AUMENTO DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA FÁBRICA DE CAL DA CSN-UPV

1. **RESUMO** 

Em 2010, observou-se que a incidência de parada dos fornos de calcinação por nível baixo de água dos

SLG's (Sistema de Lavagem dos Gases) era muito frequente. E muitas das causas deste problema eram

geradas por defeitos nas bombas de recirculação da cisterna ocasionadas por entrada de ar e saturação

da água (excesso de lama). Como as ações tomadas não estavam sendo efetivas, concluiu-se que para

eliminar estas ocorrências deveriam ser tomadas outras ações. Foi verificado que uma Estação de

Tratamento de Efluentes seria o equipamento ideal para eliminar o problema: parada dos fornos e

redução de consumo de água fornecida pela gerência de utilidades. É importante dizer que antes era

descartado um alto volume de água para o Rio Paraíba do Sul, gerados pela lavagem das ruas,

drenagem dos tanques de lama, reabastecimento dos SLG's (Sistema de Lavagem dos Gases) e água

pluvial. Portanto, com estas situações encontradas, foi criado e desenvolvido todo projeto para adequarmos a planta da Estação de Tratamento de Efluentes, um sistema de recirculação de água,

aumentando o reuso do efluente gerado na calcinação, onde conseguimos reduzir significativamente o

descarte da estação de tratamento para o Rio Paraíba do Sul. É possível checar o resultado do aumento

da recirculação de 14% (média do ano de 2011) para 81,0% (média dos três primeiros meses de 2014),

eliminando assim parada dos fornos por falta de abastecimento de água, reduzindo por consequência o

volume de água captada e descartada no Rio Paraíba do Sul, consequentemente diminuindo o risco de

descarte fora dos parâmetros legais, atingindo um nível de excelência que atenda o sistema de gestão

ambiental da CSN.

Palavras chave: Recirculação; Água; Sólidos.

INTRODUÇÃO 2.

Cada forno da Fábrica de Cal possui um SLG (Sistema de Lavagem dos Gases) que lava os gases

oriundos do processo não deixando que a emissão de particulados para atmosfera ultrapasse o limite

máximo permitido pela legislação (80 mg/ Nm³).

Para garantir um bom desempenho do SLG é necessário ter um abastecimento constante de água

clarificada para manter o nível devido às drenagens constantes de lama que ocorrem para não acumular

no interior do equipamento, demandando assim um volume considerável de água.

A figura 1 abaixo detalha o funcionamento de um SLG (Sistema de Lavagem dos Gases):

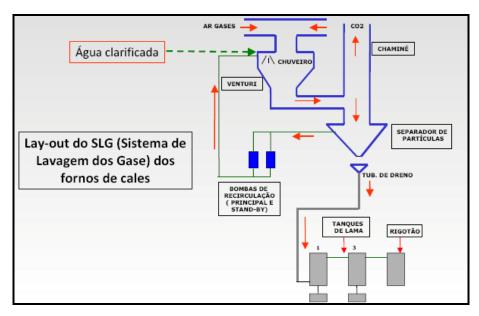


Figura 1 - Layout do sistema de Lavagem dos Gases.

A descarga desta água com particulados é tratada nos tanques de lama redirecionando para a cisterna e bombeada novamente para os fornos, porém, devido a ineficiência deste tratamento há necessidade de direcionar a água saturada para a estação de tratamento de efluentes (ETE), onde recebe o tratamento adequado antes de ser descartado para o Rio Paraíba do Sul, além de receber também a água de molhagem e lavagem das ruas e chuvas. A figura 2 detalha o fluxo hídrico até a estação de tratamento de efluentes (ETE).

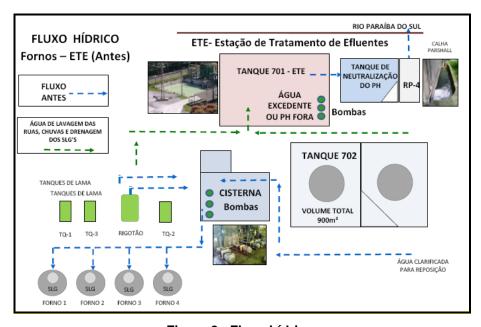


Figura 2 - Fluxo hídrico.

