



# OTIMIZAÇÃO DA SEGURANÇA NO MANUSEIO E APLICAÇÃO DOS AGENTES DESSULFURANTES A BASE DE CARBURETO DE CÁLCIO NA ARCELORMITTAL TUBARÃO<sup>1</sup>

Vinicius dos Reis Carvalho<sup>2</sup>

Gilberto Lorenzoni<sup>3</sup>

Fabiano Candido Santana<sup>4</sup>

Nilson Duque Filho<sup>5</sup>

Paulo César Pontelo<sup>6</sup>

Ivan Aparecido Alves de Souza<sup>7</sup>

## Resumo

A aciaria da ArcelorMittal Tubarão tem seu pré-tratamento de ferro gusa apoiado pelos processos de dessulfuração em KR e dessulfuração em carros torpedo. Dada a importância do processo de dessulfuração em carros torpedo com a utilização de agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio, a usina implementou em conjunto com a Tecnosulfur diversas melhorias para segurança no manuseio e aplicação dos agentes dessulfurantes. Este trabalho tem como objetivo apresentar as alterações realizadas, seus objetivos e benefícios que asseguraram a estabilidade operacional e a segurança nas operações tornando a ArcelorMittal referência na utilização segura de agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio.

**Palavras-chave:** Segurança; Carbureto de cálcio; Carros torpedo; Dessulfuração.

## SECURITY IN HANDLING AND APPLICATION OF DESULPHURIZING MIXTURE CONTAINING CALCIUM CARBIDE IN ARCELORMITTAL TUBARÃO

## Abstract

The steel plant of ArcelorMittal Tubarão has supported in your pre-treatment of pig iron by process of desulfurization in KR and by process of desulphurization in torpedo cars. Given the importance of the process of desulphurization in torpedo cars using agent desulphurizing that contain calcium carbide, the mill implemented with Tecnosulfur's company a lot of actions for the security in handling and application of agent desulphurizing. This article will show all the changes performed, the objectives and benefits that assured the operational stability and the guarantee of security in the operations wich allowed ArcelorMittal as reference in the safe use of agent desulphurizing that contain calcium carbide.

**Key words:** Security; Calcium carbide; Torpedo cars; Desulphurization.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 42º Seminário de Aciaria – Internacional, 15 a 18 de maio de 2011, Salvador, BA, Brasil.

<sup>2</sup> Gerente da Sessão de Preparação de Matérias Primas e Insumos da Aciaria AMT

<sup>3</sup> Especialista da Sessão de Preparação de Matérias Primas e Insumos da Aciaria AMT

<sup>4</sup> Especialista da Sessão de Preparação de Matérias Primas e Insumos da Aciaria AMT

<sup>5</sup> Técnico de Segurança do Trabalho da AMT

<sup>6</sup> Assistente Técnico Tecnosulfur

<sup>7</sup> Supervisor de Segurança e Meio Ambiente Tecnosulfur



## 1 INTRODUÇÃO

Na fabricação de aços de elevada qualidade, o pré-tratamento de ferro gusa é de suma importância para a obtenção de um produto com grande valor agregado. Neste cenário, a otimização de processos e o desenvolvimento de técnicas que garantam o atendimento as aciarias com a máxima eficiência e segurança operacional são constantemente buscados.

A ArcelorMittal Tubarão tem sua etapa de refino primário de ferro gusa suportado pelos processos de dessulfuração via dessulfuração em carros torpedo e KR. A aplicação conjunta dos dois sistemas se baseia na otimização da logística operacional proporcionada pela dessulfuração em carros torpedo. O ferro gusa líquido acondicionado em carros torpedo, é enviado para a estação de dessulfuração que opera com a aplicação de um agente dessulfurante a base de carbureto de cálcio fornecido pela Tecnosulfur S/A.

Os agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio possuem excelentes características de dessulfuração proporcionando a remoção do enxofre dissolvido no ferro gusa a níveis extremamente baixos; porém devido as suas características físico-químicas o produto é considerado como produto perigoso requerendo, portanto cuidados especiais a sua aplicação e manuseio.

