

# REMOÇÃO DE CARGA PELO TOPO DO ALTO FORNO Nº3 DA CSN<sup>1</sup>

*Flávio Lopes Machado da Silva<sup>2</sup>  
Luiz Antonio Duarte Nunes<sup>3</sup>  
Antonio Carlos Batista Lima<sup>4</sup>  
Flávio Machado de Barros<sup>5</sup>*

## Resumo

Toda remoção de carga em Altos Fornos seja para pequenos reparos no cadinho , baixa cuba, ou para acelerar a curva de produção de gusa após parada acidental sempre se fez através de um corte na carcaça ou pela seção das ventaneiras. O planejamento deste trabalho consiste em: 1) A segurança dos executantes envolvidos na remoção de carga como também os colaboradores que trabalhavam na recuperação dos equipamentos do topo e limpeza de gás; 2) A preservação da carcaça do forno e conseqüentemente o seu sistema de refrigeração da parede (stave cooler) ; 3) Não interferir no cronograma da obra recuperação do forno. O desenvolvimento dos equipamentos foram voltados para que a remoção de carga fosse executada pelo topo do forno que é do tipo Paul Wurth . Os equipamentos usados para este trabalho consiste em uma caçamba tipo Clamshell operada por uma unidade hidráulica e içada por uma talha com capacidade de 10 toneladas posicionada em uma monovia . Todo sistema foi projetado para atender as necessidades de força de escavação e resistir a temperatura da carga ( 500°C) que se encontrava no interior do forno. No início da escavação a sonda de nível estava medindo uma altura de 6 metros a partir do Stock-line, o trabalho foi realizado em 28 dias perfazendo um total de 1.240 toneladas com a sonda de nível medindo no final 21 metros, ou seja a 4 metros acima do nível das ventaneiras. Com a troca da carga de operação normal por uma preparada para Blow-in, obteve uma retomada de operação mais suave e sem engaiolamentos, permitindo um ganho de 30,8 mil toneladas de gusa para aciaria em relação ao programa original.

**Palavras-chave:** Alto forno; Remoção de carga; Topo.

## BURDEN REMOVAL TROUGH THE TOP OF CSN 3 BLAST FURNACE

### Abstract

All burden removal of the Blast Furnace shaft, whether for small repairs in the hearth, low stack, or to accelerate the curve of hot metal production after accidental stoppage was always made by means of a cut in the shell or trough the tuyere sections. This work planning had as purpose 1) The safety of the performers involved in the removal of burden as well as the workers working in the recovering of the top and gas cleaning equipment; 2) The preservation of the equipment regarding to the shell and therefore its cooling system of the inner wall (stave cooler); 3) Do not interfere in the time schedule of the furnace recovery works. The development of the equipment had as purpose that the burden removal would be performed by the furnace top, which is Paul Wurth type. The equipments used for this work consists in a type Clamshell bucket operated by a hydraulic unit and lifted by a electric hoist with 10 tons capacity located in a monorail. All system was designed to meet the needs of excavation force and resist to the temperature of the burden (500°C) that was inside the furnace. In the excavation beginning, the level probe indicated a height of 6 meters from the Stock-line, the work was performed in 28 days, amounting to a total of 1.240 tons with the level probe measuring at the end 21 meters, i.e. 4 meters above the tuyere level. With the burden change from normal operation to a one prepared for Blow-in, provided a smoother return of operation and without hanging, allowing a gain of 30.8 thousand tons of hot metal for the LD steel plant considering to the normal program.