### Legenda:

- Tanque 701: Tanque de Estocagem de Água Não Tratada da ETE (Estação de Tratamento de Efluentes).
- Tanque 702: Tanque de Estocagem de Água Tratada para Recirculação.
- Rigotão: Último Estágio de Decantação de Água com Particulados dos Sistemas Lavagem dos Gases dos Fornos de Calcinação.

### 3. JUSTIFICATIVA

Nos processos descritos a utilização da água como insumo industrial é extremamente importante, sendo necessário muitas das vezes grande quantidades deste afluente para que o processo possa operar com maestria. Com a preocupação da crescente crise hídrica em 2011/12 a CSN elaborou um projeto em que viabilizaria a reutilização da massa d'água presente nos processos industriais da Fábrica de Cal, evitando assim um consumo desnecessário dos recursos hídricos.

#### 4. OBJETIVO

Este projeto tem como principal objetivo o reaproveitamento da água do processo de fabricação de Cal na CSN e de água pluvial precipitado na planta em questão, que seria descartada para o Rio Paraíba do Sul, reduzindo o volume de água captada do corpo hídrico e aumento a taxa de recirculação de água tratada para utilização no sistema de lavagem de gás e umectação de pilhas e vias na Fábrica de Cal.

#### METAS

A meta estabelecida era a redução do descarte dos efluentes industriais, o aumento da recirculação de água na planta de calcinação em 80% e a perda da produção por falta de água como insumo.

### 6. PRODUTOS

Com um amplo volume de efluentes industriais descartados havia uma grande preocupação com a qualidade da massa hídrica despejada no rio Paraíba do Sul. Mesmo com o pleno funcionamento da Estação de Tratamento de Efluentes da Fábrica de Cal, existia a apreensão de que os parâmetros pudessem apresentar valores inadequados para o descarte direto em um corpo hídrico, utilizando assim mão de obra e recursos excessivos para o monitoramento diário destes efluentes. Com a aplicação do projeto em questão, temos ganhos ambientais como a redução da captação de água como insumo industrial, redução da utilização de produtos químicos para tratamento além da redução dos trabalhos diários de monitoramento dos efluentes industriais, gerando segurança e maior confiabilidade perante as leis ambientais.

## 7. METODOLOGIA

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

## 7.1. Etapas do PDCA

- a) Identificação do problema;
- b) Observação;
- c) Análise;
- d) Plano de Ação;
- e) Execução;
- f) Verificação;
- g) Padronização; e
- h) Conclusão.

## 7.2. Desenvolvimento

Conforme metodologia, o processo foi observado "in loco" e verificado que mensalmente descartávamos um volume alto de água para o Rio Paraíba do Sul. A figura 3 demonstra os valores de descarte no período de 2011.

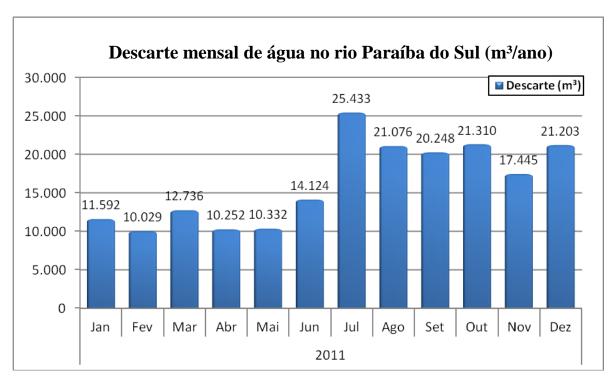


Gráfico 1 - Descarte mensal de água para o Rio Paraíba do Sul.

