

# IMPLANTAÇÃO E INTEGRAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO, SEGURANÇA E CONTROLE DA PLANTA DE DESSULFURAÇÃO DE VAPORES AMONIACAIS DA ARCELOR/MITTAL TUBARÃO<sup>1</sup>

Alexandre Emiliano Moreira<sup>2</sup>  
Felipe Krohling Silva<sup>3</sup>  
Gleudson Siqueira dos Santos<sup>4</sup>  
Pedro Ivo Martins<sup>5</sup>

## Resumo

Este artigo apresenta uma descrição do projeto de implantação e integração do sistema de medição, segurança e controle do sistema Claus de dessulfuração de vapores amoniacaais, visando uma maior eficiência ambiental a nova unidade de tratamento de vapores amoniacaais da ArcelorMittal Tubarão foi implantada para adequar a Usina à legislação ambiental. O sistema Claus consiste em um reator que através de reações termo químicas retira o dióxido de enxofre SO<sub>2</sub> dos gases provenientes da produção do coque. O sistema de controle proposto para a planta de controle de gases emitidos é composto por uma complexa interação entre dois sistemas de automação distintos, o primeiro sistema é um controlador Yokogawa que foi integrado ao SDCD da área de tratamento de gases, este controlador é responsável pelo processamento das malhas de controle da nova unidade, o segundo sistema é composto por um CLP de segurança Siemens responsável pelo monitoramento, segurança e intertravamento do queimador Claus.

**Palavras-chave:** Automação; Claus; Dessulfuração; Sistema de controle.

## IMPLEMENTATION AND INTEGRATION OF THE MEASURING, SECURITY AND CONTROL SYSTEM OF THE AMMONIA STEAM DESULFURIZATION OF ARCELOR/MITTAL TUBARÃO

### Abstract

This paper presents a description of the project implementation and integration of the measurement system, security system and control Claus desulfurization of ammonia vapors, seeking greater environmental efficiency the new treatment plant ammonia vapors ArcelorMittal Tubarão was implemented to adjust the plant environmental legislation. The system consists of a reactor Claus than through chemical reaction term removes sulfur dioxide SO<sub>2</sub> gas from the production of coke. The proposed control system for the plant control gases are composed of a complex interaction between two distinct systems of automation, the first system is a controller that was integrated with Yokogawa DCS in the field of gas treatment, this controller is responsible for processing of the control loop of the new unit, the second system consists of a Siemens safety PLC responsible for monitoring, safety interlock and the burner Claus

**Key words:** Automation; Claus; Desulfurization; Control system.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 15º Seminário de Automação e TI Industrial, 20 a 22 de setembro de 2011, São Paulo, SP.

<sup>2</sup> Engenheiro de Automação, Engenheiro de automação do Departamento de Engenharia e Automação da TSA – Tecnologia em Sistemas de Automação, Vitória – ES, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro de Automação, Supervisor de Projetos da TSA – Tecnologia em Sistemas de Automação, Vitória – ES, Brasil.

<sup>4</sup> Técnico em Instrumentação, Supervisor de Montagem do Departamento de Engenharia e Automação da TSA - Tecnologia em Sistemas de Automação, Vitória – ES, Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro Eletricista, Supervisor de Projetos Gerente de Projetos do Departamento de Engenharia e Automação da TSA – Tecnologia em Sistemas de Automação, Vitória – ES, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de diminuir em cerca de 80% as emissões de enxofre no processo de produção de coque através da instalação do sistema Claus de Dessulfuração. O método pretende remover o dióxido de enxofre contido nos vapores produzidos pela nova unidade através de reações químicas.

O objetivo deste trabalho é mostrar a concepção e descrição do sistema de controle e segurança, baseado em SDCD para operação do sistema e CLP de segurança para atuação nos intertravamentos da planta.

Os resultados alcançados pelo sistema de controle e segurança foram: a confiabilidade do sistema de automação e segurança, a eficiência do processo CLAUS de dessulfuração e o diagnóstico preciso de falhas.

### 1.1 Contexto

A CST, Companhia Siderúrgica de Tubarão, maior produtora mundial de aço semi-acabados, foi constituída em 1976 como uma joint-venture de controle estatal, com a participação minoritária dos grupos Kawasaki, do Japão, e Ilva, da Itália. Inaugurada em 1983 é uma siderúrgica de renome internacional, especializada na produção de aço de alta qualidade, utilizado na fabricação de produtos presentes no dia-a-dia de milhões de pessoas. Localizada na região metropolitana da Grande Vitória, no Estado do Espírito Santo, ocupa uma área de 7 milhões m<sup>2</sup>. A completa infraestrutura de que dispõe lhe proporciona condições privilegiadas tanto para a produção como para o abastecimento dos mercados interno e externo.

A integração de informações, a qualidade e a preservação do meio-ambiente aliados aos aspectos de segurança às pessoas e comunidade exigiram da CST investimentos na área de automação e informática.

