

# SISTEMA DE CONTROLE DA NOVA ESTAÇÃO DE MISTURA DE GASES DA ARCELOR/MITTAL TUBARÃO<sup>1</sup>

Emerson Teixeira de Paula<sup>2</sup>  
Flávio Moraes de Souza<sup>3</sup>  
Pedro Ivo Martins da Silva<sup>4</sup>

## Resumo

Este artigo apresenta uma descrição do projeto de implementação do Sistema de Controle da Nova Estação de Mistura de Gases (EMG), implantado em função da Expansão da Estação de Mistura de Gases atual, visando maior reaproveitamento de gases gerados na unidade operacional da ArcelorMittal Tubarão para abastecimento do novo forno do LTQ (Laminador de Tiras a Quente) em atendimento à Expansão do LTQ. A implementação do Sistema de Controle da nova EMG proporcionou também a modernização dos sistemas de controle da EMG atual, substituindo os CLPs existentes da família PLC-5 da Rockwell, por CLPs da família ControlLogix também da Rockwell, proporcionando além de aumento de performance e melhor disponibilidade para expansão do sistema, melhor diagnóstico de sua funcionalidade, com grande foco no detalhamento em indicação de eventos relacionados a toda a arquitetura, tendo disponíveis, informações de hardware do CLP e CCM's. A TSA realizou o detalhamento de engenharia, consolidando todo o projeto conceitual para esse empreendimento, fornecimento da instrumentação, desenvolvimento dos softwares, montagem, comissionamento e start-up da planta. A implantação foi caracterizada por detalhados procedimentos de testes, verificando a performance dos Boosters e válvulas para ajustes de controle que compõem essa aplicação.

**Palavras-chave:** Atualização tecnológica; Automação; Informação de processo; Implantação de sistemas.

## THE CONTROL SYSTEM OF THE NEW GASES MOISTURE STATION OF ARCELOR/MITTAL TUBARÃO

### Abstract

This article describes the Implementation Project of the Control System to the new Gases Moisture Station (EMG), implemented in function of the existent Gases Moisture Station expansion, with the objective of improve the reuse of gases generated by the operational unit of the ArcelorMittal Tubarão to fill the new LTQ (Hot Strip Mill) furnace, to attend the LTQ expansion. The implementation of the new EMG Control System allows the modernization of the existent EMG Control Systems, achieve by exchanging the existent Rockwell PLC-5 family to the Rockwell ControlLogix family, allowing not only the performance increase and better availability to system expansion, but also better diagnostic of its functionality with strong focus on events detailed indication related to all architecture, providing all data and information from CLP and MCC. The TSA Company developed the Detailed Engineering, consolidated the Conceptual Design, supplied the field instruments, developed all software application, mounting, commissioning and Plant start-up. The implementation was characterized by detailed tests procedures, checking Boosters and valves performance to provide control adjustments that compose that application.

**Key-words:** Technological updates; Automation; Process information; Systems implementation.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 14º Seminário de Automação de Processos, 6 a 8 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.*

<sup>2</sup> *Analista de Sistemas, Gerente de Contratos da TSA – Tecnologia em Sistemas de Automação, Belo Horizonte – MG, Brasil*

<sup>3</sup> *Mestre em Automação, Engenheiro Eletricista do Departamento de Engenharia e Automação da CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão, Vitória – ES, Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Eletricista, Engenheiro do Departamento de Engenharia e Automação da TSA – Tecnologia em Sistemas de Automação, Belo Horizonte – MG, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

O SPDGM, Sistema de Produção e Distribuição de Gás Misto, da ArcelorMittal Tubarão era interligado às redes principais de distribuição de BFG (*Blast Furnace Gas* - Gás de Alto-Forno) e COG (*Coke Oven Gas* - Gás de Coqueria), atendendo somente a um forno de aquecimento de placas do LTQ (Laminador de Tiras a Quente). Na ausência de gás COG, o gás natural (GN) é utilizado, no entanto, o mesmo proporciona custo adicional à companhia, visto que o mesmo é comprado da Petrobrás. Esse forno opera com uma vazão de Gás Misto (MG) que varia entre 5.000 Nm<sup>3</sup>/h e 50.000 Nm<sup>3</sup>/h, proveniente de dois booster (MG) existentes, com uma pressão de descarga de 1.600 mmH<sub>2</sub>O. O Forno nº 1 foi projetado para operar com um valor de Índice de Wobbe de aproximadamente 3.000 kcal/Nm<sup>3</sup>. Em função deste parâmetro operacional, a composição da mistura dos gases é executada na sucção do booster, por meio de um controle de relação tendo sua mistura efetiva realizada após a saída dos mesmos.

Com a expansão do LTQ, um novo forno de aquecimento de placas foi adicionado, determinando então a modificação no sistema SPDGM para abastecimento dos dois fornos simultaneamente. O novo sistema SPDGM, será interligado, além das redes principais de distribuição de BFG e COG, à rede de distribuição de LDG (*Steel Making Gas* – Gás de Aciaria), proporcionando também o reaproveitamento deste gás no abastecimento dos fornos do LTQ. De maneira similar à situação atual, na ausência de gás COG, o gás GN pode ser utilizado, no entanto, veremos que essa redução será significativa, quando a utilização do LDG. O novo forno opera com uma vazão de Gás Misto (MG) similar ao forno existente. Por essa razão, serão instalados três novos boosters (MG), com uma pressão de descarga de 2.000 mmH<sub>2</sub>O, desativando os dois existentes. Os dois Fornos foram projetados para operar com um valor de Índice de Wobbe similar, sendo então mantido em aproximadamente 3.000 kcal/Nm<sup>3</sup>, tendo a composição também definida na sucção dos boosters.

A seguir veremos com maiores detalhes o funcionamento da nova EMG, com foco em seu sistema de automação e as melhorias obtidas com sua implementação.

## 2 O CENÁRIO EXISTENTE

A Figura 1 apresenta a Estação de Mistura de Gases existente, antes do projeto de expansão.

Podemos observar na estrutura da EMG atual, uma arquitetura composta por uma linha de cada gás, BFG, COG e GN para cada um dos gases a ser misturado. A Interligação dessas linhas alimenta os dois Boosters de MG, com uma linha de recirculação comum para controle de pressão da sucção dos mesmos. Na saída dos Boosters, a EMG disponibiliza de uma interligação com as CTE's (Centrais Termo-Elétricas) e também uma Torre de MG no *header* principal de MG para o LTQ, para eventuais distúrbios no consumo de gás pelo LTQ, para abastecimento do forno de aquecimento de placas do LTQ.

Os Boosters de MG são acionados por motor elétrico, em partida direta. Podemos observar que cada Booster de MG possui uma válvula de controle individual para auxiliar no alinhamento do mesmo à EMG.