Apesar de ocorrer o tratamento antes de a água ser descartada para o Rio Paraíba do Sul e de recircular uma proporção menor da água para os fornos na cisterna, corríamos os seguintes riscos:

- Risco de impacto ambiental;
- Perda de produção de cales: Intervenções de manutenção em reparos de tubulações e bombas, ocasionando gastos com materiais e mão-de-obra;
- Dificuldade de acesso para limpeza da cisterna. (Espaço confinado)

Identificamos que o nosso maior risco era descartar a água fora dos parâmetros legais e que os eventos citados abaixo contribuíam para ocorrer este tipo de risco:



Figura 3 - Lavagem das ruas.



Figura 4 - Tanques de lama saturados (excesso de lama).



Figura 5 - Reposição dos níveis dos SLG's (Sistemas de Lavagem dos Gases) dos fornos.



Figura 6 - Contribuição pluvial Sem Tratamento.

A solução proposta conforme o levantamento das informações foi adequar à planta da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), implantar um sistema de recirculação de água, aumentando o reuso do efluente na Fábrica de Cal, oriunda do retorno dos SLG's (Sistema de Lavagem dos Gases) dos fornos, reuso da água de lavagem das ruas, drenagem ou limpeza dos tanques de lama e água pluvial, reduzindo o descarte para o Rio Paraíba do Sul e consequentemente o risco de impacto ambiental.

## 7.3. Implantação

Foi elaborado cronograma de atividades para implementação do projeto de recirculação da estação de tratamento de efluentes (ETE) que contou com a participação de todos da Fábrica de Cal que iniciou em <u>Dezembro Novembro</u> de 2010 e foi finalizado em janeiro 2012.

Item	O Que	Prog./ Real.	Prazo		Farol	2010	2011 2012												
			Início	Término	Faroi	D	J	F	М	A	М	J	J	Α	s	0	N	D	1
1	Realizar estudo de implementação	P	10/11/2010	30/1/2011															
		R	10/11/2010	30/1/2011															
2	Elaborar projeto	Р	1/2/2011	30/5/2011															
		R	1/2/2011	30/5/2011															
3	Desmontagem tanque 702	P	1/4/2011	15/6/2011															
		R	1/4/2011	15/6/2011															
4	Adequar dique do tanque 702 ao	P	5/8/2011	15/8/2011															
	projeto	R	5/8/2011	15/8/2011															
5	Requisitar materiais e	P	2/5/2011	30/8/2011															
-	equipamentos	R	2/5/2011	30/8/2011															
6	Implementar projeto	P	1/7/2011	18/12/2011															
		R	1/7/2011	18/12/2011															
7	Testes/ Avaliação	P	25/10/2011	15/12/2011															
		R	25/10/2011	15/12/2011															
8	Verificar eficácia	Р	15/12/2011	22/12/2011															
٥		R	15/12/2011	22/12/2011															
9	Padronização	Р	20/12/2011	30/1/2012															
		R	20/12/2011	30/1/2012										l					

Figura 7 - Cronograma de implantação do projeto.

## 7.3.1. Registro Fotográfico do projeto

 Desmontagem e sucateamento do reservatório vazio no tanque de estocagem 702 da estação de tratamento de efluentes – ETE (Figuras 8 e 9).



Figura 8 - Tanque 702 com reservatório desativado.

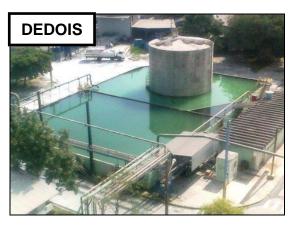


Figura 9 - Tanque 702 sem o reservatório.

Com a desmontagem do reservatório a capacidade de armazenamento do tanque 702 aumentou para 1900 m³.

• Fechamento do dique de contenção e pintura interna do tanque 702 (Figura 10).



Figura 10 - Fechamento do dique de contenção.

 Instalação elétrica para alimentação das válvulas e bombas do tanque 702 e complementação da tubulação (Figuras 11 e 12).



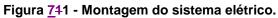




Figura 12 – Complementação da tubulação.

Desenho isométrico da tubulação do tanque 702 para os fornos (Figura 12).

