

AUTOMAÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS DA ACIARIA, REFERENTES AO REFINO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DA CSN (CIA SIDERURGICA NACIONAL)¹

*Fernando da Rocha Vieira Pinto*²
*Mac Donald de Souza Arruda*²
*Archimar Mattoso Prati*²
*Fábio Oliveira da Silva*³
*Leonardo Felipe da Silva Teixeira*³

Resumo

O novo Sistema de Automação dos Modelos Matemáticos da Aciaria foi criado a partir da necessidade de adição de novos modelos matemáticos nos setores, primário e secundário. Desta forma promovemos uma reengenharia de software e hardware no sistema antigo, de forma a prover um sistema de arquitetura aberta. O novo sistema, além de melhorar as funcionalidades dos modelos já existentes e proporcionar a rastreabilidade das informações, incorporou novos modelos, proporcionando informações de qualidade para os processos de tratamentos sucedâneos aos conversores, agregando maior produtividade e economia. As informações dos processos anteriores agora são disponibilizadas nas estações de trabalho dos setores secundários.

Palavras-chave: Modelo; Refino; Primario; Secundario.

AUTOMATION OF BLAST OXYGEN FURNACE MATHEMATICAL MODELS, REGARDING PRIMARY AND SECONDARY REFINING OF CSN (CIA SIDERURGICA NACIONAL)

Abstract

The new system of the automation of blast oxygen furnace mathematical models was created based on the need to include new mathematical models in primary and secondary refining sectors. Thereby a software and hardware reengineering was introduced in the old system, in order to provide an open system architecture. The new system, as well as improve the existing models functionality and providing information traceability, incorporate new models, providing quality information to the processes of treatments substitutes to converters, increasing productivity and cost savings. The information of the previous process steps, are now available on the workstations of secondary refining sectors.

Keywords: Model; Refining; Primary; Secondary.

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

² *Especialista de Tecnologia da Informação - Companhia Siderúrgica Nacional*

³ *Analista de Tecnologia da Informação - Companhia Siderúrgica Nacional*

1 INTRODUÇÃO

Um dos efeitos colaterais da evolução tecnológica é a obsolescência rápida dos sistemas dedicados, ou seja, sistemas desenvolvidos para plataformas de hardware e software específicas. Equipamentos e sistemas que outrora eram o estado da arte, em termos de tecnologia, hoje são um obstáculo para a evolução dos modelos matemáticos no processo da fabricação do aço, no que diz respeito à produtividade, economia e a qualidade do produto final. Esse é o caso do Sistema de Automação dos Modelos Matemáticos da Aciaria existente. Uma aplicação com IHM engessado, residente em uma estrutura de hardware e rede obsoletos e descontinuados pelo fabricante.

2 ENTENDIMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL

O Sistema de Automação dos Modelos Matemáticos da Aciaria é composto de um Servidor Primário denominado “Procom da Aciaria” e um Servidor Secundário denominado “Procom RH/FP”, utilizando softwares aplicativos, cuja funcionalidade é realizar cálculos com base em modelos matemáticos específicos, integrados com as informações oriundas dos níveis de chão de fábrica (Nível 1), bem como, validação dos cálculos pelo IHM do operador, armazenamento em bancos de dados RDB/Oracle e Oracle, envio de setpoints aos níveis de chão de fábrica e históricos aos sistemas corporativos, como MES (Manufactory Execution System), PI (PIMS - *Plant Information Management System*) e RTPM (*Real Time Performance Management*).

A estação de IHM funciona em um hardware e rede de estruturas obsoletas, com base no sistema operacional Windows 95 e conectados diretamente aos servidores, primário e secundário, por intermédio de um terminal service. Tudo isso faz com que seja necessário um upgrade, principalmente em relação à segurança lógica das informações de processo. Desta forma com essas restrições, as informações dos processos, armazenadas nos bancos de dados, não podem ser tratadas e apresentadas, principalmente em telas gráficas.

3 SOLUÇÃO APRESENTADA

Em vista da necessidade de atender o escopo de solicitações da Engenharia de Processo, tais como: adição de novos modelos, geração de telas gráficas, telas de engenharia com parametrização e especificação de graus de aço, rastreabilidade de corridas e informações do processo anterior, a CSN procurou no mercado, alternativas de solução pronta, que atendesse ao escopo solicitado. Por não existir um produto pronto para este fim, definiu-se que deveria ser desenvolvido um novo aplicativo na arquitetura cliente-servidor, utilizando um software de desenvolvimento com tecnologia recente para as novas estações IHM e a manutenção do protocolo de comunicação Bea Message Queue (BMQ), da linguagem de programação Fortran e bancos dados, com base no sistema operacional OpenVms, para os servidores Procom Aciaria e Procom RH/FP.

Desta forma, buscou-se no mercado a contratação de uma empresa que tivesse o conhecimento necessário sobre esses produtos, bem como, experiência em projetos de Automação de Processos. Realizada a contratação, iniciou-se então o desenvolvimento de um novo aplicativo de software que tivesse as funcionalidades do escopo solicitado pela Engenharia de Processo. Assim, partiu-se para o

desenvolvimento do aplicativo da nova IHM padrão, para todas as estações de operação dos setores primário e secundário, bem como, da engenharia de processo e manutenção.

A viabilidade do projeto dependia, fundamentalmente, do protocolo de comunicação entre as estações de trabalho e os servidores, principalmente em relação ao tempo de atualização de telas e acesso ao banco de dados, bem como, da troca da estrutura de hardware/software das estações e rede local.

4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

O desenvolvimento do novo Sistema de Automação dos Modelos Matemáticos da Aciaria foi realizado dentro das mais recentes tecnologias de desenvolvimento de software, utilizando-se a arquitetura cliente-servidor, como forma de isolamento entre camadas, Visual Studio 2005 (.Net) e protocolo de comunicação *Bea Message Queue* (BMQ) para as estações de operação, engenharia e manutenção.

As estações de operação (IHM) têm um diálogo constante com os servidores, principalmente em relação ao modelo de coordenação (gerenciamento da produção de aço da aciaria), onde apresenta em tela, a situação da produção diária, em tempo real. Em relação aos modelos de produção de aço (setor primário) e modelos de tratamentos de aço (setores secundários), tal diálogo ocorre na requisição de informações das corridas para realização de cálculos, com base nos modelos específicos de cada fase, para cada setor em questão, ocorre também abertura automática de telas, disparadas por eventos recebidos do Nível1, e por fim a requisição de validação destes cálculos, com armazenamento nos respectivos bancos de dados dos servidores. Outra funcionalidade é permitir ao operador do setor secundário, visualizar as informações do processo anterior, já concluído.

Também se objetivou o desenvolvimento de um aplicativo para as estações de engenharia (IHM), com telas específicas, que proporcionam a Engenharia de Processo, realizar parametrizações dos modelos (setores primário e secundário), bem como, a criação/remoção/alteração da especificação de graus de aço e também a rastreabilidade de corridas terminadas no setor primário e secundário.

