

# REDUÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS NA ÁGUA DO APAGAMENTO DE COQUE, ATRAVÉS DO NOVO SMDF (SISTEMA MÓVEL DE DECANTAÇÃO E FILTRAGEM)<sup>1</sup>

Júlio Cesar de Souza Maciel<sup>2</sup>  
Leonardo Fidelis da Silva<sup>3</sup>  
Leandro Veloso Junger<sup>4</sup>

## Resumo

Em Setembro de 2010, a CSN contratou a empresa norte americana CH2MHILL para realizar uma avaliação do desempenho dos sistemas existentes de coleta de material particulado e de poeiras fugitivas, para atendimento de item do TAC – Termo de Ajustamento de Conduta. Entre outros, foi levantado que a poeira coletada do filtro manga do sistema de despoeiramento do desenformamento de coque, é adicionada à água de apagamento, resultando em um nível muito elevado de sólidos na água de apagamento, o que aumenta significativamente as emissões de particulados pelas torres de apagamento. O trabalho objetivou eliminar a disposição deste material particulado nos tanques de água das torres de apagamento da Coqueria, pois este material é um adicional à alta carga de sólidos em suspensão já existente na água de apagamento, o que faz com que os sólidos sejam reemitidos para a atmosfera durante o processo de apagamento do coque. Portanto, de modo muito criativo, foi desenvolvido o SMDF (Sistema Móvel de Decantação e Filtragem), onde conseguimos reduzir em 99,99% o teor de sólidos na água do sistema de despoeiramento, fazendo com que a causa fundamental das emissões atmosféricas da extinção do coque, caminhe para sua erradicação, atingindo um nível de excelência maior que as normas ambientais exigidas.

**Palavras-chave:** Redução; Sólidos; Água; Apagamento.

## REDUCTION OF SUSPENSION FROM WATER QUENCHING COKE, BY THE NEW FDMS (FILTERING AND DECANTATION MOBILE SYSTEM)

### Abstract

In September 2010, the CSN has hired a U.S. company CH2MHILL to conduct a performance evaluation of existing systems for collection of particulate matter and fugitive dust, to attend the TAC item – conduct adjustment terms. Among others, has been raised that the dust collected from the baghouse filter system dedusting coke's pushing added to quenching water, resulting in a very high level of solids to quenching, which significantly increases the emission of particulates in the towch quenching. The study aimed to eliminate the provision of this particulate material in the tanks of water quenching coke, because this material is an addition to the high load of suspended solids in the water quenching, which causes the solids to be reissued the atmosphere during the quenching process of the coke. So, creative way was developed FDMS(FILTERING AND DECANTATION MOBILE SYSTEM), where we can reduce by 99.99% solids content in water of dedusting systems, making the fundamental cause of the extinction of the atmospheric emissions coke, walking to its eradication, reaching a higher level of excellence that environmental standards required.

**Keywords:** Reduction; Solids; Water; Quenching.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

<sup>2</sup> *Técnico de Desenvolvimento, Gerência Geral de Redutores / Gerência de Coqueria – Companhia Siderúrgica Nacional.*

<sup>3</sup> *Engenheiro mecânico, Gerência Geral de Redutores / Gerência de Manutenção da Coqueria – Companhia Siderúrgica Nacional.*

<sup>4</sup> *Inspetor de Manutenção Mecânica, Gerência Geral de Redutores / Gerência de Manutenção da Coqueria – Companhia Siderúrgica Nacional.*

## 1 INTRODUÇÃO

No dia 04/10/2010 a Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEA, a Comissão Estadual de Controle Ambiental – CECA, o Instituto de Meio Ambiente – INEA e a Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, celebraram entre si o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) nº 026/2010, que tem como objetivo estabelecer prazos e condições para que a CSN promova as necessárias adequações de suas atividades à legislação ambiental, de acordo com um plano de ação, onde é contemplado 114 itens e nessas ações está vinculado às Licenças de Operação e Recuperação – LOR a serem emitidas. O prazo de vigência do TAC é de 36 meses e o valor total estimado do investimento é de R\$ 216.000.000,00 (Duzentos e dezesseis milhões de reais).

Dos 114 itens, a solução proposta para 6 itens é um plano abrangente de controle de emissões fugitivas com ações de curto e médio prazo. Para essa ação a CSN contratou a empresa norte americana CH2MHILL, para realizar uma avaliação do desempenho dos sistemas existentes de coleta de material particulado e de poeiras fugitivas. A equipe da CH2MHILL constituída de doze engenheiros realizou a parte de avaliações de campo durante o período de 13 de setembro à 5 de novembro de 2010. O objetivo da avaliação foi:

- identificar as maiores fontes de emissões de particulados na usina;
- avaliar o desempenho dos equipamentos de controle de emissões de poeiras fugitivas e material particulado; e
- realizar recomendações específicas relacionadas com possíveis modificações de equipamentos, aquisição de novos equipamentos, ou modificações em procedimentos operacionais que possam resultar em reduções significativas nas emissões de poeiras fugitivas ou material particulado.