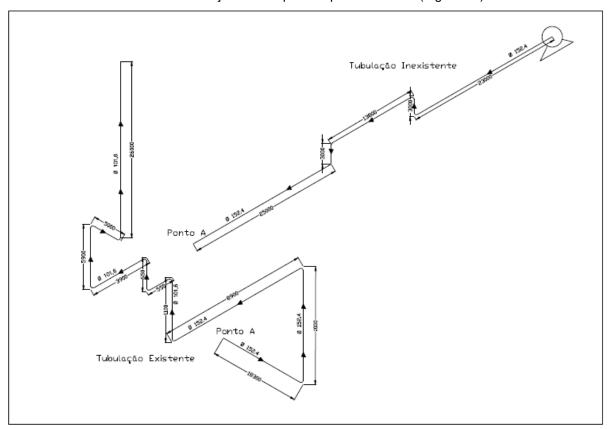


Figura <u>8</u>43 - Desenho isométrico do sistema de tubulação.

Preparação e pintura das tubulações novas (Figuras 14 e 15).



Figura 14 - Preparação das tubulações.



Figura 15 - Pintura das tubulações.

Montagem das bases das bombas. (Figuras 16 e 17)



Figura 16 - Visão geral do local da instalação.



Figura 17 - Base das bombas.

 Montagem das bombas no tanque 702 que abastecem os SLG's dos fornos de calcinação (Figuras 18 e 19).



Figura 18 - Montagem das bases.



Figura 19 - Montagem das tubulações e bombas.

• Interligação e montagem das bombas com a estrutura civil do tanque 702 (Figura 20).



Figura 20 - Bombas montadas.

• Comparação do sistema antigo de bombeamento da cisterna e o atual (Figuras 21 e 22).



Figura 21 - Prédio da antiga cisterna.



Figura 22 - Tanque 702 (projeto de recirculação).

 Instalação do vaso de pressão para movimentação das válvulas pneumáticas no tanque 702 (Figura 23).



Figura 23 - Vazo de pressão.

 Desenho isométrico da tubulação do tanque 702 para o tanque de neutralização de pH (Figura 24).

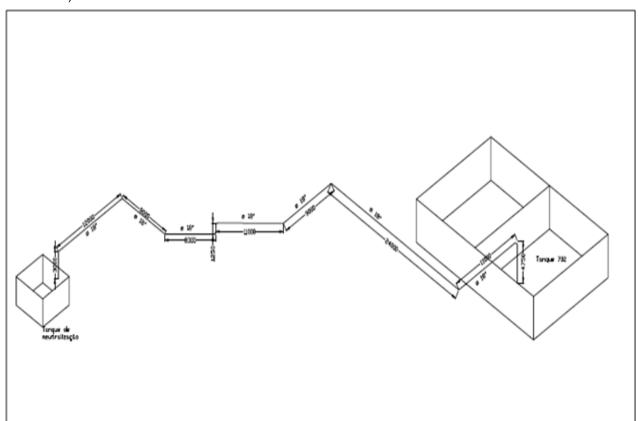


Figura <u>9</u>24 - Desenho isométrico do sistema.

Preparação e montagem da tubulação de interligação do tanque de neutralização para o tanque
 702 (Figuras 25 e 26).



Figura 25 - Preparação da estrutura de sustentação.



Figura 26 - Montagem da tubulação.

• Preparação do bandejamento e cabeamento elétrico para alimentação das bombas de recirculação do tanque neutralização. (Figura 27)



Figura <del>26</del>-27 - Bandejamento elétrico.

• Montagem das bases das bombas do tanque de neutralização (Figuras 28 e 29).



Figura 28 - Preparação do local.



Figura 1029 - Base das bombas.

• Montagem das tubulações da estação de bombeamento (Figura 30).



Figura 30 - Tubulações das bombas.

• Local pronto para instalação das bombas e as bombas de neutralização com as devidas ligações concluídas (Figuras 31 e 32).





Figura 31 - Local para a instalação das bombas.

Figura 32 - Bombas de recirculação instaladas.

Dados das bombas: Bomba Centrífuga- Vazão: 180m³/h cada uma - Pressão: 30 mca

 Montagem e instalação da tubulação da ligação da bomba jumbo (stand-by) no tanque de neutralização (Figuras 33 e 34).