O desenvolvimento do software aplicativo para as estações IHM, foi feito com o Visual Studio 2005(.Net) e migração para o Visual Studio 2008 (Dot Net), com base no sistema operacional Windows XP/sp3, e os aplicativos referentes aos modelos matemáticos em Fortran, com base no sistema operacional OpenVms/v7.3.1, e mantida a comunicação com o Nível1 via Interchange/v6.2.

Resumindo, as características do novo Sistema de Automação dos Modelos Matemáticos da Aciaria, são as seguintes:

- arquitetura cliente-servidor nas estações de operação e engenharia;
- desenvolvimento do software em Visual Studio Dot Net;
- armazenamento dos dados em bancos RDB/Oracle e Oracle;
- utilização do protocolo BMQ, nas estações de operação;
- comunicação com Nível1 via Interchange;
- utilização da ferramenta OWC (Office Web Components) para gráficos nas estações de operação e engenharia (IHM);
- inclusão das estações nas normas de segurança lógica; e
- utilização de virtualização, com a criação do servidor virtual de estações de trabalho.

A Figura 1 mostra o desenho da arquitetura de hardware do Novo Sistema de Automação dos Modelos Matemáticos da Aciaria:

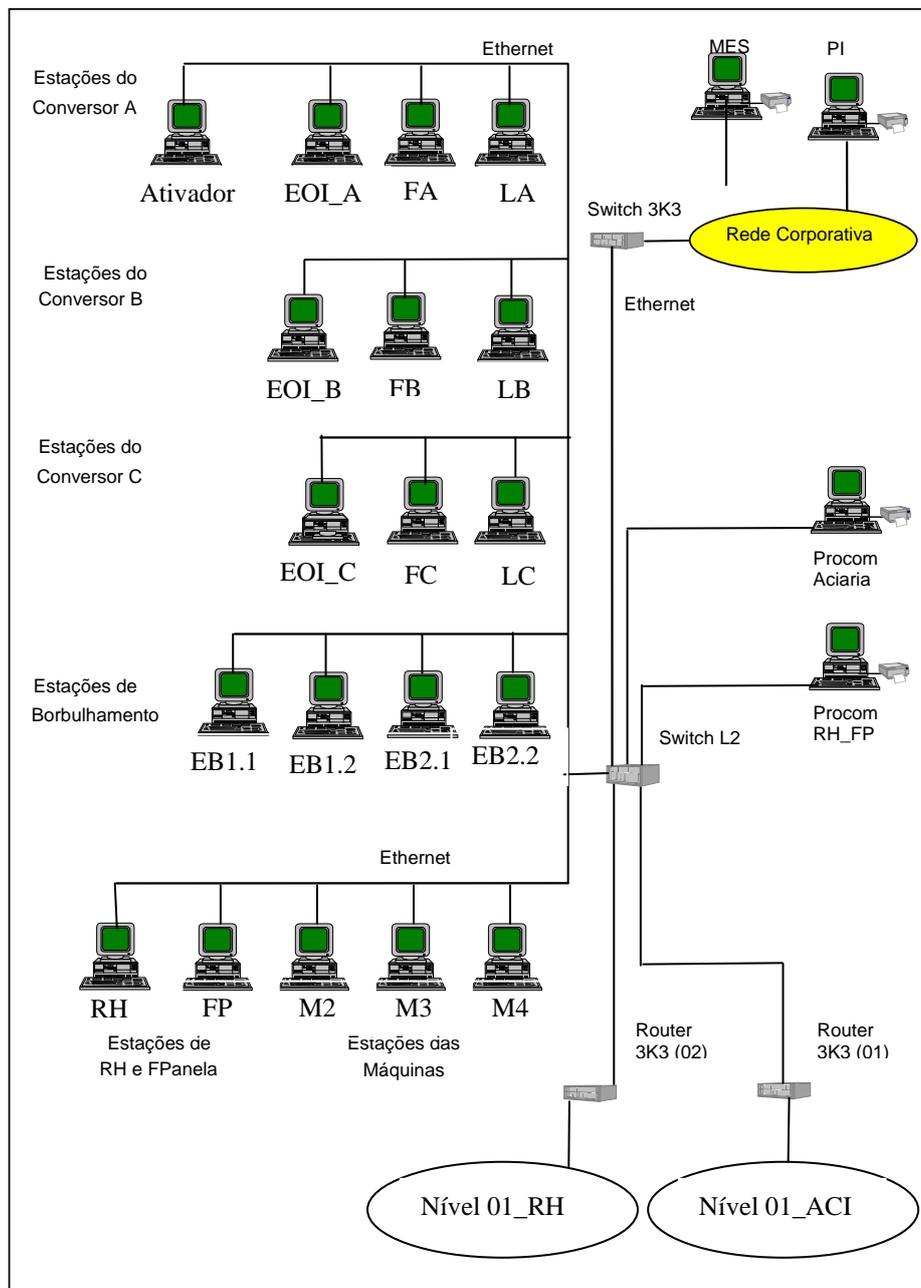


Figura 1 – Arquitetura de hardware do novo sistema de automação dos modelos matemáticos da aciaria.

As funcionalidades do novo sistema de automação dos modelos matemáticos da aciaria são as seguintes:

- Servidor Procom Aciaria:
 - comunica com o chão de fábrica (Nível1), através do Interchange (software de comunicação com PLC) para receber informações do processo, realizar o tratamento e enviar setpoints;
 - comunica com as estações dos operadores da aciaria, através do protocolo BMQ, para receber requisições de serviços, referentes aos

- modelos matemáticos e fornecer resultados dos cálculos nas telas específicas de cada requisição;
- comunica com outros servidores (RH/FP, MCC4, SIPAN, PI, RTPM e MES), para troca de informações;
- armazena as informações (recebidas, calculadas e enviadas) em tabelas do banco de dados RDB/Oracle.
- Servidor Procom RH/FP (Desgaseificador a Vácuo e Forno Panela):
 - comunica com o chão de fábrica (Nível1), através do Interchange (software de comunicação com PLC) para receber informações do processo, realizar o tratamento e enviar setpoints;
 - comunica com as estações dos operadores do RH e FP, através do protocolo BMQ, para receber requisições de serviços, referentes aos modelos matemáticos e fornecer resultados dos cálculos nas telas específicas de cada requisição;
 - comunica com outros servidores (Aciaria, MCC4, SIPAN, PI, RTPM e MES), para troca de informações;
 - armazena as informações (recebidas, calculadas e enviadas) em tabelas do banco de dados Oracle;
- Estações de Operação da Aciaria:
 - *Operador Ativador*, atua no Modelo de Coordenação, através de requisições de inclusão, alteração e exclusão de corridas, de acordo com as condições de cada equipamento, referente aos setores primário e secundário (Figura 2);
 - *Operadores Líderes de Convertedor (LA, LB, LC)*, atuam nos Modelos Estático e Dinâmico, através de requisições de cálculos, recebimento de resultados e validações que geram envio de setpoints ao Nível1 pelo servidor, durante a corrida do setor primário (Figuras 3 e 4);
 - *Operadores Fundidores de Convertedor (EOI_A, EOI_B, EOI_C, FA, FB, FC)*, atuam no Modelo de Metalurgia da Panela (MP), através de requisições de cálculos, recebimento de resultados e validações que geram envio de setpoints ao Nível 1 pelo servidor, após o término da corrida do setor primário (Figura 5);

