

# ESTUDO EXPERIMENTAL DE SINTERIZAÇÃO DE GARNIERITA <sup>(1)</sup>

THARCISIO D. DE SOUZA SANTOS <sup>(2)</sup>

SERGIO BRESCIANI <sup>(3)</sup>

## RESUMO

*Descrevem os autores estudos experimentais visando esclarecer a influência das principais variáveis na sinterização de finos de garnierita contendo 36% de material de menos de 0,25 mm de diâmetro, e encerrando 5,55% de umidade, 10,6% de perda ao fogo e 2,68% NiO. Esses finos resultaram de classificação de minério britado, produzido pela Companhia de Nickel do Brasil, em Liberdade, MG.*

*O forno utilizado foi construído no Instituto de Pesquisas Tecnológicas e é dotado de dois exaustores montados em série que asseguram vazão equivalente de 267 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> de área de sua seção transversal horizontal. Estudou-se a variação do volume específico aparente de cargas constituídas por proporções variáveis de garnierita, retórno e moinha de carvão vegetal, em função da umidade. As curvas de vazão de ar através da carga e de volume específico aparente acusam máximos para a mesma proporção de água na carga. O tempo necessário para sinterizar a carga e resfriar os gases a 60°C variou entre 16 e 18 minutos. O rendimento de sinter aumenta com a proporção de moinha. O sinter encerra menos de 0,2% de material eliminado por calcinação a 1.200°C, indicando assim quase total eliminação da água de combinação do minério.*

## 1. INTRODUÇÃO

A sinterização da garnierita (minério friável, silicatado e hidratado de níquel, de baixo teor), é sempre desejável, seja para sua ulterior redução a gusa níquelífero, realizada em forno elétrico, seja para sua redução prévia à fusão, processo desen-

(1) Contribuição Técnica n.º 392. Apresentada ao XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM; Chefe da Seção de Metalurgia Extrativa, Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Professor Catedrático e Livre-Docente de Metalurgia dos Metais Não-Ferrosos; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; São Paulo, SP.

(3) Sócio-estudante da ABM; Assistente-aluno da Seção de Metalurgia Extrativa, Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Aluno do 5.º ano do Curso de Engenheiros Metalurgistas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

volvido por um dos autores e objeto de uma patente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

A sinterização permite eliminar a umidade, geralmente elevada, bem como a água de constituição, a qual em geral varia entre 8% e 14%. Conseqüentemente, a utilização de sinter em lugar de minério *in-natura* permite economizar cêrca de 18% do consumo de energia elétrica (da ordem de 14.000 kWh/t de gusa níquelífero). Além dessa influência direta sôbre o consumo de energia, e assim sôbre o custo de produção de metal contido em gusa níquelífero ou em ferro-níquel, a sinterização permite ainda aproveitar os finos que resultam tanto da extração do minério quanto do seu britamento, uma vez que não podem êstes ser carregados no forno de redução. A proporção de finos é muito elevada, em virtude da natureza friável e terrosa do minério.

Nesta contribuição são descritos, de forma resumida, os estudos experimentais realizados pelos autores em partida de minério constituída por finos de britamento, gentilmente fornecida pela Companhia de Nickel do Brasil, de sua mina e usina situada em Liberdade, MG.

## 2. MATERIAIS UTILIZADOS

A garnierita utilizada fazia parte de uma remessa de 5 t de finos acumulados na usina de Liberdade e resultantes de classificação do minério britado. A tabela 1 reúne os resultados de análise de amostra dessa partida:

TABELA 1

### Análise de amostra de finos de garnierita

Constituinte	Teor, %
Umidade .....	5,55
Perda ao fogo .....	10,6
SiO .....	33,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4,30
FeO .....	10,5
CaO .....	traços
MgO .....	29,2
NiO .....	2,68

O combustível utilizado nas experiências de sinterização foi a moinha de carvão vegetal procedente da Usina Experimen-

tal de Apiaí do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, previamente classificada em peneira de 8 mm. Contêm geralmente 21% a 24% de matéria volátil; 5% de umidade; 5% a 8% de cinza (o que indica conter elevada proporção de terra) e 65% a 70% de carbono fixo.

Os volumes específicos aparentes desses materiais eram: 0,921 dm<sup>3</sup>/kg para a garnierita; 2,900 dm<sup>3</sup>/kg para a moinha de carvão vegetal e 0,990 dm<sup>3</sup>/kg para a fração de finos do sinter recirculada à carga (retôrno de sinter).

