

# ESTABILIZAÇÃO DA MÁQUINA DE SINTER APÓS FALHA GENERALIZADA NOS ROLAMENTOS DE PRESSÃO DOS CARROS GRELHA<sup>1</sup>

José Luiz Domingos<sup>2</sup>  
Hernani Pinho Carvalho<sup>3</sup>  
Domingos Pereira Nunes<sup>4</sup>  
Marcos Eduardo Linhales<sup>5</sup>  
André Severiano de Jesus<sup>6</sup>  
Ricardo de Araújo França<sup>2</sup>  
Geraldo Dilermando Carneiro<sup>7</sup>

## Resumo

Este trabalho tem por objetivo detalhar a ocorrência de quebra generalizada dos rolamentos de pressão dos carros grelha da Máquina de Sinter da ArcelorMittal Tubarão, decorrente da substituição dos trilhos curvos e rodas dentadas (sprockets), destacando os impactos observados sobre o equipamento e as soluções criativas e eficazes adotadas pelas equipes de manutenção de área e engenharia frente a um problema inédito e desafiador. A primeira etapa do trabalho focou na análise da ocorrência e na busca de suas causas básicas. Essas avaliações permitiram identificar e eliminar uma interferência no engrenamento dos rolamentos de pressão com os segmentos dentados da roda. No entanto, a operação com uma grande quantidade de rolamentos quebrados trouxe uma série de consequências negativas para o equipamento causando um grande número de paradas emergenciais. Com a estabilidade operacional comprometida tornou-se necessária implementação de soluções provisórias, que estabilizassem a Máquina de Sinter até a completa substituição dos rolamentos. Após quebra de aproximadamente 90% de um total de 572 rolamentos em apenas 2 meses e da ocorrência de 43 paradas emergenciais em um período de 4 meses, a estabilização da Máquina de Sinter foi obtida 10 meses após a ocorrência das primeiras falhas de rolamentos de pressão.

**Palavras-chave:** Sinterização; Carro grelha; Sprocket.

## STABILIZATION OF THE SINTER MACHINE AFTER A GENERALIZED FAILURE ON PRESSURE BEARINGS INTO THE PALLET CARS

### Abstract

This technical paper has the purpose of describing, in detail, when a generalized break of pressure bearings takes place into the pallet cars of the Sinter Machine of ArcelorMittal Tubarão. This event occurs due to replacing curved rails and sprockets. However, this highlights the impacts that have been noted on equipment, as well as creative and efficient solutions adopted by the teams of maintenance and engineering areas that face an unknown and challenging problem. The first stage of the technical paper has focused on analyzing the event and in the search for its basic causes. These assessments have allowed identifying and eliminating the interference in the gearing of the pressure bearings with the sprockets. However, by operating through using a great number of broken bearings have brought a series of negative consequences for the equipment, thus causing a great number of emergency stops. As the operating stability is comprised, so implementing temporary solutions has become necessary. These solutions had to stabilize the Sinter Machine until the complete replacement of bearings. Sinter Machine stabilization has been obtained 10 months after the first failures have occurred in the pressure bearings. This has happened after breaking nearly 90% from the 572 bearings in only 2 months, as well as occurring 43 emergency stops within 4 months.

**Key words:** Sinter plant; Pallet car; Sprocket.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil

<sup>2</sup> Técnico de Inspeção Mecânica da ArcelorMittal Tubarão.

<sup>3</sup> Engenheiro de Projetos Mecânicos da ArcelorMittal Tubarão.