Programa Diário Coordenação Disponibilidade Gusa Situação dos Equipamentos Trânsito das Corridas Especificações Atraso Correo

CSN **Modelo de Coordenação** **CONTRASTE** 16/6/2010 14:31:12

Excluir Sequencial Finalizar Corrida Corrida Retornada Tempo Espera Reprogramação Eventos Ref. Sec. **Ativado Atualização Auto.** Mais Telas Programa Diário Modelo Coordena Padrões Coordena Rastr. Corridas

| O | CO | Cor | Vazamento | ID | Rota | Ref Sec Início | Ref Sec Lib | Abertura | Trânsito | Fechamento | Largura | Tem Ling | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------|---------|-----------|--------|------|----------------|-------------|----------|----------|------------|---------|----------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|----|----|-----|------|------|
| B | DI | Corrida | Grau | Id Seq | MK | Seq | Prev | Real | Pa | DI | EB | RH | FP | Prev | Real | Prev | Real | Prev | Real | Prg | Real | Prev | Real | V1 | V2 | EVT | Prog | Real |
| 32 | 0C3496 | 4130 | 31602 | 3 | 11 | 12:11 | 12:10 | 34 | X | 12:49 | 12:44 | 13:19 | 13:16 | 13:39 | 13:39 | 90 | 89 | 14:27 | 14:27 | 1500 | 860 | 48 | 48 | | | | | |
| 33 | 0A3114 | 4130 | 31701 | 3 | 12 | 12:41 | 12:42 | 36 | X | 13:40 | 14:19 | 14:10 | 14:03 | 14:30 | | 107 | 108 | 15:20 | | 1460 | 940 | 50 | | | | | | |
| 34 | 0C3497 | 2700 | 03207 | 2 | 7 | 13:04 | 13:05 | 47 | 10 | 13:31 | 13:33 | 13:56 | 14:00 | 14:06 | 14:06 | 63 | 61 | 14:56 | | 1100 | 1020 | 50 | | | | | | |
| 35 | 0A3115 | 4130 | 32101 | 3 | 13 | 13:27 | 13:36 | 46 | X | 14:33 | | 15:03 | | 15:23 | | 98 | 107 | 16:13 | | 1380 | 1020 | 50 | | | | | | |
| 36 | 0C3498 | 2700 | 03208 | 2 | 8 | 13:57 | 14:05 | 42 | X | | | | | 14:59 | | 54 | 54 | 15:49 | | 1100 | 1020 | 50 | | | | | | |
| 37 | 0B3068 | 2700 | 03209 | 2 | 9 | 14:25 | 14:29 | 44 | B1 | 15:17 | | 15:42 | | 15:52 | | 83 | 83 | 16:42 | | 1100 | 1020 | 50 | | | | | | |
| 38 | 0A3116 | 4100 | 32201 | 3 | 14 | 14:39 | | 45 | X | 15:26 | | 15:56 | | 16:16 | | 97 | | 17:05 | | 1380 | 1300 | 49 | | | | | | |
| 39 | 0B3069 | 4003 | 03401 | 4 | 2 | 15:09 | | | X | 18:04 | | 18:39 | | 18:59 | | 230 | | 19:39 | | 1500 | 830 | 40 | | | | | | |
| 40 | 0C3499 | 2700 | 03210 | 2 | 10 | 15:20 | | | B1 | 16:10 | | 16:35 | | 16:45 | | 85 | | 17:35 | | 1100 | 1020 | 50 | | | | | | |
| 41 | 0B3070 | 4003 | 03501 | 4 | 3 | 15:49 | | | X | 18:47 | | 19:22 | | 19:42 | | 233 | | 20:23 | | 1460 | 830 | 41 | | | | | | |
| 42 | 0C3500 | 4003 | 03301 | 4 | 1 | 16:20 | | | X | 13:52 | | 14:27 | | 18:20 | | 120 | | 18:56 | | 1550 | 830 | 36 | | | | | | |

Máquina / Cliente
MK2: 10 Filial Par MK3: 14 GM - SJC MK4: 6 CSN PORTO

ATIVADOR

Figura 2 – Tela Coordenação, referente ao ativador e as máquinas de corrida contínua.

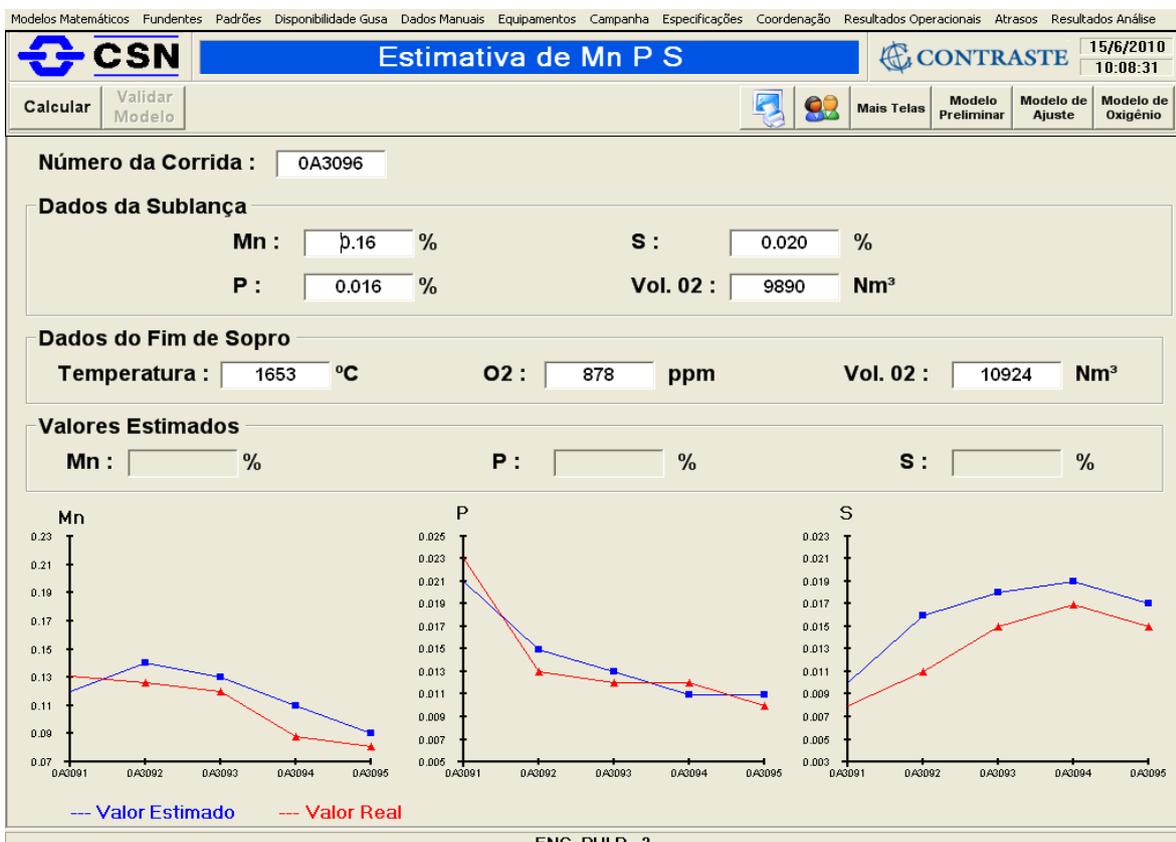


Figura 3 – Tela Modelo Manganês Fósforo e Enxofre, referente aos convertedores da aciaria.