Nesta avaliação da CH2MHILL, foram levantados 5 problemas de emissões atmosféricas na Coqueria, sendo 4 relacionadas ao processo de apagamento do coque e 1 ao processo de desenformamento do coque. O apagamento de coque, apesar de não ser visualmente aparentemente, é a fonte de emissão de particulados mais significativos em uma Coqueria. Estimativas baseadas em fatores de emissão representativos, pela Tabela EPA - Agência de Proteção Ambiental Americana (Tabela 1), indicam que aproximadamente 78,5% das emissões totais de material particulado da Coqueria se devem à utilização de água “suja” e à manutenção precária da torre de apagamento do coque.

O apagamento de coque da CSN é por resfriamento à água, e neste processo, cerca de 10% de água evapora-se, arrastando material particulado para atmosfera e o restante d’água com finos de coque é conduzido por canaletas ao poço de decantação. Neste poço, o fino de coque é decantado e a água passa por um filtro de coque, que tem a finalidade de reter os finos e essa água é bombeada novamente para caixa d’água sobre a torre de apagamento, afim de realizar novos apagamentos (circuito fechado).

Tabela 1. Fatores de emissão de material particulado da EPA

Fonte de Emissão	Controles de emissão	Taxas típicas de emissão de MP de coquearias com subprodutos (kg/t de carvão)	Faixa de Emissões (kg/t de Carvão)		Emissões estimadas da coqueria da CSN	
			Baixa	Alta	Fator de emissão (kg/t de carvão)	Porcentagem das emissões totais da coqueria
Enfornamento	Sem controle, de 3 a 5 min. de emissão por enfornamento	0,6	0,00053	0,6	0,0058 <sup>(9)</sup>	0,30%
	Lavagem de gases	0,007				
	Enfornamento por estágios, de 25 a 30 seg./enfornamento	0,0058				
	Enfornamento por estágios, aspiração de gases, 10 seg./enfornamento	0,00053				
Vazamento de portas	Sem controle, média de 50% de vazamento	0,26	0,0079	0,26	0,02 <sup>(8)</sup>	1,10%
	10% de vazamento	0,02				
	4% de vazamento	0,0079				
Vazamento de tampas	Sem controle, 25% de vazamento	0,047	8,6E-05	0,05	0,0065 <sup>(9)</sup>	0,40%
	3,5% de vazamento	0,0065				
	0,3% de vazamento	0,000086				
Vazamentos do coletor	Sem controle, 50% de vazamento	0,047	0,00029	0,05	0,0059 <sup>(8)</sup>	0,30%
	5,5% de vazamento	0,0059				
	2,0% de vazamento	0,00029				
Desenfornamento	Sem controle	0,695	0,1994	0,7	0,237 <sup>(8)</sup>	13,60%
	Com coifa e filtro manga	0,237				
	Com coifa e lavador de gás	0,1994				
	Com enclausuramento e filtro manga	0,2				
Apagamento	Sem controle de emissões, mas com água limpa	0,57	0,15	2,6	1,37 <sup>(1)</sup>	78,50%
	Sem controle de emissões, mas com água suja	2,6				
	Água limpa, torre alta e/ou pouca manutenção	0,73				
	Água limpa, torre normal e manutenção adequada	0,15				
	Água suja, torre alta e/ou pouca manutenção	1,37				
Água suja, torre normal e manutenção adequada	0,27					
Chaminé de combustão	Sem controle (gás de coqueria bruto)	0,2	0,031	0,2	0,1 <sup>(9)</sup>	5,70%
	Sem controle (gás de alto-forno)	0,1				
	Sem controle (gás de coqueria dessulfurizado)	0,034				
	Com filtro manga (gás de coqueria dessulfurizado)	0,11				
	Com filtro manga ou PE (gás de alto-forno)	0,031				
2.062.500 Toneladas	Quantidade anual máxima estimada de carvão enfornado		0,38921	4,45	1,7452 <sup>(1)</sup>	100,00%

Em 2002 a CSN implantou o sistema de despoeiramento para os desenforamentos de coque, esse processo consiste em captar o pó no desenforamento e reter esse pó através de filtros mangas, e transportar esse pó via úmido (água) para o poço de decantação da estação de apagamento. A CH2MHILL descreveu em seu relatório como potencial contribuinte de poluentes do ar o item 3 do plano Coqueria.

