

# DOZE ANOS DE OPERAÇÃO DA SINTERIZAÇÃO DE MONLEVADE <sup>(2)</sup>

PETER ZWETKOFF <sup>(2)</sup>

## RESUMO

*A sinterização da Usina de Monlevade, da CSBM, data de 1948, sendo a primeira a ser operada no Brasil. Foi descrita em trabalhos publicados em "ABM-Boletim" e outros, citados na bibliografia. Neste trabalho, são descritas dificuldades superadas e os métodos empregados que permitiram aumentar a produção das instalações de até 50% acima da de garantia dos fornecedores. Os dados são médias anuais ou de vários meses seguidos de operação; para o esclarecimento de certos problemas, foi usada panela experimental, cujos dados foram também aproveitados.*

## INTRODUÇÃO

A sinterização da Usina de Monlevade da C. S. B. M., do tipo Greenawalt, é a primeira instalação do gênero na América do Sul. Entrou em funcionamento em 1948 com uma panela de 150 pés quadrados e capacidade nominal de 300 t/dia; com a segunda panela (1953) a capacidade passou para 600 t/dia. Essa instalação foi descrita em publicações citadas na bibliografia (1) e (2). Dela damos o esquema geral na figura 1.

As modificações ultimamente introduzidas são:

- 1 — Maior número de silos de matérias primas, possibilitando a adição de palha de laminação, de minério de Mn e areia.
- 2 — Transporte dos finos de retorno por meio de dois transportadores metálicos, em lugar do transportador de borracha submerso.
- 3 — Instalação de um moinho de martelos para moagem de carvão.

---

(1) Contribuição Técnica n.º 438. Apresentada no XVI Congresso Anual da ABM; Porto Alegre, julho de 1961.

(2) Membro da ABM e Engenheiro Chefe da Sinterização de Monlevade; Monlevade, MG.

Sendo a primeira instalação no Brasil a operar com hematita pura (68-68,5% Fe) e pulverulenta, tal como se apresenta na jazida, de granulometria extremamente fina, defrontaram-se os técnicos da Belgo-Mineira com o sério problema de sinterizar o minério conhecido sob o nome de "jacutinga", cuja análise granulométrica está representada na figura 2.

Na época, não havia notícias sobre outras sinterizações que operassem em condições semelhantes e com carvão vegetal. A garantia do fornecedor era de 300 t/24 h/panela, porém as produções diárias raramente ultrapassavam a casa de 250 t, e isto quando era empregada maior percentagem de canga.

O objeto deste trabalho é relatar as dificuldades surgidas e os métodos empregados para superar a maior parte delas, como também as inovações que possibilitaram aumentar a capacidade da instalação até 50% acima da garantia do fornecedor, que no início chegou a ser considerada extremamente otimista.

Os dados apresentados são médias anuais ou de vários meses seguidos de operação da instalação industrial, se bem que para o esclarecimento de certos problemas tenhamos usado uma panela experimental cujos resultados foram em seguida aproveitados.

As jazidas de minério de ferro no Brasil contém, em geral, mais de 50% de finos abaixo de 10 mm. Uma exploração econômica exige o aproveitamento total destes finos, sendo a sinterização o processo mais indicado atualmente, apesar dos progressos ultimamente verificados pelo processo de pelotização.

Em virtude do surto extraordinário da Siderurgia no Brasil, já estão em funcionamento 6 instalações de sinterização, achando-se outras 3 em estado adiantado de construção. Esperamos que a experiência colhida pelos técnicos de C. S. B. M. com a sinterização de Monlevade seja de utilidade para os colegas que labutam no mesmo campo e que um intercâmbio mais intenso de experiência e idéias contribua para em breve chegarmos a produzir sinter de ótimas qualidades, partindo de um material que, ainda há poucos anos, era considerado o mais ingrato sob o ponto de vista da aglomeração.

## 1. MATÉRIAS PRIMAS

*Minério de ferro* — A Mina do Andrade, de onde provem o minério de ferro, é desmontável a céu aberto entre a cota de

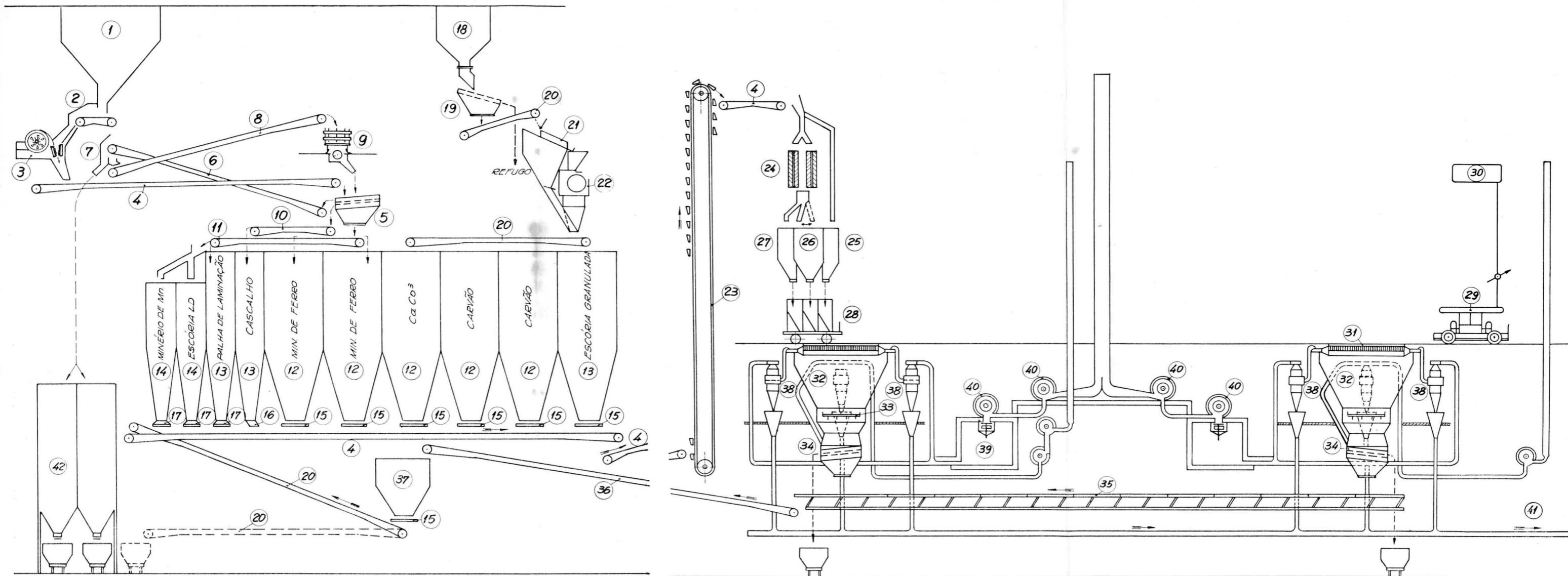


Fig. 1 — Esquema da instalação de sinterização da Usina de Monlevade, da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira. Discriminação das instalações:

- 1 e 2 — Silo de recepção de minério de ferro, manganês, palha de laminação e escória da aciaria. Alimentador de esteira.  
 3 — Britador de 60 t/h.  
 4, 5, 6, 7 e 8 — Correias de borracha e peneiras; By-pass.  
 9 — Britador giratório «Telsmith».  
 10 e 11 — Transportadores para cascalho, finos de minério, palha de laminação e Mn.  
 12, 13 e 14 — Silos de concreto armado e metálicos.

- 15, 16 e 17 — Mesas e correias alimentadoras; alimentador vibratório.  
 18 — Silo de recepção de moinha de carvão calcário, escória granulada.  
 19, 20 e 21 — Peneiras e correia transportadora 18".  
 22 — Moinho de martelos.  
 23 — Elevador de mistura e cascalho.  
 24, 25, 26 e 27 — Misturadores e silos.  
 28 e 29 — Carros de carga e de ignição.  
 30 — Tanque de óleo.