**Key words:** Blast furnace; Burden removal; Top.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalúrgico, Engenheiro Especialista da Gerência de Altos Fornos CSN.*

<sup>3</sup> *Técnico metalúrgico, Técnico Especialista da Gerência de Altos Fornos CSN.*

<sup>4</sup> *Técnico em Mecânica , Supervisor mecânica da Gerência de Manutenção de Altos Fornos CSN.*

<sup>5</sup> *Técnico em Eletrônica , Inspetor elétrico da Gerência de Manutenção de Altos Fornos CSN.*

## 1 INTRODUÇÃO

O Alto Forno nº3 da CSN está em sua 3ª campanha, e teve sua última reforma em maio de 2001, opera com 38 ventaneiras e possui volume interno útil de 4.237 m<sup>3</sup>, Em janeiro de 2006 o Alto Forno n.º 3 parou em emergência devido a um colapso do coletor de pó , a carga que se encontrava no interior do forno era de operação normal, neste tipo de parada não é possível mandar carga extra de combustível visando garantir energia quando o seu retorno em operação . Podemos afirmar que nestas condições existe uma grande dificuldade de recuperação do ritmo de produção, devido a energia residual de combustível não ser suficiente para a produção de líquidos (gusa + escória) com fluidez suficiente, para escoar até os furos de gusa . Estas ocorrências pioram a permeabilidade da carga ocasionando engaiolamentos seguidos de arriamentos, com possível entupimento do sistema de ar soprado com o gusa e escória .Estas ocorrências geram paradas de emergência para troca e limpeza dos componentes de sopro.

Em toda remoção de carga em Alto Forno até então sempre se fez por uma abertura na carcaça na região entre os furos de gusa ou através do próprio furo das ventaneiras neste último se perde por baixa produtividade no ciclo , além do risco as pessoas envolvidas neste processo.

O objetivo era após o blow-in do AF#3 disponibilizar gusa para aciaria dentro dos parâmetros de qualidade no menor tempo possível . Uma alternativa seria a remoção da carga que ficou dentro do forno durante a parada de emergência. Esta ação eliminaria a necessidade de se trocar a carga durante o blow-in eliminando os riscos operacionais. Algumas premissas foram traçadas visando a preservação do equipamento e a segurança das pessoas:

- Segurança dos colaboradores que estavam trabalhando na recuperação do topo e limpeza de gás e também na remoção da carga do interior do forno.
- Preservação da carcaça e conseqüentemente os stove cooler.
- Garantir a remoção de toda carga metálica inclusive a região de amolecimento e fusão e não só o combustível (coque);
- Não interferir no cronograma de recuperação do alto forno.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Preparação do Local Contra o Gás CO

Durante a remoção da carga foi previsto a geração de gás CO, para reduzir este impacto foram tomadas várias ações (Figura 1) a seguir:

- a) Isolamento da plataforma de trabalho com a plataforma superior com e vedação de todo piso;
- b) Instalação de ventiladores para direcionar o gás gerado para fora da plataforma e exatores conectados á túnel de ar que captava o gás e fazia a descarga para fora da plataforma de trabalho.
- c) Maior vedação na região das ventaneiras para evitar entrada oxigênio e geração mais gás CO somado a uma inspeção 24 horas por dia.
- d) Instalado manifolds de ar mandado para os operadores envolvidos na remoção de carga fazer o uso quando a concentração de CO  $\geq$  39ppm.