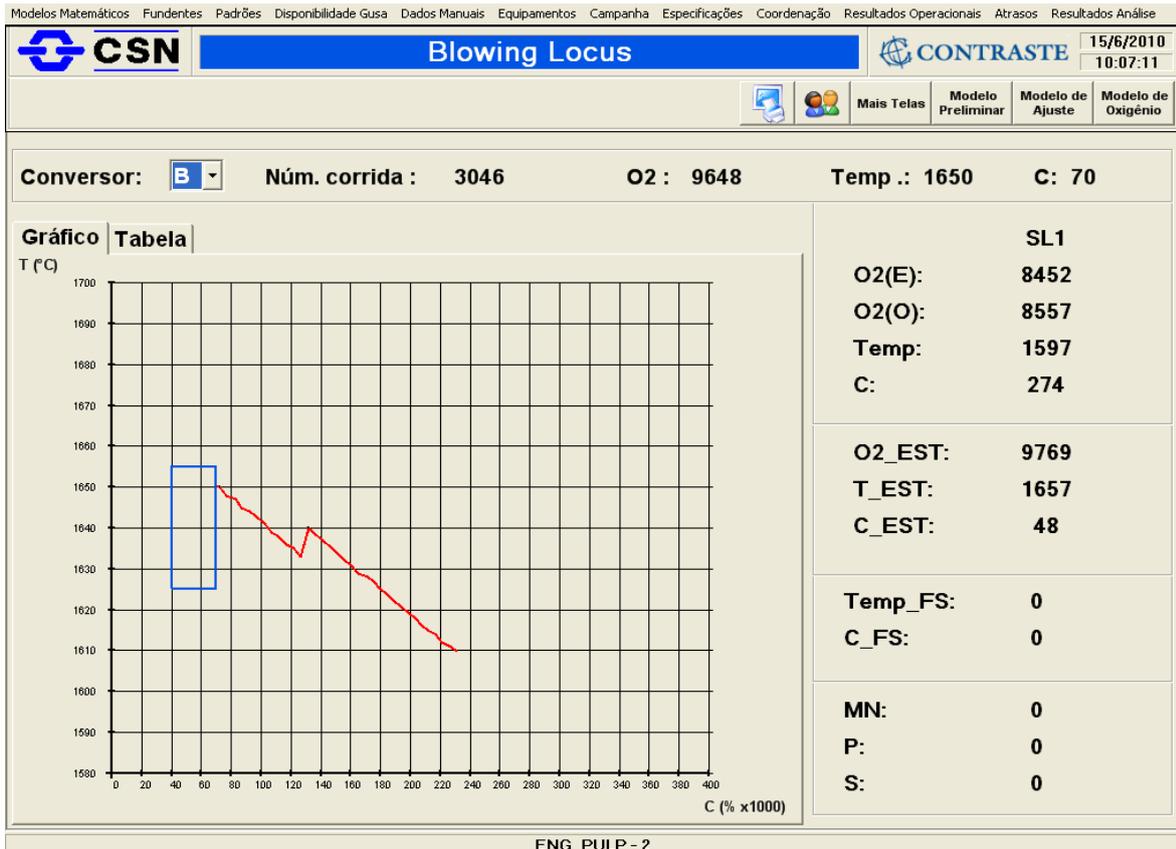


Figura 4 – Tela Gráfica do Modelo Dinâmico, referente aos convertedores da aciaria.

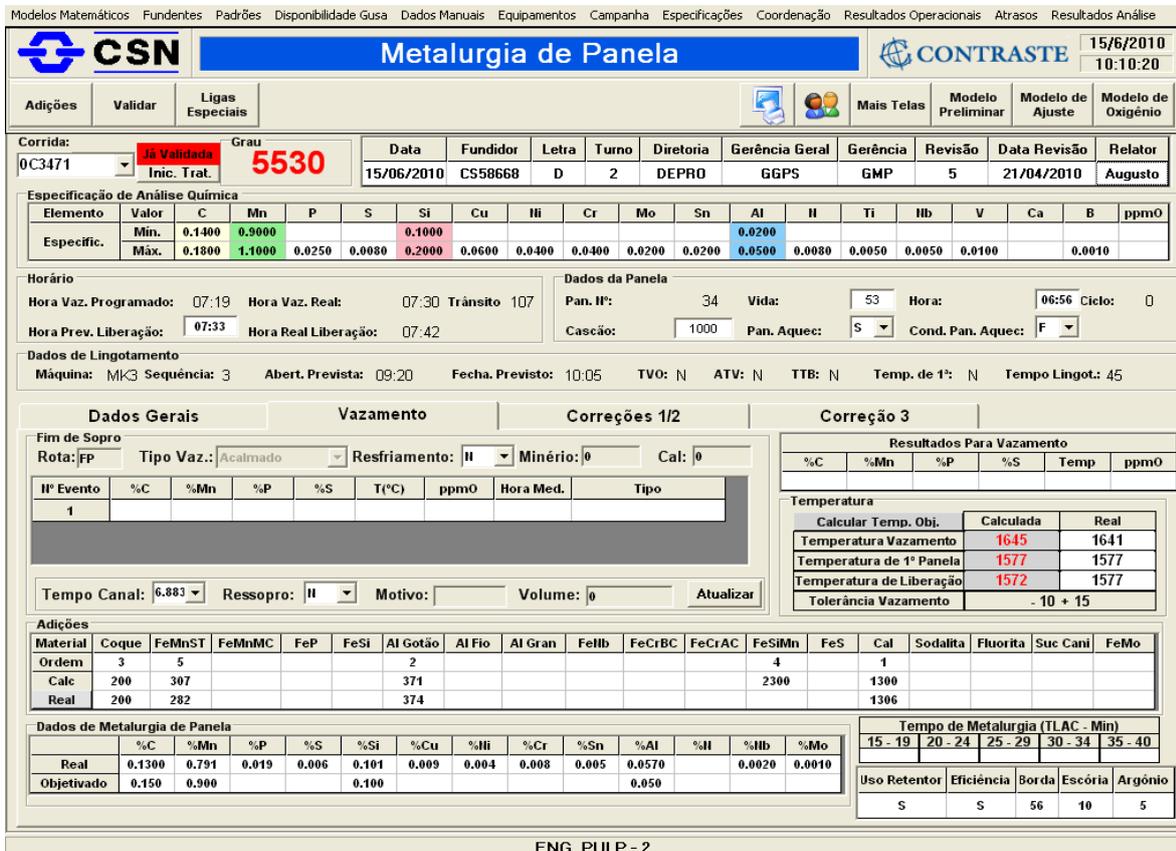


Figura 5 – Tela Modelo da Metalurgia de Painela, referente aos convertedores da aciaria.