Reduzir o teor de sólidos da água de apagamento. A água que é usada no processo de apagamento de coque é coletada na parte inferior da torre de apagamento e bombeada de volta para o topo da torre para o apagamento seguinte. Os finos de coque é então removido da água reciclada pelo topo da torre como emissões de partículas ou periodicamente extraindo o material do tanque inferior de água de apagamento usando uma escavadeira tipo *clam shell*. Além disso, a poeira coletada do filtro-manga é adicionada à água de apagamento. Isso resulta em um nível muito elevado de sólidos na água de apagamento, o que aumenta significativamente as emissões de particulados pelas torres de apagamento. A solução proposta pela CH2MILL é mudança do método de disposição dos resíduos dos filtros manga da Coqueria, ou seja, não realizar a disposição deste material particulado nos tanques de água das torres de apagamento da Coqueria. Este material é um adicional à alta carga de sólidos em suspensão e dissolvidos já existente na água de apagamento, o que faz com que os sólidos sejam reemitidos para a atmosfera durante o processo de apagamento do coque.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Objetivos

Este projeto tem como principal objetivo a mudança do método de disposição dos finos de coque dos filtros manga do sistema de despoeiramento da Coqueria.

## 2.2 Metodologia

A metodologia aplicada foi o MASP, por julgarmos que é a melhor ferramenta para “subir” de patamar, ou seja, para sair do MASP é necessário “rodar” o MASP em busca de novas metas. As etapas do MASP foram seguidas passo à passo.

### 2.2.1 Etapas do MASP

- Identificação do problema;
- observação;
- análise;
- plano de ação;
- execução;
- verificação;
- padronização e
- conclusão.

## 2.3 Desenvolvimento

Conforme metodologia, passamos a observar *in loco* o processo de apagamento, com a finalidade de identificar problemas com o envio da água da planta do despoejamento para o poço de decantação. Observado bastante pó sobrenadante no poço após o filtro de coque (Figura 1), e grande emissão de material particulado pelos vapores da torre de apagamento (Figuras 2 e 3), o que comprovou os problemas levantado pela CH2MHILL.



**Figura 1.** Pó sobrenadante no poço de decantação.



**Figura 2.** Queda de pó ao redor da torre de apagamento.



**Figura 3.** Queda de pó ao redor da torre de apagamento.

Ficou decidido abrir um TAP – Termo de Abertura de Projeto, para a área de engenharia desenvolver/contratar uma solução para este problema. Porém, em uma auditoria do INEA, em Fevereiro 2011, o inspetor deu a sugestão de descartar o pó da planta do despoeiramento em caçambas.

## 2.4 Implantação

Em março/2011 instalamos a caçamba, que ao receber o pó houve muita emissão para atmosfera. Resolvemos este problema com a instalação de uma tampa com filtro, porém a caçamba encheu muito rápida (24 horas) e devido à entrada do pó pela parte superior, houve uma conicidade do material no interior da caçamba (Figura 4), que limitou em até 50% a sua capacidade e ao descartar o pó da caçamba no Pátio de carvão, houve muita emissão para atmosfera (Figura 5). Chegamos a conclusão que a logística para colocação e retirada de caçambas (total de 11), em um curto período (24 horas) e a grande quantidade de emissão para atmosfera, ao descartar no Pátio inviabilizaram essa idéia.



**Figura 4.** Material interior da caçamba.



**Figura 5.** Emissão de particulado no descarte do material da caçamba.

Então retornamos a fase de observação para verificar como as outras empresas siderúrgicas no Brasil tratam esse pó coletado no desenformamento (Figura 6). A Açominas é um processo muito semelhante ao da CSN, ou seja, via úmido. Já a Usiminas e Cosipa o pó é transportado pneumáticamente à seco para um silo e depois com caminhão é levado para o destino final. A Arcelor Mittal Tubarão transporta o pó seco via transportador de corrente e caneco para um silo e posteriormente este pó passa por um umidificador, antes de ser colocado em um caminhão basculante para seu destino final. Chegamos a conclusão, que nenhum dos dois processos é viável para a CSN, pois necessita de uma grande área física, que em nosso caso é um problema e principalmente porque verificamos que nos processos das outras empresas, a área está com muita presença de finos no chão, nas estruturas metálicas e sobre os equipamentos da planta de despoeiramento, o que significa que esses processos há emissão de material particulado e no processo úmido da CSN não há esta emissão, pois a área é muito limpa, ou seja, sem presença de finos.

QUADRO COMPARATIVO DO SISTEMA DESPOEIRAMENTO				
SIDERURGICA	TRANSPORTE APÓS FILTRO MANGA	DESTINO INTERMEDIÁRIO	DESTINO FINAL	TRANSPORTE FINAL
CSN	VIA ÚMIDO	TANQUE / POÇO DECANTAÇÃO	SINTERIZAÇÃO	VAGÃO / CAÇAMBA
COSIPA	VIA PNEUMÁTICO	SILO	VENDA MERCADO	CAMINHÃO FECHADO
USIMINAS	VIA PNEUMÁTICO	SILO	SINTERIZAÇÃO	CAMINHÃO TIPO TRANSPORTA CAL
AÇOMINAS	Coqueria 1	TANQUE / POÇO DECANTAÇÃO	SINTERIZAÇÃO	CAMINHÃO BASCULANTE, APÓS DRENAGEM DO POÇO DECANTAÇÃO
	Coqueria 2	TANQUE	PÁTIO DE CARVÃO	CAMINHÃO - A POLPA É MISTURADO COM CARVÃO, ENTRANDO NA MISTURA DE CARVÃO
CST	TRANSPORTADOR DE CORRENTE E DE CANEÇO	SILO	SINTERIZAÇÃO	UMIFICADOR E CAMINHÃO CAÇAMBA

Figura 6. Quadro comparativo entre as empresas siderúrgicas no Brasil.