Assim sendo a ArcelorMittal Tubarão e a Tecnosulfur desenvolveram em parceria um conjunto de medidas e procedimentos que garantam a mais eficiente e segura aplicação dos agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio. Dentre as medidas estão a criação de procedimentos que contemplam todas as operações envolvendo o manuseio desde o embarque dos produtos na Tecnosulfur até a disposição final da escória gerada, além da implantação de um sistema controlado de descarga de carretas silo e aplicação de medidas de contenção no caso de incidentes.

### 1.1 Características Físico-Químicas do Carbureto de Cálcio

Segundo Patnaik<sup>(1)</sup> o carbureto de cálcio Figura 1 é um composto inorgânico sólido, de cor que varia do cinza ao marrom, possuindo ainda odor característico ao alho quando exposto a umidade; tem ponto de fusão da ordem de 2.300°C e auto ignição a 325°C.

Em contato com água ou etanol, reage gerando acetileno e calor sendo que a formação do acetileno pode ocorrer até mesmo com a presença da umidade do ar.



**Figura 1-** Carbureto de cálcio micropulverizado.

O manuseio direto do produto pode acarretar irritações ou mesmo queimaduras das mucosas ou sistema respiratório devido à exotermia apresentada



pela reação do carbureto de cálcio com água, considerando ainda que o gás acetileno gerado possa ser considerado como um asfixiante simples. Desta forma todo o manuseio do produto deve ser feito a partir de circuitos fechados e inertizados que garantam a expulsão do acetileno e do ar do ambiente através da injeção de um gás inerte.

Segundo Viriato,<sup>(2)</sup> inclusive o transporte de produtos desta natureza deve ser considerado como perigoso, dadas as suas características, sendo que existem normas especiais para este transporte.

Conforme Unidas<sup>(3)</sup> o carbureto de cálcio faz parte dos produtos controlados com numeração específica da ONU sob o número 1402 e tendo sua subclasse de risco definida em 4.3 como sólido inflamável.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Diante das características dos agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio, foi percebido pela ArcelorMittal Tubarão a necessidade de um controle total do manuseio do dessulfurante em todas as suas fases de recebimento, estocagem, aplicação e destinação da escória formada. Sendo assim a Tecnosulfur como parceira da ArcelorMittal efetuou conjuntamente procedimentos operacionais que contemplem todas as operações e a realização e implementação do projeto de modernização da área de descarga de carretas silo de agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio, fatores que impliquem na aplicação dos agentes dessulfurantes e desenvolvimento de alternativas para destinação dos resíduos gerados, além de planos de contingência para o caso de ocorrência de incidentes.

### 2.1 Procedimentos Operacionais- Recepção do Dessulfurante

Para garantia da segurança nas operações com o carbureto de cálcio dentro da usina, os procedimentos se iniciam já na recepção das carretas na portaria da empresa, que tem tratamento diferenciado somente sendo liberadas para entrar após autorização do operador responsável pelo turno e após uma inspeção visual das condições da mesma.

O operador do turno apenas libera a entrada do motorista caso hajam silos disponíveis para a descarga e disponibilidade de pessoal para o acompanhamento.

Após sua entrada na usina o motorista segue para a área de descarga, onde tem entrada permitida apenas junto ao operador responsável, que por sua vez acompanha todas as manobras de descarregamento. Existe ainda a presença de um assistente técnico da Tecnosulfur nestes momentos para completa assistência quanto às operações relacionadas ao abastecimento do agente dessulfurante. Os motoristas e demais operadores são treinados periodicamente, tendo ainda em vista que os motoristas que fazem o abastecimento da usina são fixos, o que permite um maior entrosamento com a equipe e conhecimento dos procedimentos operacionais.