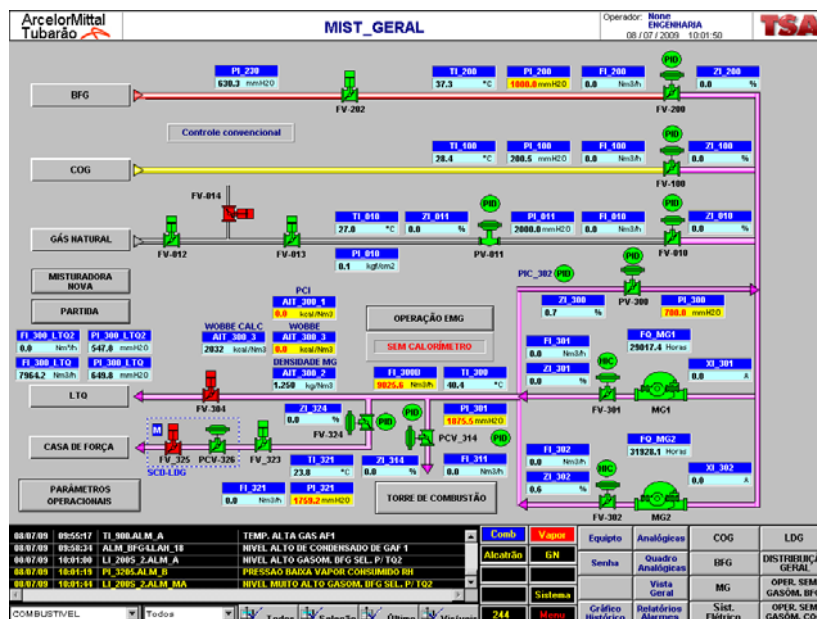


Figura 1 – Situação Atual da EMG.

O controle da EMG baseia-se em um controle por relação em função do valor de PCI (Poder Calorífico Inferior) a ser definido pelo operador. Em função dessa definição, as vazões de BFG e COG são estabelecidas pelos controles PID's de cada malha. Esses gases são injetados pelos Boosters para o header de MG do LTQ sem levar em consideração o consumo atual do mesmo. Em caso de reduções bruscas no consumo de MG pelo LTQ, a Misturadora não sofre nenhuma modificação em seu controle de injeção de gás, mantendo assim a vazão inicial. Como resultado disso, podemos observar um aumento de pressão no header de MG para o LTQ, caracterizando um enchimento da tubulação, em função da quantidade de gás enviado ser maior que a quantidade de gás consumido. Por essa razão, o sistema possui dois ramais que tem a função de interligar a EMG a dois consumidores eventuais: a Casa de Força e a Torre de MG.

Podemos verificar que inicialmente o sistema de controle determina a abertura da válvula de controle de pressão da Torre de MG, proporcionando assim a queima momentânea do excedente de gás. Depois esse excesso é transferido para a Casa de Força, até que o LTQ solicite uma vazão maior ou o operador diminua esse pedido de vazão. No entanto, como os Boosters necessitam de uma vazão mínima 20.000 Nm<sup>3</sup>/h para se manterem em funcionamento normal, obrigando assim que esse controle para a Casa de Força mantenha-se em operação.

No entanto, sempre que essas grandes variações ocorrem podemos verificar, com o aumento da pressão de sucção dos Boosters ocasionado pelo aumento de pressão de descarga dos mesmos, que o COG tem sua vazão interrompida, por possuir uma pressão baixa na sua linha. Podemos verificar outras dificuldades operacionais em função da atual estrutura da EMG:

- dificuldade de controle de pressão em função do perfil de consumo do forno, ocasionando perturbações na mistura (o aumento de pressão dificulta a injeção de COG);
- grande consumo de COG na mistura (o baixo PCI do BFG exige uma mistura com grande concentração de COG);
- paralelismo dos Boosters não eficaz (frequentemente apenas um dos Boosters está com carga, mesmo com ambos funcionando);

- partida da misturadora com COG (menor densidade. Os Boosters atuais vibram quando da partida com BFG);
- em função do grande consumo de COG na mistura, no momento de eventuais faltas do mesmo, se faz necessário utilização de grandes valores de Gás Natural.

A arquitetura do sistema de controle é composta por CLP's da Família 5 em redundância com racks remotos comunicando via rede Remote I/O, tendo um CLP da Família SLC-500 para cada Booster de MG. Como podemos ver, se trata de uma arquitetura complexa e que dificulta modificações principalmente nos CLP's dos Boosters por não permitirem acesso remoto aos mesmos.

Toda a área de interface entre os equipamentos tinha que ser enviada aos CLP's principais para disponibilização no sistema supervisor, centralizado no Centro de Utilidades. Esse tipo de sistema proporciona grande robustez por ter CPU's redundantes. Todavia, toda atualização executada no CLP Primário, deve ser executada também no CLP Secundário, já que essa atualização não é executada automaticamente na CPU redundante.

### 3 MODERNIZAÇÃO DA EMG

Com a implantação do segundo forno de aquecimento de placas do LTQ, o sistema SPDGM teve necessidade de ser expandido por não comportar em sua estrutura atual capacidade para suprir a quantidade de combustível solicitada pelos dois fornos do LTQ operando simultaneamente.

Juntamente com essa necessidade, a expansão do SPDGM tem como meta minimizar os principais problemas operacionais encontrados no sistema atual, já citados anteriormente.

#### 3.1 Modificações Físicas

A Figura 2 apresenta a área a ser instalada para o novo sistema SPDGM.

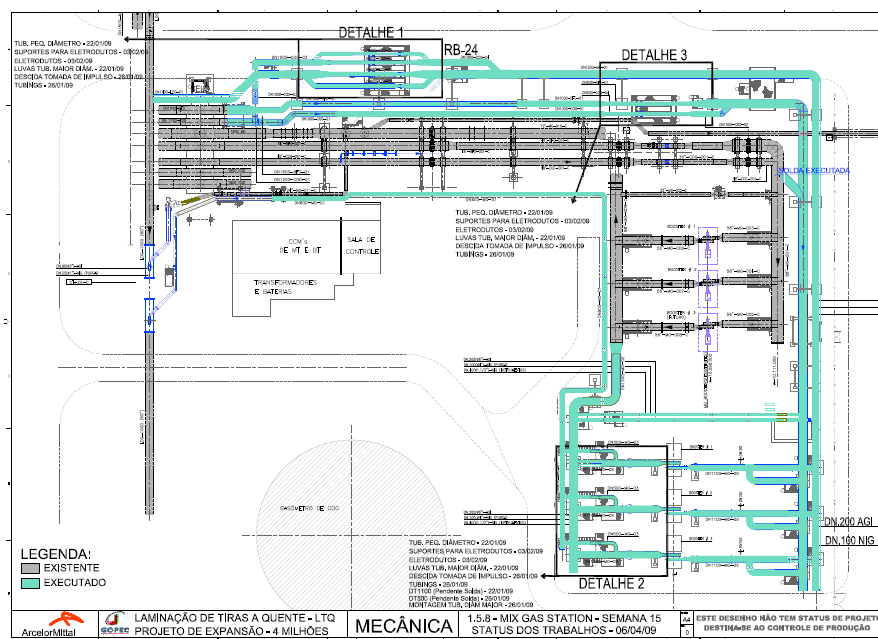


Figura 2 – Planta Geral da EMG – Atual e Nova.