Efetuamos análise de STS – Sólidos Totais em Suspensão (Figura 7) e STD – Sólidos Totais dissolvidos (Figura 8), e verificamos que o STS na média está muito acima do que a Licença Operacional permite, que é de no máximo 100 mg/l, porém o que está muito acima é a água da planta do despoeiramento com 4879 mg/l, enquanto a água do poço, que fica após a entrada da água do despoeiramento está com 298 mg/l e a água da caixa d'água para o apagamento está com valor médio de 275 mg/l. Já o STD não há legislação pertinente no Brasil, porém a CH2MHILL em seu relatório, define como sendo importante este parâmetro ficar abaixo de 500 mg/l. Os resultados de STD estão todos abaixo do valor estipulado pela EPA - Agência de Proteção Ambiental Americana.

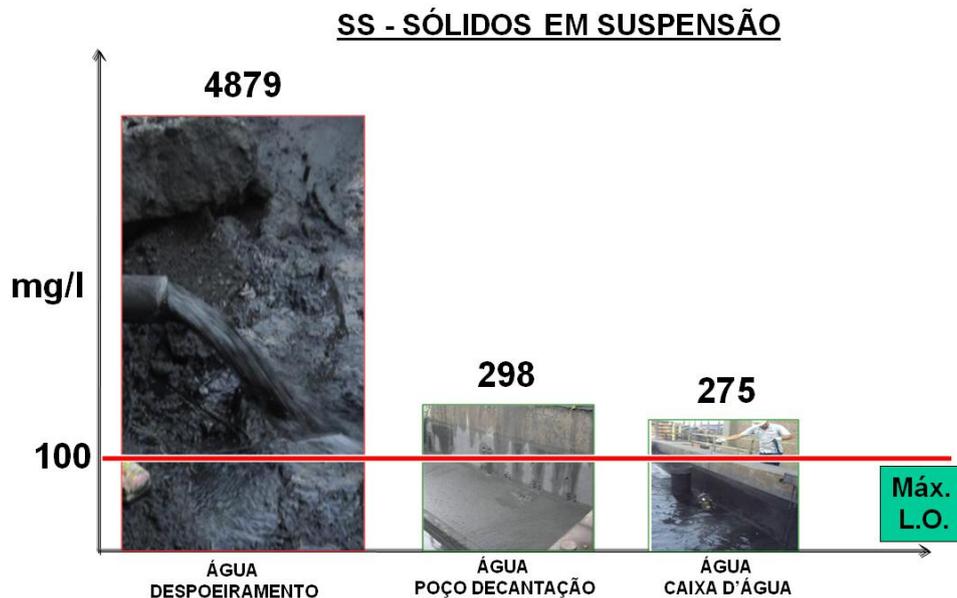


Figura 7. Gráfico sólidos totais suspensão.

### STD - SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

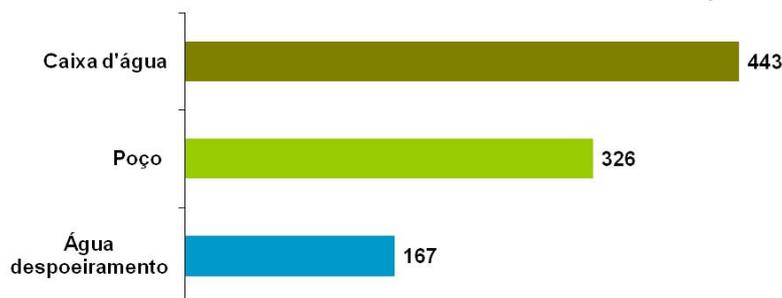
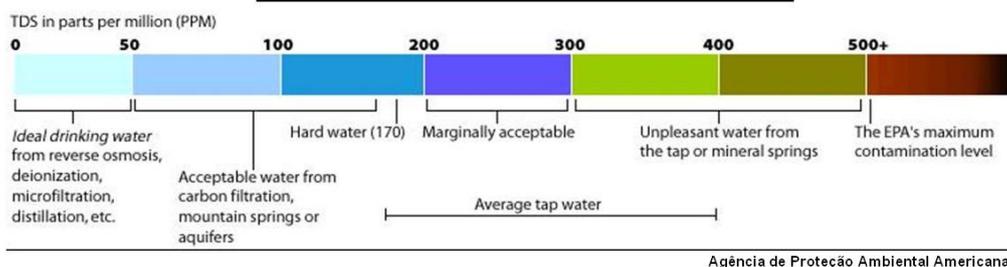


Figura 8. Gráfico sólidos totais dissolvidos.