Figura 33 - Preparação do local jumbo.



Figura 1134 - Instalação da bomba.

Testes de recirculação e estanqueidade do tanque 702. (Figuras 35 e 36)



Figura 35 - Abastecimento do tanque 702.



Figura 36 - Teste de estanqueidade do tanque.

## Nota:

- O tanque foi abastecido com auxílio da bomba jumbo que foi instalado no tanque de neutralização da ETE;
- 2. O teste foi eficaz não ocorrendo nenhum vazamento na junção do muro de contenção com as bombas do tanque 702.

Teste de recirculação (Figuras 37 e 38).







Figura 38 - Tanque 702 recirculando.

 Abastecimento do caminhão pipa para lavagem das ruas da calcinação era abastecido pela alimentação de água clarificada (Figura 39).



Figura 39 - Conectando a mangueira na tubulação do hidrante.

 Atualmente a retirada de água para abastecimento do caminhão é diretamente do tanque 702 de recirculação (Figura 40).



Figura 40 - Alimentação da recirculação.

A lavagem das ruas é feita com frequência de duas vezes por semana. A capacidade do caminhão pipa é de 12 m³ que é abastecido 05 vezes no dia, totalizando na semana um consumo de 120 m³ que em um ano totaliza 5.760 m³ de água que hoje é retirada diretamente do sistema de recirculação de água da planta.

Nos dias que não há carro pipa e no turno de 00:00 h às 06:00 h a umectação das vias é realizada com auxílio da pá mecânica, numa estimativa de retirada de 90 m³/dia totalizando no fim do ano 30.240 m³ de água (Figura 41).



Figura 41 - Abastecimento da caçamba pá mecânica.

 Foram alteradas as telas de operação no supervisório, considerando o sistema de recirculação de água (Figuras 42 e 43).



Figura 42 - Tabela de operação da Estação de Tratamento de Efluentes alterada para recircular o efluente.

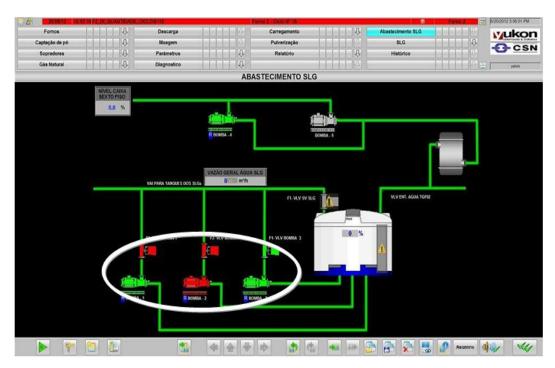


Figura 1243 - Tabela de operação das bombas de abastecimento dos SLG's dos fornos.

• Com a mudança do projeto da ETE (Estação de Tratamento de Efluentes), a visão geral do sistema ficou da seguinte forma (Figuras 44 e 45).

# Antes do Projeto



Figura 44 - Tratamento e descarte de água para o rio Paraíba do Sul.

# Depois do Projeto



Figura 45 - Tratamento e recirculação para os SLG's dos fornos.

A figura abaixo detalha o Layout atual do fluxo hídrico da Calcinação (Figura 46).

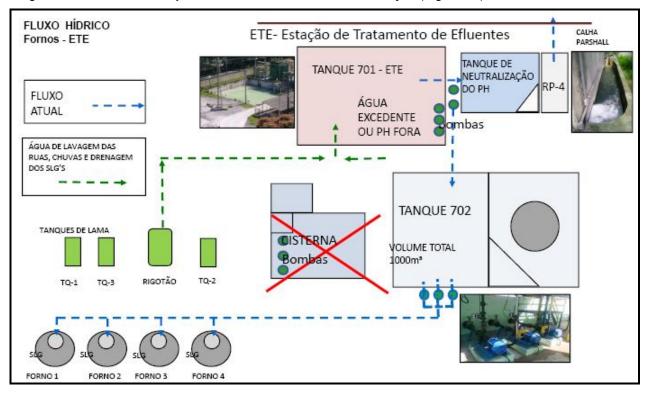


Figura 46 - Fluxo hídrico da estação de tratamento de efluentes.