- 31 — Duas painéis de 150 pés<sup>2</sup> × 17".  
 32, 33 e 34 — Silo de sinter quente; britador de sinter; peneira de sinter.  
 35, 36 e 37 — Transportadores e silo de retorno.  
 38 e 39 — Ciclones e câmara de sucção.  
 40 — Exaustores 500 m<sup>3</sup>/minuto.  
 41 — Recuperação de água.  
 42 — Silo de minério calibrado de 25 a 70.

Levando em conta as operações de extração, britamento e rebritamento, temos, em serviço normal (isto é, sem escolha das frentes de trabalho quanto à friabilidade) 30% de minério compacto (acima de  $\frac{1}{2}$ " ) e 70% de finos necessitando de tratamento prévio antes do seu uso nos altos fornos. As maiores concentrações de canga foram exploradas antes da montagem da sinterização, ou nos primeiros anos do seu funcionamento, para aumentar a produção de sinter. Hoje temos coberturas insignificantes, de 0,5-1 m, exploradas na abertura de novas frentes de trabalho e que, devido às elevadas tonelagens diárias, entram em quantidades mínimas na mistura a sinterizar.

O minério usado na mistura é principalmente a hematita pulverulenta, acompanhada de percentagens variáveis de hematita compacta abaixo de 10 mm, produzido em virtude da exploração e do britamento. Infelizmente, não dispomos de curvas granulométricas dos primeiros anos de funcionamento da sinterização, para podermos tirar uma conclusão sobre até que ponto a granulometria e a homogeneização do minério hoje é melhor, devido a maior mecanização do serviço, como seja:

- 1 — Desmonte com 3 escavadeiras e possibilidade de misturar o minério de 3 procedências e tipos.
- 2 — Britamento, peneiramento e rebritamento na nova instalação, a partir de outubro de 1958.

Usamos na mistura minério de 0-12 mm na época de chuvas e de 0-10 mm durante o período de seca. As experiências demonstraram que a carga a sinterizar fica mais porosa com material de 0-6 mm, no máximo 0-8 mm.

A peneira atual, construída em Monlevade, não permite peneiramento a 6 mm. Prevemos para a nova Sinterização, ora em construção em Andrade, peneiras com vibração mais intensa e que possibilitem peneiramento a 8 mm. Prevemos ainda um rebritamento do material 8-12 mm, o que melhorará a granulometria de mistura, diminuindo a percentagem dos finos abaixo de 0,5 mm, considerados prejudiciais ao processo. A granulometria do minério usado consta da figura 3.

*Moinha de carvão* — Sensíveis melhoramentos têm sido verificados com respeito à qualidade da moinha de carvão. Nos últimos anos, com a mudança da técnica de carvoejamento (que abandonou o método antigo das medas e adotou o da fabricação em fornos de tijolos), a moinha ficou mais pura e uniforme. O teor em cinza é sempre inferior a 12%, enquanto que antigamente êle variava entre 12 % e 50%, com a média de 40%.

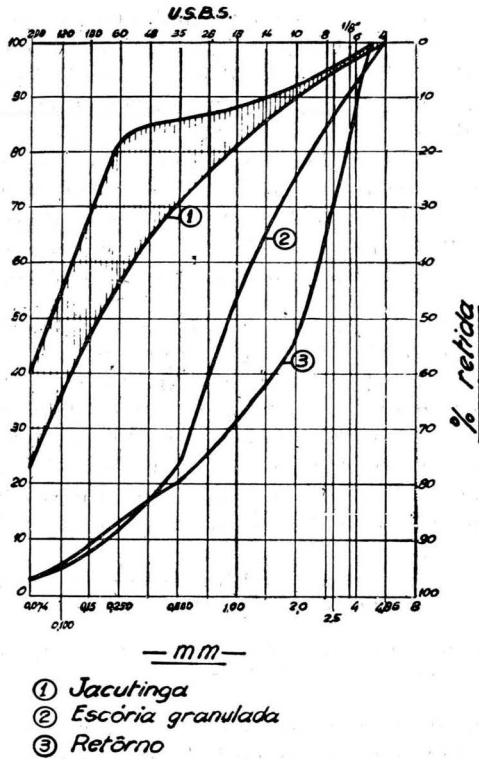


Fig. 2 — Granulometria dos componentes da mistura

de 800 m e a do seu ponto mais alto, o Pico do Andrade (1.119 m). Os tipos de minérios presentes são os do quadro seguinte:

Tipos de minérios	Fe%	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
Canga (4 Mt) .....	57-63	2-5	2-4
Hematita compacta (36 Mt) .....	68-68,5	0,5-1,5	0,5-1
Hematita pulv. (40 Mt) (jacutinga) ...	68-68,5	0,5-1,5	0,5-1
Hematita quartzosa pulv. (20 Mt) (*) ..	—	15-40	—

(\*) Não aproveitável no momento.

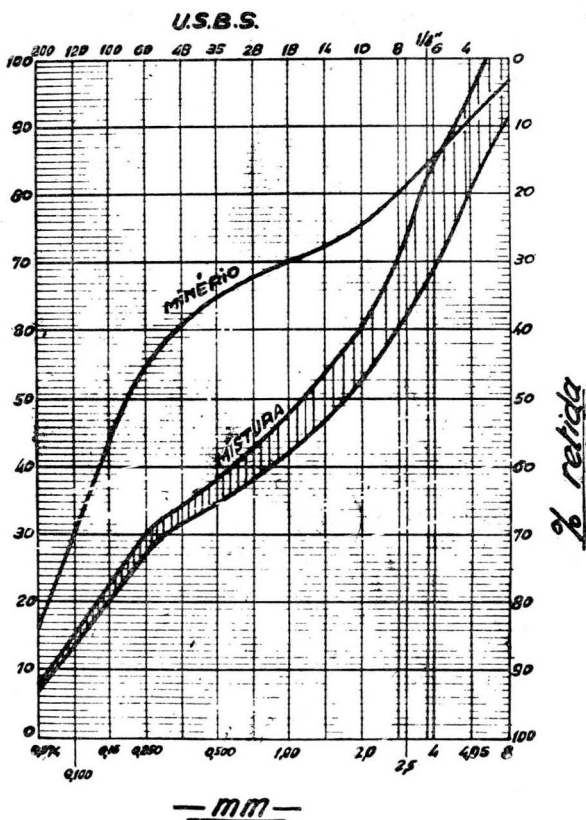


Fig. 3 — Granulometria do minério e dos outros componentes do sinter.

O carvão vegetal é peneirado junto aos altos fornos, geralmente a 12 mm, recebendo a sinterização a parte fina. A moagem, feita inicialmente por um moinho de røls, deixava muito a desejar. A falta de uniformidade da moinha, devido a deficiência de moagem, aliada ao alto teor em cinzas, resultava num consumo de 0,45-0,50 m<sup>3</sup>/t sinter.

Baseado em informações da literatura sôbre a granulometria do combustível para sinterização, foi instalado um moinho de barras para fornecer moinha abaixo de 3 mm. As dificuldades de funcionamento, devido a aderência da moinha, sobretudo quando úmida, eram de tal ordem que, durante o período de funcionamento do referido moinho, usava-se mais moinha bruta (0-12 mm) do que moída.

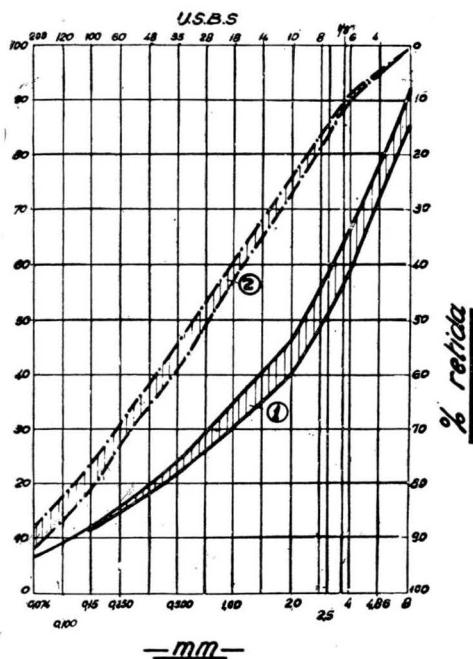
Experiências feitas com a finalidade de estabelecer o esquema de moagem da nova sinterização, demonstraram ser conve-

niente uma granulometria de 0-6 até o máximo 0-8 mm para o carvão vegetal, e não 0-3 mm, como no caso da moinha de coque. Reduzindo-se tôda moinha de carvão vegetal abaixo de 3 mm, aumenta-se a percentagem do material fino abaixo de 0,5 mm, com graves conseqüências sôbre a porosidade da carga e a qualidade do produto.