Efetuamos também análise em microscópio eletrônico, para definição dos tamanhos das partículas contida na água do despoeiramento (Figura 9), onde foi verificadas partículas de 2,53 micron a 67,5 micron e que por uma tabela de tamanho de partículas x tipo de filtração (Figura 10), esses tamanhos estavam na faixa de proteção proporcionada pelos filtros comuns. Analisando também como é um tratamento normal de água potável (Figura 11), resolvemos desenvolver alternativa para descarte da água do despoeiramento.

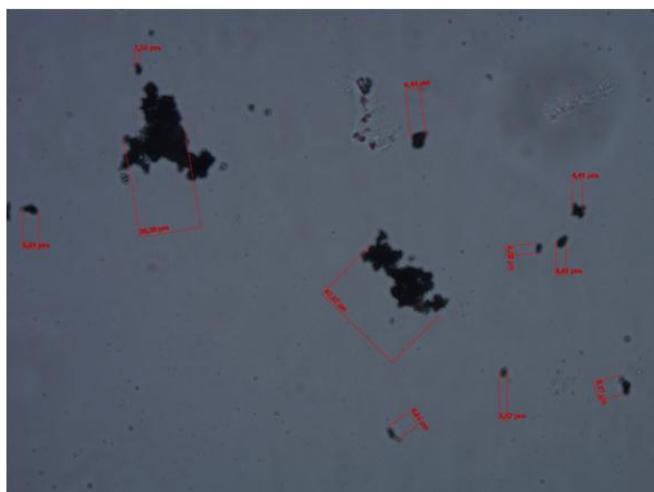


Figura 9. Análise de tamanho das partículas

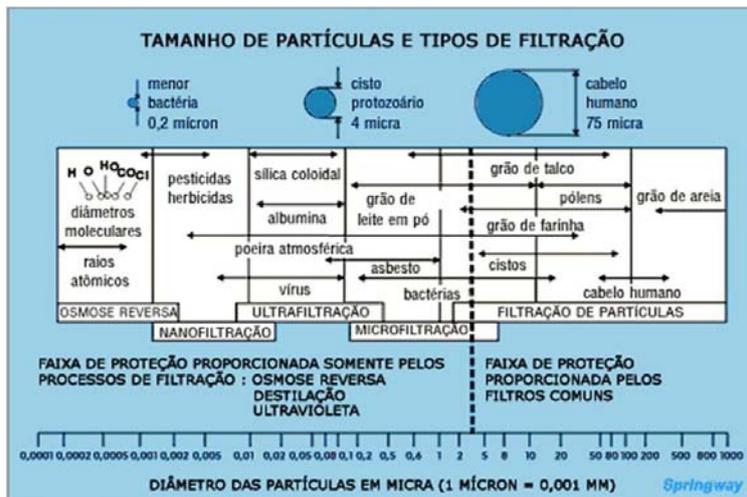


Figura 10. Tamanho de partículas x tipo de filtração.

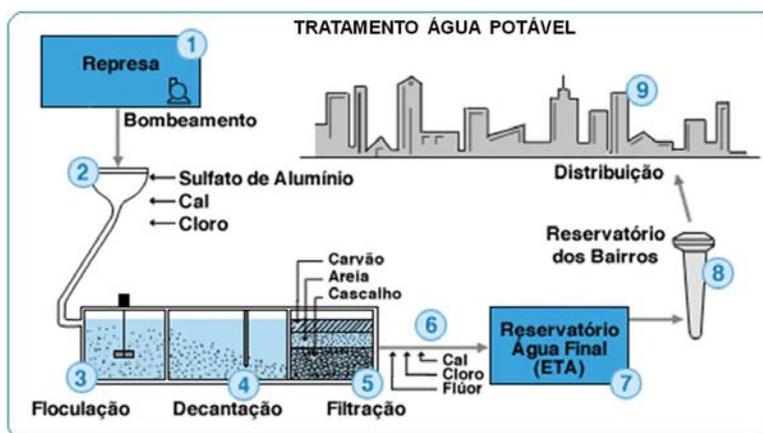


Figura 11. Esquema tratamento de água potável.

Desenvolvemos o protótipo com um vagão ferroviário (Figura 12), no qual denominamos de SMDF (Sistema Móvel de Decantação e Filtragem), onde instalamos chapas de bloqueio em sentido de labirinto (Figura 13), para dificultar a passagem da água com finos e conseqüentemente facilitar a decantação dos finos. Em uma das extremidades do SMDF instalamos um elemento filtrante (Figura 14), que na primeira tentativa foi coque, mas não reteve os finos e posteriormente mudamos para 3 mantas filtrantes e moinha lavada (Figura 14), material este retirado do próprio poço de decantação, porém com partículas maiores que os finos do despoeiramento. Para colocar em operação o SMDF, necessitamos efetuar serviços de desvio da água do despoeiramento, que era enviada ao poço de decantação, para o SMDF (Figura 15).