Podemos verificar que o novo Sistema de Produção e Distribuição de Gás Misto encontra-se instalado na mesma localização do atual, visto que parte do antigo será reaproveitado. O novo sistema de SPDGM será basicamente dividido em:

- Misturadora 01: Composta por uma linha de LDG, interligada à sucção dos booster's, divididos em 2 ramais, paralelos entre si, de modo a facilitar os controles de relação com o gás COG, gás secundário. Cada ramo de LDG foi projetado para uma vazão de 40.000 Nm<sup>3</sup>/h. A linha de COG injetada na saída da rede de LDG também foi dividida em 2 ramais paralelos entre si. Cada ramo de COG foi projetado para uma vazão de 20.000 Nm<sup>3</sup>/h;
- Misturadora 02: Composta por uma linha de BFG, interligada à sucção dos booster's. Essa linha de BFG possui uma injeção de COG, gás secundário, para estabelecimento do controle da relação entre os mesmos. Cada um dos ramos de BFG e COG foi projetado para uma vazão de 25.000 Nm<sup>3</sup>/h. As linhas de BFG e COG existentes compõem o segundo ramo da Misturadora 02, também ajustados para uma vazão de 25.000Nm<sup>3</sup>/h em cada ramo;
- Misturadora 03: Composta por uma linha de GN para ser injetada na rede da Misturadora 02, tendo somente um ramo e controle de relação com os gases BFG e COG. O ramo de GN foi projetado para uma vazão de 6.000 Nm<sup>3</sup>/h;
- 03 Boosters de MG interligados por meio de selos de água para cada uma das Misturadoras;
- Os Boosters são acionados por motores elétricos, comandados por inversores de frequência e possuem uma válvula de descarga exclusiva para alinhamento com a CTE e com o LTQ;
- Cada Misturadora possui um *header* com a finalidade interligar sua com a sucção de cada um dos booster's;
- Instalação de uma estação de controle de pressão na linha de gás MG para o LTQ, composta por 2 válvulas de controle a serem instaladas em paralelo;
- Linha de MG a ser injetada na rede de gás LDG com o objetivo de alimentar a Caldeira 4 da CTE, para alívio de gás MG quando da ocorrência de alta pressão;
- Linha de MG (desvio) a ser injetada na rede de gás LDG que supre a Caldeira 4 da CTE, tem a finalidade desviar o gás misturado quando da partida do booster;
- A Torre de queima de MG será reaproveitada e tem o objetivo de aliviar a pressão do header de MG em caso de cortes bruscos no consumo de gás pelo LTQ;

### 3.2 Desafios do Novo Sistema de Controle da EMG

Conforme expansão citada acima, todo o sistema de controle teve a necessidade de ser remodelado para atendimento às novas condições de funcionamento. As Figuras 3, 4 e 5 representam o modelo simplificado de operação da nova EMG. Podemos observar que, conforme apresentado na Figura 3, em caso de uma operação estável, podemos verificar que as pressões de sucção e descarga dos Boosters são similares e que a vazão enviada ao LTQ é a soma das vazões enviadas por cada um dos Boosters. No entanto, analisando o perfil de operação dos Fornos do LTQ percebemos grandes variações de consumo em curtos intervalos de tempo. Por essa razão, dois tipos de eventos podem ser verificados. As Figuras 4 e 5 apresentam esses comportamentos.

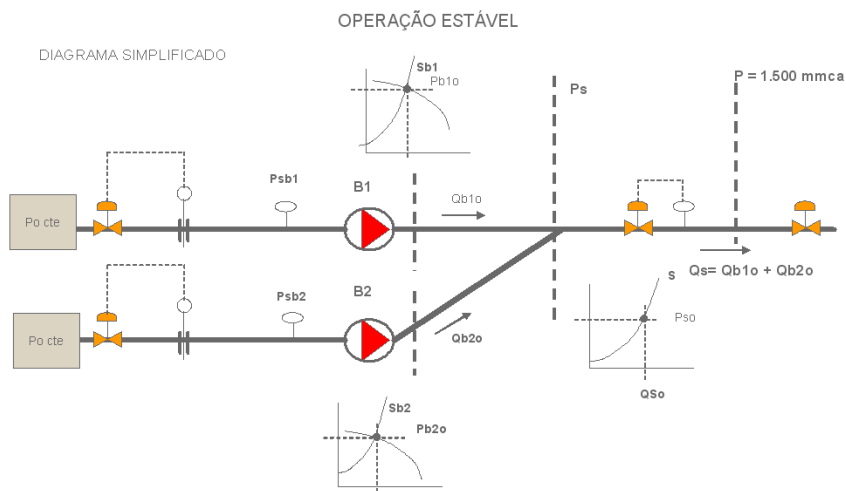


Figura 3 – Proposição de Operação – Condição Estável.

Como podemos observar na figura abaixo, em caso de aumento do consumo de MG pelo LTQ, esse evento será detectado pela redução da pressão  $P$ , localizada após a estação de controle de pressão. Com isso, seu controle determinará a abertura da válvula para injeção de gás com o intuito de normalizar essa redução. Com isso, a pressão  $P_s$  também sofrerá uma redução, determinando assim uma redução na pressão de descarga dos *Boosters*, o aumento de sua vazão de MG e redução da pressão de sucção dos mesmos. Com isso, as malhas de vazão aumentarão o valor enviado aos *Boosters* e esse processo será normalizado.

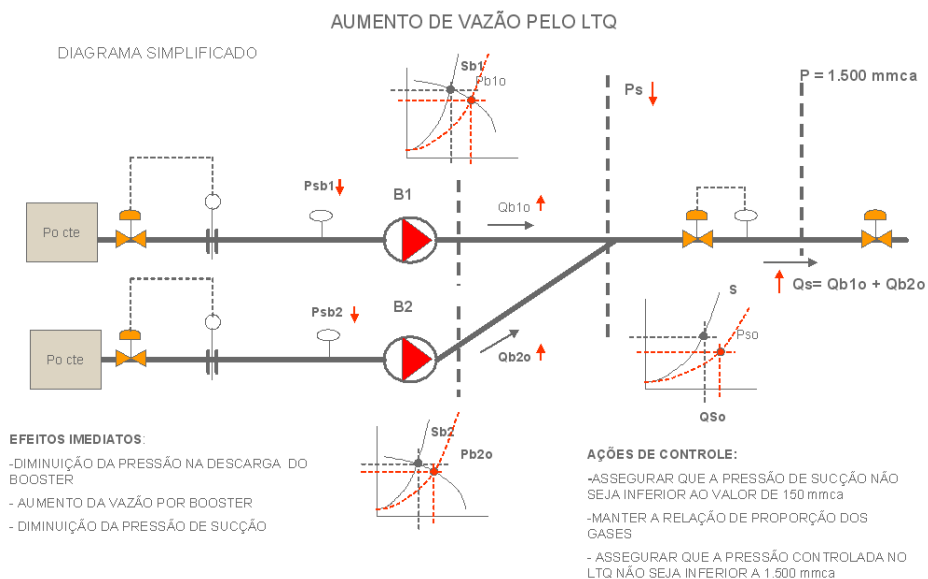
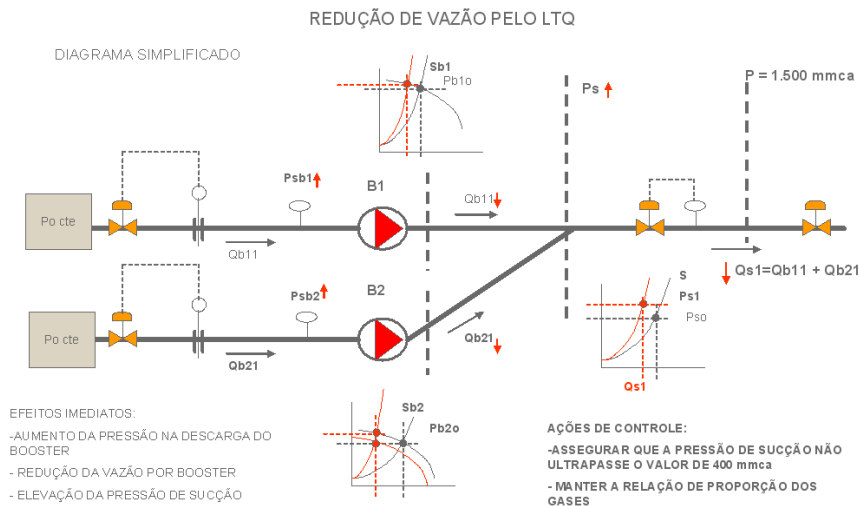