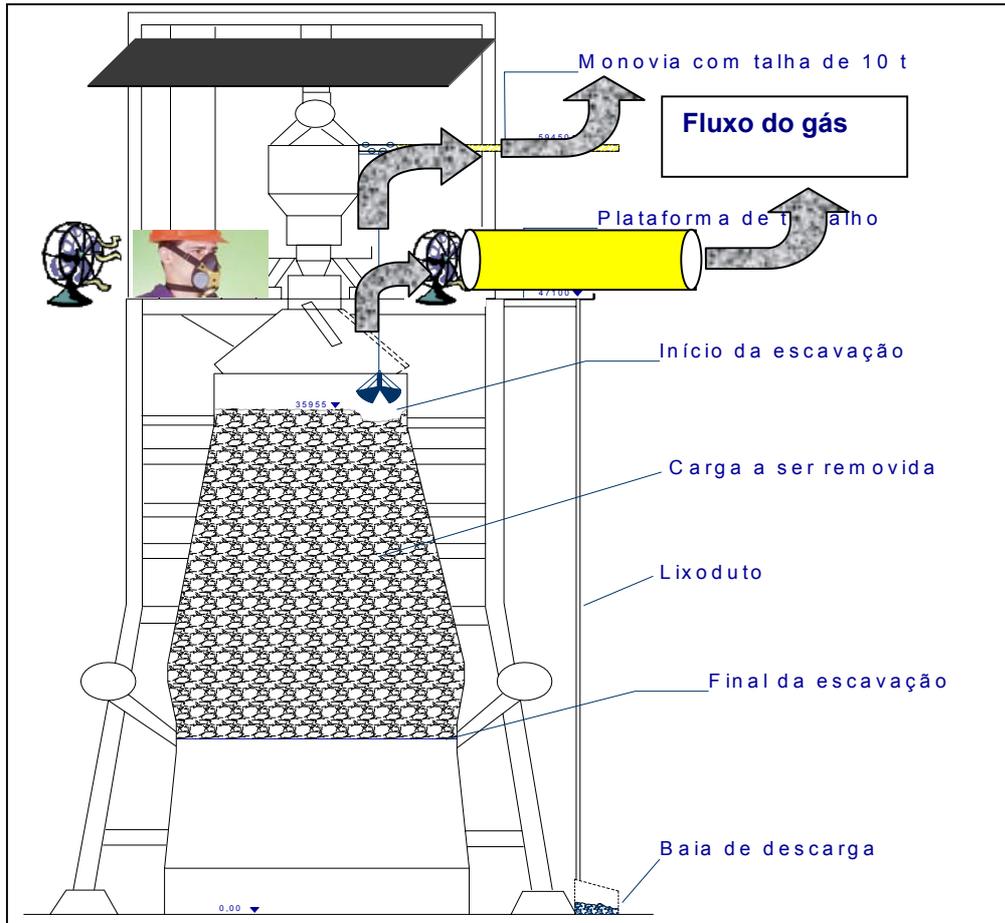


Figura 1. Equipamentos para controle do gás na plataforma de trabalho

## 2.2 Equipamentos

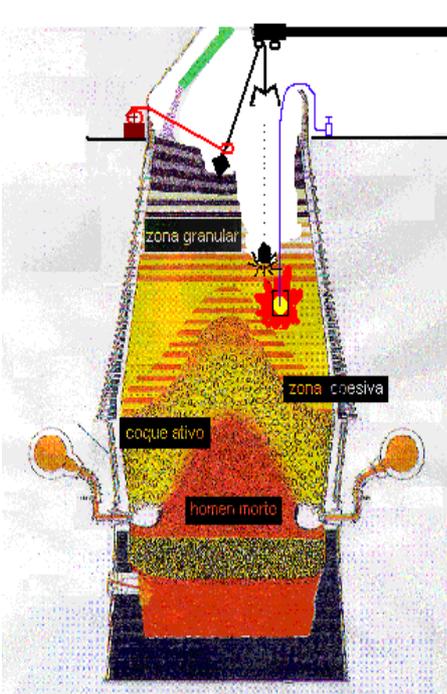
Para a fabricação e/ou uso dos equipamentos essenciais envolvidos na remoção da carga foi preparado um plano de contingência, conforme Tabela 1, abordando todas as falhas ou fragilidade do equipamento para trabalho em ambiente com temperatura de 500°C e pó .