Desde sua privatização, em 1992, a CST acumula investimentos superiores a US\$ 2,1 bilhões em atualização tecnológica, aumento da produção e enobrecimento do “mix” de produtos. Nesse período registraram-se algumas alterações em sua composição acionária, passando por fim a integrar o Grupo Arcelor/Mittal – um dos maiores conglomerados siderúrgicos do mundo. Após esta data a CST passa a se chamar AcelorMittal Tubarão – AMT.

A capacidade instalada de produção, em função da nova expansão, iniciada em 2003, e com início da produção em 2007, alavancou a capacidade de produção de 5 para 7,5 milhões de toneladas/ano. Os investimentos da ordem de US\$ 1 bilhão incluíram a construção de novas unidades produtivas e a atualização do parque instalado.

Em 2009 foi inaugurada a expansão do Laminador de Tiras a Quente, este empreendimento demandou investimentos em torno de US\$ 120 milhões e projetou a produção de bobinas a quente de 2,8 para 4 milhões de toneladas/ano.

Em 2011 foi inaugurado um dos mais modernos sistemas de controle de emissão de gases do mundo. Inédito na América do Sul o sistema é resultado de investimentos da ordem de US\$ 27 milhões e vem atender os requisitos ambientais demandados pelos investimentos no aumento da capacidade de produção do projeto de expansão 7,5 milhões de toneladas/ano<sup>(1)</sup>.

Dada a característica multidisciplinar do empreendimento, o projeto foi dividido entre as seguintes empresas:

- AMT – AcelorMittal Tubarão – o corpo de engenharia da AMT foi responsável pelo acompanhamento do desenvolvimento da engenharia do projeto e pela consolidação das informações entre as diversas empresas envolvidas no empreendimento;
- Cobrapi – responsável pelo fornecimento dos *blowers* e do CCMI e pelo planejamento da obra;
- Matriacial – responsável pela execução do projeto civil;
- Magnesita – responsável pela execução do projeto mecânico e elétrico;
- Tereme – responsável pela execução do projeto elétrico (subcontratada da Magnesita);
- TSA – responsável pelo fornecimento do SDCD Yokogawa, adequação da documentação do projeto de automação da UHDE com as demais interfaces de engenharia, performance de funcionamento da planta, fornecimento e especificação de válvulas de controle e *shut off* (intertravamento da planta), especificação e fornecimento da instrumentação da planta e supervisão das montagens elétrica, instrumentação e demais equipamentos de automação; e
- UHDE (empresa alemã especializada em processos químicos, refinamento e outros) – responsável pela engenharia da planta e do queimador Claus e fornecimento de instrumentos da planta;

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 O Sistema de Segurança e Controle do Claus

Na Figura 1 é exibida a configuração do sistema de segurança e controle aplicado no novo sistema de controle de emissão de gases.

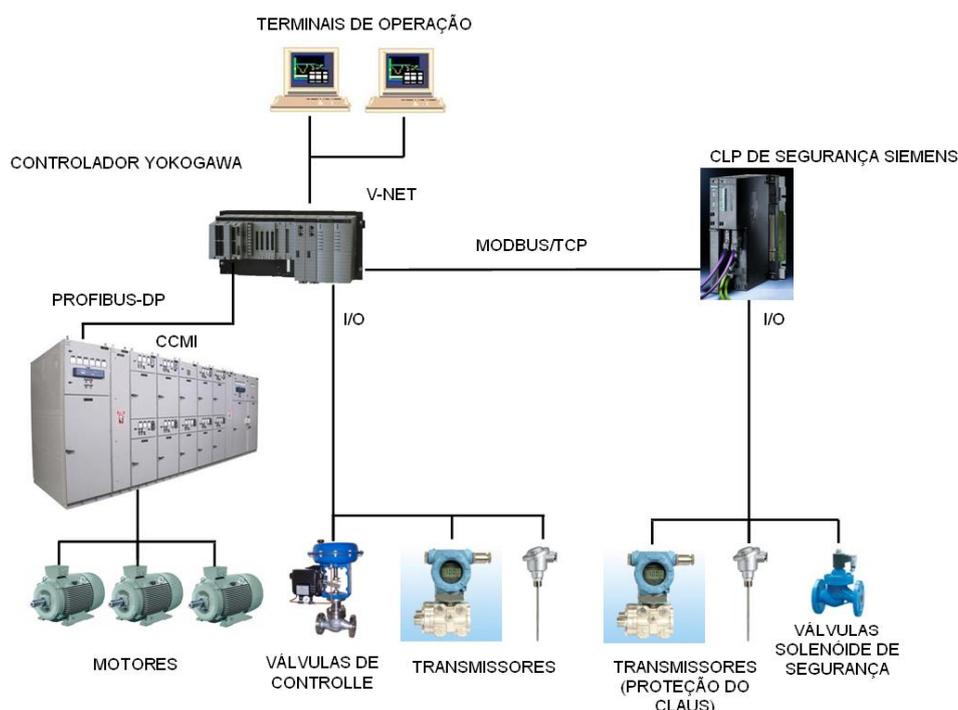


Figura 1. Configuração do sistema segurança e de controle.