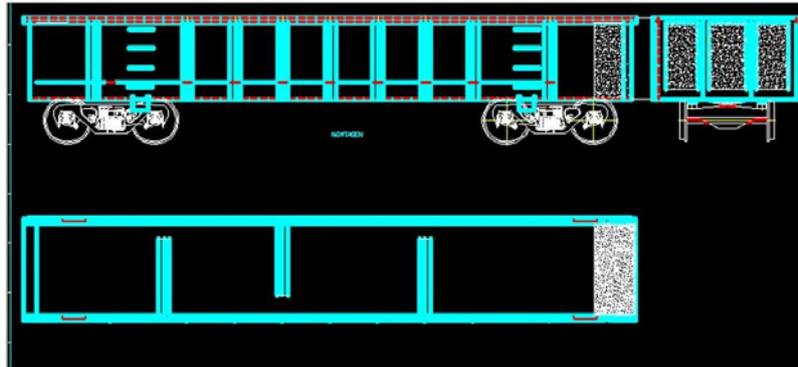


Figura 12. Vagão ferroviário – SMDF.

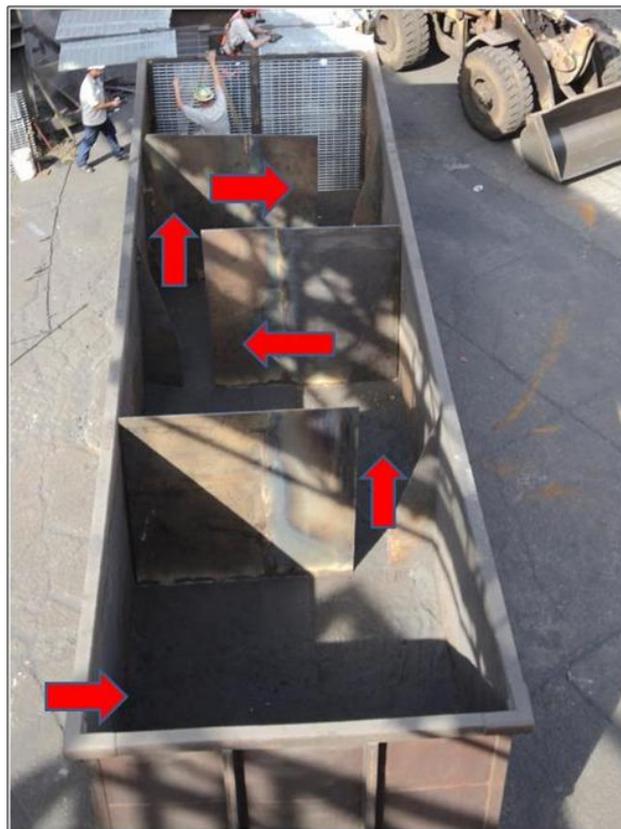


Figura 13. Labirinto para decantação.

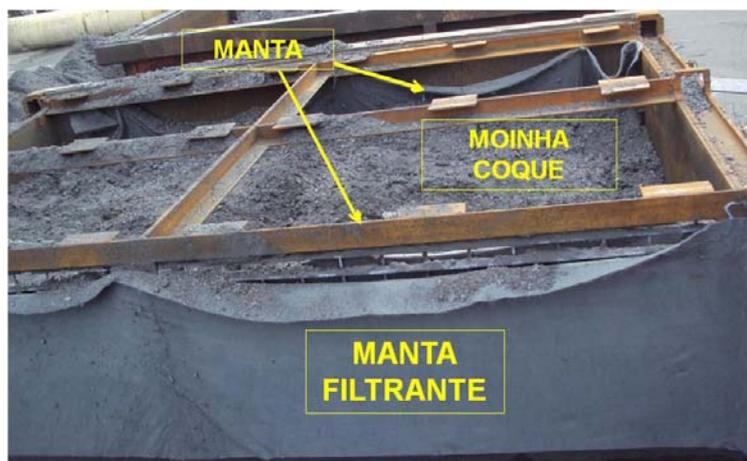


Figura 14. Elemento filtrante.

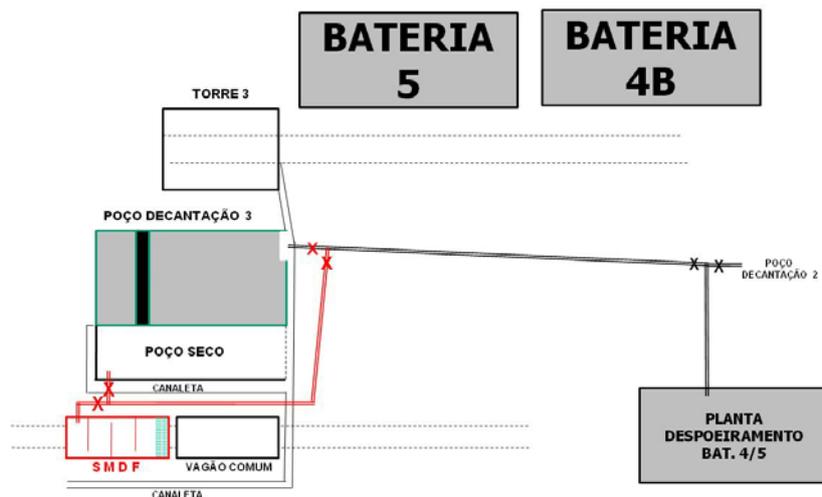


Figura 15 – Desvio da água para o S MDF.