<sup>4</sup> Técnico de Projetos Mecânicos da ArcelorMittal Tubarão

<sup>5</sup> Engenheiro de Manutenção Mecânica da ArcelorMittal Tubarão

<sup>6</sup> Técnico de Desenvolvimento Mecânico da ArcelorMittal Tubarão

<sup>7</sup> Supervisor de Manutenção Mecânica da ArcelorMittal Tubarão

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo detalhar a ocorrência de quebra generalizada dos rolamentos de pressão dos carros grelha da Máquina de Sinter da ArcelorMittal Tubarão, decorrente da substituição dos trilhos curvos e rodas dentadas (sprockets) modificadas para utilização de insertos, destacando os impactos observados sobre o equipamento e as soluções criativas e eficazes adotadas pelas equipes de manutenção de área e engenharia frente a um problema inédito e desafiador.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Características Técnicas da Máquina de Sinter

Projeto original: Hitachi Zosen

Start-up: 1983

Área de sucção: 484 m<sup>2</sup>

Nº de carros grelha: 143 (Figura 2)

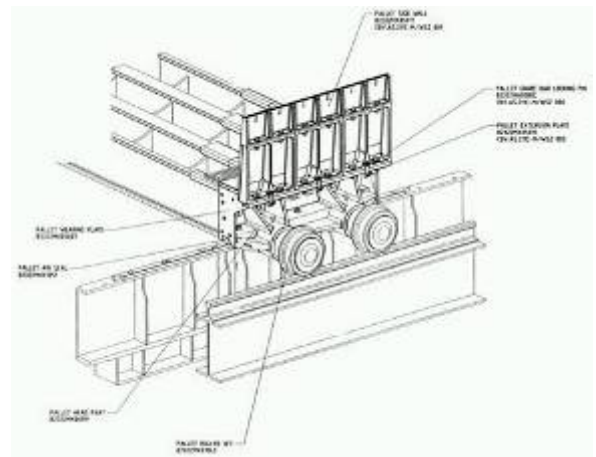
Dimensões dos carros: 5,5 x 1,5 m

Produção diária: 20.328 t/d

1 Máquina de Sinter (Figura 1) responsável pelo abastecimento de 3 AF's.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.  
**Figura 1.** Máquina de Sinter.



Fonte: Manuais Voest-Alpine.  
**Figura 2.** Carro Grelha.

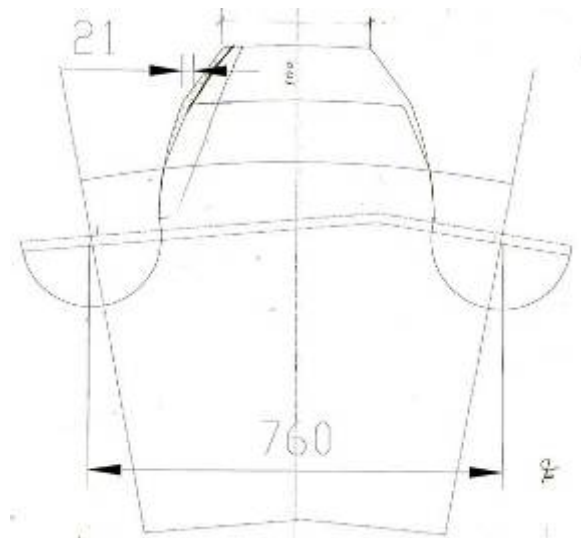
### 2.2 Histórico de Modificações da Máquina

Em Agosto de 1997 a planta de Sinterização foi modernizada e teve sua área de sucção aumentada de 440 m<sup>2</sup> para 484 m<sup>2</sup>, através do aumento da largura dos carros grelha (500 mm).

Além da referida modificação, uma série de outras melhorias foram solicitadas à empresa responsável pelo projeto (Voest-Alpine). Dentre elas, destaca-se a modificação do perfil dos segmentos dentados (sprockets) da Máquina de Sinter, que teve como objetivos:

- Separar os carros grelha antes de sua entrada nas curvas;
- Evitar choque entre os carros adjacentes;
- Evitar arrancamento e empeno das réguas de selagem;
- Reduzir desgaste nas chapas de cabeçote.

A solicitação foi atendida através do aumento da largura e altura do dente (acréscimo de 100 mm no raio do sprocket), conforme destacado na Figura 3.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.