- Estações de Operação de Borbulhamento (EB1.1, EB1.2 e EB2.1, EB2.2)
 - Operadores das Estações de Borbulhamento (EB)*, atuam no Modelo de Coordenação e no respectivo Modelo da EB, através de requisições de atualização de horários, cálculos, recebimento de resultados e validações que geram adições manuais, durante o tratamento do aço no setor secundário (Figura 6);

Coordenação Processo Situação dos Equipamentos Correio Resultados Análise

CSN Estação de Borbulhamento **CONTRASTE** 16/6/2010 14:55:10

Corrida Retornada Situação Análise EB Validar Mais Telas Metalurgia Painela Modelo Coordena Estação Borbulha Análise Painela

Corrida **JÁ VALIDADA** EB Berço MCC Seq Processo Ant Turno Letra Oper. EB Data
0C3497 Iniciar Trat. 1 0 MK2 7 MP 3 E 16/6/2010 **Grau 2700**

Relator

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----|--------|
| Elemento | C | Mn | P | S | Si | Cu | Ni | Cr | Mo | Sn | Al | N | Ti | Nb | V | Ca | B |
| Específic. | 0.030 | 0.250 | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.060 | 0.040 | 0.040 | 0.020 | 0.020 | 0.030 | 0.0060 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | | 0.0005 |
| Máx. | 0.050 | 0.370 | | | | | | | | | 0.080 | | | | | | |
| Lib. Objetivada | 0.032 | 0.300 | | | | | | | | | 0.055 | | | | | | |

Dados da Aciação

| | |
|--------------|-------|
| Aço Líquido | 231.5 |
| Vazamento | 13:05 |
| Lib. Aciação | 13:24 |
| ppmO | 870 |
| Ressopro | N |
| Argônio | 7 |

Dados de Lingotamento

| | |
|---------------|---|
| Troca no Vão | N |
| Troca Tubo | N |
| Antecede TVO | N |
| T de Primeira | N |

Dados da Painela

| | |
|------------|------|
| Painela N° | 47 |
| Vida | 29 |
| Ciclo | 80 |
| Aquecedor | N |
| Cascão | 1000 |
| Borda | 43 |

Horário

| | |
|----------------|-------|
| Chegada EB | 13:33 |
| Início EB | 13:33 |
| Lib. EB | 13:57 |
| Prev. Abertura | 14:06 |
| Tempo Ling. | 50 |

Temperatura

| | |
|------|------|
| TVZ | 1671 |
| TP1 | 1620 |
| TLAC | 1611 |
| TLFP | |
| TLRH | |

Temp. de Liberação

| | |
|-----------------------|-----------|
| 1º Temperatura | 1608 |
| Previsão de Lingadas | 1 |
| Temp. Lib. Objetivada | 1579 |
| Tolerância: | - 5 + 5 |
| Temperatura Lib. Real | 1585 |

Calcular Temperatura Objetivada

Cálculo Informações Adicionais

| Correção | Referência | Manual | %C | %Mn | %P | %S | %Si | %Al | %B | %N | ppmO | %Ti | %Nb | %V | %Ca |
|----------------|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------|-------|-------|-----|------|
| 1ª | MP | Celox | 0.028 | 0.246 | 0.013 | 0.010 | 0.003 | 0.043 | | 0.0025 | | | 0.002 | | |
| Hora: | Material | Calc | Graf | FeMn | | | FeSi | Al | FeB | MnN | | FeTi | FeNb | FeV | FeCa |
| Quantidade | | Real | | 301 | | | | 124 | | | | | | | |
| Resultado: | | | 0.027 | 0.280 | 0.015 | 0.010 | 0.003 | 0.022 | 0.0001 | 0.0028 | | 0.001 | 0.002 | | |
| Correção | Referência | Manual | %C | %Mn | %P | %S | %Si | %Al | %B | %N | ppmO | %Ti | %Nb | %V | %Ca |
| 2ª | Amostra EB | Celox | 0.027 | 0.280 | 0.015 | 0.010 | 0.003 | 0.022 | 0.0001 | 0.0028 | | 0.001 | 0.002 | | |
| Hora: | Material | Calc | Graf | FeMn | | | FeSi | Al | FeB | MnN | | FeTi | FeNb | FeV | FeCa |
| Quantidade | | Real | | 54 | | | | 371 | | | | | | | |
| Pedido Análise | Resultado: | | | 54 | | | | 371 | | | | | | | |
| Correção | Referência | Manual | %C | %Mn | %P | %S | %Si | %Al | %B | %N | ppmO | %Ti | %Nb | %V | %Ca |
| 3ª | Amostra EB | Celox | | | | | | | | | | | | | |
| Hora: | Material | Calc | Graf | FeMn | | | FeSi | Al | FeB | MnN | | FeTi | FeNb | FeV | FeCa |
| Quantidade | | Real | | | | | | | | | | | | | |
| Pedido Análise | Resultado: | | | | | | | | | | | | | | |

EB - 2 - 2

Figura 6 – Tela Modelo da EB, referente ao tratamento nas estações de borbulhamento.

- Estações de Operação das Máquinas (M2, M3 e M4)
 - Operadores das Máquinas de Corrida Contínua*, atuam no Modelo de Coordenação, através de requisições de inclusão, alteração e exclusão de horários, na abertura e fechamento das corridas, com a finalidade de manter a continuidade da sequência de produção de cada máquina. (Figura 2);
- Estações de Operação do RH (Desgaseificador a Vácuo) e FP (Forno Painela)
 - Operador do RH*, atua no respectivo Modelo do RH, através de requisições de cálculos, recebimento de resultados e validações que geram envio de setpoints ao Nível1, durante o tratamento do aço no setor secundário (Figuras 7, 8, 9 e 10);
 - Operador do FP*, atua no respectivo Modelo do FP, através de requisições de cálculos, recebimento de resultados e validações que geram envio de setpoints ao Nível1, durante o tratamento do aço no setor secundário (Figuras 7, 8, 9 e 10);