O moinho de martelos (instalado posteriormente) fornece a granulometria desejada, tendo ainda a vantagem de um funcionamento satisfatório com moinha de qualquer umidade, tendo já trabalhado com moinha de 50% de umidade. Atribuímos ao funcionamento dêste moinho, junto com a melhora da qualidade do combustível, a redução do consumo de combustível; em 1960 era de 0,287 m<sup>3</sup>/t sinter, descendo nos primeiros 4 meses do ano em curso para 0,25 m<sup>3</sup>/t.

O gráfico da figura 4 apresenta as curvas típicas das moinhas bruta (0-12) e moída (0-8).

Granulometria da moinha de carvão



- ① Moinha 0-12, depois do peneiramento nos altos-fornos.  
 ② Moinha 0-8 para uso na mistura.

Fig. 4 — Granulometria da moinha de carvão.

## 2. ADICIONAMENTOS NA MISTURA

*Escória granulada de alto forno* — Começando a operar em 1948 com hematita pulverulenta (jacutinga), a produção diária da instalação ficava, como já mencionado, em torno de 250 t/dia. Também a qualidade do sinter deixava muito a desejar, chegando a acusar 70% de finos abaixo de 3/8" ao atingir os silos dos altos fornos. O consumo de carvão era da ordem de 0,45 -0,5 m<sup>3</sup>/t e o peso de sinter, de 2 t/m<sup>3</sup>.

Trabalhando os altos fornos com sinter e minério muito ricos em Fe, era necessário adicionar certa quantidade de areia e calcário, para se obter um mínimo de escória necessária para uma marcha normal. Foi uma idéia muito feliz substituir a areia e calcário por escória de alto forno granulada.

O adicionamento de escória granulada, iniciado em dezembro de 1950 na proporção de 7-10% sobre o minério teve efeitos extremamente favoráveis, aumentando a porosidade de carga e servindo como aglomerante para o minério com 67-68% de Fe. Conforme a curva granulométrica apresentada no gráfico da figura 2, a escória granulada mostrou-se um material extremamente adequado para melhorar a granulometria da mistura. A produção média diária aumentou para 400 t/panela. As qualidades de sinter foram melhoradas, devido ao seguinte:

- 1 — Introdução de CaO no sinter;
- 2 — Aumento de porosidade, passando a sua densidade aparente de 2 para 1,5 t/m<sup>3</sup>; e
- 3 — Aumento do grau de oxidação de 89-90% para 96-97%. O consumo de carvão desceu para 0,3 m<sup>3</sup>/t.

Conforme mostra a figura 5, o emprêgo de escória granulada tem caído bruscamente a partir de 1957, devido inicialmente a problemas ocorridos na sua granulação nos altos fornos, e depois à redução da quantidade de escória por tonelada de gusa. Sob a pressão dos fatos e devido às objeções contra o emprêgo dêste material, que reduz o teor metálico do sinter e aumenta o volume de escória e o consumo de carvão, temos procurado a solução com o adicionamento de outras matérias, que talvez permitissem a eliminação da escória granulada.

O adicionamento de calcário e carepa resulta em novas melhoras de qualidade do sinter. O fragmento médio aumentou para 4 cm; o consumo de carvão caiu a 0,25 m<sup>3</sup>/t e parece que houve um aumento na porosidade da carga. Constatamos, porém, que todos os melhoramentos foram obtidos quando a percentagem de escória granulada na mistura é superior a 3% do



minério. Em quantidades inferiores a 2,5%, a escória granulada não tem efeitos perceptíveis sobre a qualidade do sinter. Também os outros adiconamentos perdem o seu efeito neste caso.

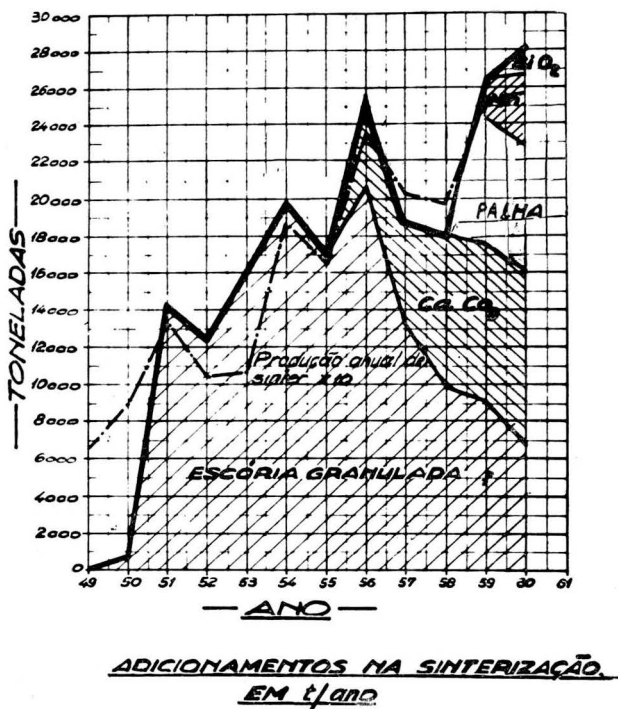


Fig. 5 — Adiconamentos na sinterização, em t/ano.

Não dispomos atualmente de outro material capaz de substituir plenamente a escória granulada com os mesmos efeitos sobre a produção e qualidade do sinter e sem reduzir seu teor metálico, já que toda palha recuperável na usina não permite uma adição maior que 7,5%. O seu emprêgo na proporção de 3,5-4,0% do minério não acarreta necessariamente um aumento no volume de escória, pois o aumento dos teores de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  no sinter é insignificante, de ordem de 1,6 e 0,7, respectivamente, para uma adição de 4%. Um alto forno, trabalhando com 100% de sinter autofundente assim produzido, teria um volume de escória da ordem de 100 kg/t de gusa, devido ao adiconamento de CaO necessário.

*Palha de laminação (Carepa)* — A palha de laminação (praticamente  $Fe_3O_4$  puro) começou a ser adicionada na mistura

de 1959. Apesar de já terem sido conhecidos os seus efeitos sobre a resistência do sinter, mesmo em adições pequenas, as quantidades recuperáveis eram insignificantes, pois a maior parte era levada pela água de resfriamento dos cilindros do laminador. A sua análise granulométrica está representada na figura 6.

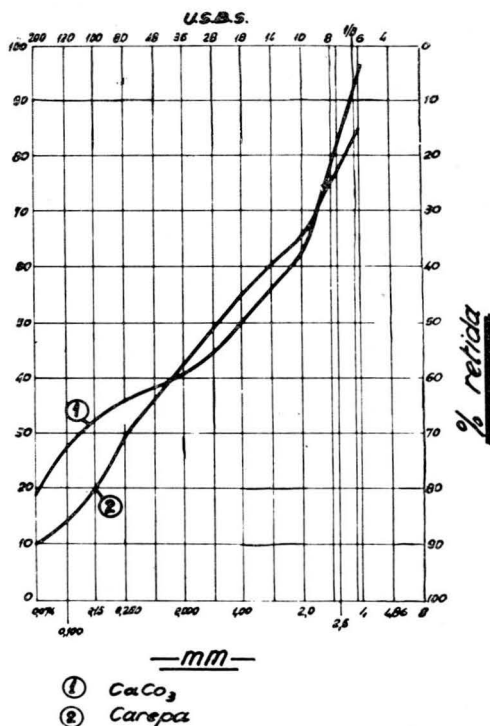


Fig. 6 — Granulometrias da palha de laminação (ou carepa) e do calcário.

