pode fazer; há probabilidade de comparação.

Quanto ao aspecto histórico, como surgiu o «pellet»? Surgiu primeiro a sinterização. A sinterização resolvia muito o problema, porque lançou a utilização de um óxido de ferro, a passagem de minérios finos que não podiam ser colocados no forno. Foi até um dos inventores que primeiro lançou os estudos de pelotização — e abandonou-os. Fêz pequenos «pellets», e abandonou o processo, que foi reaberto em 1948-49, portanto, há muito pouco tempo, para utilizar justamente os concentrados de taconita, que não é possível pulverizar sem uma granulometria fina.

Foi assim que surgiu a pelotização, que era uma solução para os concentrados que não eram mais passíveis de ser sinterizados. Agora evoluiu. E tudo leva a crer, sem poder afirmar, que o «pellet» vai levar vantagem, por sua homogeneidade dimensional, quando se compara um sinter perfeitamente oxidado com um «pellet».

Mas, como resultado, lembro o seguinte: em 1955, na Suécia, já se faziam «pellets», já havia produção de «pellets» para o mercado, exclusivamente pelo processo Filbert, justamente por essa questão dimensional. Na Usina de Vandick fizeram experiências, sendo o resultado um completo fracasso. Na ocasião, disseram que os «pellets», no alto-forno, tinham uma relação CO-CO₂ muito grande.

Há três ou quatro anos estão surgindo resultados no mundo, quanto à utilização de «pellets» em altos-fornos. Antes era segredo, mistério mesmo. Embora desde 1951 a Bethlehem fizesse experiências, recusava que vissem os altos fornos onde se utilizavam «pellets».

Agora surgiram resultados animadores. Homens que nunca usaram «pellets» mostram-se entusiasmados e começaram uma tumultuação para adequar o problema. O pior disso é que não se definiu com clareza quais as características ideais de um sinter, porque tem características físicas de resistência e características de redutibilidade, de permeabilidade, características que se chocam uma com a outra. Muitas pessoas que o usam dizem que o sinter é mau porque é muito friável. Mas o resultado é bom. Os americanos têm um sinter que poderia ter resultados excelentes, sob o ponto de vista de compacticidade, mas que tem má redutibilidade.

De modo que o compromisso de resistência e de redutibilidade não foi estabelecido, nem pode sê-lo, porque depende de um forno para outro. Acho que os dois vão ter campo no mundo, cada um com sua oportunidade.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Inicialmente, o senhor deu a impressão que eu estou querendo sabotar a exportação de minério de ferro. Foram citados dados técnicos mencionados na visita feita à Usiminas, no último Congresso da ABM. Muito natural, muito corrente. Estamos discutindo tècnicamente, não há nada disso.

O senhor mesmo aduziu argumentos que vêm ao meu encontro. Mesmo no exterior sente-se essa dificuldade, mas não mencionei por causa das dificuldades e sim apenas como argumento para se dizer que se usa minério e se pretende, com êle, atingir resultados de recordes mundiais em usinas nacionais.

Quanto a questão de sinter e pelota, não há necessidade de dar um tom muito polêmico às discussões a respeito. Estamos discutindo tècnica-mente o assunto, e meu objetivo foi só situar o problema. Estamos convencidos que a pelota tem sua utilização. Trata-se de nôvo material, com possibilidades formidáveis. Estamos realizando pesquisas no IPT, patrocinadas pela Vale do Rio Doce e é sabido que é material que vai ser usado cada vez mais nos altos-fornos. Exatamente a crítica que parece que estão nos fazendo, por defender nosso ponto de vista, nós podemos devolvê-la; por que insistir que pelota é melhor material? Por que citar o alto-forno de uma usina francesa se aqui temos 35 altos-fornos no gráfico? Cada material dêsse terá sua utilização precípua, dependendo das fontes de matéria-prima, dos preços, da instalação, das condições locais. Mas, em si, parece que a questão está ainda em tórno de bom sinter, de boa pelota e de bom minério. A situação parece ainda ser de igualdade, sem vencedor definitivo.

Desejo perguntar ao ilustre conferencista, quanto ao aspecto econômico, tirado das suas experiências, das suas visitas, como é que se compara, de modo geral, custo de pelota, custo de sinter nas grandes usinas. Considero do ponto de vista de preço, de custo de operação. Como é que se compara, não tècnicamente, mas do ponto de vista econômico, sinter e pelota?