Neste momento é realizado um check list da carreta e seus itens de segurança, sendo que no não atendimento de qualquer dos itens verificados pode-se ocorrer a recusa da carreta. Este check list contempla itens que vão desde os itens de segurança da carreta a utilização dos EPI's adequados pelo motorista. Salientamos ainda que devido à natureza do material as carretas são lacradas e os lacres também são parte integrante do check list e estão contidos na nota fiscal do produto.



São realizadas ainda pelos gestores da área ou operadores abordagens de segurança que são avaliações dos conhecimentos do motorista sobre os procedimentos, cumprimento dos padrões e inspeção das documentações referentes a treinamentos e itens de segurança da carreta

Após realização do check list é realizada verificação da área de descarga avaliando as condições do piso e ambiente quanto à umidade, presença de fagulhas ou outros elementos que possam prejudicar a segurança nas operações. Após todas as avaliações a carreta é autorizada pelo operador a adentrar ao galpão e posicionar a carreta na posição de descarga.

A carreta é posicionada seguindo os procedimentos de travamento do veículo e aterramento, quando então são retirados os lacres da carreta permitindo a descarga conforme a Figura 2. Os mangotes são verificados quando ao seu prazo de validade, acoplados e travados Figura 3 sendo, portanto liberada a atuação do motorista na descarga da carreta.



**Figura 2** – Tampa de descarga com lacre travado por pino.



**Figura 3** – Mangote acoplado.

A descarga da carreta é de responsabilidade do motorista, porém todas as manobras necessárias para possibilitar o recebimento são de responsabilidade da Área de Matérias-Primas e Preparação de Gusa da ArcelorMittal Tubarão, bem como verificação da atividade de descarga. Sendo assim durante todo o processo de recebimento, descarga e liberação da carreta é obrigatório o acompanhamento do operador da AMT.





Além disso, toda a operação é filmada por câmeras que podem ser visualizadas das salas tanto da dessulfuração em carro torpedo quanto da dessulfuração em panela pelicano.

Após todos estes cuidados é realizada a descarga seguindo os passos descritos no manual de operação da carreta silo utilizando o sistema de descarga de carretas que passou por modernização a fim de melhor atender as condições de segurança.

## 2.2 Modernização do Sistema de Descarga de Carretas Silo

O objetivo da modernização do sistema de descarga de carretas silo de agente dessulfurante foi a melhoria nas condições de segurança e operacionalidade durante a recepção dos agentes dessulfurantes que serão aplicados na Estação de Dessulfuração da ArcelorMittal Tubarão, o que favoreceria a logística de abastecimento da usina garantindo assim a constante operação da estação de dessulfuração mesmo em períodos chuvosos.

Para tal modernização foram feitos projetos através da parceria entre a ArcelorMittal Tubarão e a Tecnosulfur para avaliação dos riscos potenciais que envolvem as operações de descarga e então definidos os pontos críticos para concentração dos esforços de adequação e modernização.

O primeiro ponto alvo das alterações foi a mudança do ponto de descarga para uma área coberta e protegida dentro de um galpão, o que traria proteção contra a umidade no momento da descarga e a presença apenas das pessoas envolvidas na operação por se tratar agora de um local restrito de recebimento de agente dessulfurante conforme a Figura 4.



**Figura 4** – Área de Recebimento de Mistura Dessulfurante da ArcelorMittal Tubarão.

Com a alteração do ponto de descarga houve a necessidade do alongamento da tubulação que conduz o agente dessulfurante até os silos, passando de aproximadamente 40 metros para um total de 117 metros de tubulação.



Devido à característica do agente dessulfurante este deve ser manipulado utilizando um gás inerte como gás de arraste na descarga pneumática da carreta, sendo que o gás utilizado é o nitrogênio. O sistema foi montado em conexão com uma tubulação de nitrogênio com pressão de chegada de 7,0 kgf./cm<sup>2</sup>, sendo que este volume de pressão seria necessário para pressurizar a carreta silo e abastecer os atuadores pneumáticos acoplados as válvulas direcionais.