Para solucionar as dificuldades da usina com água de resfriamento, foi construído em 1958 um decantador de águas industriais, onde a palha é recuperada na quantidade de 600-700 t/mês. Quando a sua quantidade tornou-se suficiente para se fazer sentir na qualidade do sinter em adicionamento regular, e depois da instalação do respectivo silo, começamos o seu uso. O efeito sobre o sinter foi nítido, chegando a sua resistência a impedir a retirada do silo do material sinterizado, quando a percentagem de palha era da ordem de 2%, ou quando, apenas com o adicionamento normal de 1,5%, entrava na carga minério de melhor granulometria. Para remediar o incon-

veniente apontado, estamos refazendo com solda o perfil dos dentes do britador-alimentador de sinter. Este perfil foi modificado, obtendo-se bons resultados na retirada do sinter.

*Minério de manganês* — A adição de minério fino de manganês foi iniciada em 1959, para completar a análise química do sinter autofundente e, principalmente, por motivos econômicos; visámos substituir o minério mais rico e calibrado acima de  $\frac{1}{2}$ " pelo minério fino que resulta do peneiramento do primeiro e cuja única possibilidade de uso é na produção de sinter. As análises químicas destes dois tipos de minério são, em %:

	Mn	Fe	SiO <sub>2</sub>
+ $\frac{1}{2}$ "	31-36	22-25	0,8-2,0
- $\frac{1}{2}$ "	29-31	27-29	2,5-3,0

Sendo necessário um teor de apenas 0,8-1,0% de Mn no sinter, o minério é empregado em quantidades mínimas, não tendo efeito sobre o processo da sinterização.

*Areia ferruginosa* — A areia ferruginosa (contendo 70% de SiO<sub>2</sub> e 23% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) está sendo utilizada em substituição parcial da escória granulada para completar a composição autofundente do sinter. Seu efeito não pode ser comparado ao da escória granulada; estudos micrográficos demonstraram porém sua utilidade como ligante.

*Calcário* — Com a finalidade de eliminar a adição de calcário britado (—100 mm) nos altos fornos, foi iniciado em 1960 o adicionamento de calcário fino (0-5 mm) na sinterização. Tal modificação traria uma simplificação na dosagem da carga dos altos fornos, onde o calcário, bem como os outros fundentes usados em pequenas quantidades (areia, escória da aciaria e minério de Mn), são dosados a pá. Também a dissociação de CaCO<sub>3</sub> em CaO + CO<sub>2</sub> seria transferida para a panela de sinterização, isto é, à custa de um combustível de baixo valor.

Não se pensava na ocasião em melhorar as qualidades físicas do sinter produzido com adicionamento de CaCO<sub>3</sub>; realmente nos primeiros anos o CaCO<sub>3</sub> era considerado pelo pessoal da sinterização como um mal necessário. O transporte dos finos de retôrno se fazia por meio de uma correia de borracha submersa. O retôrno, ao ser peneirado o sinter, caía sobre a

correia, depois de ter atravessado a camada de água de 15 cm. Devido a alta temperatura (300°C-700°C) e ao seu teor em CaO, êsse retôrno sofria decomposição, perdendo sua principal vantagem, a de aumentar a porosidade na carga. Tínhamos também dificuldades em controlar o teor de CaO no sinter produzido.

A situação melhorou com a substituição do transportador submerso por uma calha vibratória. A principal melhora se sentiu porém mais tarde, quando, com a diminuição da percentagem de sinter na carga dos altos fornos, começamos a aumentar o  $\text{CaCO}_3$  na mistura. O sinter assim fabricado foi tanto mais resistente quanto maior a adição de  $\text{CaCO}_3$ , chegando-se a ter, no máximo, 4% de CaO no sinter e um fragmento médio acima de 4,5 cm. Apresentamos gráficamente os resultados do período 1957 a 1961, nas figuras 7 e 8.

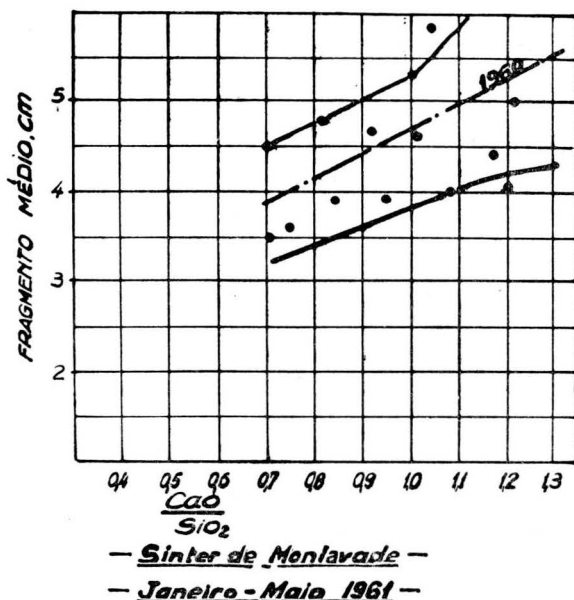


Fig. 7 — Granulometrias do sinter de Monlevade.

O adicionamento do  $\text{CaCO}_3$  em pequenas quantidades não teve efeito favorável sôbre a resistência do sinter. O fragmento médio durante o ano de 1957 manteve-se entre 1 e 1,3 e a relação  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  era inferior a 0,65.

Com o aumento da relação  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  houve sensível melhora no fragmento médio do sinter em 1959. Na ocasião, atri-

buímos êste fato ao adicionamento de carepa na mistura, pois a tendência de aumento de fragmento médio com o aumento da basicidade era pouco persuasiva. O aumento do fragmento médio, quando a relação  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  é superior a 0,7, torna-se muito nítido, conforme o gráfico 7, onde estão apresentados os resultados dêste ano (janeiro a maio).

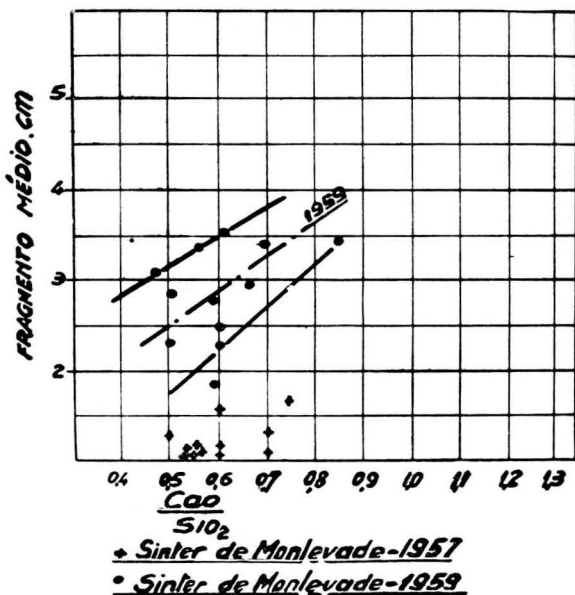


Fig. 8 — Granulometrias do sinter de Monlevade.

Apesar do calor necessário para a dissociação do  $\text{CaCO}_2$ , o consumo de carvão não aumentou; houve, ao contrário, uma diminuição o que confirma a constatação já feita por vários autores de que a adição de  $\text{CaCO}_3$  forma componentes de baixa temperatura de aglomeração.

**Escória dos Convertedores LD** — Nas primeiras experiências para fabricação de sinter autofundente, foi utilizada escória SM, em parte granulada, com ótimos resultados. Trabalhámos em 1959, durante um mês, usando escória das aciarias Siemens Martin e LD, britada na instalação atual a 0-12 mm, com os mesmos resultados. Parámos o emprêgo de escória no sinter, devido às dificuldades da separação do ferro nela contido sem uma instalação apropriada, que está sendo estudada no momento.

A escória dos convertedores LD é superior à SM, devido à sua maior regularidade química, ao seu teor mais elevado em

CaO e maior facilidade de recuperação. Devido ao alto teor em CaO, a escória LD se decompõe depois de uma permanência de 2 a 3 meses ao ar livre. A análise típica deste material é, em %: CaO — 47; MgO — 2,3; MnO — 8,0; P — 1,5; SiO<sub>2</sub> 12,9; Fe — 18,0. As vantagens do emprego de escória LD são:

- 1 — Recuperação de apreciável quantidade de CaO e, em menor quantidade, de Fe e Mn.
- 2 — Efeito favorável sobre a aglomeração, semelhante ao da escória granulada.
- 3 — Composição química favorável à produção do sinter auto-fundente.