Na configuração da Figura 1, encontram-se todas as interfaces de automação, instrumentação e elétrica implantadas no projeto. A arquitetura aplicada propiciou uma solução de alta eficiência e precisão, integrando controle, capacidade de diagnóstico, segurança, monitoramento e acionamentos, em um único ambiente de operação, não sendo necessárias várias estações de operação/monitoramento encontrados em projetos com mais de um tipo de sistema de controle e automação. O CLP de segurança é responsável pelo monitoramento e segurança do Claus. Em situações normais de operação o CLP apenas monitora a planta e informa os dados lidos de toda instrumentação ao SDCD da Yokogawa. Em caso de falha o CLP é incumbido de colocar a planta em modo seguro, seja enviando novos setpoints para as malhas de controle no SDCD, seja enviando sinais para o SDCD forçar novas posições de abertura das válvulas de controle ou até mesmo parando a produção da unidade.

A comunicação entre o CLP de Segurança e o SDCD ocorre de duas maneiras: via Rede Modbus/TCP para

Quando qualquer condição de parada da planta é percebida, o CLP de segurança gera uma listagem de eventos, estes são tratados, organizados e enviados ao SDCD via comunicação Modbus/TCP. No SDCD foi implementado um abrangente e sofisticado sistema de diagnóstico composto por inúmeros alarmes e diversas telas que permitem que o operador tenha um diagnóstico rápido, claro e eficiente do motivo da parada da planta.

O SDCD é responsável pelo monitoramento e controle das malhas do sistema Claus de dessulfuração e pelo controle, monitoramento e intertravamento de todos os sistemas periféricos necessários para o funcionamento da planta e para o escoamento dos co-produtos gerados. Todas as informações usadas nas malhas de controle que atuam sobre o queimador são enviadas para o SDCD pelo CLP de segurança tanto via comunicação Modbus/TCP quanto via I/O, ou seja, em caso de falha da comunicação entre os dois equipamentos, o SDCD passa a atuar nas malhas de controle do reator CLAUS usando as variáveis replicadas via I/O.

O SDCD é ainda responsável pelo acionamento de todas as bombas e dos dois *blowers* da unidade, devida a falta de espaço na sala elétrica existente foi necessário a construção de um novo painel, o novo CCMI passou a conter as cargas antigas de outras áreas e as cargas adicionadas no novo projeto. Todo acionamento, feedbacks de funcionamento e resumo de falhas das cargas é feito via I/O, cabendo à comunicação Profibus-DP o diagnóstico detalhado das falhas e o monitoramento das correntes dos motores.

## **2.2 O Sistema Claus de Dessulfuração**

Após a recente expansão da capacidade de produção da ArcelorMittal Tubarão de 5 milhões de toneladas/ano para 7,5 milhões de toneladas/ano, existiu também a necessidade de atender a nova demanda ambiental do complexo industrial. O sistema Claus de dessulfuração entra justamente neste ponto, tornando viável a expansão da produção adequando esta nova demanda às normas ambientais.

O sistema Claus de dessulfuração é consiste um reator termo químico que trata os gases gerados pela coqueria. O processo consiste no consumo desses gases em um queimador, após essa queima, os gases passam por uma câmara com função catalisadora para aumentar a eficiência da retirada do enxofre, e por ultimo resfria estes gases gerando enxofre no estado líquido.

## 2.3 Os Sopradores

O sistema Claus trabalha basicamente com duas demandas para o seu correto funcionamento. A primeira demanda representada pelos vapores amoniacais é a variável principal do sistema, pois é ela que será tratada pela unidade. A segunda demanda é fornecida à planta na medida em que existem variações da primeira, essa segunda demanda é o ar para queima. À medida que existe a necessidade de queima de uma maior ou menor quantidade dos gases produzidos pela coqueria, um conjunto composto por dois blowers e duas malhas de controle de pressão atua variando a quantidade de ar demandado pelo Claus.

Os dois sopradores trabalham alternadamente, ou seja, quando um blower estiver operando o outro fica parado. Os sopradores são periodicamente submetidos à manutenções/revisões, no entanto, quando existe a necessidade de parar o blower que se encontra em operação não é necessário parar a planta, pois a malha de controle de pressão na descarga dos blowers permite a entrada do segundo sem que a planta perceba a perturbação da pressão na linha de alimentação de ar do processo.

A Figura 2 mostra o funcionamento dos sopradores e de suas malhas de controle de pressão. A malha de controle de pressão na saída dos *blowers* tem a finalidade de absorver os distúrbios que ocorrem no Claus.