No início de 2012 foi realizada a segunda etapa do projeto, com o bloqueio e redirecionamento de dois pontos da malha hídrica pluvial da Fábrica de Cal que descartavam para o Rio Paraíba do Sul sem nenhum tipo de tratamento. Estes emissários, identificados como RP#01 e RP#5A foram direcionados para o tanque 701 de estocagem de água para posterior tratamento da ETE-CAL. O Fechamento permanentemente do emissário RP#01, direcionando os efluentes pluviais dos poços 3I5 e 3H100 para a caixa de coleta de água e consequentemente para a ETE-CAL foi finalizado em maio de 2012. Posteriormente foi desviado o fluxo da saída do poço 3J114 para ETE-CAL, eliminando o emissário de contribuição pluvial RP#05A.

Este projeto garante que o circuito hídrico da Fábrica de Cal esteja totalmente fechado e que toda água de chuva é direcionada para a Estação de Tratamento de Efluentes da Fábrica (Figuras 47 e 48). A área de abrangência pluvial da Fábrica de Cal para o emissário RP#01 e RP#05 é de 13.200 m² e 47.100 m² respectivamente. (Figuras 49, 50 e 51).

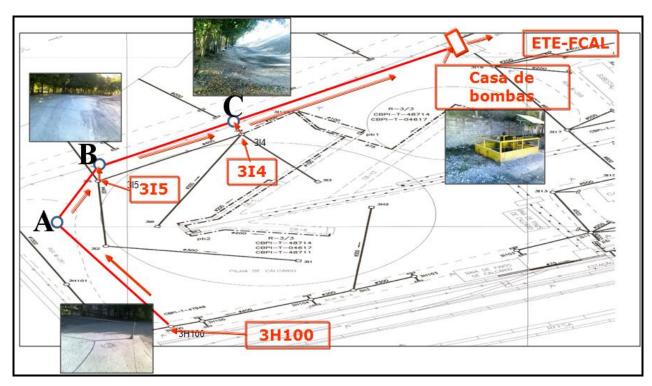


Figura 47 - Desenho da malha hídrica do RP#01 que foi bloqueado e redirecionado para a ETE-CAL.



Figura 1348 - Desenho da malha hídrica do RP#05A que foi bloqueado e redirecionado para a ETE.



Figura <u>14</u>49 - Área de abrangência da Fábrica de Cal onde a água pluvial é direcionada para ETE-CAL.

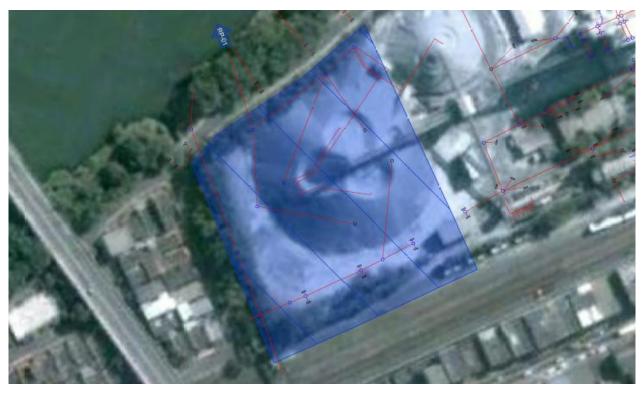


Figura <u>15</u>50 - Área de abrangência do antigo emissário RP-01 da Fábrica de Cal que foi direcionado para a ETE-CAL.



Figura <u>16</u>51 - Área de abrangência do emissário RP-05 da Fábrica de Cal após tratamento na ETE-CAL.



Figura 52 - Escavações para executar a interligação da água pluvial para ETE-CAL



Figura 53 – Posicionamento e instalação dos tubos



Figura 54 – Preparação das caixas de inspeção e interligação.



Figura 55 – Conclusão da interligação do poço 3I4 (Emissário RP#01) com a ETE-CAL.



Figura 56 – Interligação da coleta de água pluvial com a caixa de bombas.