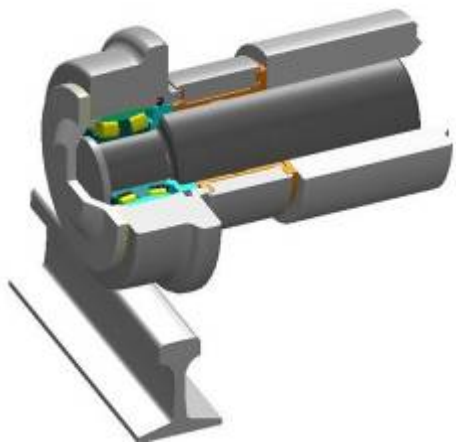
**Figura 3.** Comparação entre o perfil original e o perfil modificado.

Após modificações efetuadas na Máquina de Sinter, observou-se uma diminuição na vida útil dos rolamentos e buchas dos carros grelha devido ao desgaste abrasivo provocado pela contaminação do lubrificante.

Esta redução de vida útil dos componentes foi acompanhada do aumento na frequência de intervenções e da redução na disponibilidade da máquina, devido à ocorrência de paradas emergenciais.

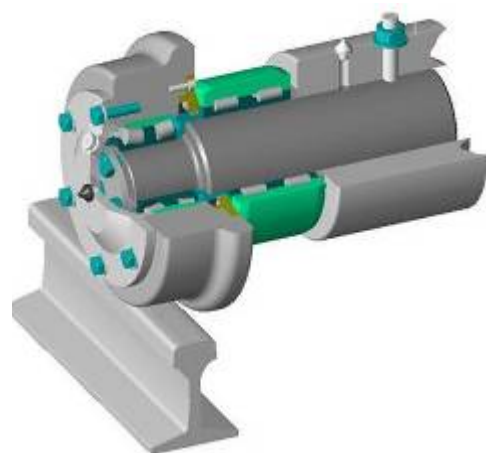
Todas estas dificuldades motivaram modificações no projeto do conjunto roda/rolete dos carros a partir de 2003.<sup>(1)</sup> Para detalhes das modificações implantadas ver Figuras 4 e 5.

Na ocasião, o aumento de temperatura e carga sobre a Máquina, bem como o aumento da contaminação nas rodas e roletes de pressão foram definidos como causas básicas do problema. A modificação do perfil dos segmentos dentados não foi considerada naquela análise.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.

**Figura 4.** Projeto Original.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.

**Figura 5.** Projeto Modificado.

As rodas dentadas (sprockets) instaladas em 1997 desgastaram-se ao longo de sua vida útil, sendo que em 2003, no início do plano de substituição das buchas por rolamentos de pressão, os sprockets já apresentavam perda de massa. No final da vida, observou-se um desgaste de  $\pm 30$  mm na largura dos dentes (Figura 6).



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.

**Figura 6.** Segmentos dentados com desgaste.

No final de 2005 iniciou-se o planejamento para troca dos sprockets da carga e descarga da Máquina de Sinter, devido ao fim de vida útil. Os novos segmentos dentados foram adquiridos conforme projeto modificado pela Voest-Alpine em 1997, com acréscimo do conceito de insertos de desgaste. Ou seja, região de desgaste removível, sem a necessidade de substituição do segmento completo. Os novos segmentos dentados, bem como os trilhos curvos da carga e descarga foram substituídos em Dezembro de 2006 durante uma grande parada da planta para instalação de novos equipamentos, conforme Figura 7.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.

**Figura 7.** Segmentos dentados novos (insertos de desgaste).

### **2.3 Quebra dos Rolamentos de Pressão**

No dia 26/12/2006 imediatamente após o retorno em operação da Máquina de Sinter iniciou-se o processo de quebra generalizada dos rolamentos de pressão dos carros grelha. No período de Dezembro/2006 a Março/2007 ocorreu a quebra de aproximadamente 90% dos 572 rolamentos instalados (143 carros grelha com quatro rolamentos de pressão cada).