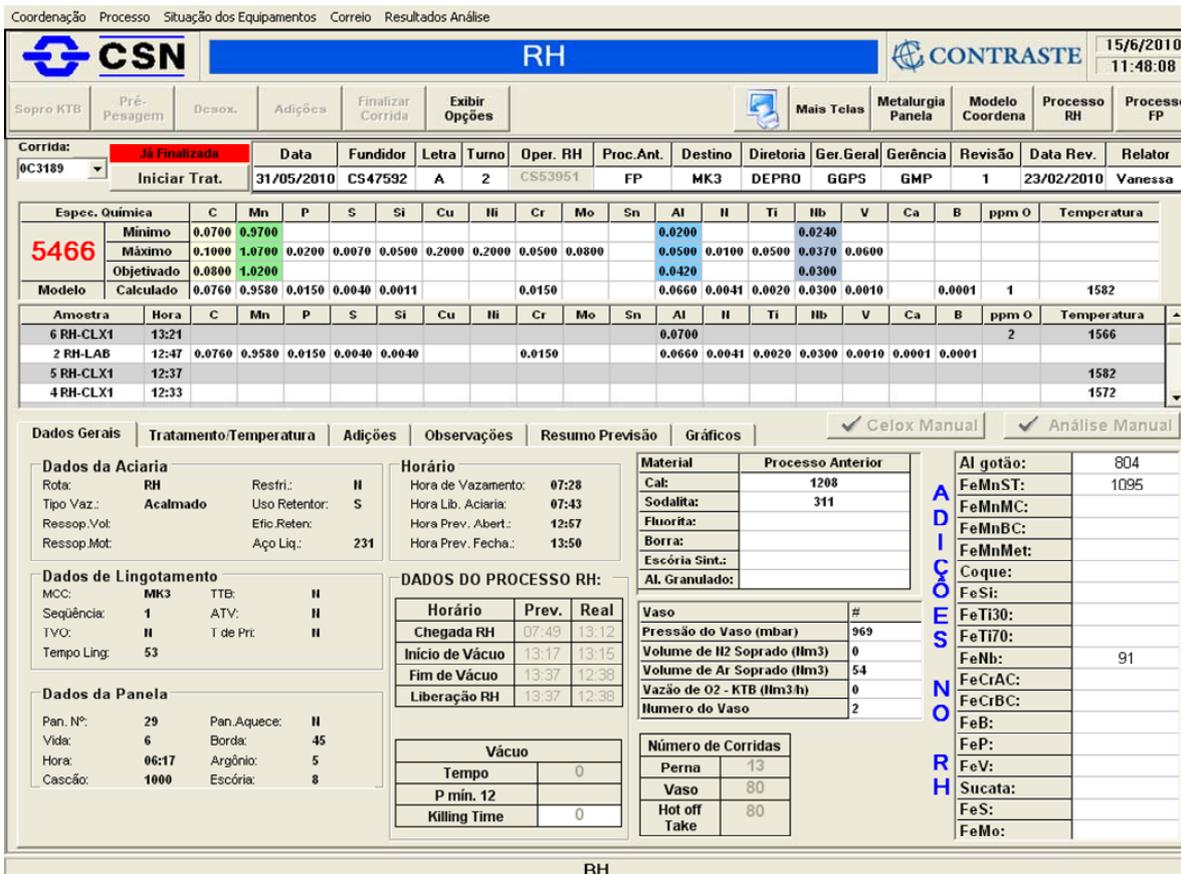


Figura 7 – Tela Geral de Tratamento, referente aos tratamentos do RH e FP.

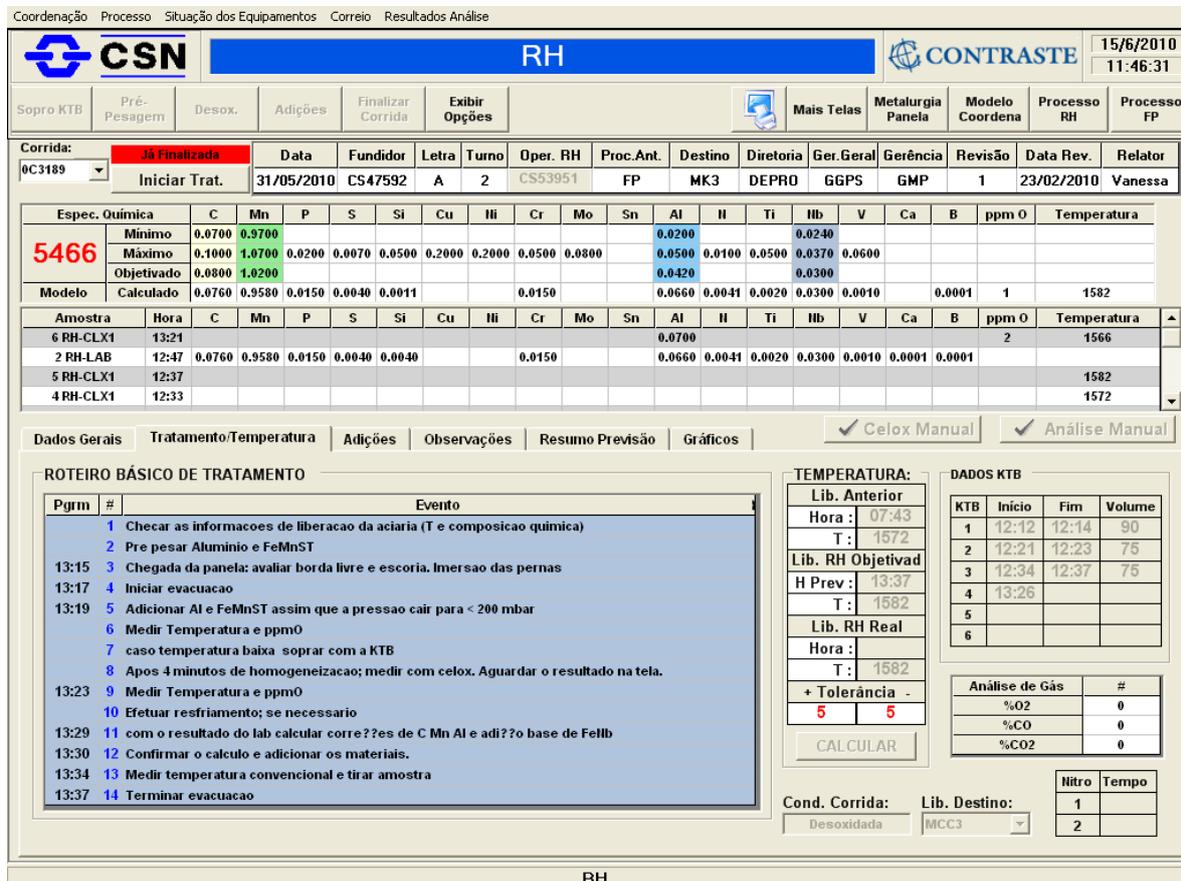


Figura 8 – Tela Roteiro Operacional, referente aos tratamentos no RH e FP.