Figura 4 – Proposição de Operação – Aumento de consumo de MG do LTQ.

De maneira análoga, a Figura 5 representa uma situação de redução do consumo de MG pelo LTQ. Esse evento será detectado pelo aumento da pressão  $P$ , localizada após a estação de controle de pressão. Com isso, seu controle determinará o fechamento da válvula, diminuindo a injeção de gás com o intuito de normalizar essa variação, a pressão  $P_s$  também sofrerá uma elevação, determinando assim uma elevação na pressão de descarga dos *Boosters*, redução de sua vazão de MG e aumento da pressão de sucção dos mesmos. Com isso, as malhas de vazão diminuirão o valor enviado aos *Boosters* e esse processo será normalizado.



**Figura 5** – Proposição de Operação – Redução de consumo de MG do LTQ.

Podemos verificar dois grandes problemas em função desse tipo de operação proposta pelos fornos do LTQ:

- Nos casos onde há um aumento do consumo de MG, o grande problema encontra-se na pressão de sucção dos *Boosters*, em que esta não pode se tornar negativa. Esse efeito poderia proporcionar a entrada de ar em eventuais imperfeições nas linhas proporcionando riscos operacionais. Essa pressão deverá ser mantida em no mínimo 150mmCA, para obedecer às condições de cálculo atribuído aos *Boosters*;
- Como citado no caso de aumento de consumo, nos casos onde há uma redução de consumo de MG, o grande problema encontra-se na pressão de sucção dos *Boosters*, em que esta não pode assumir um valor elevado. Esse efeito poderia proporcionar o bloqueio na injeção de gás COG, visto que o *header* do mesmo possui pressão muito baixa. Esse evento, no entanto, é de solução mais complicada, visto que o gás que já está na tubulação precisa ser consumido. A atuação do controle reduzindo essa injeção não soluciona completamente o problema. Para tanto, o sistema possui uma linha para a Torre de MG que queimará este gás, criando um consumidor momentâneo, além de um ramal que poderá desviar o excedente de gás para as caldeiras das CTE's. Essa pressão deverá ser mantida em no máximo 400mmCA, para garantir a injeção de COG e a qualidade das misturas baseadas na relação entre os gases;

### 3 O PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DA EMG

O escopo de fornecimento do projeto para implantação da nova EMG contemplou:

- consolidação da engenharia básica desenvolvida pela ArcelorMittal Tubarão;
- especificação e fornecimento de equipamentos, hardware de CLP, redes e painéis, instrumentos e materiais de montagem;
- projeto detalhado para instalações dos novos equipamentos;
- implementação dos novos aplicativos dos CLP's e Supervisório;
- testes de plataforma com simulação completa da operação das áreas;
- montagem elétrica do novo sistema;
- integração com os sistemas PIMS e PROCOM;
- comissionamento, testes, "start-up" e operação assistida;

- desmontagem do sistema antigo;
- treinamento das equipes de manutenção da CST; e

As soluções adotadas para a adequação do sistema de controle e supervisão da nova EMG, considerando a nova capacidade, a performance requerida e o grau de robustez exigido para o novo ritmo operacional, contemplaram basicamente:

- inclusão das telas de operação da nova EMG no sistema de supervisão atual;
- instalação de novo *switch* para interligação com a rede Ethernet 100 Mbps existente para comunicação dos novos CLPs com o sistema supervisor e também com os sistemas do PROCOM e PIMS;
- modernização das redes de comunicação entre controladores e remotas, com utilização de rede ControlNet, do tipo determinística de alta velocidade;
- substituição dos CLP's Família PLC-5 por CLP's ControlLogix da Rockwell Automation. A Figura 6 mostra a configuração dos CLPs;
- acionamentos de motores para CCM's Inteligentes em rede devicenet, disponibilizando maior quantidade de informações sobre as condições operacionais dos motores;
- substituição dos acionamentos em partida-direta dos antigos *Boosters* para acionamento por meio de inversor de freqüência em rede devicenet para acionamento dos novos conjuntos Motor-Booster;

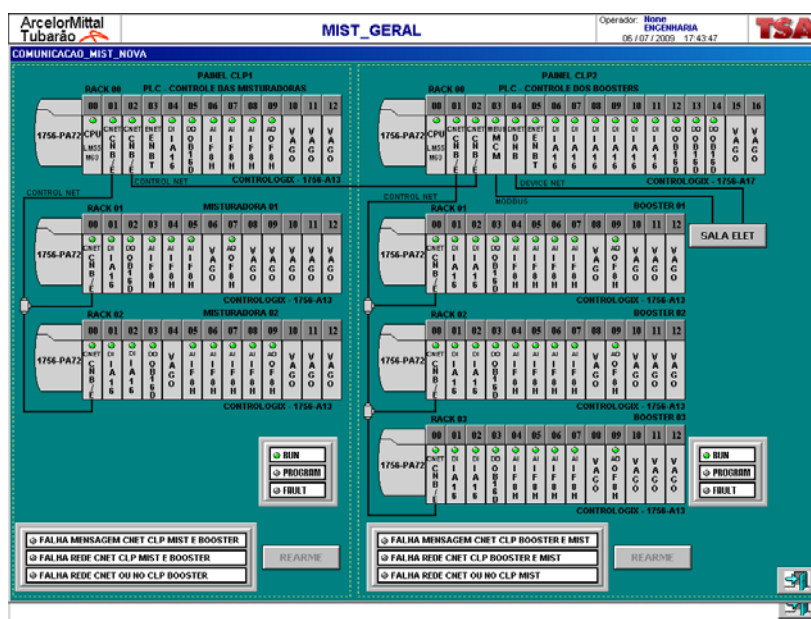


Figura 6 – Configuração do Hardware dos CLP's.

- reengenharia de alarmes, focando:
  - agrupamento dos alarmes por área;
  - agrupamento em grupos de prioridade ou severidade (emergenciais, graves, leves);
  - definição de novo formato da tela de exibição de alarmes, incluindo consultas por área, prioridade, período;
  - implementação de lógicas para evitar sinalização de alarmes que ocorrem por consequência de um outro alarme,
  - revisão e ajuste das faixas de alarmes; e
  - redução do número de alarmes configurados, considerando a sua relevância para o processo, retirando os alarmes redundantes.