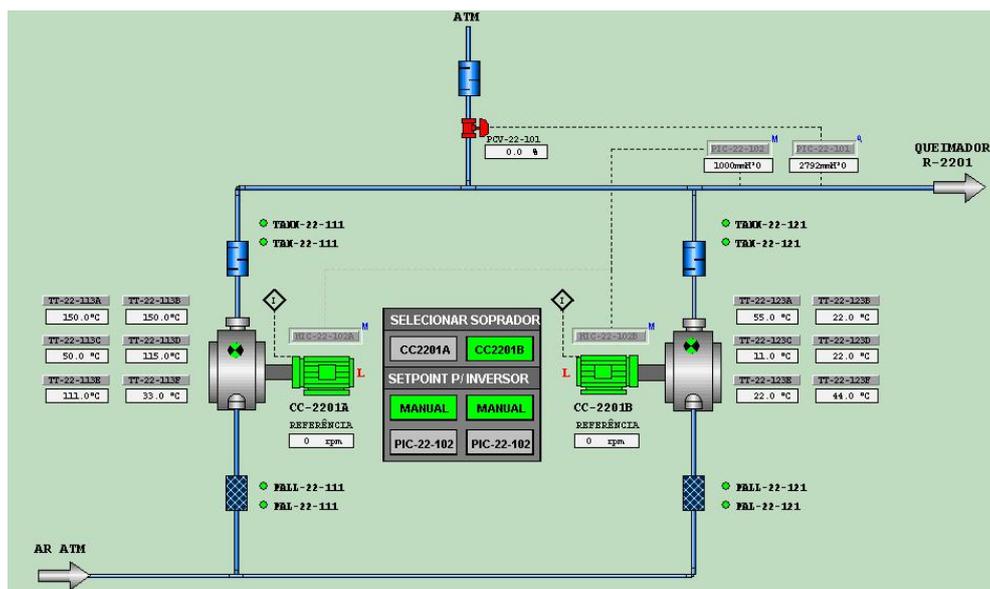


Figura 2. *Blowers* e sistema de controle de pressão do ar para queima na caldeira.

## 2.4 O Queimador Claus

O sistema Claus é composto por vários elementos, entre eles, o queimador de partida, o queimador principal, uma câmara catalisadora e o resfriador de gases. Este complexo sistema é o responsável direto por eliminar o enxofre dos gases produzidos na coqueria.

O queimador de partida somente é utilizado durante a partida da planta ou para manter a planta aquecida durante alguma eventualidade. Durante a partida tem a função de iniciar a curva de aquecimento da “caldeira”, durante este período é queimado COG até que a planta esteja pronta para partir com o gás de coqueria.

Após atingir as condições de processo, o queimador de partida é desativado e a planta é alinhada para iniciar a queima do vapor de amônia, a partir deste momento entra em operação o sistema Claus de dessulfuração e seu complexo sistema de segurança e controle.

A temperatura na câmara de combustão influencia diretamente na demanda de gás para queima, à medida que a temperatura no interior do queimador diminui, a malha de controle de temperatura atua diretamente no consumo do gás a ser queimado e quando a temperatura aumenta além do set de operação essa demanda de gás é diminuída. A variação desta demanda influencia diretamente no volume de ar necessário para manter a relação adequada para queima, ou seja, à medida que mais gás para queima é injetado no interior do queimador mais ar é exigido dos blowers de alimentação de ar.

O resultado desta queima passa por uma câmara com característica catalisadora, esta câmara é responsável por aumentar a eficiência das reações químicas e otimizar a retirada do enxofre do gás oriundo da coqueria. A última etapa do processo é o sistema de resfriamento de gases, este sistema conta com um eficiente esquema de troca de calor, onde o gás resultado da queima é resfriado gerando enxofre no estado liquido.

Na Figura 3 temos o sistema Claus de dessulfuração e as malhas de controle que atuam sobre o processo.