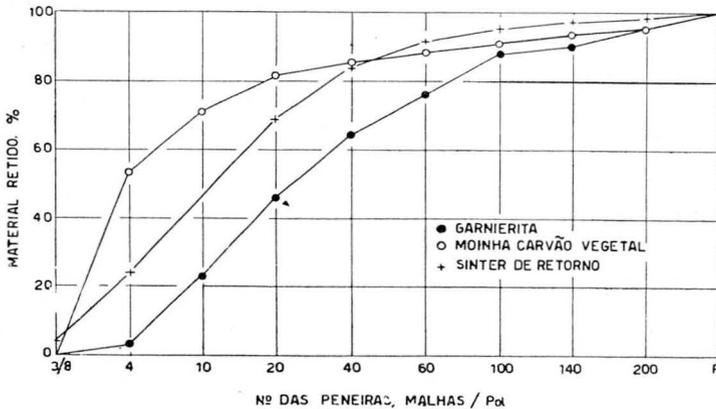


Fig. 1 — Resultados das análises granulométricas de amostras de garnierita, moinha de carvão vegetal e sinter de retôrno.

A fig. 1 reproduz as curvas de granulometria (% retida) desses materiais. Convém frisar que a garnierita encerra 36% de grânulos de diâmetro inferior a 0,25 mm (60 malhas por polegada).

### 3. DESCRIÇÃO DO FORNO E DAS EXPERIÊNCIAS DE SINTERIZAÇÃO

O forno utilizado nos estudos foi construído no Instituto de Pesquisas Tecnológicas segundo projeto de um dos autores para pesquisas de sinterização de minérios<sup>2</sup>.

Consta essencialmente de câmara prismática de 300 × 300 mm e 400 mm de altura, resfriada lateralmente por ar, assente sobre caixa de vento (e de retenção de finos), da qual parte a canalização que liga aos exaustores. A grêlha, de ferro fundido e dotada de orifícios de 6 mm de diâmetro, pode ser ajustada de forma a determinar a altura de carga conveniente. Nos estudos

adiante relatados, a altura total da carga foi mantida constante em 300 mm. Sobre grêlha carregou-se sempre uma camada de cêrca de 20 mm de espessura de sinter classificado entre 20 e 10 mm, com o fito de servir de suporte à carga.

A ignição foi feita sempre com auxílio de tochas acesas, com óleo diesel, queimando uma camada superficial de cêrca de 20 mm de moinha de carvão vegetal espalhada sôbre a carga.

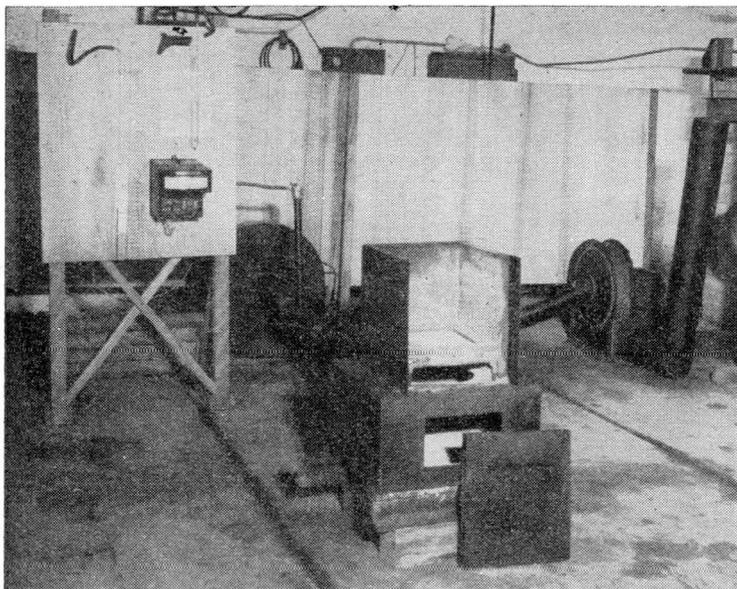


Fig. 2 — Forno experimental de sinterização construído pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vendo-se os dois exaustores montados em série, os manômetros de água e de mercúrio e o indicador da temperatura dos gases.

A fig. 2 mostra o aspecto da unidade, vendo-se os dois exaustores montados em série, o manómetro de mercúrio para medida da depressão dinâmica (tomada no conduto que liga a caixa de vento ao primeiro exaustor), o manómetro diferencial do tubo Pitot para medida da vazão de gases, e o par termoeletrico para medida da temperatura dos gases. Um ábaco, construído por um dos autores, permitiu transformar rapidamente os resultados das leituras em vazões de gases.

A razão de se ter montado dois exaustores em série foi a de o exaustor anteriormente disponível ter reduzida capacidade, apenas 8 m<sup>3</sup>/min a 20°C. Os dois exaustores asseguram a vazão de 24 m<sup>3</sup>/min de ar quando a grêlha ainda não recebeu a

camada suporte de sinter classificado. A perda de vazão pela colocação da grelha é de  $2 \text{ m}^3/\text{min}$ . Sendo a área útil da câmara de sinterização de  $9 \text{ dm}^2$ , a vazão específica do ar aspirado no forno em vazio é de  $2,670 \text{ m}^3/\text{dm}^2$ , equivalente a  $267 \text{ m}^3/\text{m}^2$  de área da secção transversal horizontal. Essa vazão é maior que a habitualmente adotada em fornos intermitentes, geralmente compreendida entre  $50$  e  $110 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Ver-se-á mais adiante que essa elevada vazão específica assegura grande rapidez na sinterização e, assim, elevada capacidade horária.