A nova arquitetura implantada na EMG é baseada na utilização de CLP's ControlLogix em arquitetura sem redundância, visto que não se registra um número significativo de falhas em CPU's que justifique tal utilização (O custo é muito alto, sem grandes ganhos de produção). Podemos verificar que a arquitetura foi dividida em duas CPU's:

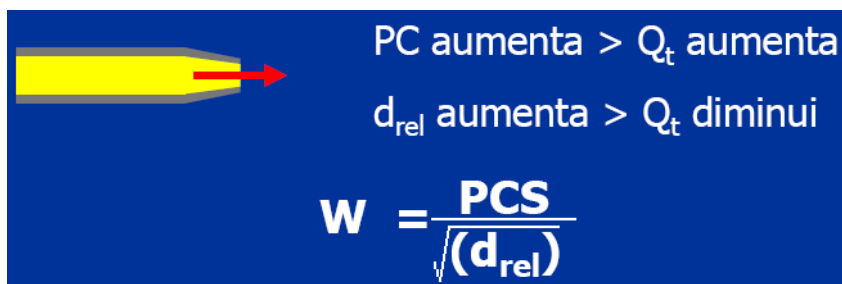
- CLP1 – CLP Controle das Misturadoras – O CLP foi dividido em três *racks* obedecendo o seguinte critério:
  - *Rack 0* – Controle Geral da Misturadora
  - *Rack 1* – Controle da Misturadora 01;
  - *Rack 2* – Controle da Misturadora 02.
- CLP2 – CLP Controle dos *Boosters* – O CLP foi dividido em três *racks* obedecendo o seguinte critério:
  - *Rack 0* – Controle Geral dos *Boosters*;
  - *Rack 1* – Controle do *Booster* 01;
  - *Rack 2* – Controle do *Booster* 02;
  - *Rack 3* – Controle do *Booster* 03.

Uma observação importante é que toda a interface entre os controladores foi feita por meio de comunicação em rede Controlnet dedicada. Outro ponto importante é que foram elaboradas lógicas de intertravamento entre as CPU's por meio de entradas e saídas digitais.

#### 4 FILOSOFIA DE CONTROLE DA NOVA EMG

Conforme descrito anteriormente, a nova EMG tem como função o fornecimento de gás misto para os dois fornos de aquecimento de placas do LTQ. Esse fornecimento deve obedecer basicamente as seguintes premissas:

Toda a vazão enviada ao LTQ deve ter uma pressão mínima de 1.500 mmCA com um Índice de Wobbe de aproximadamente 3.000 kcal/Nm<sup>3</sup>. O Índice do Wobbe (IW) foi utilizado como referência por expressar, através de um valor numérico, a vazão térmica (Qt) através de um orifício submetido a uma pressão diferencial. O índice de Wobbe é determinado pela seguinte relação:



PC aumenta >  $Q_t$  aumenta  
 $d_{rel}$  aumenta >  $Q_t$  diminui

$$W = \frac{PCS}{\sqrt{(d_{rel})}}$$

Figura 7 – Determinação do valor do índice de Wobbe.

A vantagem de se utilizar o índice de wobbe em nossa aplicação é que, mesmo com das misturas de gases diferentes, tendo estas o mesmo índice de wobbe, podemos considerar que a vazão térmica transmitida por essas misturas é a mesma.

A Figura 8 apresenta a tela geral do sistema de supervisão da nova EMG. Como podemos observar, a filosofia de controle determina basicamente dois tipos de mistura de gases, denominadas Misturadoras 01 e 02. Como indicado na figura abaixo, o Controle da Misturadora 01 proporciona a utilização dos gases LDG e COG. Já a Misturadora 02 a utilização de BFG, COG e GN eventualmente.

Conforme dito anteriormente, o objetivo da nova EMG é proporcionar o suprimento de MG com índice de wobbe e pressão bem definidas. Em função do controle da mistura ser dividido conforme citado acima, cada uma delas possui um analisador para verificar que o valor do Índice de Wobbe real encontra-se em conformidade com o solicitado pelo operador e corrigido em caso de eventual variação deste, conforme indicado na Figura 9 (AIT-302).