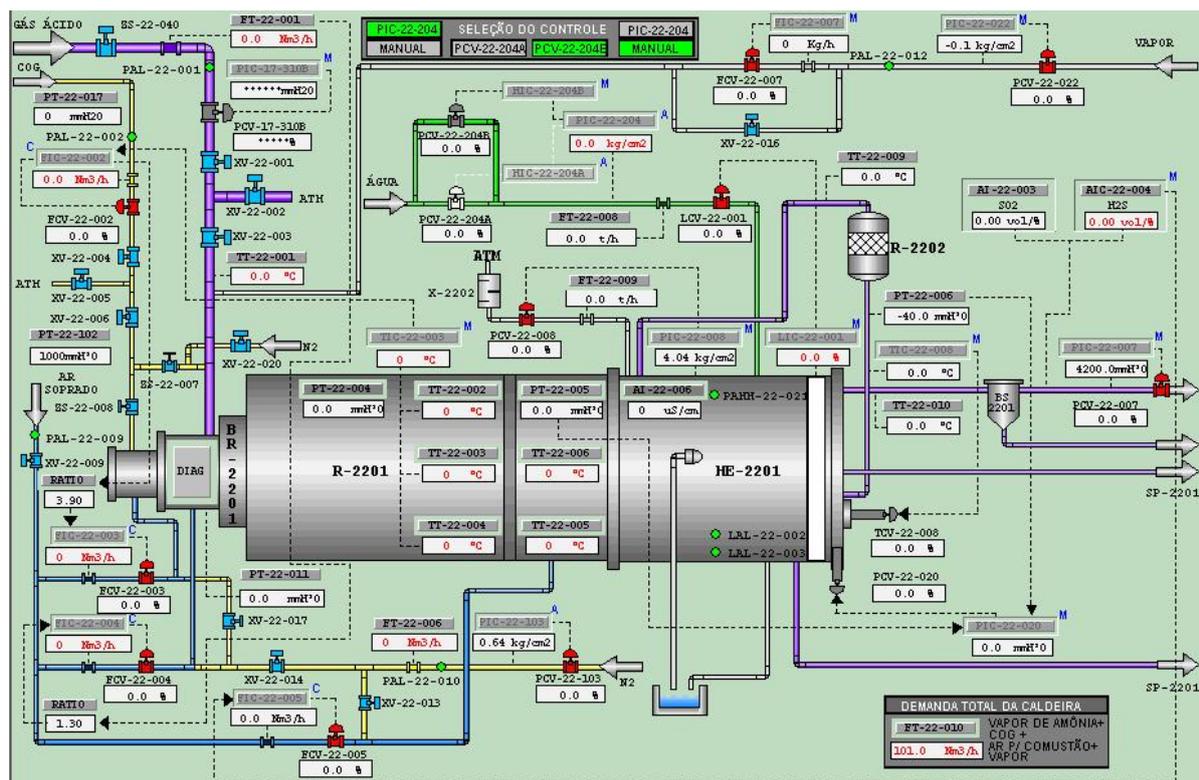


Figura 3. Configuração do sistema de controle do sistema CLAU de controle de emissão de enxofre.

### 2.4.1 Controle de temperatura da câmara de combustão

Este é primeiro controle a atuar sobre o Claus, é aplicado durante os casos de aquecimento, de manutenção da temperatura interna durante paradas curtas da unidade e para situações de produção muito abaixo da nominal. Este controle influencia diretamente a demanda de COG que por sua vez influencia diretamente

na demanda de ar do queimador, isto é, à medida que a temperatura diminui ou aumenta o controlador de temperatura altera o setpoint da malha de vazão de COG, a variação da vazão de COG influencia diretamente a vazão de ar. À medida que a temperatura diminui dentro da câmara de combustão o PID da temperatura aumenta o pedido de COG para queima, o aumento da vazão de COG imediatamente implica no aumento da vazão de ar para queima. A situação inversa ocorre no caso do aumento da temperatura.

#### **2.4.2 Controle da queima do vapor do vapor de amônia**

Este controle é baseado na vazão de vapor de amônia na entrada do sistema. Com a variação na quantidade de gás enviado para o sistema Claus de dessulfuração, se faz necessário alterar a demanda de ar para viabilizar a combustão adequada deste componente. A vazão de vapor de amônia influencia diretamente no cálculo do *setpoint* de operação do controlador responsável por injetar ar no queimador, isto é, a medida que mais gás entra na unidade o controle atua aumentando a vazão de ar e vice-versa.

#### **2.4.3 Controle de injeção de ar na câmara catalisadora**

Este controle é baseado na concentração de H<sub>2</sub>S no gás que sai no final do sistema Claus. Na medida em que a concentração de H<sub>2</sub>S aumenta em relação ou valor nominal de operação o controlador atua aumentando a quantidade de ar injetado para na câmara catalisadora. O aumento da oferta de ar faz com que as reações ocorram de forma adequada mantendo assim o rendimento adequado da planta.

#### **2.4.4 Controle de nível da caldeira**

Esta malha tem a função de manter o nível da parte de resfriamento dos gases de processo, a manutenção do nível é fundamental para o funcionamento adequado da caldeira, pois a falta de água dentro da caldeira é extremamente crítica para o processo. A diminuição do nível baixo da caldeira dispara instantaneamente o processo de parada do processo.

#### **2.4.5 Controle de pressão da caldeira**

Esta malha é responsável por manter a pressão de trabalho ideal dentro da caldeira. A pressão interna da caldeira é gerada à medida que ocorre a geração de vapor devido à troca térmica existente no seu interior. A elevação da pressão dispara o processo de parada do sistema Claus instantaneamente.

#### **2.4.6 Controle de pressão diferencial sobre a caldeira**

Esta malha é responsável por manter uma pressão diferencial entre a câmara catalítica e a caldeira. Esta diferença de pressão é responsável pelo fluxo dos gases pelo sistema de refrigeração de gases.