Em tôdas as experiências, os constituintes da carga foram cuidadosamente pesados, homogeneizados a seguir a sêco em betoneira portátil durante um minuto, recebendo em seguida a água, continuada a mistura por mais dois minutos. Uma vez preparada a carga, era a mesma carregada no forno sôbre a camada de sinter classificado, previamente disposto sôbre a grelha, e em seguida acesa. Durante a sinterização, foram feitas leituras das pressões nos manômetros para determinação da vazão bem como das temperaturas, em intervalos de dois minutos, a contar no término da ignição, a qual exigia entre um e dois minutos de ação das tochas. As leituras eram continuadas até que, baixando a temperatura dos gases após haver a zona de sinterização atingido a grelha, acusasse o pirômetro a temperatura de  $60^\circ\text{C}$ . Prefixando-se assim a temperatura dos gases, correspondente certamente já à fase de resfriamento do sinter, tem-se uma melhor referência para o tempo gasto na sinterização, fator determinante principalmente da capacidade da instalação dotada de fornos intermitentes, conforme foi mostrado<sup>3</sup>.

Uma vez concluída a sinterização, o forno era descarregado e o sinter retirado, desintegrado ligeiramente por percussão de ponteiro de aço e, em seguida, classificação em peneira de  $10 \text{ mm}$  de abertura. Considerou-se como sinter apenas a fração retida nessa peneira, e como retôrno a fração que passa na peneira acrescida dos finos recolhidos da base da caixa de vento. Chamou-se rendimento de sinterização a relação, expressa em percentagem, do pêsô de sinter para a soma dos pesos de sinter e retôrno.

#### 4. RESULTADOS DOS ESTUDOS EXPERIMENTAIS

1. *Variação do volume específico aparente com a umidade*  
— Dada a elevada proporção de finos existente na garnierita, foi julgado necessário aumentar a permeabilidade da carga por incorporação à mesma, em determinadas proporções, a serem verificadas experimentalmente, em retôrno (sinter fino e material recolhido da caixa de vento). Sem êsse recurso, e conforme comprovaram experiências preliminares, o rendimento da sinteri-

zação era bastante baixo, mesmo quando à custa de proporções de moinha de carvão vegetal bastante elevadas.

Prêviamente foi feita a determinação dos volumes específicos aparentes em função da água adicionada para cargas constituídas de 70% de garnierita e 30% de retôrno e de 80% de garnierita e 20% de retôrno, com proporções variáveis de moinha de carvão vegetal (entre 5% e 16% do pêso daquela mistura. Conforme fôra mostrado em trabalho anterior<sup>2</sup>, em geral o maior

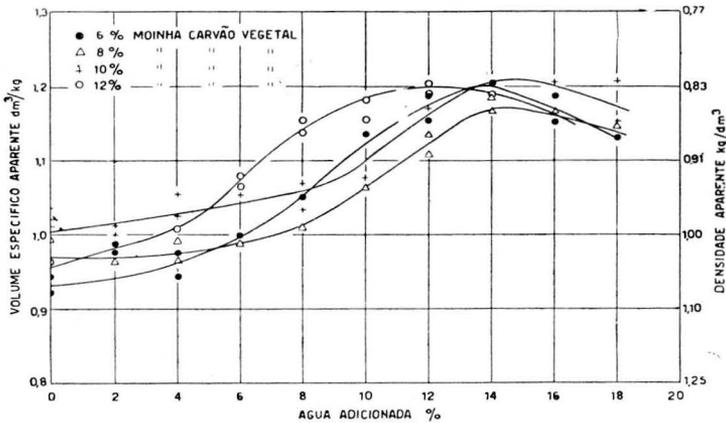


Fig. 3 — Curvas de variação do volume específico aparente em função da proporção de água adicionada, para misturas de 70% de garnierita e 30% de sinter de retôrno.

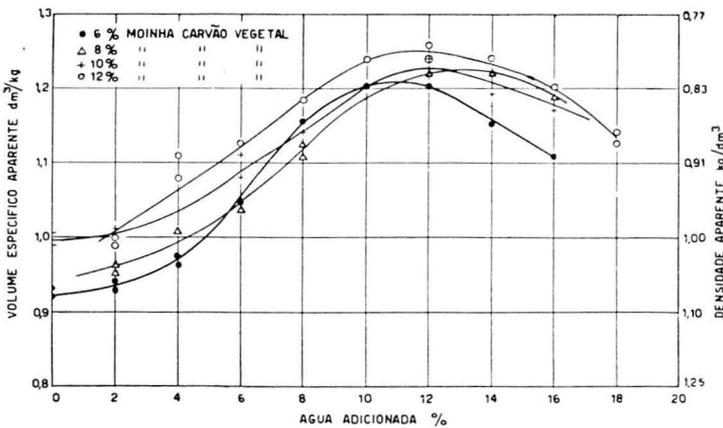


Fig. 4 — Curvas de variação do volume específico aparente em função da proporção de água adicionada, para misturas de 80% de garnierita e 20% de sinter de retôrno.

rendimento de sinterização corresponde à umidade de carga para a qual passa pelo máximo a curva de variação do volume específico aparente em função da umidade.