Figura 58 - Escavação para confecção da caixa de inspeção e bloqueio para o emissário RP#5A.





Figuras 59 e 60 - Montagem dos berços e posicionamento dos tubos.



Figuras 61 - Conclusão da Interligação da Contribuição de Água Pluvial para ETE-CAL.



Figuras 62 - Conclusão da Interligação da Contribuição de Água Pluvial para ETE-CAL.



Figuras 63 - Conclusão da Interligação da Contribuição de Água Pluvial para ETE-CAL.



Figuras 64 – Vista aérea do tanque 702 da Fábrica de Cal.



Figuras 65 - Vista do tanque 702 da Fábrica de Cal.



Figuras 66 – Tubulação de entrada de água do tanque 702 da Fábrica de Cal.

# 8. PÚBLICO BENEFICIADO

Com a implantação do projeto, a Companhia Siderúrgica Nacional reduziu o volume de efluentes industriais e água pluvial despejados no rio Paraíba do Sul, evitando assim a sobrecarga de materiais no corpo hídrico que poderia refletir no impacto direto do ecossistema que abrange a cidade de Volta Redonda.

Além da notória redução do descarte de efluentes, a CSN também reutilizaria a água de chuva que precipitaria nas dependências da Fábrica de Cal, evitando a contaminação de lixiviados gerados pela água da chuva, impactando também na quantidade de água captada como insumo industrial.

Desta forma temos um ganho ambiental social estendido para todos os cidadãos de Volta Redonda e região.

# 9. EQUIPE TÉCNICA

A equipe da engenharia, meio ambiente e Gerência Geral de Redutores da CSN foram responsáveis pela elaboração e execução das obras. Cabendo a Gerência Geral de Redutores o monitoramento e manutenção pós obra.

### 10. VALOR

Foram gastos um total de R\$ 250.000,00. A fonte dos recursos mencionados partiu de iniciativa privada da CSN.

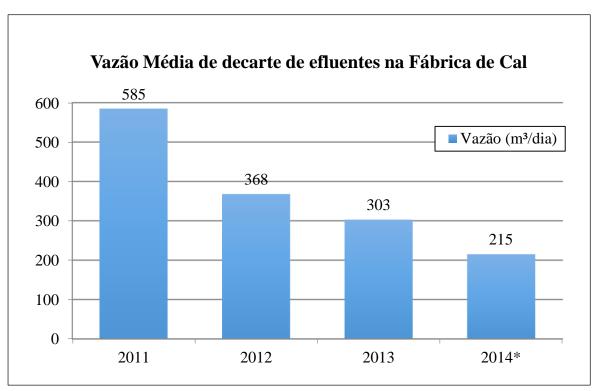
### 11. PRAZOS

O projeto teve um prazo de 14 meses como evidenciado no item 7.3.1

### 12. RESULTADOS

## 12.1. Ganhos Ambientais

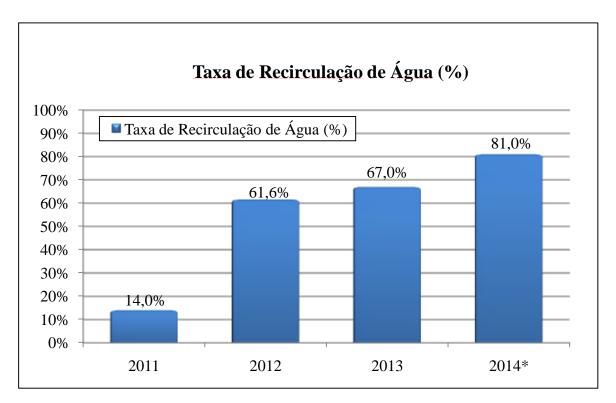
Conforme a figura abaixo, após a implantação do projeto de recirculação de água da Fábrica de Cal, verificou-se resultados expressivos na redução de água descartada para o Rio Paraíba do Sul a partir do mês de fevereiro de 2012 (Gráfico 2). A redução neste período de 63% de água descartada, que representa 370 m3/dia, é o suficiente para abastecer uma população de aproximadamente 44 mil pessoas.