O seu emprêgo, porém, é limitado pelo teor em P; o limite superior do P no gusa para os convertedores LD sendo de 0,25%, o máximo de escória aproveitável para uma produção de 500.000 t serão 1.200 t mensais.

### 3. MISTURAMENTO E PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO

A composição química das matérias primas usadas na mistura, bem como as respectivas percentagens, constam do quadro abaixo, que representam médias dos últimos 3 anos:

Material	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	P	Mn
Minério de ferro .....	66,75	2,15	1,45	—	0,08	0,06
Calcário .....	—	2,00	—	54,0	—	—
Escória granulada .....	1,0	40,0	18,0	32,0	—	—
Minério de manganês .....	28,0	2,80	—	—	—	30,0
Palha de laminação (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	73,0	1,0	—	—	—	—
Quartzito ferruginoso .....	23,0	70,0	—	—	—	—

As percentagens usadas na mistura são, em %:

Minério de ferro .....	52
Moinha de carvão .....	7,5 a 8
Minério de Mn .....	1
Escória granulada .....	2
Carepa .....	1,5
CaCO <sub>3</sub> .....	1,5 a 2
Finos de retôrno .....	34

A análise granulométrica da mistura está apresentada na figura 3. Sua densidade é de 1,65-1,70 t/m<sup>3</sup>. Os sinteres produzidos têm as seguintes análises químicas:

Média	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	P
1957-1959	63,9	5,05	2,43	2,62	0,087
1960	64,8	3,55	1,55	2,27	0,107

O alto teor em fósforo é fruto de impregnações que têm aparecido nos últimos anos em certas frentes de trabalho na mina. Seu teor na hematita normalmente é de 0,04%.

O misturamento é feito em um misturador com palhetas de Ni-hard, de 3,3 m de comprimento, havendo um outro de reserva. A homogeneização da mistura não é satisfatória, devido ao curto tempo de misturamento. Um projeto, prevendo a instalação de 2 misturadores em série, não será mais executado, em vista da próxima paralisação da instalação atual. A nova sinterização terá dois misturadores em série, fazendo-se no primeiro a preparação da mistura, com exceção da moinha de carvão. A umidade necessária será controlada neste misturador. Devido às qualidades higroscópicas da moinha de carvão vegetal, seu adicionamento será feito no segundo misturador, esperando-se obter melhor adesão entre o combustível e os outros componentes da carga.

A mistura de Monlevade tem porosidade máxima quando sua umidade é da ordem de 10%. Abaixo e acima desta percentagem, a produção decai, sendo que uma umidade superior a 11,5% provoca a formação de bolsas não sinterizadas no meio da mistura.

Com o intuito de aumentar a produção, a partir de setembro de 1956 foi aumentada a capacidade de sucção para 2 m de coluna d'água, seguida de aumento da altura da panela de 30 para 36 cm. A produção de sinter por panela subiu de 5 para 6 t, não havendo, porém, redução no tempo de duração do processo. Os resultados foram abaixo da expectativa, devido provavelmente à impossibilidade em adaptar às novas condições de trabalho as tubulações entre a panela e os exaustores.

Uma modificação parcial, constando de substituição do ciclone de um lado da panela por outro de maiores dimensões, e de melhoria dos condutos de ar entre êle e a panela, resultou num aumento de 5,0 t de sinter/panela. Tendo sido feita esta modificação recentemente, aceitamos o dado acima com

certa reserva, até que tenhamos modificado o outro lado da mesma panela. A interdependência entre a sucção, a porosidade de mistura e o volume de ar que atravessa a carga é muito complexa; exigirá estudos em escala experimental para o seu esclarecimento definitivo.

#### 4. PRODUÇÃO DE SINTER AUTOFUNDENTE

As primeiras experiências com sinter autofundente foram feitas em 1953. Foram produzidas 1.000 t de sinter, tendo sido adicionados 25% de escória Siemens-Martin, para se obter o CaO necessário. A análise química de sinter assim obtido foi, em %: Fe — 59,0%; SiO<sub>2</sub> — 5,2; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 2,6; CaO — 3,1; grau de oxidação — 93%.

Foi notado menor consumo de carvão do que em serviço normal e o sinter era de ótimas qualidades físicas. O relatório dos altos fornos menciona marcha muito regular, com descida uniforme da carga. Uma segunda experiência deu resultados mais concretos. A “mise au mille” de carvão desceu a 2,6 m<sup>3</sup>/t de gusa, com uma relação CO/CO<sub>2</sub> = 1,3, para gusa com 0,50% de Si.

As modificações na instalação, necessárias para a fabricação de sinter autofundente, foram terminadas em 1958, possibilitando o adicionamento no sinter de todos os elementos necessários. A partir deste ano, porém, a produção dos altos fornos vem aumentando rapidamente, de 165.990 t em 1957 para 282.000 t em 1960. A previsão para 1961 é de 330.000 t (figura 8). Deve-se este acréscimo ao aumento paulatino das dimensões dos altos fornos, a melhora no carregamento e ao emprêgo de carvão em duas granulometrias. A partir de 1958, depois de concluída a construção da instalação de britamento e peneiramento de minérios na mina de Andrade, passaram os altos fornos a usar minério nas dimensões de 25 a 70 mm.

A sinterização atual foi projetada para atender a uma produção de ferro gusa de 150.000 t anuais, operando os altos fornos com 80% de sinter. Dentro do programa posterior de aumento da produção para 500.000 t de gusa anuais, o projeto da nova sinterização sofreu atraso relativamente ao aumento da capacidade dos altos fornos. Em consequência, a percentagem de sinter na carga dos fornos diminui constantemente, sendo hoje da ordem de 50%. Para ser mantido o equilíbrio necessário ao alto forno entre CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e SiO<sub>2</sub>, adicionamos um certo excesso de CaCO<sub>3</sub> na mistura, sobretudo durante os períodos de baixa produção de sinter, quando a relação CaO/SiO<sub>2</sub> sobe a 1,3.



O sinter produzido atualmente tem a seguinte análise química (média de janeiro a maio de 1961), em %: SiO<sub>2</sub> — 3,30; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 1,79; Fe — 63,90; CaO — 3,10; Mn — 0,80; P — 0,13; grau de oxidação — 96,0.

Esse sinter seria autofundente se a carga dos fornos não tivesse mais de 25% de minério, isto é, se a produção de ferro gusa fôsse inferior a 200.000 t. Os estoques de sinter nos silos dos altos fornos correspondem ao consumo de 24 horas no máximo. A formação destes estoques, mesmo operando os fornos com baixas percentagens, é muito lenta devido à desproporcionalidade entre a capacidade da sinterização e a dos altos fornos. Todas as interrupções de operação na sinterização refletem-se imediatamente nos altos fornos, com modificações da carga dos mesmos, fazendo-se as correções necessárias por meio de escória de aciaria e areia. O problema, como exposto acima, é de quantidade e não de qualidade.