**Tabela 1.** Plano de contingência para os equipamentos de remoção da carga

Item	Atividade	Equipamento	O que pode dar errado?	Medidas corretivas
1	Remoção de carga AF#3	Caçamba clamshell de 1m <sup>3</sup> e 3m <sup>3</sup>	Caçamba sem força de escavação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projetar com acionamento hidráulico caçamba 1m<sup>3</sup> f orça de escavação 7toneladas.</li> <li>Projetar com acionamento hidráulico caçamba 3m<sup>3</sup> f orça de escavação 15toneladas</li> </ul>
			Rompimento do cabo de alimentação de energia da unidade hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter eletricista 24 h e cabo reserva</li> </ul>
			Combustão do cabo de alimentação de energia da unidade hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cabo Pirelli desenvolvido para trabalhar em alta temperatura;</li> <li>Fazer isolamento do cabo com manta isolante.</li> </ul>
			Rompimento de mangueiras e desgaste de reparos do cilindro hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter cilindro e reparos reserva</li> <li>Proteger cilindros e mangueiras com manta isolante</li> </ul>
			Falha no comando elétrico do sistema hidráulico da caçamba e enrolador de cabo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter componentes elétricos sobressalentes</li> </ul>
			Desgaste excessivo nos dentes da caçamba	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter dentes e chapas sobressalente para troca e reparo</li> </ul>
			Queima do motor e unidade hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter motor e componentes sobressalentes</li> </ul>
			Caçamba parar aberta no interior do AF	<ul style="list-style-type: none"> <li>Foi projetado uma válvula de alívio de fácil acesso permitindo o fechamento da caçamba</li> </ul>
			Perda do revestimento térmico da unidade hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter placas isolante reserva</li> </ul>
			Queda da caçamba no interior do forno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalar 2º cabo de ligação entre caçamba e gancho da talha</li> </ul>
2	Remoção de carga AF#3	Talha elétrica de 10 toneladas	Falha no comando elétrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter componentes elétricos sobressalentes e eletricista de plantão;</li> <li>Usar talha elétrica reserva modelo GHE06N2108H5M6 emprestada pela empresa Açominas.</li> </ul>
			Falha em componentes mecânicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usar talha elétrica reserva modelo GHE06N2108H5M6 emprestada pela empresa Açominas.</li> </ul>
			Desgaste excessivo do cabo de elevação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fazer inspeção diária do cabo e manter cabo sobressalente</li> </ul>
3	Remoção da carga da baía nível 47.000 até a baía nível 0.000	Mini-carregadeira	Defeito mecânico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter mecânico 24h</li> <li>Máquina reserva</li> </ul>
			Falta de combustível	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter combustível reserva</li> </ul>
		Mini -escavadeira acoplada ao rompedor hidráulico	Defeito mecânico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter mecânico 24h</li> <li>Máquina reserva</li> </ul>
			Falta de combustível	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter combustível reserva</li> </ul>
Lioxoduto	Desgaste do lixoduto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montar caixa de pedra nos locais de maior desgaste</li> <li>Fazer remoção com caçambas estacionárias com transporte vertical por guindaste</li> </ul>		
4	Dispersão e remoção de gás na plataforma de trabalho	Ventiladores industriais	Queima do motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter um ventilador reserva</li> <li>Manter eletricista 24h</li> </ul>