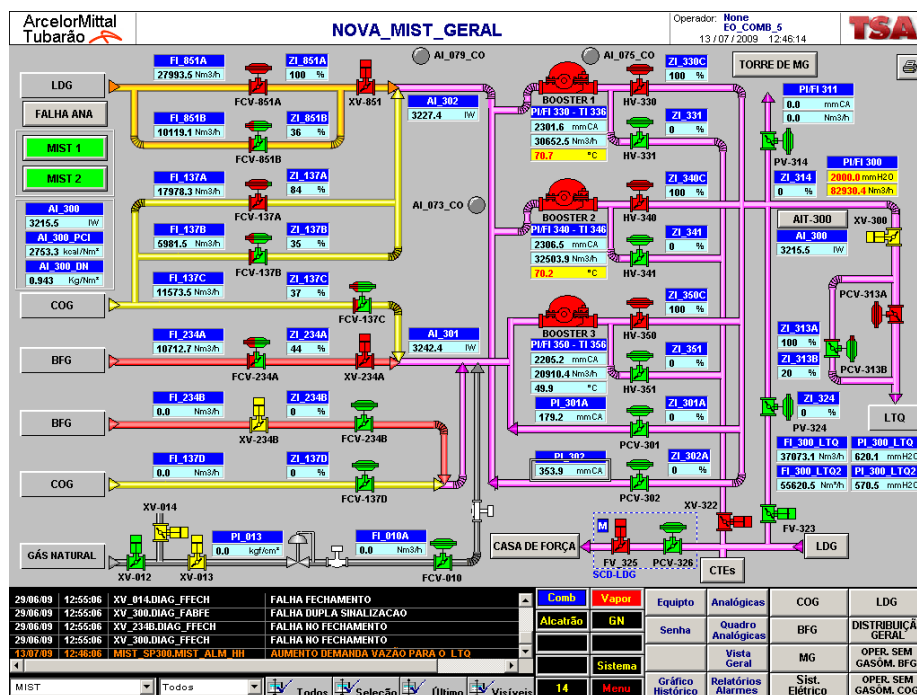


Figura 8 – Tela Geral da nova EMG

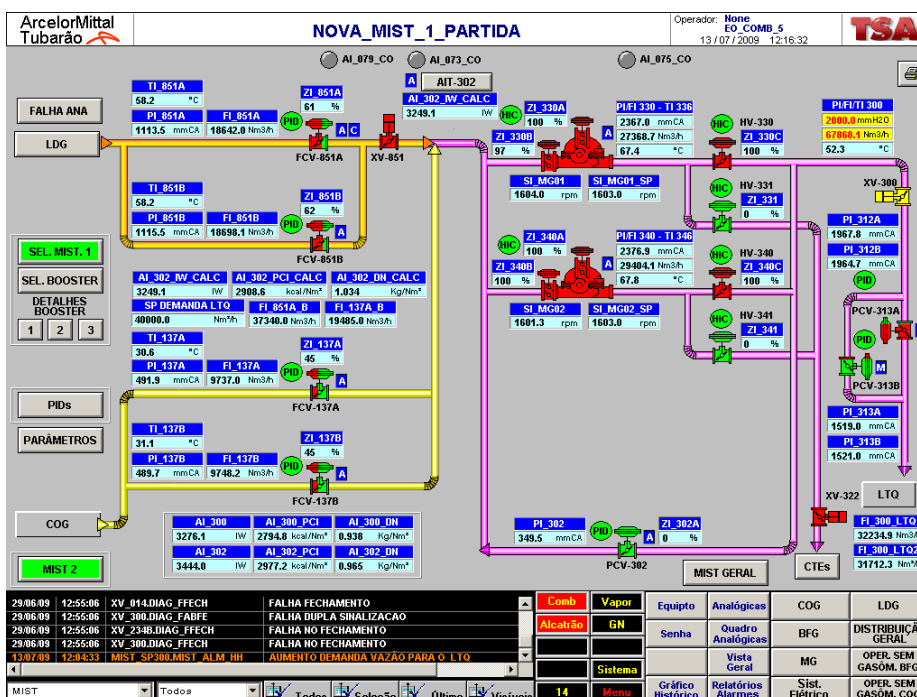


Figura 9 – Tela de Operação da Misturadora 01.

Para tanto, o projeto foi concebido de maneira a determinar a correção do valor do Índice de Wobbe em função do gás secundário, o COG, por ter maior PC (Poder

Calorífico) se comparado ao LDG (Misturadora 01) e BFG (Misturadora 02). Sendo assim, sempre que determinados os valores do IW da mistura e o valor de vazão do gás primário, o controle determinará o valor de vazão do COG (gás secundário) para atendimento dessa mistura e esse pedido será enviado ao PID para controle vazão. Com isso, todas as demais ações de controle para garantia do fornecimento de gás deverão ser tomadas sobre o gás primário, visto que o controle citado acima corrigirá a injeção do gás secundário para atendimento das características da mistura (IW).

A filosofia de controle da nova EMG disponibiliza duas formas de se operar as misturadoras:

- **CONTROLE DE PRESSÃO** - atenderá a demanda dos consumidores, controlando e mantendo uma pressão constante na rede de MG, bem como o valor de "IW" da mistura. Esse modo de controle só pode ser selecionado para uma das misturadoras em caso de operação simultânea;
- **CONTROLE DE VAZÃO** - Contribuirá com uma vazão constante e IW requerido para a demanda dos consumidores. No entanto, essa vazão não objetiva manter a pressão da rede de MG constante, por não variar em função da demanda do consumidor de MG. Esse modo de controle pode ser selecionado por ambas as misturadoras em caso de operação simultânea;

Com a utilização do controle de pressão, poderemos determinar as variações de consumo em função da alteração do valor da pressão a montante da redutora e assim determinar novos valores de vazão dos gases para atendimento dessa demanda.

As Figuras 10 e 11 apresentam as telas de detalhamento dos controles das Misturadoras 01 e 02.

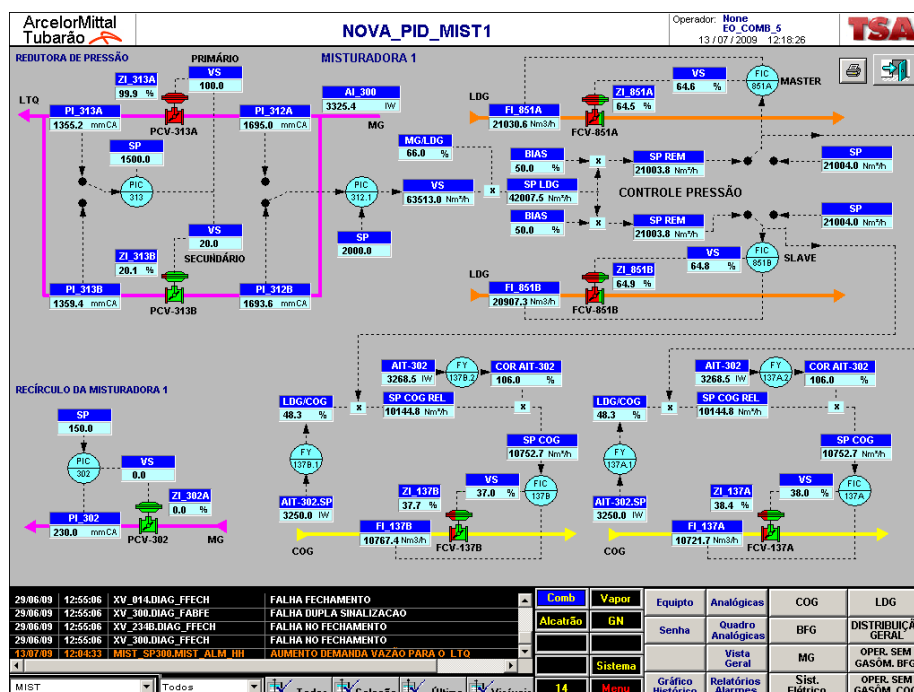


Figura 10 – Tela de detalhe do Controle da Misturadora 01.

Conforme indicado na figura acima, a Misturadora 01 está atualmente operando em modo de controle de pressão. Podemos verificar que o operador solicitou um S.P. (Set Point) de pressão a montante da Redutora de Pressão de 2.000 mmCA. Conforme também indicado na tela, o valor da pressão atual da mesma é de 1.695

mmCA. Isso determina um aumento na demanda de MG do LTQ, refletindo em uma redução dessa pressão. Esse efeito pode ser observado também pela correção proposta pela Estação Redutora de Pressão que determinou a abertura de suas válvulas de modo a corrigir a pressão abaixo do solicitado para o *header* de MG para o LTQ.

Podemos verificar que o controlador de pressão PIC312-1, também denominado de controlador *Master*, determinou um envio de  $65.513 \text{ Nm}^3/\text{h}$  de gás MG, para correção desse aumento de demanda. Podemos verificar que esse valor de MG é multiplicado por uma relação entre o gás primário, nesse caso o LDG, e o valor total de gás MG a ser injetado pela Misturadora 01. Esse percentual é definido, conforme abordado anteriormente pela malha de controle do analisador de gás, conforme indicado nas malhas de gás COG.

Em função do valor de IW solicitado pelo operador, no caso  $3.250 \text{ kcal}/\text{Nm}^3$ , a relação entre os gases LDG/COG determinou a composição citada. Sendo assim, o sistema de controle determinou uma vazão de LDG, para o IW solicitado de  $42.007,05 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . Podemos verificar que o sistema, por possuir duas válvulas em paralelo, determina também o percentual de vazão para cada uma das malhas. Esse controle tem o objetivo de manter as válvulas operando, sempre que possível, em sua região linear, melhorando assim, a atuação das mesmas.

Por isso, podemos verificar um S.P. de vazão de  $21.003,08 \text{ Nm}^3/\text{h}$  para cada um dos controladores de vazão de LDG. De maneira similar, o pedido de COG, também foi dividido em conformidade com o gás principal, tendo então um S.P. de vazão de  $10.144,08 \text{ Nm}^3/\text{h}$  para cada um dos controladores de vazão.