Dr. Paulo Bohomoletz — Lamento não poder responder. Fiz essa pergunta numerosas vêzes, a muita gente, e jamais obtive uma resposta. Sempre fugiam a um esclarecimento. Tenho a impressão pessoal de que deve haver uma vantagem acentuada para a pelota, dado o seu consumo crescente nos Estados Unidos, mas é impressão qualitativa, para a qual me

esforcei para a obtenção das medidas, porque é de nosso interesse sentir melhor o problema e poder mais tarde argumentar no mercado internacional. Mas, não tenho dados para isso.

A única resposta que, talvez, lhe possa dar, talvez indiretamente, seria a cotação das pelotas em diferentes regiões do mercado americano. Posso lhe dizer — não tenho exatamente na memória os números — que a unidade porcentual de ferro das pelotas é cotada entre 21 e até 29 cents (unidade metálica) sendo 21 em pôrto do Atlântico e 29 no interior. E' difícil estabelecer média porque é necessário fazer balanço de massa. Se se comparar a isso valôres da unidade porcentual de ferro metálico em diversos tipos de minério, talvez se possa fazer correlação. Mas, informações diretas não as consegui.

Dr. Luiz Fernando Sarcinelli Garcia — Só para esclarecer, a cotação oficial de pelotas nos Estados Unidos, colocada na região dos Baixos Lagos, está sendo de 25,2 centavos nas usinas e depende naturalmente dos fretes ferroviários. Assim, uma pelota que esteja no pôrto do Atlântico que tem que subir até Cleveland, vai custar mais.

A respeito dessa discussão do custo da sinterização e pelotização, talvez possa dar uma colaboração no sentido de que o consumo de energia calorífica, a pelotização consome menos. Enquanto a sinterização consome 3 milhões BTU a pelotização consome da ordem de 600 mil a 1 milhão e 200 mil BTU por tonelada de pelotas.

Dr. Carlos Dias Brosch (Orientador) — Sôbre o custo, devido a natureza do combustível usado talvez fôsse mais barato.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Devo ressaltar aqui que o meu objetivo não é o de ser a favor do sinter ou pelotas. O meu objetivo é assinalar a impossibilidade de medir, por não haver característica definida de um e de outro forno. Esse o meu objetivo. O caso da inversão por tonelada-ano da produção na pelotização é bem mais elevada que no sinter. Comparando-se a grelha comum, pode-me faltar a memória ou então não haver progresso recente, mas o rendimento com a grelha por pé quadrado era da ordem de menos da metade na pelotização do que pela sinterização, o que exigia, portanto, uma inversão maior, mesmo por área de grelha sôzinha, além de tôdas as canalizações. É bem mais complexa a sinterização. A inversão é muito maior na pelotização do que na sinterização.

Dr. Carlos Dias Brosch (Orientador) — O Dr. Luiz Villares fêz uma observação que o crescimento do uso da pelota pode não ser devido a uma melhor qualidade, a uma melhor performance dêsse processo, mas por exemplo a maior utilização da matéria-prima como a taconita existente nos Estados Unidos. De modo que são outros fatos que estão influenciando.

Também lembro, como caráter pitoresco, que nem sempre se pode decidir em favor de dois equipamentos semelhantes no mesmo campo. Lembro o exemplo clássico: existe na civilização nossa, o Ford e o Chevrolet há mais de 40 anos e ninguém pode dizer qual é o mais forte, qual é o melhor.

Dr. Renato Wood — Para fixar a minha compreensão no trabalho recém-citado pelo Dr. Luiz Corrêa, sôbre o Dr. Reinhert, a respeito do comportamento das cargas com granulometria adequada às pelotas, pergunto as cargas se comportam adequadamente, também quanto ao caso do «coke-rate».

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Também quanto ao «coke-rate». Como eu disse, há diversos altos-fornos que, além de terem produtividade elevada, têm «coke-rate» muito baixo usando mistura de sinter e minério. Os altos-fornos usando pelotas em quantidade, sômente nos Estados Unidos estão em uso.

Dr. Savério Labate — Qual o aglomerante, ou quais os aglomerantes utilizados na pelotização, em Itabira, e quais os resultados?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Fizemos os ensaios preliminares, evidentemente, com bentonita, para têrmo de comparação. Mas, como não possuímos a bentonita em quantidade necessária no País, voltamos nossa atenção para outros dois tipos. O primeiro tipo de aglomerante, foram algumas argilas nacionais, cujos ensaios foram feitos a título experimental e preliminar pelo I.P.T., e dos quais mandamos amostras para o exterior, e obtivemos resultado, com certo tipo, quase favorável. Entretanto, devo-lhes acrescentar que, em têrmos práticos, não julgamos os resultados definitivos. Há pouco conversamos com o Dr. Luiz Corrêa da Silva, e vamos reexaminar alguns pontos de nosso convênio.