Para estabilidade nas descargas, além de rígidos procedimentos foram instalados sistemas de controle de pressão que permitem o controle da pressão interna da carreta evitando assim alterações que possam trazer riscos de prejuízos humanos ou materiais na operação de descarga.

O sistema de descarga de carretas é dotado de válvulas reguladoras de pressão e controladoras de fluxo em série, sendo que a primeira válvula é instalada após o ponto de alimentação dos atuadores pneumáticos das válvulas direcionais que trabalham com 6,5 bar, sendo que a mesma reduz a pressão de 7 para 3,5 bar, em seguida foi instalada uma válvula de controle de fluxo que restringe a passagem no nitrogênio para o manifold de controle de pressurização da carreta. Logo após está localizado o manifold que tem por função controlar as pressões e vazões conforme os requisitos de segurança para pressurização da carreta silo. Logo na entrada do manifold do manifold se encontra a primeira válvula que é uma válvula reguladora de pressão que reduz a pressão para aproximadamente 2,0 bar que é a pressão de trabalho da carreta silo, sendo localizada após esta válvula outra válvula reguladora de pressão com as mesmas configurações. A segunda válvula serve como check da 1ª válvula e como item de segurança. Em seguida ainda no manifold foi instalada uma válvula de segurança que tem seu set point programado em capacidade ligeiramente superior as válvulas reguladoras de pressão, sendo que se ocorrer alguma falha esta entrará em ação para evitar que ocorra alguma sobrepressão para o interior da carreta. Por fim existe ainda uma segunda válvula controladora de fluxo que serve para restringir a alimentação da carreta no caso de falha no sistema. Lembramos ainda que a própria carreta possui uma válvula de segurança que faz o alívio da pressão ao atingir a pressão interna de 2,5 bar. Segue abaixo a Figura 5 que apresenta o manifold controlador do sistema.



**Figura 5** – Manifold com suas válvulas de segurança.



O sistema ainda possui válvulas direcionais pilotadas por atuadores pneumáticos que direcionam a fluxo do agente dessulfurante para qualquer um dos 03 silos disponíveis, sendo que cada silo tem capacidade de armazenamento de 140 toneladas de agente dessulfurante.

O *start up* do sistema de descarga foi aprovado pela equipe de engenharia da AMT, que após avaliação liberou o equipamento para realização do start up com os testes de descarga.

Por motivo de segurança inicialmente foi definido que a primeira descarga seria realizada com cal para inertização do sistema, limpeza e remoção de qualquer ponto de umidade que pudesse estar presente no interior da tubulação.

Foi posicionada uma carreta contendo 10 toneladas de cal micropulverizada fornecida pela Tecnosulfur para realização dos testes antes da descarga de agente dessulfurante. Para a descarga desta carreta foram seguidos os procedimentos gerais para descarga de carreta conforme instrução para recebimento de carretas de agente dessulfurante. O teste consistiria na descarga de aproximadamente 05 a 08 toneladas de cal divididas entre os silos 300, 600 e 700.

Foi realizada a pressurização da carreta com N<sub>2</sub> através do manifold de Nitrogênio, através da liberação da válvula reguladora de fluxo e regulada a pressão do sistema através das válvulas reguladoras de pressão. Depois foram acionadas as válvulas manuais e pneumáticas para liberação e direcionamento do circuito ser percorrido pela cal até a sua deposição nos silos.

Antes da operação de descarga foi realizado o procedimento de passagem apenas de gás inerte pela linha para avaliação das condições quanto a entupimentos, onde este gás foi enviado em estado puro através da tubulação da carreta.