Após o resfriamento o enxofre deixa de ser um resíduo com agravante ambiental e passa a ser um co-produto da unidade Claus de dessulfuração, o enxofre passa a ser armazenado em tanques de estocagem. O enxofre da unidade pode ser comercializado tanto na forma líquida e quanto na forma sólida. Na forma líquida o enxofre é descarregado através da estação de carregamento, nesta estação é posicionado o caminhão da empresa que adquiriu o co-produto e a operação posiciona o braço de carregamento iniciando a transferência do produto. Na forma

sólida o enxofre passa por uma unidade onde é separado da água e assume definitivamente a forma sólida, esta unidade de “floculação” é denominada *Flaker*. A Figura 4 mostra a disposição da planta Claus de dessulfuração e seus principais sistemas periféricos.

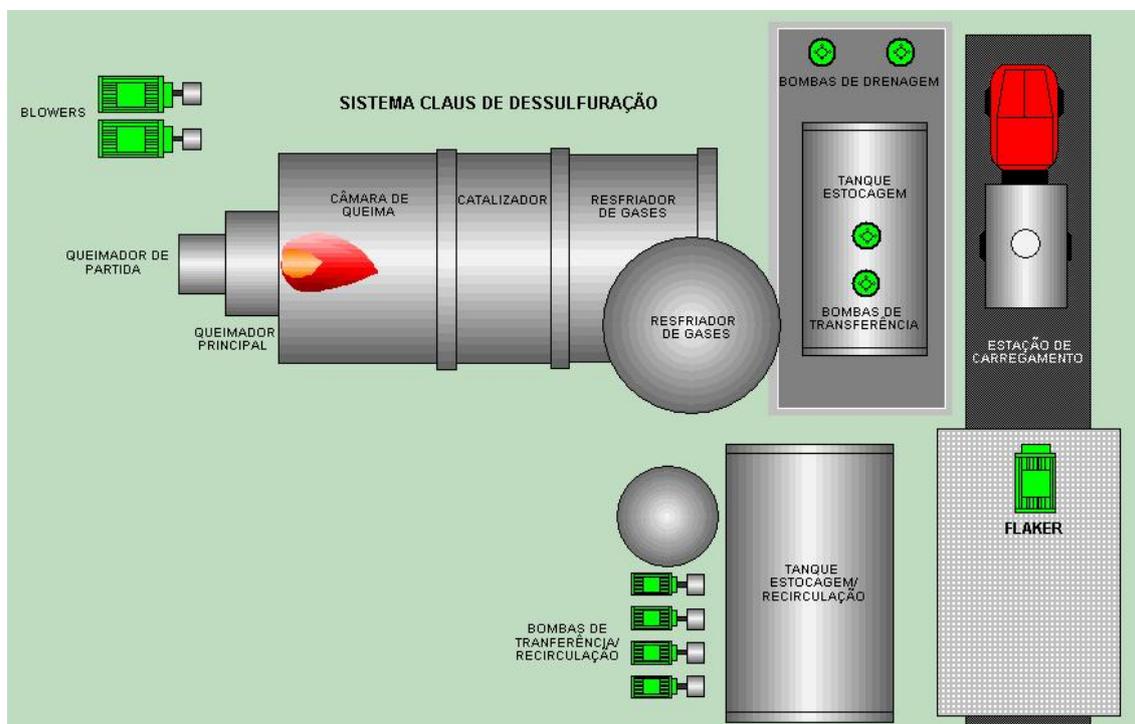


Figura 4. Disposição física do sistema Claus de dessulfuração.

### 3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Na metodologia de implantação destacamos algumas ações e atividades que foram bastante importantes para o sucesso na execução do projeto:

- análise crítica e planejamento detalhado das implantações. O planejamento feito de forma multidisciplinar (mecânica, elétrica e automação) e com acompanhamento diário durante as diversas etapas da implantação, permitiu um sincronismo entre as equipes envolvidas, otimizando o comissionamento da planta permitindo o escalonamento das atividades minimizando desvios e aumentando a eficácia do HH da obra;
- preparação das atividades. Execução de todas as atividades possíveis de serem realizadas antes do startup da planta por completo, por exemplo, foi priorizada toda a instrumentação necessária para o início do aquecimento do refratário da caldeira, após o início do aquecimento foram priorizadas as demais malhas da planta. Desta forma foi possível minimizar o cronograma de partida da planta;
- acompanhamento, monitoração e controle contínuo da execução dos serviços durante a obra, permitindo ações imediatas, caso fosse identificado qualquer problema que pudesse impactar no cronograma das implantações; e
- apoio e participação efetiva das equipes da AMT, tanto na elaboração do projeto, quantos nas implantações, o que muito contribuiu para o êxito do empreendimento.

Todas as implantações foram realizadas com o sucesso esperado. Embora estivessem previstas medidas de contingências, para o caso de problemas que

viesses a ocorrer nas implantações, não houve, em nenhuma delas, a necessidade de fazer uso dessas. Para a implantação da dessulfuração foram necessárias duas paradas de produção das torres de destilação da unidade de tratamento de gases. As duas paradas foram realizadas com a finalidade de colocar em funcionamento dois deflagmadores.