Observando a malha de correção do COG, podemos verificar que o controle de IW determinou um pedido de SP de vazão de COG de aproximadamente 48% do valor de vazão de LDG. No entanto, após atuação do analisador, foi solicitada a correção de 6% de vazão de COG a mais que o solicitado pela relação. É importante observar que o controle de IW não opera continuamente, e sim em bandas em função do atraso entre a correção e a análise efetivamente executada pelo analisador. Essas bandas foram estabelecidas em conformidade com os limites de valor de IW permitidos pelo forno (Aproximadamente  $\pm 50 \text{ kcal}/\text{Nm}^3$  com relação ao S.P.).

Após a determinação dos valores de vazão de MG da Misturadora, é determinado então o S.P. de Rotação a ser enviado para o inversor dos Boosters associados a essa Misturadora. É importante observar que cada Misturadora pode operar com mais de um Booster por vez, no entanto, cada Booster opera exclusivamente para uma Misturadora a cada instante.

O Set Point de Rotação dos Boosters é definido em função da vazão solicitada. Essa correlação é estabelecida em função das curvas de cada um destes, levantadas, inicialmente nos testes de fábrica e depois confirmadas em campo.

O Controle determina a quantidade de Boosters funcionando para determinada Misturadora e divide esse pedido de vazão, determinando a mesma rotação para as máquinas. Com isso, os Boosters operam em paralelo normalmente, sem os problemas citados na atual Misturadora.

Podemos verificar na Figura 9 a presença de um controle de pressão de sucção dos Boosters, atuando na abertura da válvula de *by pass* do *header* da Misturadora. É importante observar que esse *by pass* é comum para todos os Boosters que estiverem operando em uma mesma Misturadora.

No entanto, o controle de pressão citado acima é que tem a maior responsabilidade de garantir que a pressão de sucção dos Boosters não varie muito, já que este corrige as eventuais variações na demanda dos Fornos. No entanto, é importante



observar que, em casos de cortes muito bruscos no envio de gás para o forno, a torre de MG, indicada também na Figura 8, tem grande importância na atuação imediata no consumo do gás já injetado na tubulação e que invariavelmente precisa ser consumido para que essa pressão diminua no momento da injeção de uma quantidade inferior de gás determinado pelo controle de pressão.

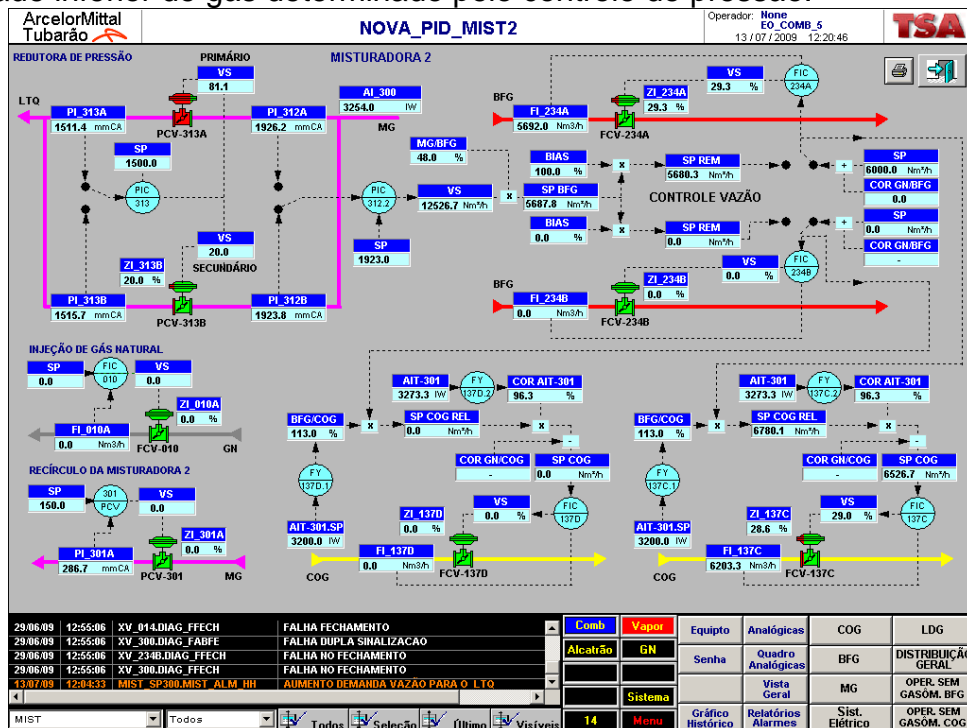


Figura 11 – Tela de detalhe do Controle da Misturadora 02.

A Figura 11 apresenta a tela de detalhamento de controle da Misturadora 02. Como podemos observar, a Misturadora 02 tem as mesmas funções de controle da Misturadora 01, além da disponibilidade de uso do gás natural na eventual ausência de COG. No exemplo apresentado na figura acima, a Misturadora 02 está operando em controle de vazão. Podemos verificar que toda a malha do controle de pressão está desabilitada e que o operador simplesmente define o valor do Set Point de vazão de cada ramo do gás primário.

No entanto, como citado no controle de pressão, todo o ajuste do Set Point de vazão do gás secundário continua em função do valor de IW definido e portanto, sem atuação do operador no valor de vazão do gás secundário.

Um fator muito importante desse sistema é que, como toda a mistura é baseada no valor do Índice de Wobbe, as características dos gases não tem interferência na operação do forno, se este parâmetro se mantiver inalterado. Abaixo os valores de densidade, PCI e IW dos gases produzidos pelas Misturadoras 01 e 02:

Tabela 1. Dados de processo

Características	Misturadora 01 (LDG/COG)	Misturadora 02 (BFG/COG)
Peso Específico (kg/Nm <sup>3</sup> )	1,08	0,93
Densidade relativa	0,84	0,72
PCI (kcal/Nm <sup>3</sup> )	2800	2600
IW (kcal/Nm <sup>3</sup> )	3060	3060

A Figura 12 apresenta a tela de operação da Misturadora 02.

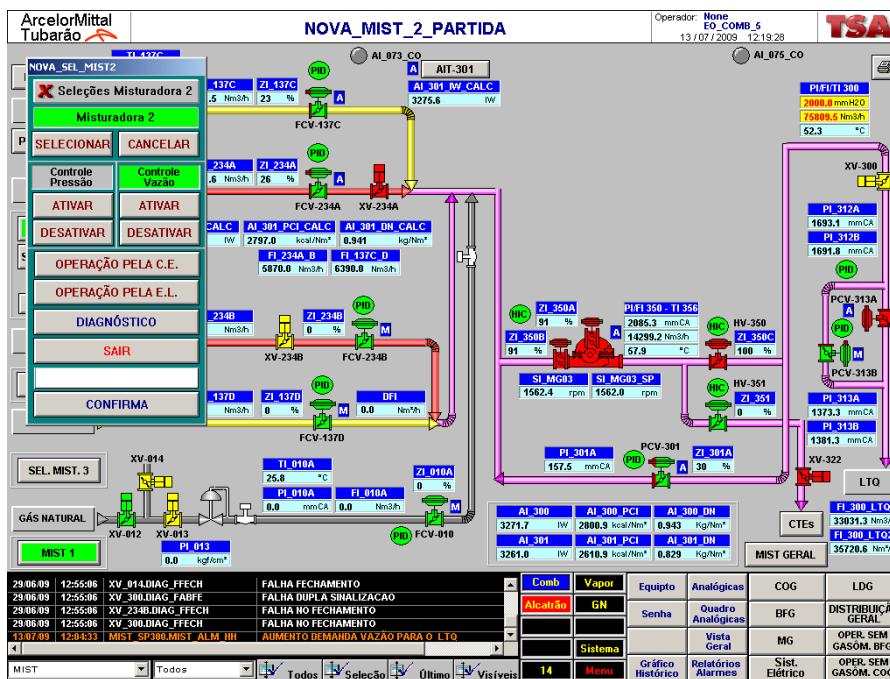


Figura 12 – Tela de Operação da Misturadora 02.