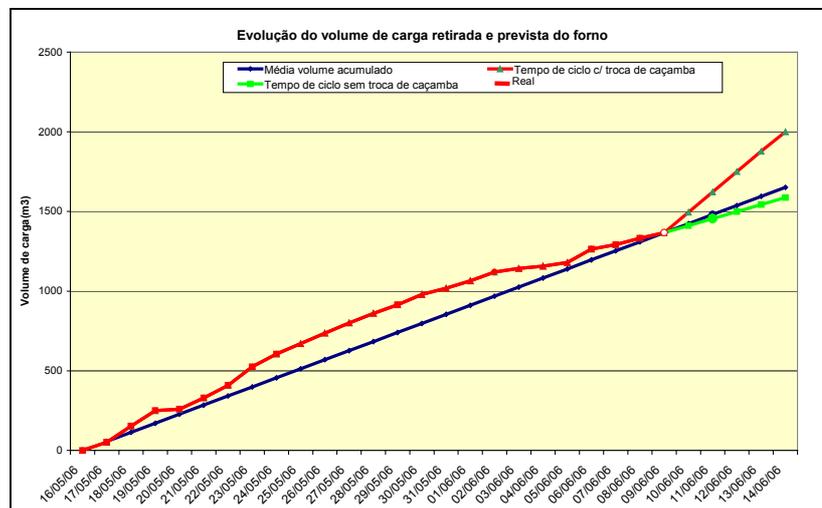


**Tabela 3.** Plano de contingência para remoção da carga em vários níveis do alto forno.

PERFIL DA CARGA ALTO FORNO-3	Cenários	O que pode dar errado?	Medida corretiva
	Escavação na zona granular	O material não rola para o raio de ação da caçamba	Deslocamento horizontal da caçamba com auxílio de cabo acoplado ao guincho pneumático;
	Escavação na zona coesiva	Dificuldade de escavação formação de Bodies	Detonação controlada com uso de explosivo para desagregação e acomodação da carga
		Dificuldade de penetração na região da zona coesiva	Uso de pedra jogada em queda livre no nível 47.000 pela caçamba clamshell para desagregação da carga
	Escavação na zona de coque ativo	Queima dos equipamentos	Aumentar o isolamento da unidade hidráulica e cabo de comando Resfriar os equipamentos com spray d'água
Escavação no homem morto	Dificuldade de penetração	de	Uso de pedra jogada em queda livre no nível 47.000 pela caçamba clamshell para desagregação da carga

Observação: Antes de fazer o uso de explosivo para desagregação e acomodamento da carga no interior do alto forno, foram feitos testes em área externa usando sismógrafos de engenharia dotados de geofones triortogonais. A análise detalhada do efeito em termos de vibração e arranque das primeiras cargas, norteou a seqüência dos trabalhos de detonação, e garantiu a integridade de todos os equipamentos do forno.

A Figura 2 mostra curva programada e real em volume de material removido na unidade de tempo no dia 10/06 mostra um aumento da inclinação da curva onde pode ser justificado pela troca da caçamba clamshell de 1m<sup>3</sup> por uma maior de 3m<sup>3</sup>.



**Figura 2.** Curva de remoção da carga em volume

### 3 RESULTADOS

No final da escavação o nível da carga medido por sondagem ficou no GL 21.000 mm com uma diferença de 19 metros, perfazendo um total de 1.500 toneladas de carga removida em 30 dias de trabalho efetivo.