Foi então descarregada uma parcela de aproximadamente 5,0 toneladas de cal para o silo 300. Após a descarga desta parcela a descarga foi interrompida e realizada a limpeza da linha apenas com N<sub>2</sub>. Logo após foi descarregada uma parcela de cal para o silo 600. Foram abertas as válvulas normais da linha dando condições de descarga para o silo 600. As outras válvulas permaneceram na posição fechado conforme procedimento. Após a descarga desta parcela a descarga foi interrompida e realizada a limpeza da linha apenas com N<sub>2</sub>. Posteriormente foi descarregada uma parcela de cal para o silo 700. Sendo abertas as válvulas normais da linha dando condições de descarga para o silo 700. As outras continuaram na posição fechado Após a descarga desta parcela final, a descarga foi encerrada e realizada a limpeza da linha apenas com N<sub>2</sub>. Foram consumidas as 10 toneladas de cal para inertização, sendo divididas entre os 03 silos, o que não impactou na composição química do agente dessulfurante estocado.

Depois de realizados os testes, foram descarregadas 04 carretas de agente dessulfurante sem qualquer problema, sendo considerado, portanto o sistema liberado para utilização.

Como continuidade dos trabalhos, foi realizado pela Tecnosulfur um treinamento teórico prático envolvendo aproximadamente 80 colaboradores da ArcelorMittal Tubarão. Neste treinamento foram discutidos aspectos de segurança e técnicas de manuseio com o agente dessulfurante. Foi entregue ainda um kit de segurança para alocação na área de descarga, kit este contendo:

- 1 tambor hermético para armazenamento de agente dessulfurante;
- 1 par de luvas de raspa;
- 1 bag capacidade 500 Kg;





- 1 Lona 3x4 metros
- 1 Mascara panorâmica com respirador de filtro;
- 1 Pá de fibra ou material anti-faiscante;
- 1 Enxada de fibra ou material anti-faiscante;
- 1 Bota de borracha nº42; e
- 1 Macacão Tyveck branco.

Após o treinamento teórico, foi realizado treinamento pratico na área de recebimento de mistura dessulfurante, com demonstração do funcionamento de todas as válvulas e simulação da descarga de uma carreta.

Foram definidas ainda normas e procedimentos para contenção do caso de incidentes envolvendo os agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio, principalmente no caso de vazamentos ou princípios de incêndios e levando em consideração os volumes dos vazamentos e o ambiente de trabalho.

Além de medidas para isolamento da área e combate a incêndio, foram definidas normas para descarte do agente em caso de vazamentos. Havendo vazamento, deverá o material ser coletado imediatamente o resíduo com pá manual de material plástico a fim de se evitar faiscamento, e transferir para embalagem plástica, big bags fornecidos no kit de segurança ou para quantidades menores, sendo em sacos plásticos herméticos para descarte em quantidades máximas de 15 kg/panela ou torpedo.

A usina conta ainda com o suporte de uma empresa credenciada para atendimento a emergências 24 horas, sendo que esta empresa esta amplamente gabaritada para o trabalho com agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio.

Desde o start up da nova área de recebimento de misturas dessulfurante de carretas silo, foram descarregadas aproximadamente 8.500 toneladas de agente dessulfurante micropulverizado a base de carbureto de cálcio.

### 2.3 Avaliação das Condições de Aplicação do Dessulfurante

Buscando praticas que atendam a todos os requisitos de segurança, para a utilização de agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio, foram feitas vistorias na área de dessulfuração para avaliação da aplicação dos agentes dessulfurantes e seu processo de utilização, sendo que foi percebido que a planta tem ampla condição de aplicar o produto sem riscos a segurança humana ou material.

Foi feita ainda uma avaliação do sistema de despoeiramento da dessulfuração em carros torpedo da ArcelorMittal Tubarão considerando a possibilidade da captação de particulados contendo agente dessulfurante a base de carbureto de cálcio que ainda porventura possa não ter reagido completamente gerando riscos a pessoas e equipamentos.

Durante a de inserção da lança no banho metálico pode se ocorrer à passagem de agente dessulfurante quando do início da injeção antes da completa submersão da lança e também no momento da saída da mesma do banho, quando é feito um sopro pra limpeza da linha de injeção o que poderia gerar captação de um resíduo rico em carbureto de cálcio, além da possibilidade de furos na lança que provocariam um vazamento de agente dessulfurante de maiores proporções que poderiam também ser captados pelo sistema de despoeiramento.