## 5 A METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DO NOVO SISTEMA

A TSA elaborou, junto com o corpo técnico da ArcelorMittal Tubarão, um arrojado plano de implantação por etapas. O desafio era inicialmente permitir a operação da nova Estação Misturadora de Gases, e após a consolidação da mesma junto ao LTQ e operação do Centro de Utilidades, executar a retirada na EMG atual. Para tanto, após a conclusão da montagem, a TSA em conjunto com a ArcelorMittal Tubarão realizou todo o comissionamento da planta. Esses foram divididos em quatro etapas:

- Volume 0 – verificação da instalação da instrumentação conforme proposto em projeto, teste bit a bit de todos os sinais de interface com a planta e testes preparatórios da planta (verificação de sistema de lubrificação, água, estanqueidade e flushing das tubulações etc);
- Volume 1 – teste funcional da instrumentação por meio de injeção de sinal nos elementos sensores de forma a validar toda a malha de controle (utilização de bombas para injeção de pressão e década resistiva para simulação dos RTDs) e testes de performance dos Boosters e válvulas de controle;
- Volume 2 – Testes a quente enviando gás para a CTE;
- Volume 3 – Partida para o LTQ.

Durante os testes do volume 02, foram realizados os ajustes das malhas PID por meio do método da identificação do processo através da resposta a um degrau. Para identificação das funções de transferência das malhas de controle, o método citado determina o seguinte procedimento:

- historiar a MV e a PV em uma amostragem rápida;
- estabilizar a PV em torno do ponto de operação;
- efetuar um degrau na MV. O degrau tem que ser suficientemente grande afim de obter uma curva de reação analisável;
- obter o modelo de 1 ordem baseado em :  
• Broida (28% e 40%), ou

- ISA (28% e 63%).

Para tanto, executamos os seguintes passos:

- armazenamento dos valores de MV e a PV em uma amostragem rápida por meio dos gráficos históricos do próprio CLP ControlLogix com base de tempo de 100ms;
- aguardamos a estabilização da PV em torno do ponto de operação;
- efetuamos um degrau incremento na MV. O degrau tem que ser suficientemente grande afim de obter uma curva de reação analisável;
- aguardamos nova estabilização da PV em torno do ponto de operação;
- efetuamos um degrau decremento na MV. O degrau tem que ser suficientemente grande afim de obter uma curva de reação analisável;
- aguardamos nova estabilização da PV em torno do ponto de operação;
- após esse armazenamento, para maior agilidade nos cálculos, a ArcelorMittal Tubarão disponibilizou sua ferramenta Matlab.

## 6 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 juntamente com a ArcelorMittal Tubarão, contemplando todas as premissas relativas ao comissionamento, não só referentes à automação, mas também considerando as atividades que seriam realizadas pelas demais disciplinas envolvidas (mecânica, elétrica, civil, instrumentação, etc.), seus prazos, prioridades e interferências com o trabalho da Automação.
- Realização de um comissionamento detalhado e abrangente:  
Execução de todas as etapas do comissionamento, permitindo que eventuais desvios fossem corrigidos, garantindo confiabilidade ao sistema no momento da partida da planta;
- Acompanhamento, monitoração e controle contínuo da execução dos serviços durante a montagem e comissionamento, permitindo ações imediatas, caso fosse identificado qualquer problema que pudesse impactar no cronograma das implantações;
- Apoio e participação efetiva das equipes da ArcelorMittal Tubarão, 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 viessem a ocorrer nas implantações, não houve, em nenhuma delas, a necessidade de fazer uso dessas alternativas e voltar o controle da EMG antiga. Evidentemente, se as medidas de contingências tivessem de ser aplicadas seriam “perdas” implantações previstas, o que não estaria de acordo com o idealizado, pois acarretariam em atrasos no cronograma da implantação, impactando e onerando o empreendimento, o que, certamente, afetaria todos os envolvidos. O fator que exemplifica o sucesso do empreendimento, foi a facilidade e a naturalidade que a equipe da ArcelorMittal Tubarão assumiu a operação da planta, liberando inclusive a equipe de apoio do acompanhamento integral após 48 horas de operação, entrando no regime de acompanhamento em horário administrativo na ArcelorMittal Tubarão e plantão nos demais turnos ao longo dos 30 dias de operação assistida.

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

- Diminuição do problema de injeção de COG quando da ocorrência de cortes no consumo do LTQ;
- Redução do consumo de COG pela misturadora disponibilizando-o para as demais áreas que o utilizam;
- Redução do consumo de GN, em função da redução da utilização de COG;
- O paralelismo de operação dos Boosters é eficaz, facilitando a divisão de carga entre os mesmos, preservando o equipamento;
- A Misturadora é partida pelo gás prioritário, economizando assim novamente o COG, visto que os novos Booster é imune a vibrações quando da utilização de um gás de densidade maior Partida da Misturadora com COG;
- Por possuir uma arquitetura simples, e sua configuração ter sido elaborada de maneira clara, identificando as lógicas por setor e a criação de tags de maneira padronizada, os CLP's implantados foram rapidamente assimilados pela equipe de manutenção;
- O sistema de controle encontra-se com um carregamento muito baixo, com excelente tempo de scan da CPU, facilitando a performance do sistema e disponibilidade para eventuais implementações futuras
- Facilidade de integração com outros sistemas  
A grande tarefa dos sistemas de automação atualmente é permitir uma integração com os demais sistemas das empresas, de forma que os dados possam ser tratados com o foco de cada área, tirando a tarefa de configuração dos relatórios do sistema de supervisão. Toda informação pode atualmente ser disponibilizada diretamente pelo CLP;
- Diminuição do tempo para ações corretivas ou inclusão de novas funcionalidades em consequência da melhoria proporcionada com a troca dos CLPs;
- Diminuição do tempo de identificação das causas de falhas de equipamentos e redução do tempo para solucionar os problemas, devido ao eficiente gerenciamento das informações. A melhoria do tratamento da informação no aplicativo do CLP e a classificação das informações em estados, diagnósticos e intertravamentos permitem ao operador informar à manutenção exatamente onde e qual a anormalidade;
- Reengenharia de alarme  
Redução do número de alarmes, fornecendo apenas informações relevantes para o processo, agilizando a detecção de falhas e ações corretivas.

## 7 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 fornecedores e são marcados pelo grande envolvimento das equipes de ambos, sendo praticamente implantados "a quatro mãos" numa relação de autêntica parceria.