### 3 RESULTADOS

Foi imediato e nítido o excelente resultado de desempenho do S MDF, pois já no visual a transparência da água de saída em relação à água de entrada (Figura 16) é surpreendente. As análises STS da entrada e saída do S MDF (Figura 17) comprovam a eficiência em 99,99% na remoção do teor de sólidos na água do sistema de despoeiramento e 100% de acerto em relação ao limite máximo legal de 100 mg/l estipulado na LO- Licença de Operação na água de saída. As análises de STD da entrada e saída do S MDF (Figura 18) comprovam 100% de acerto em relação ao estipulado no relatório da empresa norte americano CH2MHILL e tabela EPA - Agência de Proteção Ambiental Americana, que é no máximo 500 mg/l.



Figura 16. Água de entrada x água de saída do S MDF.

### SS - SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (< 100 mg/l)

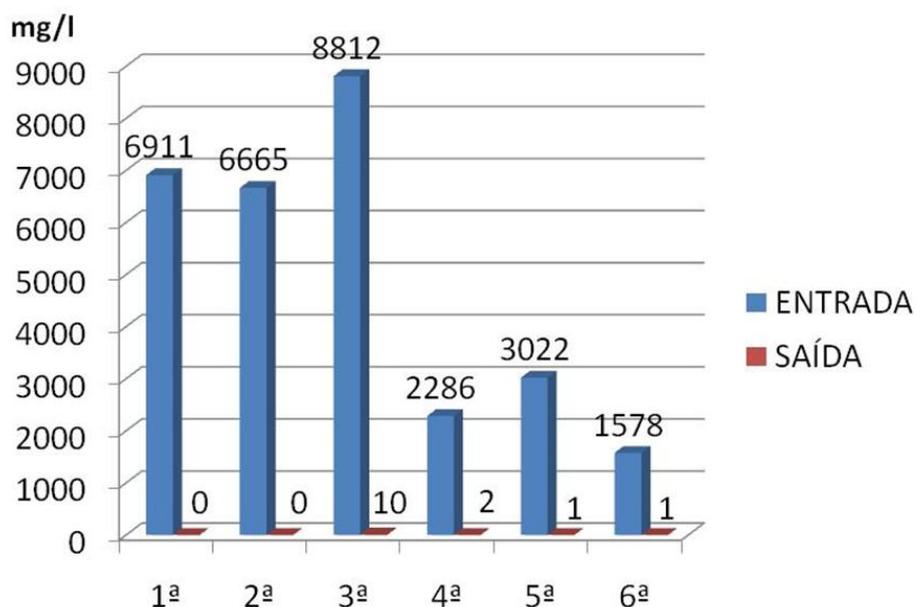


Figura 17. Gráfico de STS da entrada e saída do SMDF.

### STD- SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (< 500 mg/l)

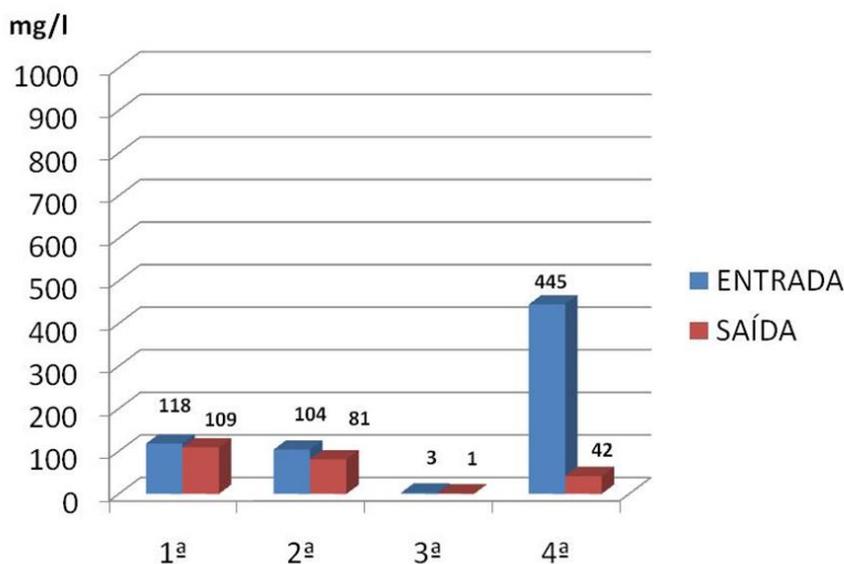


Figura 18. Gráfico de STD da entrada e saída do SMDF.