Inicialmente ocorria a quebra da pista externa do rolamento (Figura 8), evoluindo posteriormente para a perda dos elementos girantes e pista interna. Com a quebra completa do rolamento, o eixo dos carros era exposto ao desgaste devido ao contato direto com os segmentos dentados dos sprockets (Figura 9).



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.  
**Figura 8.** Quebra da pista externa.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.  
**Figura 9.** Desgaste do eixo.

A operação da Máquina com a maioria dos rolamentos de pressão quebrados trouxe uma série de conseqüências negativas para o equipamento, conforme segue:

- Desgaste das chapas de cabeçote (Figura 10);
- Empeno e queda das réguas de selagem móvel (Figura 11);
- Engrenamento irregular nos sprockets;
- Quebra dos suportes de fixação dos trilhos curvos da descarga (Figura 12);
- Abertura entre carros grelha causando queda de material (Figura 13);
- Elevado número de paradas da Máquina de Sinter por travamento, decorrentes da operação irregular (Figura 14).



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.  
**Figura 10.** Desgaste chapa cabeçote.



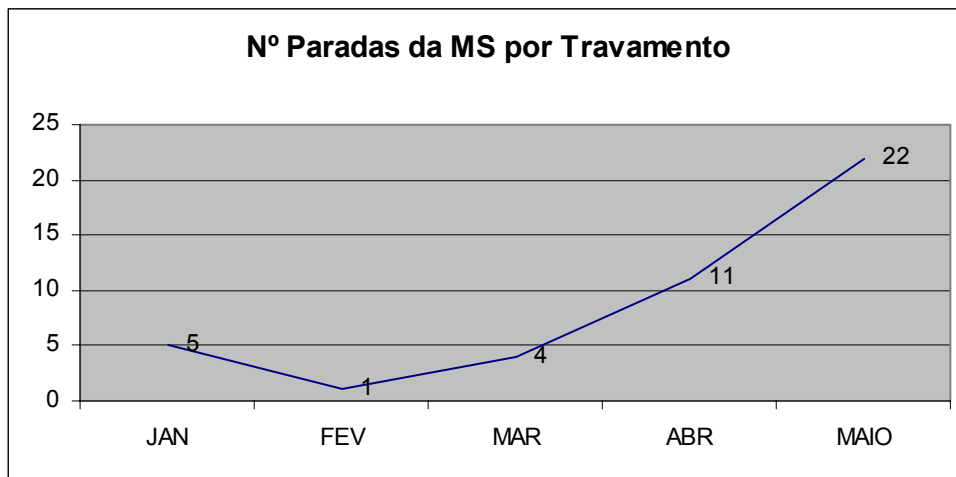
Fonte: ArcelorMittal Tubarão.  
**Figura 11.** Empeno régua selagem.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.  
**Figura 12.** Quebra suporte trilhos curvos.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.  
**Figura 13.** Abertura entre carros.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.  
**Figura 14.** Gráfico de paradas emergenciais da Máquina de Sinter por travamento.

## 2.4 Análise da Ocorrência

Para análise da ocorrência e definição das ações corretivas a Manutenção Mecânica da Sinterização contou com o suporte técnico da Engenharia de Manutenção da ArcelorMittal Tubarão, com as recomendações dos profissionais da Vale (experiência em Máquinas de Pelotização, construtivamente similares), além da troca de informações técnicas com a empresa responsável pelo projeto de modificação dos sprockets (Voest Alpine – Áustria).

Além da análise comparativa do perfil modificado com o perfil original dos dentes, a Engenharia de Manutenção simulou em CAD o engrenamento dos carros grelha com os sprockets. Esta análise computacional permitiu identificar uma interferência entre o perfil do dente e o rolamento de pressão, no início do engrenamento lado motriz. A partir da identificação da interferência efetuaram-se novas simulações visando à definição do perfil mais adequado para os segmentos dentados. Como resultado em Março de 2007, novos inserts com perfil modificado foram fabricados e substituídos nos segmentos dentados da carga (Figura 15).