Após o final do comissionamento e início da produção da unidade foi iniciadas as melhorias de performance da planta, durante este período foram feitas adequações dos valores das relações de vazão de vapor de amônia/ar de combustão e dos valores setados dentro do aplicativo do CLP. Com estas novas relações chegou-se ao padrão de chama adequado para a queima e para boas relações dos insumos injetados na caldeira. Tendo todas as condições de processo consolidadas foi iniciado-se a sintonia das malhas de controle responsáveis pelo controle do sistema Claus, com a nova sintonia e os setpoints de partidas e operação definidos foi possível chegar a uma solução onde o operador pode partir e parar a planta sem que seja necessária nenhuma entrada de setpoint das malhas de controle ou qualquer outro tipo de intervenção durante a partida e parada da planta.

Ao final das implantações, os seguintes resultados puderam ser constatados:

- confiabilidade do sistema de automação e segurança: a utilização de uma arquitetura integrada e com funções dedicadas propiciou uma excelente performance da planta. A interface existente entre o sistema de controle (sistema Yokogawa) e o sistema de monitoramento e segurança (PLC Siemens) foi exaustivamente testada durante o período de comissionamento e *startup*;
- eficiência do processo Claus de dessulfuração: o sistema Claus de dessulfuração foi concebido para retirar até 88% do enxofre dos gases gerados pelo processo de produção de coque e até 25% de todo o parque industrial,<sup>(1)</sup> produzindo enxofre bruto com pureza superior a 99%; e
- diagnóstico de falhas preciso: para a realização do diagnóstico de falhas foi implementado uma complexa rotina de diagnóstico de falhas, onde o PLC de segurança fica constantemente monitorando as variáveis do sistema Claus, uma vez detectado algum distúrbio no funcionamento do queimador o sistema de segurança atua gerando a sequência de eventos da parada, para que seja possível o correto diagnóstico da parada, o aplicativo do PLC de segurança envia o primeiro evento de falha para o SDCD e somente 4 segundos após ele envia os demais eventos decorrentes da parada. Com a chegada defasada do primeiro evento de parada da planta é possível verificar instantaneamente e com clareza o distúrbio causador da parada e atuar pontualmente de forma eficiente no mesmo.

A Figura 5 mostra a tela de comandos da caldeira, nela é possível partir e parar a planta, escolher o modo de operação (queima de COG ou de vapor de amônia) e verificar em qual etapa do processo esta ocorrendo instantaneamente.

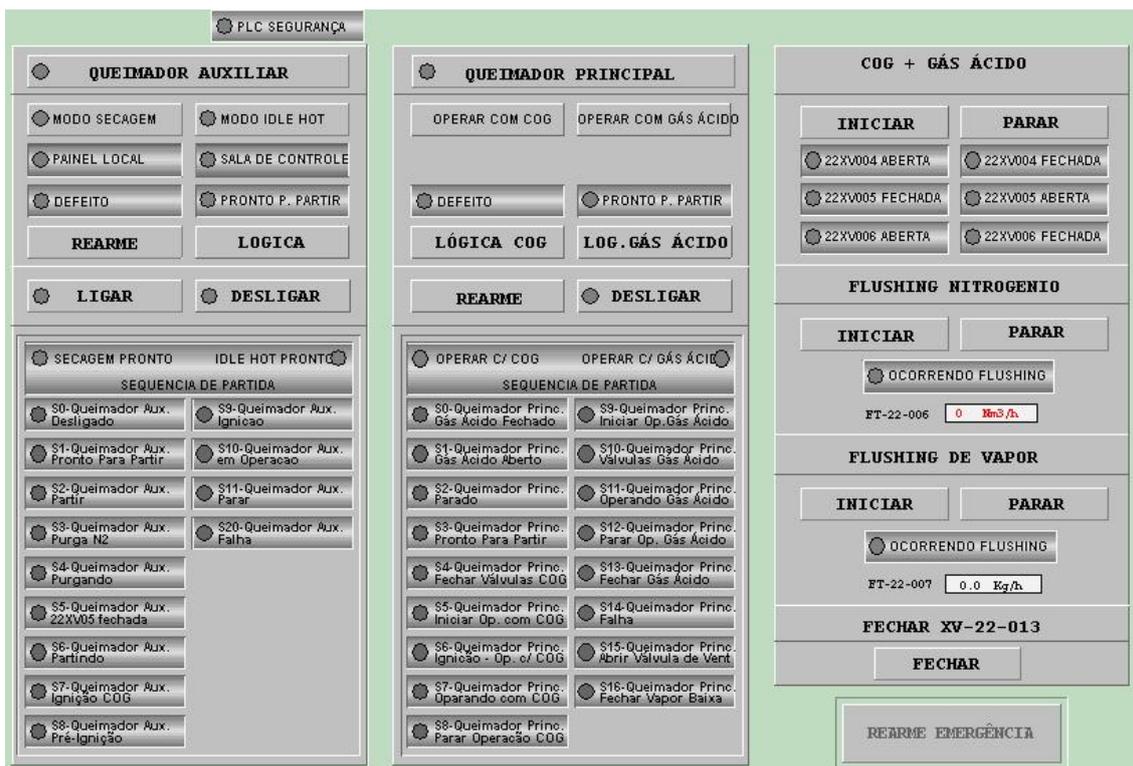


Figura 5. Tela de comandos e acompanhamento do sistema Claus de dessulfuração.