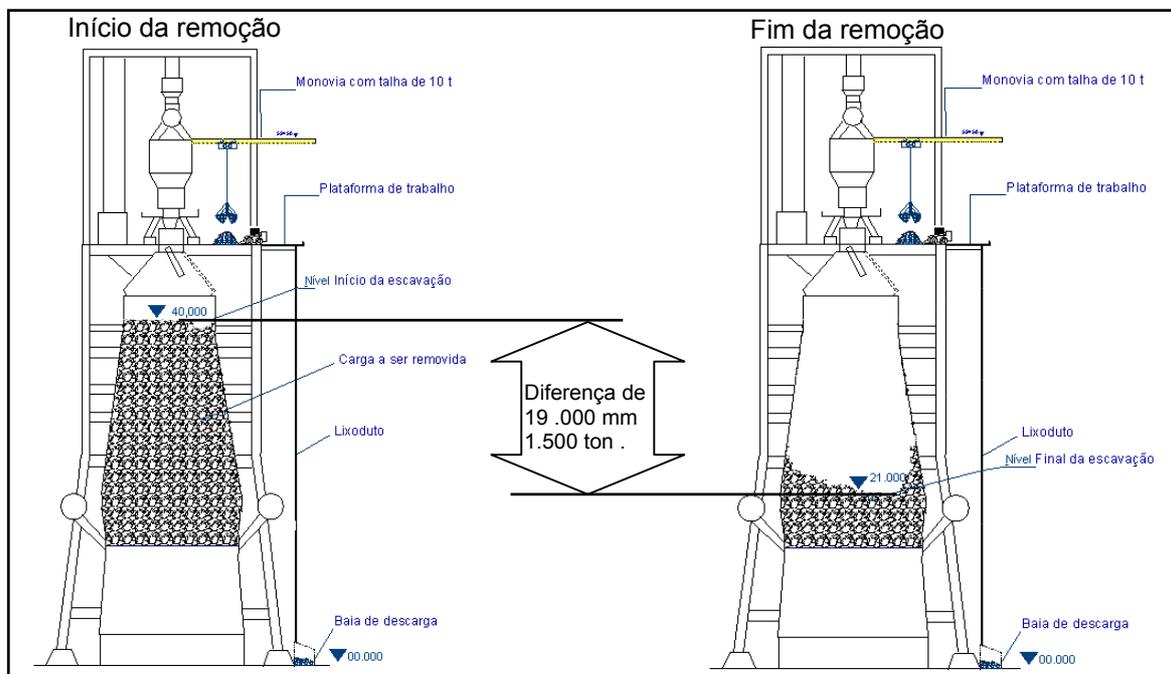


Figura 3. Perfil da carga no início e fim da remoção .

### 4 DISCUSSÃO

**Tabela 4.** Comparativo das metodologias remoção da carga em paradas de forno em emergência com carga alta na CSN.

Atividade/ Necessidade	Retirada de carga pela ventaneira ou região dos furos de gusa	Remoção de carga pelo topo
Corte 3000X5000mm na couraça do AF p/ retirada do material	Sim - Com grande potencial de acidente (queimadura) e danos ao equipamento.	Não - Feito pelo janelão de troca da calha no topo do alto forno.
Tempo para retirada do material do nível stock line até ventaneira	30 dias - inicia retirando em primeiro a reserva de energia do AF (coque do homem morto) até chegar na carga metálica.	30 dias - inicia retirando a carga metálica + coque até chegar por ultimo na reserva de energia.
Trabalho Seguro?	Não – Risco de desabamento por retirar a carga por baixo e queimaduras durante o corte da carcaça.	Sim – A remoção de toda carga é feita pelo topo.
Risco ao Blow-in?	Sim - Zona coesiva solidificada dificultando o escoamento da carga e assim seria retirado apenas a reserva de coque.	Não – A reserva de coque é retirada por último e zona coesiva é quebrada por lançamento de pãra em queda livre.
Risco ao refratário?	Sim – Após abertura na couraça o refratário original é removido para acesso das máquinas, sendo recomposto no final por dentro do forno.	Não – O refratário original é mantido.

O gráfico da Figura 4o mostra a comparação da produção de gusa prevista para o blow-in do alto forno 3 em 11 dias com e sem a remoção da carga como também o produção real, a diferença entre as produções previstas apresenta um ganho de 30,8 mil toneladas de gusa disponível a mais para aciaria.