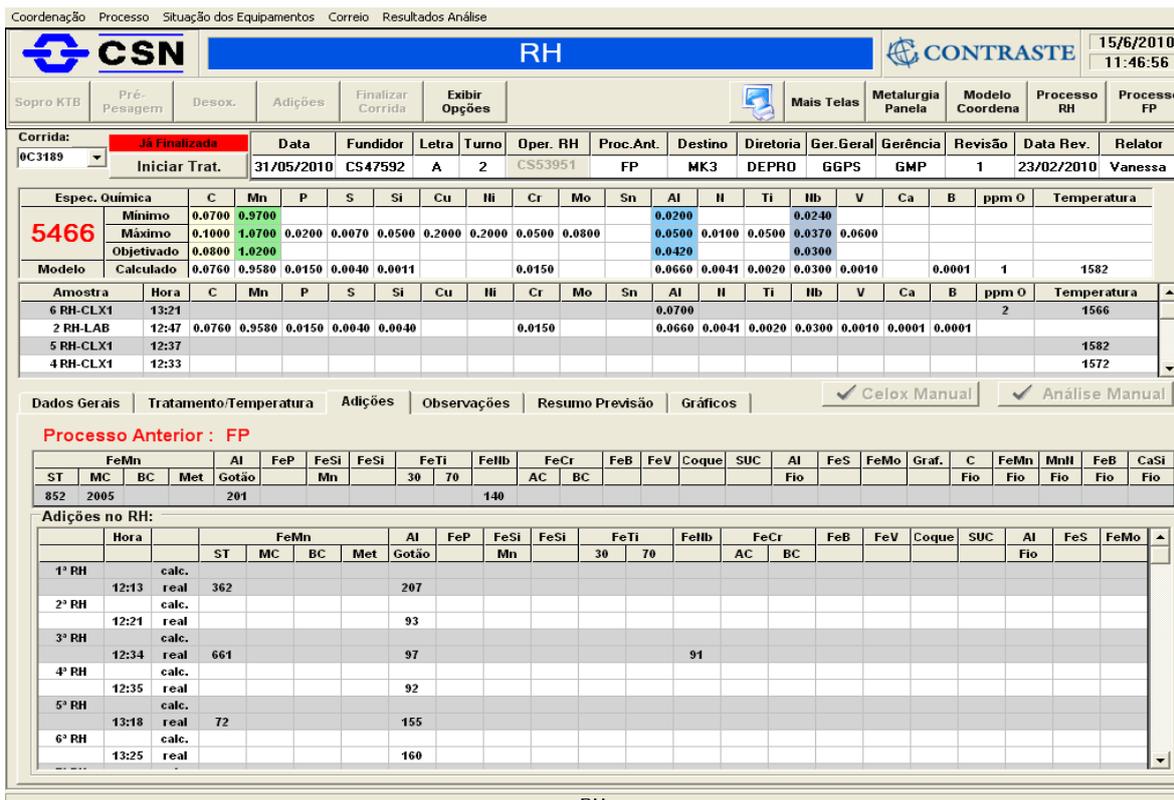


Figura 9 – Tela Adições de Materiais, referente aos tratamentos do RH e FP.

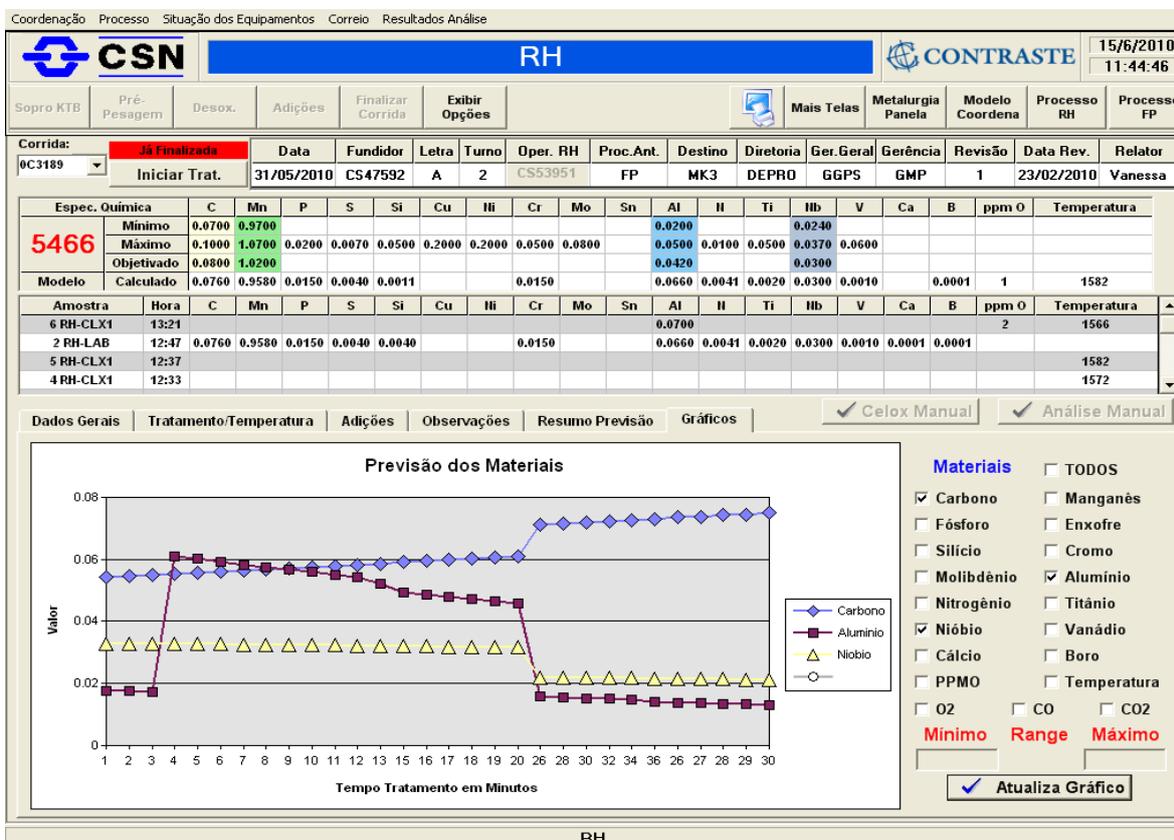


Figura 10 – Tela do Gráfico de Previsão, referente aos tratamentos do RH e FP.

Coordenação Especificações Controle de Interferências Padrões Altera Parâmetros Parâmetros dos Modelos Modelo Escumagem Eventos

CSN Especific. Ferros - Ligas, Minério e Fundentes **CONTRASTE** 15/6/2010 10:05:48

Adicionar Editar Excluir

| Composição Química Ligas a Granel | %C | %Mn | %Si | %P | %S | %Cr | %Al | %B | %Ti | %Ni | %V | %W | %Nb | %Mo | %Ca | %Cu | %N | Densidade Aparente (g/cm³) |
|-----------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|----|-----|-----|-------|----|-----|-----|-----|------|----|----------------------------|
| FeMnBC | 0.30 | 77.0 | 2.00 | 0.20 | | | | | | | | | | | | | | 2.500 |
| FeCrAC | 7.40 | | 3.30 | 0.08 | 0.007 | 55.60 | | | | | | | | | | | | 2.900 |
| FeCrBC | 0.05 | | 0.50 | 0.03 | 0.002 | 58.50 | | | | | | | | | | | | 2.900 |
| FeCrSiBC | | | 43.00 | 0.03 | | 32.00 | | | | | | | | | | 0.03 | | |
| FeSiMn | 2.30 | 66.5 | 13.00 | 0.12 | 0.010 | | | | | | | | | | | | | 2.200 |
| FeP | | | 0.20 | 17.00 | 0.200 | | | | | | | | | | | | | |
| FeV | 0.10 | | 0.80 | 0.01 | 0.026 | | | | | | 53.00 | | | | | | | |