A Figura 6 mostra o sistema de diagnóstico para partida da planta, esta interface de operação possibilita o diagnóstico instantâneo dos itens pendentes para a partida da unidade.

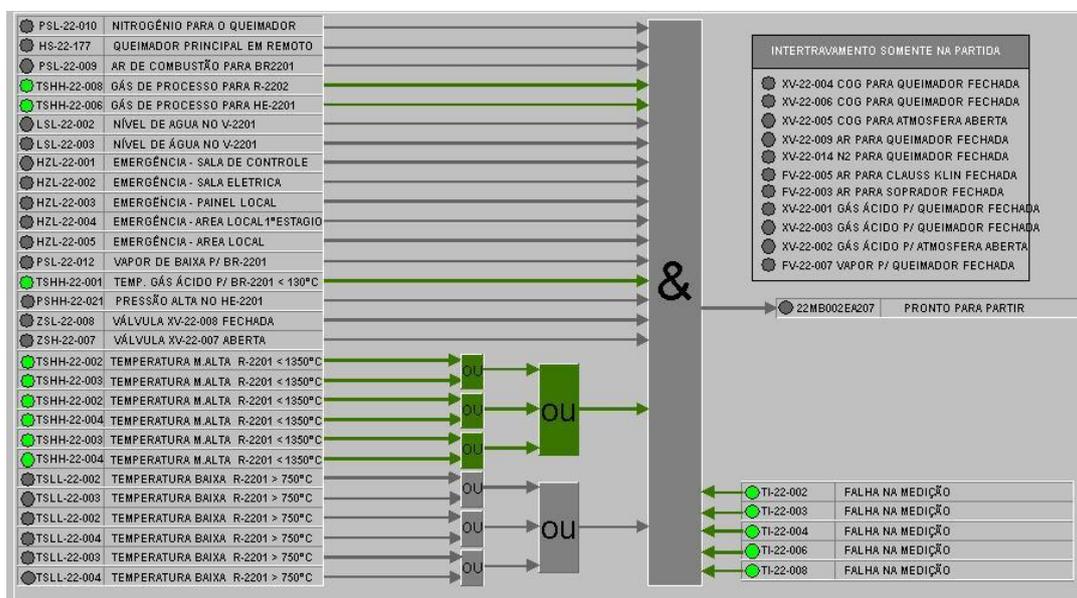


Figura 6. Tela de diagnóstico para partida do sistema Claus de dessulfuração.

## 4 CONCLUSÃO

A implantação deste tipo de sistema, de longa duração e com trabalhos realizados em etapas, numa planta com pequenos intervalos de parada, onde há necessidade de convivência entre o sistema novo e o antigo, os fatores determinantes para o sucesso são o planejamento e a estratégia de mudança. É fundamental que os

gestores e planejadores tenham total conhecimento das características de funcionamento das áreas envolvidas e que os impactos das mudanças sejam discutidos previamente com os profissionais de cada disciplina.

Empreendimentos desse tipo são desafiadores, tanto para clientes como para fornecedores e são marcados pelo grande envolvimento das equipes de ambos, sendo praticamente implantados “a quatro mãos” numa relação de autêntica parceria. A elaboração de um elaborado e multidisciplinar cronograma da obra, com um controle rápido e atuante dos desvios e com a integração de todas as empresas envolvidas em um mesmo site, foi possível prever e atuar de forma extremamente sincronizada as atividades de montagem, comissionamento e startup do empreendimento.

A capacidade de evolução de uma empresa é marcada pela capacidade de expansão do seu empreendimento. A expansão da capacidade de produção da ArcelorMittal Tubarão foi um grande marco da na capacidade produtiva do grupo, o sistema Claus de dessulfuração foi implantado após longo estudo das necessidades ambientais que surgiram neste novo momento. A implantação do sistema vem reforçar ainda mais a responsabilidade que a ArcelorMittal Tubarão com o meio ambiente e com a qualidade de vida população que circundam as instalações da empresa.

## REFERÊNCIAS

- 1 ArcelorMittal Tubarão. Novo sistema de Controle Ambiental. Disponível em: [http://www.cst.com.br/sustentabilidade/gestao\\_ambiental/indicadores\\_gestao\\_ambiental/indicadores\\_gestao\\_ambiental.asp](http://www.cst.com.br/sustentabilidade/gestao_ambiental/indicadores_gestao_ambiental/indicadores_gestao_ambiental.asp) Acesso em 01/05/2011.