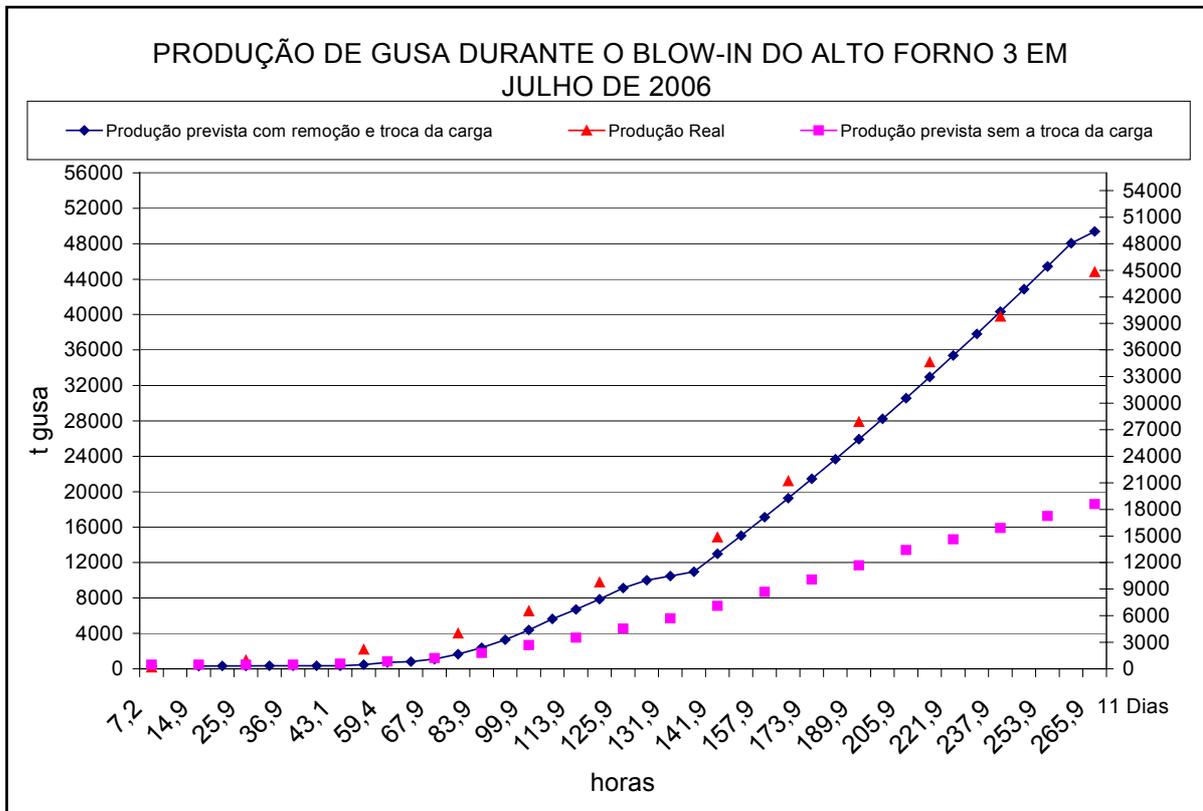


Figura 4. Curva de produção de gusa durante o blow-in do alto forno 3.

Com a operação estável e descida de carga suave, o controle de pressão do topo pelo bischoff tem menos variação facilitando o controle do nível de água das bacias consequentemente evitando transbordo da calha elevada ( poluição hídrica) e sem risco de abertura de bleder (poluição atmosférica).

O trabalho possibilitou maior segurança e menos trabalho manual na execução das tarefas durante a remoção da carga e durante o blow-in, sem ocorrência de acidentes com equipamentos e pessoas.

## 5 CONCLUSÃO

Fazendo uma comparação do blow-in do Alto forno-3 em 2006, com outros realizados na CSN , verifica-se que o grande diferencial foi o trabalho de remoção e troca da carga . Podemos concluir que o sucesso da remoção e troca de carga foi sustentado pelos itens abaixo:

a)Pelo planejamento que procurou analisar os possíveis cenários e as contramedidas a serem adotadas.

b) Pelo envolvimento de todas as especialidades do grupo CSN .

Durante a remoção da carga foi verificado que todo sinter removido da zona granular estava degradado praticamente 80% abaixo de 3mm, isto se explica devido ao longo tempo em que a carga se manteve no interior do alto forno , próxima a temperatura de 500°C.

A remoção de carga permitiu uma melhor inspeção, e possibilitou a aplicação de refratário através de gunning robotizado nos dois anéis de stave cooler de ferro

fundido localizados na alta cuba, visando reperfilamento da parede e proteção para o blow-in.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Companhia Siderúrgica Nacional, pelo apoio na realização deste trabalho inovador através dos Gestores da GGAF e a empresa ARCOENGE que acreditou e trabalhou em conjunto com os técnicos da CSN neste desafio.