## 5. EFEITOS DO SINTER NOS ALTOS FORNOS

Sobre o efeito do sinter na marcha dos altos fornos indicamos o trabalho do Prof. F. Pinto de Souza<sup>2</sup>, relatando as experiências de 1950-1953. O aumento de produção de gusa foi de 38%, operando com 66,7% de sinter na carga. Os demais resultados foram:

	<i>Sinter na carga</i>		<i>"Mise au mille" de carvão</i>
	0%		3,556
	66,7%		2,956
<i>Sinter na carga</i>		<i>"Mise au mille" de carvão</i>	<i>Produção média diária toneladas</i>
0%		4,122	95
100%		3,109	114

### ANÁLISES DO GÁS DE ALTO FORNO

Teor em	% de sinter na carga				
	0	11	73	85	91,5
H <sub>2</sub> .....	4,2	4,4	2,0	3,3	1,9
CH <sub>4</sub> .....	1,7	1,7	2,4	1,3	2,3
CO <sub>2</sub> .....	9,3	9,8	12,7	14,1	12,8
CO .....	30,3	29,6	23,7	25,5	23,6
O <sub>2</sub> .....	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2
Poder calorífico Kcal	1181	1166	985	977	973

Durante os meses de junho e julho de 1960 foram feitas experiências com diversas percentagens de sinter, cujos resultados foram:

ALTO FORNO II (Volume útil 216 m<sup>3</sup>)

% de sinter	Produção t/dia	"Mise au mille" de carvão	Umidade do carvão	Duração da experiência (dias)
100	313,9	2,87	24,10	22
79,3	318,9	2,73	24,70	15
72,6	312,2	2,76	17,90	13

ALTO FORNO IV (Volume útil 162 m<sup>3</sup>)

% de sinter	Produção t/dia	"Mise au mille" de carvão	Umidade do carvão	Duração da experiência (dias)
47,3	245,3	3,33	25,0	15
24,6	231,9	3,52	18,9	15

A figura 9 apresenta a relação entre a percentagem de sinter na carga e a "mise au mille" de carvão, em médias anuais. É evidente a influência do sinter sobre o consumo de carvão. Em 1956 tivemos um período de 6 meses de chuva, o que causou uma "mise au mille" maior. A redução do volume de escória explica a outra incongruência em 1958.

Até 1958 o britamento de minério era feito na sinterização atual, por um britador de mandíbulas somente. O minério calibrado não tinha uniformidade. Os altos fornos recebiam minério entre 25 a 100 mm, com grande quantidade de chapas de até 150 mm de comprimento. Em outubro de 1958 entrou em funcionamento a instalação de britamento de minérios da mina de Andrade, passando o alto forno a receber minério rigorosamente calibrado em dimensões de 25 a 70 mm. Este fato influenciou na marcha dos fornos. Enquanto nos primeiros anos de funcionamento da sinterização, as experiências indicavam que a produção do forno aumentava com o aumento da percentagem de sinter até 100% de sinter, experiências posteriores demonstraram que a percentagem de sinter mais favorável fica entre 75% e

80%. Ao que consta os mesmos resultados foram constatados na usina de C. B. U. M., em Barão de Cocais.

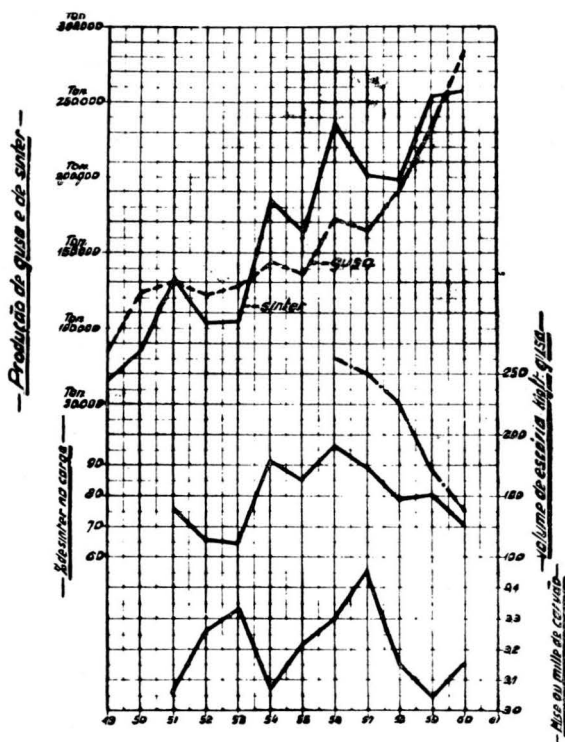


Fig. 9 — Relação entre a percentagem do sinter na carga e a «mise au mille» de carvão, em médias anuais.

A instalação da futura sinterização de Andrade prevê a separação do sinter em 2 granulometrias. Com isto subirá novamente a percentagem ótima de sinter na carga. Como, porém, o aumento da produção de sinter terá possibilidade de melhorar a granulometria do minério destinado aos altos fornos, passarão estes a receber minério entre 20 e 40 ou 35 mm, mantendo-se provavelmente a relação sinter: minério = 80:20 como a mais favorável para a marcha e produção dos altos fornos. Esta percentagem corresponde perfeitamente à relação minério fino: minério calibrado, depois do rebatamento. Em conseqüência, a mina poderá fazer desmonte integral nas frentes de trabalho, sem escolha quanto à friabilidade do material.

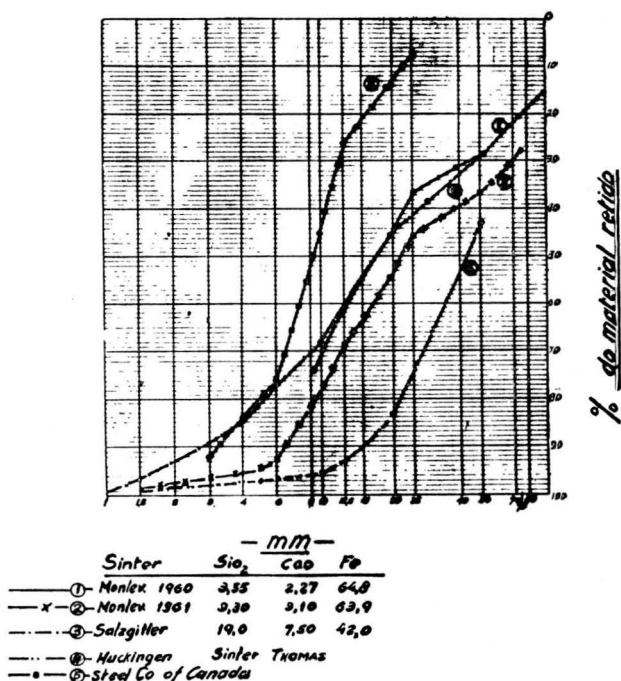


Fig. 10 — Curvas granulométricas de sinters de quatro procedências.

## 6. GRANULOMETRIA DO SINTER DE MONLEVADE

Tendo tratado nos capítulos anteriores das qualidades químicas, faremos algumas observações sobre o aspecto físico do sinter. Apresentamos na figura 10 as curvas granulométricas de sinter de quatro procedências.

O sinter n.º 5 (Steel Co. of Canada) é considerado de boa qualidade pela pequena percentagem de finos (8% abaixo de 3 mm) e pelo baixo fragmento médio. A Steel Co. of Canada, bem como outros consumidores de sinter, preferem um fragmento médio baixo, alegando maior superfície de contacto, maior porosidade e mais fácil redutibilidade no forno.

O sinter produzido em Monlevade em 1960 é idêntico ao de Salzgitter, notando-se leve superioridade do nosso sinter quanto à percentagem dos finos. As análises granulométricas foram feitas somente até 3/8", faltando por isso dados concretos sobre a percentagem do material nocivo aos altos fornos. Extrapolando os dados, chegamos a 10% abaixo de 6 mm, que pode

ser considerada uma percentagem muito favorável. A parte inferior do gráfico do sinter de Monlevade de 1961 já apresenta ótimas características, com somente 7,5% abaixo de 6 mm.

A melhor granulometria seria a do sinter de Huckingen, caso os 43% acima de 50 mm não contenham fragmentos maiores que 100 mm.

A desvantagem do sinter de Monlevade são os grandes blocos com dimensões acima de 100 mm, chegando a 150 × 200 mm. Estes blocos criam sérias dificuldades na dosagem da carga e no carregamento do alto forno. Também o seu comportamento dentro do forno deve ser muito inconveniente para a marcha, prejudicando a porosidade da carga e a redução indireta. Para que o nosso sinter tenha uma granulometria ótima, a parte acima de 3" devia ser reduzida, fornecendo o máximo possível entre 1" e 2". A redução do fragmento médio para 30 ou 25 mm, em consequência desta operação, não deve ser considerada como uma desvantagem; muito ao contrário, a permeabilidade da carga dos altos fornos da Steel Co. of Canada é uma das maiores até hoje registradas no mundo. Estamos, por isso, estudando os meios mecânicos para reduzir o fragmento médio do nosso sinter, influenciando somente a parte superior (+ 3") da curva granulométrica, isto é, sem aumentar os finos abaixo de 1/4".