Agora, o que experimentamos a fundo, tantos nos ensaios levados a efeito na Alemanha como nos Estados Unidos, foi o emprêgo de cal hidratado. Empregamô-lo em teores de 1,5, 1 e 2%, e obtivemos resultados excepcionalmente bons. De sorte que a intenção é começar a operar as usinas com bentonita, com garantias de fornecedores de equipamento, etc., e depois, passo a passo, substituindo devagar, com cal.

Devo confessar que «cal» é têrmo um pouco vago. E sôbre êsse assunto, o I.P.T. fêz uma série de ensaios muito interessantes, mas, peço permissão para não declinar seus resultados, porque serão objeto de trabalho do I.P.T. e da Vale do Rio Doce, a ser apresentado no congresso da Associação Brasileira de Metais.

Em têrmos práticos, além da bentonita, podemos trabalhar, despreocupadamente, com cal.

Dr. Savério Labate — Trabalhando com bentonita, trabalhará com bentonita nacional, ou estrangeira?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Não a nacional, mas com a procedente de Wyoming, Estados Unidos, na mesma proporção, de 0,5%.

Dr. Savério Labate — E se fôr encontrada bentonita igual à de Wyoming?

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Aí vamos verificar o problema de preço, em paridade com os resultados finais.

Dr. Savério Labate — Parece que estamos a caminho disso.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Eu penso que sim.

Dr. Carlos Dias Brosch (Orientador) — Queria lembrar ao Dr. Paulo Bohomoletz, que vários ensaios feitos com vários aglomerantes, têm dado como resultado favorável a mistura de cal e bentonita geralmente quase que da ordem de 0,6 de bentonita e 0,5 de cal dolomítica, como sendo a mistura que dá propriedades ideais.

Dr. Luiz Corrêa da Silva — Na palestra de ontem, tivemos oportunidade de apresentar uma espécie de queixa a respeito da cooperação da indústria com a pesquisa no Brasil, isso porque, de forma geral, nos países desenvolvidos se permite o dispêndio de importâncias consideráveis para o suporte da pesquisa.

Mas queria aproveitar esta oportunidade para render homenagem ao Dr. Paulo Bohomoletz, que, na qualidade de assessor na Presidência da Companhia Vale do Rio Doce, tem feito um esforço extraordinário para o desenvolvimento de um programa de cooperação de pesquisa entre a Vale do Rio Doce e, no caso, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas. É por virtude do Dr. Bohomoletz que estamos no I.P.T. engajados atualmente no estudo dessa nova técnica, cujas pesquisas estão sendo levadas a efeito pelo Dr. Brosch, orientador desta mesa.

De modo que seria interessante que êsse exemplo proliferasse. Rece-

bemos constantemente problemas de pesquisa, que são de menor monta, relativamente pequenos. De modo que como os grandes, os maiores é que realmente interessam, achamos que futuramente renderão outros frutos que não apenas o relatório que preparamos. Aliás, as primeiras experiências de sinterização, pela Belgo-Mineira, foram feitas também no I.P.T. pelo Dr. Tharciso Damy de Souza Santos, em 1945.

De modo que seria interessante para o futuro intensificarmos êsse tipo de cooperação, que certamente será de interêsse nacional.

Dr. Paulo Bohomoletz (Conferencista) — Não posso deixar sem reparo as palavras do Dr. Luiz Corrêa da Silva, mas quero dizer que, sem um incentivo, um apoio, uma orientação do I.P.T., daquele espírito que me imbuiu, trabalhando na Escola Politécnica, junto com todos os técnicos especialistas do I.P.T., sem êsse espírito, sem êsse amparo, sem êsse encorajamento não teria sido capaz de levar adiante a idéia.

Dr. Benedito M. de Andrade — Em complementação ao que o Dr. Luiz Corrêa da Silva acabou de dizer, eu gostaria de informar que o Instituto Brasileiro de Siderurgia tem em mente, falando pela indústria siderúrgica — ativar e fomentar a pesquisa no campo siderúrgico. É de interêsse do Instituto, condizente com suas futuras verbas e receitas, aplicar parte das mesmas em pesquisas. Ainda não foi feito um plano de trabalho sôbre o assunto.

Vamos chamar todos os institutos brasileiros de pesquisas para cooperar conosco, num plano de pesquisa siderúrgica que possa ser desenvolvido a longo prazo.

Dr. Luiz Dumont Villares (Presidente) — Mais uma vez agradeço ao Dr. Paulo Bohomoletz, por sua ótima conferência, e ao orientador dos debates, pelo seu trabalho. Felicito, novamente, o Centro «Moraes Rego» por sua iniciativa e, agradecendo a presença de todos, dou por encerrada a presente Sessão.