Em termos de *Meio ambiente*, o SMDF é extremamente rico, pois está em sintonia com 4 itens da política ambiental da CSN:

- *Melhoria contínua* – melhorar continuamente o desempenho ambiental de seus processos;
- *Prevenção da poluição* – desenvolver e incentivar programas visando a prevenção da poluição nas suas fontes geradoras;
- *Respeito a legislação ambiental* – atender a legislação ambiental vigente e demais requisitos, buscando, sempre que possível, alcançar resultados melhores do que os exigidos; e

- *Equacionamentos das não-conformidades* – reconhecer e atuar no equacionamento das não conformidades ambientais de sua responsabilidade.

Além, dos riscos / perdas por:

- Não cumprimento do TAC – Termo de ajustamento de conduta;
- Multas ambientais;
- Não renovação da licença operacional;
- Perda da certificação ISO14001;
- Imagem negativa no mercado; e
- Perda de clientes.

Em termos de Custo:

1º - A previsão final do projeto é de utilizar 04 vagões SMDF, retirando da frota de 22 vagões existentes no atendimento à retirada da moinha de coque das estações de apagamento, portanto não havendo necessidade de aquisição de vagões. Os custos dos serviços de preparação para o elemento filtrante, manta filtrante, confecções de canaletas, tubulações, válvulas, linha férrea e mão de obra foram de R\$ 327.000,00.

\* Valores validado pela ASSA.

2º - Se o projeto fosse adaptar a planta do despoeiramento da CSN ao modelo:

- Usiminas/Cosipa, ou seja, o transporte do pó via pneumático e silo, a estimativa de preço seria de R\$ 7.300.000,00.
- CST, ou seja, o transporte do pó via transportador de corrente, caneco e silo, a estimativa de preço seria de R\$ 8.800.000,00.

\* Valores validado pela ASSA.

3º - O total do pó coletado nos filtros manga da planta de despoeiramento é de 5.343,6 ton/ano, o projeto estima reduzir 60% das emissões atmosféricas da torre de apagamento, logo, deixaremos de emitir 3.206,1 ton/ano, que multiplicado pelo preço da moinha, que é de R\$ 331,61, o ganho financeiro desde projeto será de R\$ 1.069.607,00 ano.

\* Valores validado pela ASSA.

4º - O fluxo de caixa elaborado pela ASSA prevê uma redução ano de R\$ 2.422.776,62 (Tabela 1).

Tabela 1. Fluxo de caixa

FLUXO DE CAIXA	
<b>Ganho Financeiro</b>	
Moinha Captada	5343,6 ton/ano
Moinha Sinter (60%)	3206,16 ton/ano
Preço Moinha	R\$ 333,61
Ganho Total	R\$ 1.069.607,00
<b>Custo para alteração de Projeto atual</b>	
Transportador de Corrente p/ Bat. 1 e 4/5	R\$ 8.800.000,00
Transportador de Pneumático p/ Bat. 1 e 4/5	R\$ 7.300.000,00
<b>Custo de implantação do projeto do vagão (SMDF)</b>	
Mão de Obra para 6 Vagões	R\$ 16.000,00
Material para 6 Vagões	R\$ 24.000,00
Mão de Obra para instalação das tubulações e Válvulas	R\$ 6.000,00
Materiais para instalação das tubulações e Válvulas	R\$ 9.000,00
Trilhos (140 metros)	R\$ 54.000,00
Dormentes (70 unidades)	R\$ 18.000,00
Chave de desvio (2 unidades)	R\$ 70.000,00
Mão de Obra para as novas linhas férreas	R\$ 130.000,00
<b>Despesa/Investimento</b>	<b>R\$ 327.000,00</b>
<b>Redução de custo efetiva/ano (fluxo de caixa 1)</b>	<b>R\$ 728.176,62</b>
<b>Redução de custo prevista/ano</b>	<b>R\$ 1.694.600,00</b>
<b>Redução total/ano</b>	<b>R\$ 2.422.776,62</b>

5º - O TAP – Termo de abertura de projeto entregue para a área de engenharia foi cancelado.

- Em termos de *Entrega*, disponibilidade de 3.206,1 ton/ano moinha para sinterização.

#### 4 CONCLUSÃO

O novo SMDF (Sistema Móvel de Decantação e Filtragem) foi desenvolvido à partir de exigências levantadas pelo órgão ambiental. Na busca de uma nova tecnologia que diminuísse ou até mesmo eliminasse a emissão de partículas na extinção do coque, e com recurso próprio e principalmente muito criatividade, conseguimos reduzir em 99,99% o teor de sólidos na água do sistema de despoejamento, fazendo com que a causa fundamental caminhe para sua erradicação e atingindo um nível de excelência maior que as normas exigidas.

#### Agradecimentos

Luiz Antonio de Souza (Supervisor Pátio de matéria prima, GOP); Júlio Pimentel (Supervisor Transporte ferroviário, GIL); Sebastião Eleutério (Supervisor laboratório, GGPS).