Como o despoeiramento capta todo o particulado proveniente das operações de tratamento do ferro gusa além da possível presença do agente dessulfurante, é gerado um resíduo conhecido como pó de dessulfuração, que tem como característica a grande presença de ferro ou seu óxido. Tal pó após estudos teve a definição de ser coletado no silo de estocagem anexo ao despoeiramento e depois enviado a sinterização para reaproveitamento na fabricação de sinter.

Para a análise foram coletadas amostras do pó de dessulfuração em regime de operação rotineira da dessulfuração e analisadas em laboratório para caracterização do resíduo, onde constatamos uma presença muito pequena de carbureto de cálcio no sistema.

Portanto diante dos resultados obtidos foi definido que este material pode ser destinado a sinterização para composição da massa a sinterizar, com participação aproximada na mistura de 3,0% de pó de dessulfuração.

Foram avaliadas ainda as condições de descarte da escória formada, tendo em vista que a mesma pode apresentar ainda resíduos de carbureto de cálcio mesmo levando em consideração a alta temperatura em que a escória se encontra. Para tanto foram inspecionadas as áreas de descarte de escórias e definidos padrões que garantam a segurança operacional.

Como a usina possui sistema de raspagem de escória do refino primário apenas na unidade do KR, a escória da dessulfuração em carros torpedo também é removida neste local. A prática atual consiste em cambar no pátio de escória um lote de 02 potes, com carga independente do processo de dessulfuração, seja ele em KR ou carro torpedo e após basculamento destes potes isolá-los para resfriamento por jatos d'água, promovendo o umedecimento da massa de escória até que não haja chamas ou resquícios de temperatura.

Logo após resfriada a escória é transportada para um sistema de beneficiamento, não tendo mais qualquer tipo de risco relacionado a aplicação dos agentes dessulfurantes a base de carbureto de cálcio.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as alterações realizadas e implementação dos procedimentos, foi possível perceber qualitativamente a melhora nas condições de segurança operacional, aliadas as medidas de contenção de incidentes.

Ressaltamos ainda que todos os procedimentos e sistemas implantados se baseiam nas normas técnicas de referência para trabalhos com sistemas pressurizados, metodologia para trabalho com transporte e manuseio de produtos perigosos e em observância a legislação ambiental.

Portanto com a aplicação de aproximadamente 8500 toneladas de agente dessulfurante a base de carbureto de cálcio no período acompanhado sem qualquer tipo de incidente, obtemos a validação das medidas aplicadas, demonstrando a eficácia da nova área de recebimento de mistura dessulfurante.

### 4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentadas as alterações realizadas pela ArcelorMittal Tubarão para atendimento as normas de segurança referentes a utilização de carbureto de cálcio em seu refino primário de ferro gusa.

Diante das informações citadas no corpo do trabalho, percebemos que a usina vem alcançando a aplicação de boas praticas de segurança que garantem a



aplicação segura de agentes dessulfurantes á base de carbureto de cálcio em seu refino primário. Fazendo com que a empresa esteja na vanguarda do trabalho com carbureto de cálcio se tornando referência nesta pratica.

### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a ArcelorMittal Tubarão e a Tecnosulfur pelo apoio e incentivo dado para realização do presente trabalho, sem os quais não teríamos logrado êxito.

### REFERÊNCIAS

- 1 Patnaik, Pradiot – **Guia Geral das Propriedades Nocivas das Substâncias Químicas** - Belo Horizonte, Ergo Editora, 2002.
- 2 Viriato, Carlos Eduardo – **Manual de Autoproteção para Manuseio e Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos** – São Paulo. Indax Comunicação, Julho. 2008, 9ª Edição
- 3 Unidas, Naciones – **Recomendaciones Relativas Al Transporte de Mercancías Peligrosas – Manual de Pruebas y Criterios** – Nueva York y Ginebra, Naciones Unidas. 4ª Edición. 2003.