As figs. 3 e 4 mostram, respectivamente, os valores obtidos para as cargas constituídas de mistura de 70% de garnierita e 30% de retôrno, e 80% de garnierita e 20% de retôrno, com adições de moinha de carvão vegetal de 6% a 12% do pêsso daquela mistura, e com adições de água de 2% a 16% do pêsso total da carga sêca.

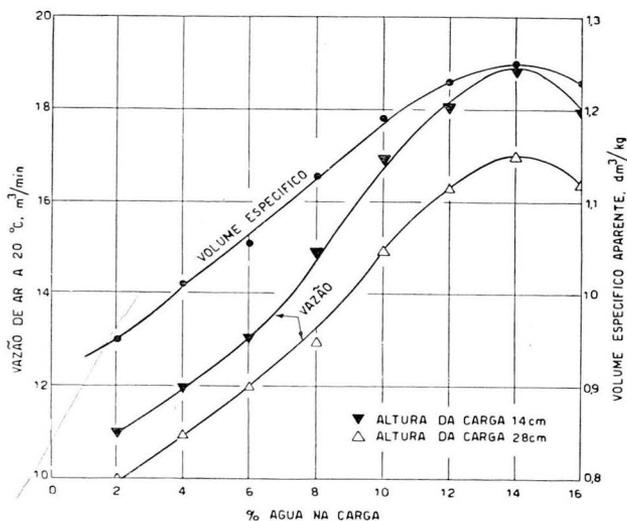


Fig. 5 — Correlação entre a curva de variação do volume específico e as curvas de vazão através de cargas de 28 e 14 cm de espessura em função da proporção de água na mistura.

A fig. 5 mostra a correlação existente entre os volumes específicos aparentes e a vazão de ar (a 20°C) através da carga, em função da umidade da carga, quando as espessuras de carga são de 14 e de 28 cm. Essa correlação indica que a umidade que determina o maior valor do volume específico aparente (para uma dada proporção de moinha) é a que assegura também a maior vazão específica de ar através da carga. Convém notar que o aumento da espessura da carga de 14 para 28 cm diminui apenas de cerca de 5% a vazão de ar.

Em tôdas as experiências de sinterização realizadas, para proporções variáveis de garnierita, retôrno e moinha, adicio-

nou-se sempre à mistura sêca volume de água correspondente ao valor que determina seu máximo volume específico.

2. *Sinterização de cargas constituídas por 70% de garnierita e 30% de retôrno, com proporções variáveis de moinha* — A fim de estudar a influência da proporção de moinha à mistura constituída por 70% de garnierita e 30% de retôrno (a umidade correspondendo sempre ao valor da água adicionada que determina o máximo volume específico aparente), foram realizadas diversas séries de experiências, nas quais a moinha variou de 5% a 14%.

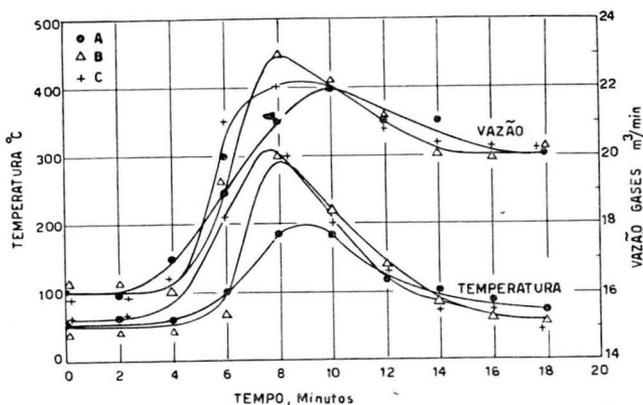


Fig. 6 — Temperaturas e vazões de gases no decurso de três experiências sucessivas de cargas, constituídas por 70% de garnierita e 30% de retôrno, com 8% de moinha de carvão vegetal e 12% de água.

A fig. 6 mostra o andamento da temperatura dos gases e da vazão medida em função do tempo em uma dessas séries. A fig. 7 indica a variação do rendimento de sinterização em função da proporção de moinha de carvão vegetal.

3. *Sinterização de cargas constituídas por 80% de garnierita e 20% de retôrno, com proporções variáveis de moinha* — De forma análoga, diversas experiências foram feitas com misturas de 80% de garnierita e 20% de retôrno. Os resultados de duas dessas séries constam das figs. 8 e 9. Mostram essas curvas reprodutibilidade bastante satisfatória no resultado de experiências sucessivas.

A fig. 10 reproduz os resultados de rendimento de sinterização dessas séries, em função da proporção de moinha de carvão vegetal.