## 7. PROBLEMAS MECÂNICOS

Sendo, pela natureza da operação, uma instalação de desgaste, a parte mecânica de uma sinterização apresenta problemas de primordial importância sobre a regularidade do funcionamento e a qualidade do sinter. Constantes inovações e melhoramentos, baseados tanto na própria experiência, como na literatura técnica, fazem da manutenção de uma usina de sinterizar um trabalho interessante e nada rotineiro.

Apesar de constantes melhoramentos, o desprendimento de poeira continua sendo sua característica típica. Tanto no tratamento das matérias primas (principalmente no do carvão e calcário), como durante o processo, e depois, no peneiramento do sinter, é inevitável o desprendimento de grandes quantidades de poeira. A sua eliminação impõe-se tanto por motivos higiênicos como para evitar o desgaste por ela causado ao equipamento. Este problema está hoje praticamente resolvido por meios simples e eficientes, a ponto de garantir ambiente de trabalho satisfatório e reduzir ao mínimo o desgaste do equipamento. Se ainda restam algumas coisas a fazer neste sentido em Monlevade, é porque, conforme já mencionamos, em breve iniciará o seu funcionamento a nova sinterização junto à mina de Andrade.

## Sinterização da Usina de Monlevade: Relatório de 1960

DADOS GERAIS	1960	ANO ANTERIOR
Produção do mês..... t	258.280	253.210
" média diária (Dias úteis) t	798,89	807,172
" por hora útil e panela... t	16,63	16,816
" por panela..... t	5,87	6,143
" t/m <sup>2</sup> e 24 horas..... t	28,53	28,827
% de retorno.....	38,4	36,5
Dias úteis de trabalho.....	323,3	313,7
Paradas e atrasos, horas.....	2.027	2.459
Horas trabalhadas: Horas normais.. %	157.434	155.119
Horas extras... %	4.620	4.761
Total:.....	162.054	159.880
Aproveitamento da instalação..... %	88,5	86,2
Nº de panelas - total.....	44.009	41,216
média diária.....	136,1	131,4
por hora útil.....	2,8	2,7
Duração média de cozimento..... min.	19,3	20,0
Sucção média..... mm H <sub>2</sub> O	1.376	1.363
Média Diária..... t	705,1	699,0
Fragmento Médio..... cm	3,3	2,5

MOVIMENTO DE MATÉRIAS PRIMAS	Consumo	% na mistura	Mise au Mille
Minério de ferro..... t	254.896	52,1	0,987
Moinha de carvão..... t	38.102	7,8	0,147
Moinha de carvão..... m <sup>3</sup>	72.645	-	0,281
Moinha de coque..... t	-	-	-
Retorno..... t	167.744	34,3	0,649
Calçareo..... t	9.323	1,9	0,036
Escória de A.F..... t	6.800	1,4	0,026
Minério de manganês.....	3.853	0,8	0,015
Palha de laminação.....	6.770	1,4	0,026
Quartzito.....	1.417	0,3	0,005
Óleo Diesel..... (litro) l	478.922	-	1,854
Óleo Diesel..... kg	407.084	-	-
Escória FF.AA.....	220	-	-

Consumo de grelhas: 0,035 kg/t

Consumo de energia elétrica: 28 kWh/t

Potência instalada: 2800 HP

A poeira que contamina o prédio está sendo captada nos seus dois principais locais de formação, que são as 2 peneiras de sinter e o resfriamento do retorno, junto a uma delas. Quanto à poeira proveniente da carga a sinterizar, arrastada pelos gases com uma velocidade superior a 50 m/seg, obtivemos bons resultados com a construção adequada das tubulações entre a panela e o ciclone, e a injeção de água nos ciclones.

Ligas de alta resistência resolveram sérios problemas de desgaste, tais como: palhetas para misturadores, rotores dos exaustores, etc. Um fichário, abrangendo anos seguidos, sobre a duração das peças de desgaste, possibilitou uma manutenção preventiva eficiente; atualmente e em média anual, menos de 6%

do tempo total para manutenção é de consertos. Anexamos ao presente o Relatório de 1960, acrescido de alguns dados de interesse sobre a instalação.

#### BIBLIOGRAFIA

1. SOUZA, FRANCISCO JOSÉ PINTO DE — *A instalação de sinterização montada na Usina de Monlevade*. "ABM-Boletim", n.º 17, de 1949.
2. SOUZA, FRANCISCO JOSÉ PINTO DE — *Tratamento prévio de minérios de ferro destinados a altos fornos*. Tese de Concurso para a Cátedra de Siderurgia da UMG; Belo Horizonte, 1954.
3. J. S. Mc MAHAN B. F. & STEEL, PLANT — *Experience with self fluxing sinter at the Steel Company of Canada, Limited*. August 1959.
4. KAHLHÖFER, SEND U. PFRÖTSCHNER — *Die Auswirkung der Möller-Vorbereitung auf den Hochofenbetrieb*. Stahl und Eisen 79, p. 1461 (15.X.59).



#### DISCUSSÃO

Presidente: *T. D. de Souza Santos* <sup>(1)</sup>

**Presidente** — Agradecemos a apresentação do importante trabalho de autoria do Eng. P. Zwetkoff, resumindo a experiência da Usina de Monlevade durante seus 12 anos de funcionamento e registrando de forma detalhada os diversos aperfeiçoamentos introduzidos no controle de granulometria da carga, na melhoria de seu condicionamento e na condução das operações. O trabalho é de interesse para todos os que se ocupam da sinterização; espero que seja bastante discutido.

Desejo fazer algumas observações sobre alguns pontos do trabalho.

No capítulo referente ao calcário, o autor menciona a influência do calcário sobre a resistência do sinter. Pergunto como é medida essa resistência.

**P. Zwetkoff** <sup>(2)</sup> — Avaliámos a resistência do sinter pelo fragmento médio. Todos os dias é recolhida uma amostra, feita a análise granulométrica e, em seguida, a prova de resistência, deixando cair o sinter quatro vezes, e determinando novamente a sua granulometria.

**Presidente** — Essa forma é bastante indireta, porque os resultados devem depender da granulometria inicial. No capítulo de Mistura e Processo de Sinterização, menciona o autor que a proporção de moinha varia entre 7,5% e 8% do peso da carga e que a proporção

(1) Membro da ABM; Professor Catedrático da EPUSP e Engenheiro Chefe no Instituto de Pesquisas Tecnológicas; São Paulo, SP.

(2) Membro da ABM; Engenheiro Chefe da Sinterização da Usina de Monlevade e Autor do trabalho; Monlevade, MG.

de finos de sinter é de 34%. Pergunto se êsses índices são considerados normais.

**P. Zwetkoff** — São valores normais, que consideramos como ótimos. Reduzindo-se a proporção de finos, para 20% por exemplo, pioram sempre os resultados.

**Presidente** — Ainda nesse mesmo capítulo, o dado referente à densidade de carga é de 1,65 a 1,70 kg/dm<sup>3</sup>, o qual me parece bastante elevado para a proporção utilizada de retórno de sinter de 34%. Não seria desejável que o pêso específico aparente fosse bastante menor?

**P. Zwetkoff** — Sem dúvida. As medidas que fizemos têm mostrado que a porosidade de nossa carga, tal como descrita, é insuficiente.

**Presidente** — Ainda com relação à porosidade, qual a proporção ótima de umidade?

**P. Zwetkoff** — Da ordem de 10%, não devendo ultrapassar 11,5% para evitar bolas não sinterizadas. Determinamos a umidade três vezes por dia e procuramos mantê-la na faixa de 9-10,5%.

**Renato Z. Machado** <sup>(3)</sup> — Gostaria de ter maiores esclarecimentos a respeito de calcário empregado.

**P. Zwetkoff** — Recebemos o calcário moído pelo fornecedor, peneirado em peneira de 5 mm. Em virtude das desvantagens de estocagem dêsse material fino, pretendemos agora britar o calcário na própria instalação de sinterização, o que será feito para o diâmetro máximo de 5 mm. Usaremos para isso o mesmo moinho que vai servir para a moagem do carvão vegetal. Sômente as grelhas dêsse moinho, do tipo de martelos, é que terão de ser mudadas, operação que não exige mais que duas horas.