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.

**Figura 15.** Inserto modificado.

## 2.5 Ações Implantadas

A substituição dos insertos foi importante, mas não suficiente para estabilizar a condição operacional da Máquina de Sinter. A grande quantidade de carros em operação com os rolamentos quebrados e/ou sem os rolamentos de pressão causou uma série de travamentos na máquina, mesmo após a eliminação da interferência no engrenamento.

Iniciou-se um plano de substituição de carros/rolamentos nas paradas programadas, no entanto, a evolução do desgaste dos eixos e o aumento do número de paradas aconteceram em uma velocidade superior ao planejado inicialmente. Portanto, tornou-se necessário buscar uma solução paliativa emergencial, que pudesse estabilizar o funcionamento da Máquina de Sinter até a completa substituição dos rolamentos de pressão danificados.

Diante desta necessidade e da dificuldade de trocar um grande número de carros nas paradas programadas, a Engenharia de Manutenção desenvolveu o projeto de uma bucha bipartida para instalação no campo (Figura 16). Esta bucha, de construção bastante simples, foi adaptada nos carros sem rolamento de pressão cujos eixos já se encontravam bastante desgastados.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão.

**Figura 16.** Bucha bipartida para substituição provisória dos rolamentos de pressão.

A situação crítica demandou um planejamento especial de paradas extras da Máquina de Sinter, para adequação dos carros grelha. No início de Junho de 2007, todos os pontos com rolamentos quebrados ou sem rolamentos foram eliminados através da instalação de buchas bipartidas ou da substituição por novos rolamentos. Em outubro de 2007, ainda de acordo com o plano de adequação da Máquina, todas as buchas bipartidas (paliativas) instaladas foram substituídas por rolamentos de pressão.

### **3 RESULTADOS**

Após quebra de aproximadamente 90% de um total de 572 rolamentos em apenas 2 meses e da ocorrência de 43 paradas emergenciais em um período de 4 meses, a estabilização da Máquina de Sinter foi obtida 10 meses após a ocorrência das primeiras falhas de rolamentos de pressão.

Através da elaboração de um planejamento criterioso e da aplicação de técnicas de engenharia de manutenção práticas e criativas, foi possível eliminar a anomalia, com a obtenção dos seguintes resultados:

- Segurança e integridade física das equipes executantes;
- Cumprimento dos prazos estabelecidos no cronograma planejado;
- Execução dos serviços de acordo com os padrões de qualidade requeridos;
- Restabelecimento das características técnicas dos carros grelha, atendendo às expectativas do usuário (operação);
- Intercâmbio e troca de experiência com empresas fornecedoras e usuárias deste equipamento.

### **4 CONCLUSÃO**

Podemos comprovar que o êxito perante este grande desafio pode ser atribuído ao conjunto dos seguintes fatores:

- Detalhado estudo de interferências e análise de engenharia;
- A importância de um planejamento criterioso para o sucesso da execução;
- Ao entrosamento e a sinergia existente entre as equipes de manutenção de área, engenharia e oficinas de montagem de conjuntos;
- Ao desenvolvimento soluções criativas e eficazes, que facilitaram solução do problema;
- Ao desafio assumido, frente ao serviço inédito e aos riscos envolvidos;
- Ao apoio recebido da estrutura gerencial da ArcelorMittal Tubarão perante um problema de grande impacto no negócio da empresa.

### **REFERÊNCIAS**

- 1 FERREIRA, N. S.; GONÇALVES, D. N.; LINHALES, M.E.; SEVERIANO, A. Modificação do Conjunto Roda/Rolete dos Carros Grelha da Máquina de Sinter da CST. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 58., 2003, Rio de Janeiro. São Paulo: ABM, 2003. p. 1596-1604.