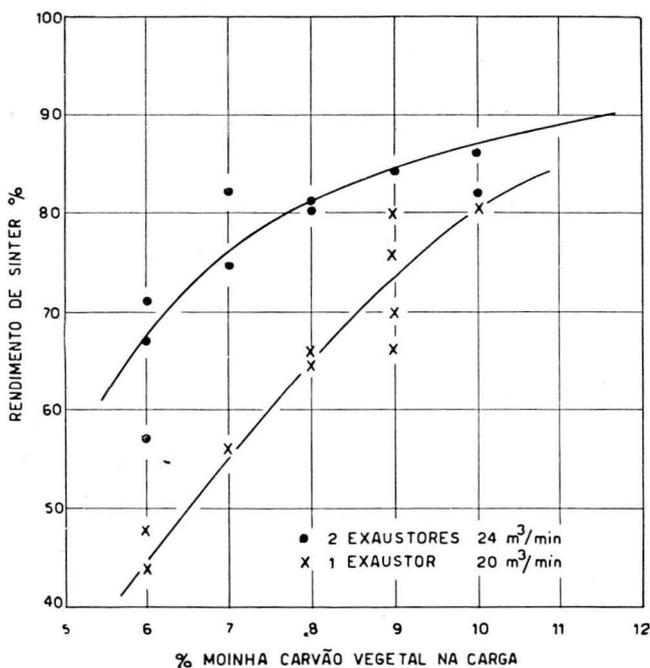


Fig. 7 — Rendimentos de sinter em função da proporção de moinha de carvão vegetal empregada para cargas constituídas por 70% de garnierita e 30% de retorno e com umidade correspondente ao máximo volume específico aparente da mistura.

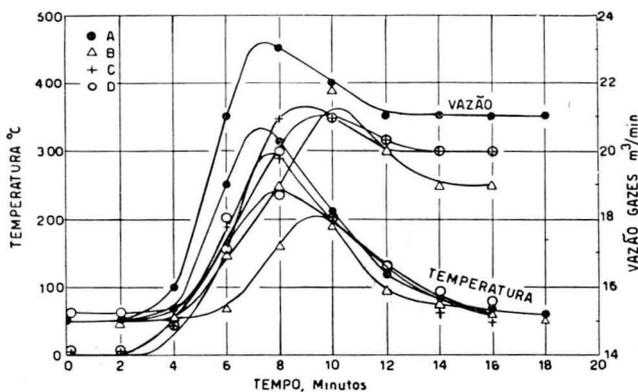


Fig. 8 — Temperaturas e vazões de gases no decurso de quatro experiências sucessivas de sinterização de cargas constituídas por 80% de garnierita, 20% de retorno de sinter, com 8% de moinha de carvão vegetal e 12% de água.

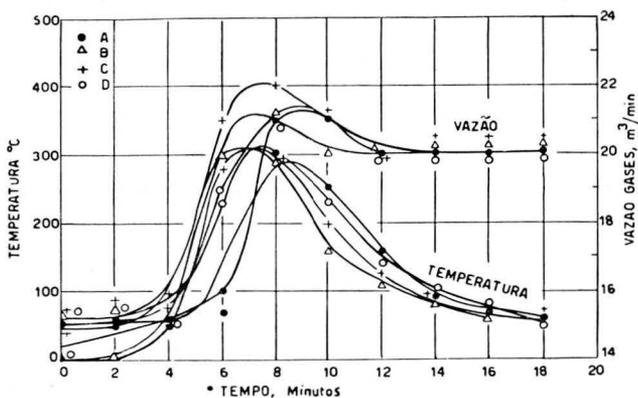


Fig. 9 — Temperaturas e vazões de gases no decurso de quatro experiências sucessivas de sinterização de cargas constituídas por 80% de garnierita, 20% de retôrno, 9% de moinha de carvão vegetal e 12% de água.

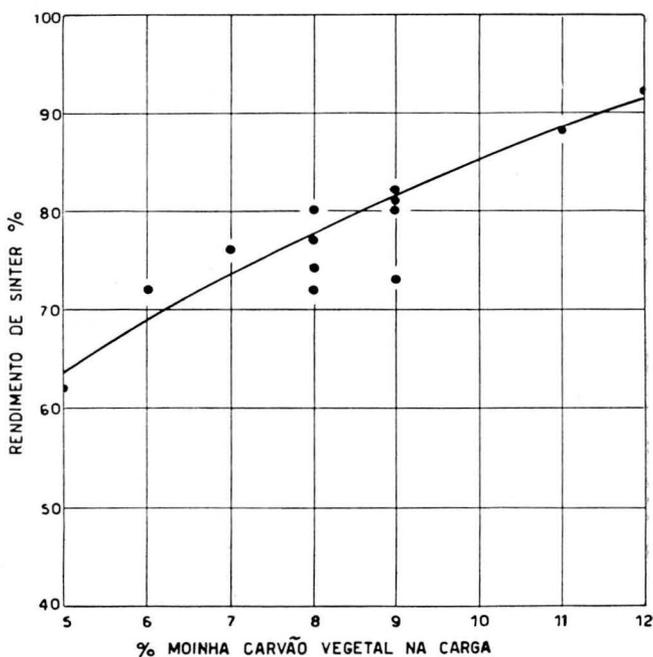


Fig. 10 — Rendimentos de sinter em função da proporção de moinha de carvão vegetal empregada na sinterização de cargas constituídas por misturas de 80% de garnierita e 20% de retôrno, e com umidade correspondente ao máximo volume específico aparente da mistura.