**Renato Z. Machado** — Desejo um esclarecimento sôbre o volume de escória, que teria baixado a 150 kg/t.

**Amaro L. Guatemozin** <sup>(4)</sup> — Posso informar que essa redução foi feita com o objetivo de aumentar a produção do forno, em virtude da menor proporção de sinter que temos de utilizar. Frequentemente temos bem menos de 150 kg/t, sem que isso tenha causado qualquer dificuldade.

**J. Borges** — Qual o maior conteúdo de CaO do sinter em Monlevade?

**P. Zwetkoff** — Cêrca de 4%.

**Presidente** — Uma observação importante é a do efeito do CaO, se estiver livre do sinter, sôbre a estabilidade dêste à umidade atmosférica. Têm constatado perda de resistência do sinter pela sua exposição ao tempo?

**P. Zwetkoff** — Não, mesmo em sinter exposto durante meses ao tempo.

(3) Membro da ABM; Engenheiro da Cia. Aços Especiais Itabira; Acesita, MG.  
(4) Membro da ABM; Engenheiro da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira; Monlevade, MG.



**Presidente** — Provavelmente isso resulta de ser baixo o teor de CaO no sinter. Na minha experiência da Usina de Apiaí, em sinters de chumbo e contendo de 7% a 9% CaO, constatei sempre que o sinter desintegrava-se depois de cerca de 72 horas, pela hidratação da cal. Isso nos obrigava a reduzir o período de estocagem para evitar sua fragmentação.

**Saverio L'Abbate** <sup>(5)</sup> — Congratulo-me com o autor pelo trabalho apresentado. Gostaria de saber qual o teor de S na carepa.

**P. Zwetkoff** — Não temos analisado a carepa de laminação incorporada à carga de sinter. Acredito que seja muito baixo. Temos analisado freqüentemente o minério e o sinter; o teor de enxôfre é sempre muito baixo, tendo sido constatados sômente traços na análise química.

**Saverio L'Abbate** — Qual a composição da escória?

**P. Zwetkoff** — Os altos fornos estão produzindo escória com 40% SiO<sub>2</sub>; 30% CaO e 18% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**H. Kleinheisterkamp** <sup>(6)</sup> — No capítulo da Produção de Sinter Autofundente, diz o autor que os minérios empregados diretamente no alto-forno têm 25 mm no mínimo. A fração 25 mm entra diretamente na sinterização?

**P. Zwetkoff** — Não; na nossa instalação separamos o minério em três frações: a fração + 25 mm vai diretamente ao alto-forno; a fração (—) 25 + 10 mm vai ser usada como revestimento da grelha e da panela e a fração (—) 10 mm é que vai à carga de sinterização.

**H. Kleinheisterkamp** — Então a quantidade não é tão grande que precise de tratamento especial, uma vez que é usada como cobertura da grelha. Esse minério é hematita compacta?

**P. Zwetkoff** — Sim. São fragmentos de hematita compacta. No futuro, quando tivermos maior produção de sinter iremos utilizar também o sinter de 10-15 mm para o mesmo fim.

**Renato Z. Machado** — Gostaria de saber se, com a utilização de sinter no alto-forno, aumenta a proporção de P no gusa?

**P. Zwetkoff** — O sinter tem teor de fósforo maior do que o minério devido à maior proporção de P nos finos de minério e também devido ao P contido nos finos de carvão.

**Renato Z. Machado** — Não acarreta isso dificuldades no processo LD?

**P. Zwetkoff** — Não. Com teores de P até 0,18% nenhuma dificuldade especial tem sido encontrada. Aceitamos como limite superior para o LD uma percentagem de 0,25% P, no ferro gusa.

**Participante** — No capítulo referente à Granulometria do Sinter, disse o autor que o sinter de Monlevade tem blocos de mais de 100 mm, e às vezes 150 mm × 200 mm. Pergunto se isso não resulta da altura da carga, de 30 a 36 cm.

(5) Membro da ABM; Engenheiro Consultor; São Paulo, SP.

(6) Membro da ABM; Engenheiro Diretor Industrial da CSM; Belo Horizonte, MG.

**P. Zwetkoff** — A granulometria é excessivamente grosseira, conforme mencionei no trabalho, mas isso se deve a dificuldade de operação do nosso sistema atual de fragmentação. A altura de carga não é excessiva e não influi sobre a granulometria; foi aumentada para aumentar a produção das painéis.

**Participante** — Gostaria de ter informações sobre a influência da proporção de CaO sobre a produção de sinter. A adição de CaO à carga influiu na produção de sinter?

**P. Zwetkoff** — Sim, influiu aumentando a produção, devido ao aumento da porosidade de carga. Com essa adição aumentou a produção de sinter em cada uma das painéis de Monlevade.

**Presidente** — Qual a duração da operação de sinterização e qual a temperatura do sinter na descarga?

**P. Zwetkoff** — A duração média é de 18-20 minutos. O sinter atinge a temperatura média de 1350°C. Creio que a temperatura média no momento da descarga seja de cerca de 500-600°C.

**Waldir S. Emrich** (7) — Na parte inicial de seu trabalho, mencionou o autor que utilizavam canga na carga e que sua proporção visava aumentar a produção de sinter.

**P. Zwetkoff** — Sim. Inicialmente empregamos às vezes 60% a 70% da carga constituída por canga. Isso era possível porque, nesse tempo, a produção total era só de cerca de 250-300 t/dia e era fácil obter a canga necessária.

**Waldir S. Emrich** — O teor de P no gusa não aumentava com essa grande percentagem de canga?

**P. Zwetkoff** — Atingia freqüentemente 0,6%. Isso, entretanto, não causava maior dificuldade na aciaria, uma vez que trabalhávamos com fornos Siemens-Martin.

**Participante** — Qual a proporção atual de canga na carga?

**P. Zwetkoff** — Talvez inferior a 10%.

**Severio V. L'Abbate** — O teor de P mencionado não resulta dessa canga?

**P. Zwetkoff** — O teor em P provem principalmente do minério. Outra fonte de P é a escória Siemens-Martin recirculada nos altos fornos.

**Severio V. L'Abbate** — No capítulo Moinha de Carvão, menciona o autor que o consumo anterior de moinha variava entre 0,45 e 0,50 m<sup>3</sup>/t de sinter. Pergunto qual a umidade da moinha e qual seu peso específico. Gostaria ainda de saber qual o peso do carvão dos altos-fornos.

**P. Zwetkoff** — A densidade média do carvão usado na sinterização é de 450 kg/m<sup>3</sup> e seu teor de umidade médio é de 30%. Temos recebido moinha na usina contendo até 50% de umidade.

(7) Membro da ABM; Engenheiro da CSN; Belo Horizonte, MG.

**Amaro L. Guatemozin** — A densidade do carvão recebido pela usina varia entre 220 e 250 kg/m<sup>3</sup>. A média de 1960 foi de 230 kg/m<sup>3</sup>.

**Participante** — Sinterizam em Monlevade minério que passa na peneira de 200 malhas?

**P. Zwetkoff** — Já fizemos experiências de introdução de fino na carga, visando com isso também aumentar o teor de SiO<sub>2</sub>. Esse material prejudica, contudo, bastante a produção. O sinter produzido com itabirito friável é fraco e desintegra-se em fragmentos finos.

**Participante** — Qual a produtividade média das painéis de sinterização?

**P. Zwetkoff** — A média anual do ano passado foi de 28,5 t/24 horas/m<sup>2</sup> de área de grelha. Em média mensal têm sido registrados índices de até 32 t/dia/m<sup>2</sup>.

**Participante** — Desejaria saber qual a máxima produção diária anteriormente alcançada.

**P. Zwetkoff** — A maior produção alcançada somente em dois dias de funcionamento com uma painél, em 1951, foi de 610 t por painél por 24 horas. Nessa época, entretanto, empregávamos 50% de canga na carga, o que aumentava muito a permeabilidade.

O sinter é resfriado naturalmente, durante o transporte no transportador vibratório. O retorno é resfriado por jatos de água, pois que é transportado em esteiras de borracha.