2014\*: Referente aos meses de janeiro a março.

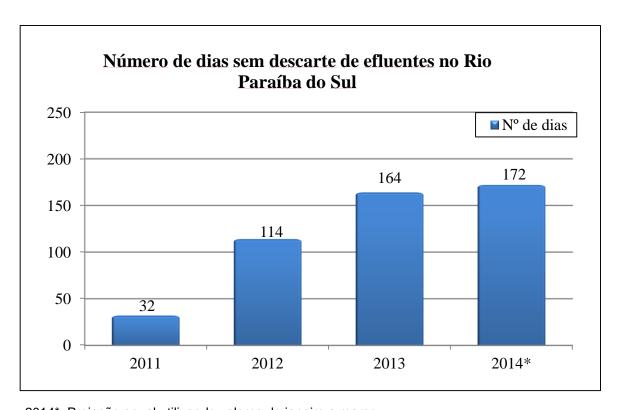
Gráfico 2 - Gráfico de descarte de efluente para o Rio Paraíba do Sul.

A recirculação de água no processo teve aumento de 14% para 81%, considerando que uma parte da água pluvial é tratada e armazenada para uso no processo, o excedente é tratado na ETE da Fábrica de Cal e posteriormente descartado no Rio Paraíba do Sul (Gráfico 3).



2014\*: Referente aos meses de janeiro a março.

Gráfico 3 – Recirculação de água para os fornos.



2014\*: Projeção anual utilizando valores de janeiro a março.

Gráfico 4 - N° de dias que a recirculação de água da Fábrica de Cal foi de 100% e não ocorreu descarte de efluente para o Rio Paraíba do Sul.

# 13. CONCLUSÃO

De acordo com o sistema de gestão ambiental da CSN-UPV da época, em seu item 9, o objetivo era aumentar o índice de recirculação de água em 3%, tendo como base o ano de 2008, até dezembro de 2012. Com a implantação do projeto de recirculação o índice de recirculação de água da Fábrica de Cal atendeu o objetivo.

Em termos de <u>Meio ambiente</u>, o projeto de recirculação é extremamente eficiente, pois está em sintonia com 04 (quatro) 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.

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

O projeto de recirculação foi desenvolvido com a participação da quase todo contingente da Fábrica de Cal na busca de uma melhoria que diminuísse ou até mesmo eliminasse o descarte mensal de água para o Rio Paraíba do Sul e com muita criatividade, conseguimos reduzir o descarte e aumentar a recirculação de água da Fábrica de Cal. Em períodos do ano que não ocorrem chuvas, o índice de recirculação de água atingiu em torno de 80%, alcançando um nível de excelência compatível com o sistema de gestão ambiental da empresa.

O projeto proporcionou os seguintes ganhos:

- Recirculação em torno de 80% de toda água gerada na calcinação; MEIO AMBIENTE
- Redução da saturação dos tanques de lama; MEIO AMBIENTE
- Confiabilidade no abastecimento de água para os SLG's dos fornos;
   PRODUÇÃO/ENTREGA
- Redução de perdas de produção; MANUTENÇÃO/CUSTO
- > Redução no consumo de água clarificada; CUSTO/MEIO AMBIENTE

- > Disponibilidade de mão-de-obra; MANUTENÇÃO
- Menor custo com manutenções; CUSTO
- > Redução na geração de lama; MEIO AMBIENTE
- Aumento da produtividade dos fornos devido a redução de paradas por desabastecimento de água para os SLG's dos fornos; ENTREGA/CUSTO
- > Auto estima das equipes: operação e manutenção; MORAL
- > Eliminação da exposição de pessoas em espaço confinado. SEGURANÇA

# 14. REFERÊNCIAS

Os serviços realizados não obtiveram referências diretas de outros trabalhos. A necessidade e execução do projeto foi realizada mediante a equipe capacitada de engenheiros e especialistas no assunto.

Volta Redonda, 14 de abril de 2016

Aldo José Alves de Santana
Gerente de Meio Ambiente
CSN