4. *Composição dos sinters obtidos* — Das diversas partidas produzidas foram retiradas amostras médias para análise dos sinters produzidos. Os resultados obtidos constam da tabela 2:

TABELA 2

## Composições de amostras de sinter

Constituição da carga			Análises %				
Garnierita %	Retorno de sinter %	Moinha de carvão s/ g r %	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	Ni
70	30	7	39,7	6,16	15,7	35,1	2,67
70	30	7	40,0	6,90	16,4	35,3	2,67
70	30	8	40,3	5,3	16,9	35,1	2,23
80	20	8	40,9	—	12,8	34,0	2,11
80	20	9	38,4	—	13,5	34,8	2,23
80	20	12	39,8	—	12,4	34,7	2,22

NOTA: A moinha de carvão vegetal é expressa em porcentagem da soma de garnierita mais retorno de sinter.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

1. *Variação do volume específico aparente com a umidade* — Os volumes experimentais obtidos, parte dos quais foi representada nas figs. 3 e 4, mostram que, qualquer que seja a proporção de garnierita na mistura em retorno de sinter e qualquer que seja a proporção de moinha de carvão vegetal, o volume específico aparente aumenta com o aumento da proporção de água adicionada, até atingir um valor máximo, para diminuir depois. Os valores máximos aumentam também com a proporção de moinha utilizada. Para as misturas com 30% de retorno, a umidade ótima corresponde a 12% (para 6% de moinha) e a 15% (para 10% de moinha), determinando valores do volume específico aparente de 1,18 e 1,22 dm<sup>3</sup>/kg, respectivamente. Para as misturas com 20%, a umidade ótima sobe de 10% (para 6% de moinha) a 13% (para 12% de moinha), aumentando o volume específico máximo de 1,2 para 1,26 dm<sup>3</sup>/kg respectivamente. Comparando-se os resultados dessas séries, resulta serem os volumes específicos das misturas de 80% de garnierita com 20% de retorno maiores que os de misturas de 70% e 30% respectivamente, o que deveria ser esperado.

A importância desses dados reside em que, e conforme já fôra mostrado numa outra contribuição<sup>2</sup>, se pode saber de ante-

mão qual a proporção de água na carga que determinará a maior proporção de sinter. Assim, através de ensaios de fácil execução, podem ser traçadas curvas como as obtidas nas figs. 3 e 4, as quais servem para orientar os ensaios subseqüentes de sinterização no que se refere à proporção de umidade da carga.

2. *Sinterização de cargas constituídas por 70% de garnierita e 30% de retôrno, com proporções variáveis de moinha* — A maior parte das experiências foi feita, e conforme dito no Capítulo 2, com dois exaustores montados em série com vazão total de 24 m<sup>3</sup>/min medida na tubulação que parte da caixa de vento. Para estudar a influência da capacidade do exaustor sôbre o rendimento de sinterização, foram também realizadas experiências para as quais se contou com um único exaustor, de 20 m<sup>3</sup>/min.

Os dados coligidos no decurso de três experiências sucessivas de uma série e representados na fig. 6, mostram reprodutibilidade razoável dos dados de vazão e de temperatura e de tempo de conclusão da operação, verificado em 18 minutos a partir da ignição. A temperatura dos gases no conduto atinge cêrca de 300°C durante pouco menos de 2 minutos, para cair mais lentamente depois de atingir 60°C dentro de 18 minutos de concluída a ignição. A vazão de gases (que se mantinha em 16 m<sup>3</sup>/min no período inicial) aumenta para 22 a 23 para depois reduzir-se a 20 m<sup>3</sup>/min no fim do ciclo. Convém observar que o máximo da curva de vazão é deslocado para o lado de tempos crescentes em relação à curva de temperatura.

Na fig. 7 foram representados os valores obtidos dos rendimentos de sinter em função da proporção de moinha de carvão vegetal, tanto para a montagem usual, de dois exaustores com 24 m<sup>3</sup>/min, como para a montagem especial de um exaustor de 20 m<sup>3</sup>/min. O rendimento de sinter aumenta rapidamente com a proporção de moinha até determinado valor, para daí por diante ter tendência assintótica. Já com 8% de moinha de carvão se consegue pouco mais de 80% de sinter. A curva de rendimento é análoga, porém deslocada para menores rendimentos, no caso de menor capacidade de vazão: o trecho de 6% a 10% de moinha apresenta-se quase linear, indicando que a tendência assintótica da curva só se verificaria para proporções de moinha bastantes superiores a 12%.

3. *Sinterização de cargas constituídas por 80% de garnierita e 20% de retôrno, com proporções variáveis de moinha* — Nas figuras 8 e 9, evidenciam-se resultados análogos aos já discutidos, a sinterização também se completando em 18 minutos para as proporções de 8% e de 9% de moinha de carvão vegetal. É de se notar que foram atingidas maiores tempera-

turas médias para a proporção de 9% do que para a de 8%, bem como que os máximos de temperatura se verificaram mais cedo (entre 7 e 8 minutos para 9% e entre 8 e 10 minutos para 8%).

O rendimento de sinter no trecho estudado na fig. 10, varia de 63% para 6% de moinha a 92% para 12%. Comparada essa curva com a da fig. 7, verifica-se serem os rendimentos ligeiramente mais baixos no trecho entre 6% e 11% de moinha; a despeito dessa diferença, com 8,5% de moinhas de carvão vegetal já se consegue rendimento de 80% de sinter, correspondente às condições da carga.

Convém frisar que o pêso de sinter mais retôrno corresponde sempre ao pêso teórico, a diminuição de massa total coincidindo com a diminuição resultante da eliminação da umidade do minério e da água de constituição (conforme a tabela 1, respectivamente 5,55% e 10,6%). Assim, por exemplo, as cargas da série 80% de garnierita e 20% de sinter de retôrno, pesavam 19,0 kg na parcela correspondente a êsses constituintes, e o pêso de sinter mais retôrno resultante era de 16,5 kg.

4. *Composição dos sinters obtidos* — A composição do sinter é naturalmente menos sensível às condições da carga, conforme mostram os resultados das amostras médias grupadas na tabela 2. As variações encontradas nos teores de FeO e de Ni só podem ser atribuídas à flutuação de composição das amostras utilizadas.

Em algumas amostras de sinter produzido com minério da mesma mina verificou-se que a perda de pêso por calcinação a 1.200°C durante 30 minutos era sempre inferior a 0,2%, o que indica que a sinterização, nas condições em que foram realizados os ensaios, constitui um recurso eficaz para eliminar de forma quase completa a água de constituição da garnierita.

## 6. CONCLUSÕES

1. Em virtude da elevada proporção de finos contidos no minério (36% de material de diâmetro inferior a 0,25 mm), para que se consigam rendimentos elevados na operação de sinterização é necessário recircular à carga certa proporção de sinter de diâmetro máximo de 10 mm.

2. As curvas de variação do volume específico aparente de misturas de garnierita e retôrno (finos de sinter) com proporções variáveis de moinha de carvão vegetal em função da água adicionada à carga acusam um máximo para determinado valor da umidade total. Em geral, a proporção de água para a qual é máximo o valor do volume específico aparente cresce com o aumento da proporção de moinha (figs. 3 e 4).

3. Para uma dada proporção de moinha de carvão vegetal na carga, a umidade da carga que determina o máximo volume específico aparente corresponde também ao valor para o qual se registra o máximo de vazão através da carga, tanto para a espessura da carga de 14 como de 28 cm (fig. 5).

4. Para uma dada mistura de garnierita e retôrno, contendo uma determinada proporção de moinha, a umidade que determina o valor máximo do volume específico aparente é aquela que assegura o maior rendimento na produção de sinter.

5. Nas experiências de sinterização realizadas com o forno construído por um dos autores e sob as condições anteriormente descritas, o tempo necessário para sinterizar a carga e resfriar o sinter até à temperatura de 60°C dos gases do conduto ao primeiro exaustor, oscilou geralmente entre 16 e 18 minutos. As figs. 6, 8 e 9 apresentam alguns dos dados de medidas de temperatura e vazão dos gases, realizadas em intervalos de dois minutos; a reprodutibilidade dos valores medidos é satisfatória.

6. Tanto na carga que encerra 30% de retôrno (fig. 7) como na de 20%, aumenta o rendimento de sinter com o aumento da proporção de moinha de carvão vegetal (fig. 10). O aumento de vazão de gases através da carga em sinterização provocado pelos dois exaustores aumenta sensivelmente o rendimento da sinterização, conforme mostram as curvas da fig. 7. Para cargas que contem 20% de retôrno o rendimento de sinter é de 80% para 8,5% de moinha de carvão vegetal na carga.

7. As análises dos sinters (tabela 2) indicam composições próximas das teóricas por eliminação da água de constituição do minério. Conforme dito anteriormente, a perda por calcinação de amostra de sinter durante 30 minutos a 1.200°C é habitualmente inferior a 0,2%.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores desejam manifestar o seu reconhecimento ao Cte. Cláudio Lins de Barros, Diretor-Presidente da Companhia de Nickel do Brasil, pela cessão da partida de minério estudada e pelo auxílio concedido ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas para o prosseguimento das pesquisas da metalurgia do níquel. Agradecem igualmente aos seus colegas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas pela colaboração recebida em ensaios e análises, principalmente aos Químicos Pedro Santini, Chefe da Secção de Análises de Minérios e Águas Industriais; Venâncio Ferreira Alves, Chefe da Secção de Análises de Produtos Metalúrgicos e Eng. Heraldo de Souza Gitahy, Responsável pela Secção de Ensaios de Concreto.

#### REFERÊNCIAS

1. SOUZA SANTOS, T. D. — *Obtenção de ferro-níquel de garnierita por redução prévia à fusão*. ABM — Boletim da Associação Brasileira de Metais, vol. 16, n.º 58, págs. 201-212, janeiro, 1960.
2. SOUZA SANTOS, T. D. — *A influência de alguns fatores sobre a sinterização de minérios de ferro*. ABM — Boletim da Associação Brasileira de Metais, vol. 5, n.º 14, págs. 57-67, janeiro, 1949.

DISCUSSÃO <sup>(1)</sup>

**G. Moraes** <sup>(2)</sup> — Naturalmente que não pode haver nenhuma pergunta quanto aos resultados experimentais, bastando conclusivos. Desejaria apenas alguns esclarecimentos quanto à técnica da realização. Um deles é o seguinte: qual a dimensão das aberturas da grelha?

**T. D. S. Santos** <sup>(3)</sup> — Oito milímetros de diâmetro.

**G. Moraes** — E as perdas de betoneiras?

**T. D. S. Santos** — Desprezíveis.

**G. Moraes** — Como adicionaram a umidade, ao ser preparada a carga?

**T. D. S. Santos** — A carga era preparada por mistura em betoneira. A carga é misturada a seco durante um minuto, recebendo depois, durante dois minutos, a água previamente medida.

**G. Moraes** — Quais foram as condições que estabeleceram como ótimas para o trabalho, em matéria de espessura de camada para essa vazão a que se chegou?

**T. D. S. Santos** — Pelos dados experimentais que apresentamos, fixámos como espessura total na carga de 300 mm; sendo de 25 mm a espessura do leito de base.

**H. A. Hunnicutt** <sup>(4)</sup> — Foi determinada qual a temperatura a que a grelha chega a atingir?

**T. D. S. Santos** — A temperatura da grelha é da ordem de 250°C no pico. A temperatura instantânea, localizada em certo ponto nas não mais na grelha, pode atingir até 1.350°C. É uma temperatura localizada e que se dá no momento em que se verifica a combustão, nessa região, da carga existente. Se traçássemos um diagrama experimental das temperaturas, se medíssemos as temperaturas através de pares termo-elétricos colocados sucessivamente em uma dada vertical, em um dado instante, quando a zona de sinterização estivesse em um dado ponto, a curva de temperatura atingiria numa faixa estreita de valores elevados, de 1.100°C a 1.200°C.

**N. Paes Leme** <sup>(5)</sup> — Parece-me ter ouvido o Prof. Tharcício dizer que, com um sinter de garnierita, é possível obter-se um ferro-níquel com aquela composição que está no outro quadro, com teor de carbono inferior a 0,1%. Minha pergunta é a seguinte: êsse ferro-níquel foi obtido com redução em forno elétrico com carbono?

**T. D. S. Santos** — Para o processo de produção de ferro-níquel, de alto níquel, baixo carbono e baixo silício, patenteado pelo IPT, necessitamos o emprêgo de sinter. Mas, nesse processo, a redução é feita

(1) Contribuição Técnica n.º 392. Discutida na Comissão «F» do XV Congresso da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM; Engenheiro do CTA de São José dos Campos, SP.

(3) Membro da ABM; Professor Catedrático da EPUSP; São Paulo, SP.

(4) Membro da ABM e Presidente da Comissão; Engenheiro e Representante da International Nickel; São Paulo, SP.

(5) Membro da ABM; Engenheiro e Diretor da Eletro-Metalúrgica Saudade; São Paulo, SP.

fora do forno elétrico. É pelo fato de efetuarmos a redução à baixa temperatura que podemos reduzir seletivamente o níquel em relação ao ferro e ao silício. O material reduzido é, em seguida, fundido no forno elétrico.

**H. A. Hunnicutt** — O seu maior rendimento provém do uso do sinter, em vez do minério original. Com êste, o processo renderia uma porcentagem mais baixa de níquel.

**Cyro Guimarães** <sup>(6)</sup> — O Prof. Tharcísio está querendo dizer que, ao produzir o sinter, está operando uma concentração em níquel pela eliminação daquele teor de umidade, da perda ao fogo.

**T. D. S. Santos** — Não viso tão sòmente a um aumento de níquel pela eliminação da água, mas também promover a calcinação do calcário que é habitualmente utilizado para a escória. Os dados da Cia. de Níquel do Brasil, que realizou experiências nos seus fornos da Liberdade, mostram economia da ordem de 22% de energia. No nosso processo, visamos, além disso, evitar a interferência da oxidação do níquel pela liberação de vapor d'água na fase.

---

(6) Membro da ABM; Engenheiro do Instituto de Pesquisas Tecnológicas; São Paulo, SP.