| Composição Química Ligas em Arame (Fios) | %C | %Mn | %Si | %P | %S | %Cr | %Al | %B | %Ti | %Ni | %V | %W | %Nb | %Mo | %Ca | %Cu | %N | Densidade Linear (Kg/m) |
|--|------|-------|-------|------|------|------|-----|-------|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|-------------------------|
| FeMn_fio | 2.00 | 75.00 | | 0.20 | | | | | | | | | | | | | 5.00 | 0.500 |
| FeB_fio | | | | | | | | 16.00 | | | | | | | | | | 0.500 |
| FeMnMC_fio | 2.00 | 76.00 | 2.00 | 0.15 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | 0.520 |
| FeTi_70_fio | | | 3.50 | | | 5.00 | | | 72.00 | | | | | | | | | 0.380 |
| FeSi_75_fio | 0.05 | | 75.20 | 0.02 | | | | | 0.13 | | | | | | | | | 0.265 |
| Aluminio | | | 1.20 | | | | | | 98.00 | | | | | | | | | 0.350 |

| Composição Química Fundentes | CaO | MgO | Fe2O3 | SiO2 | Al2O3 | P | S | Na2O | K2O | CaC2 | Fe | CaF | CO2 | Al | O | Mn | Densidade Aparente (g/cm³) |
|------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-----|------|----|-----|------|----|---|----|----------------------------|
| Cal Calcítica | 92.00 | 4.20 | 0.60 | 1.80 | 0.50 | 0.09 | 0.05 | | | | | | 4.60 | | | | 1.00 |
| Cal Dolomítica | 58.00 | 35.00 | 0.40 | 1.97 | 0.70 | 0.10 | 0.05 | | | | | | | | | | 1.20 |

| Composição Química Materiais Refrigerantes | CaO | MgO | Fe2O3 | SiO2 | Al2O3 | P | S | Na2O | K2O | CaC2 | Fe | CaF | CO2 | Al | O | Mn | Densidade Aparente (g/cm³) |
|--|------|-----|-------|-------|-------|------|---|------|-----|------|-------|-----|-----|----|---|------|----------------------------|
| Minério de Fe - Hematita | 1.00 | | | | | 0.10 | | | | | 64.90 | | | | | 0.40 | |
| Carbeto Si | 4.00 | | | 11.00 | | | | | | | | | | | | | |

| Composição Química Agentes Exotérmicos | CaO | MgO | Fe2O3 | SiO2 | Al2O3 | P | S | Na2O | K2O | CaC2 | Fe | CaF | CO2 | Al | C | Mn | Si | Entalpia (kcal/kg) |
|--|------|-----|-------|-------|-------|---|---|------|-----|------|----|-----|-----|----|-------|----|-------|--------------------|
| FeSi | | | | | | | | | | | | | | | | | 75.00 | 3716.00 |
| Carbeto Si | 4.00 | | | 11.00 | | | | | | | | | | | 35.00 | | 53.00 | 2992.00 |

ENGENHARIA

Figura 11 – Tela de Especificação de Ferros-Ligas, referente à engenharia de processo.

Coordenação Especificações Controle de Interferências Padrões Altera Parâmetros Parâmetros dos Modelos Modelo Escumagem Eventos

CSN Especificação do Aço **CONTRASTE** 17/6/2010 15:43:40

Salvar Excluir Grau

| Elemento | Teor Desejado (%) | Teor Mínimo (%) | Teor Máximo (%) | Teor Típico (%) |
|----------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C | | | 0.0032 | 0.003 |
| Mn | | 0.180 | 0.280 | 0.2300 |
| Si | | | 0.020 | 0.009 |
| P | | 0.022 | 0.032 | 0.0270 |
| S | | | 0.015 | 0.0090 |
| Al | | 0.020 | 0.050 | 0.0350 |
| Mo | | | 0.010 | 0.001 |
| Nb | | 0.011 | 0.018 | 0.0145 |
| Ti | | | 0.005 | 0.001 |
| V | | | | 0.001 |
| Pb | | | | |
| B | | 0.0005 | 0.0015 | 0.0010 |
| Sb | | | | |
| N2 | | | 0.0045 | |
| O2 | | | | |
| H2 | | | | |
| Cu | | | 0.040 | 0.011 |
| Cr | | | 0.040 | 0.011 |
| Ni | | | 0.040 | 0.007 |
| Sn | | | 0.020 | 0.003 |
| Ca | | | | |

Grau do Aço: 4086
 Classe do Aço: UBC e EBC
 Temperatura Liquidus: 1535
 Temp. Obj. Dist. MCC#23: 1562
 Temp. Obj. Dist. MCC#4: 1562
 Super Aquecimento: 27

ENGENHARIA

Figura 12 – Tela de Especificação do Grau de Aço, referente à engenharia de processo.

Coordenação Especificações Controle de Interferências Padrões Altera Parâmetros Parâmetros dos Modelos Modelo Escumagem Eventos

CSN Parâmetros do RH **CONTRASTE** 17/6/2010 15:46:46

Salvar Excluir

Grau do Aço: 4093

Dados Novo Grau

Esse Grau é Parecido com? Copiar Dados

| KVFP | H1 | O1 | %C obj | %Mn obj | %P obj | %S obj | %Si obj | %Cr obj | %Mo obj | %Al obj |
|------|----|----|--------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | | | | | | |

Parametros de Temperatura por Grau Adição Desoxidação Pré Pesagem - Efervescente Pré Pesagem - Desoxidada Nitrogenação / Sucata Previsão KTB Outros

Materiais

| Material | Valor ou -1 | Ordem |
|--|-------------|-------|
| WPr.ST - Pré Peso de FeMnST definido (0 ou valor) ou cálculo (-1) | | |
| WPr.MC - Pré Peso de FeMnMC definido (0 ou valor) ou cálculo (-1) | | |
| WPr.BC - Pré Peso de FeMnBC definido (0 ou valor) ou cálculo (-1) | | |
| Pr.Met - Pré Peso de Mn Metálico definido (0 ou valor) ou cálculo (-1) | -1 | 1 |
| WPr.P - Pré Peso de FeP definido (0 ou valor) ou cálculo (-1) | | |
| WPr.FS - Pré Peso de FeSi definido (0 ou valor) ou cálculo (-1) | | |
| WPr.CRB - Pré Peso de FeCrBC definido (0 ou valor) ou cálculo (-1) | | |

Rendimento

| Material | % Objetivo |
|---|------------|
| ZC.CO0 - Rendimento de C na adição do pré-peso de Coque | 0.90 |
| ZC.ST - Rendimento de C na adição do pré-peso de FeMnST | 0.90 |
| ZC.MC - Rendimento de C na adição do pré-peso de FeMnMC | 0.90 |
| ZC.BC - Rendimento de C na adição do pré-peso de FeMnBC | 0.90 |
| ZMn.ST - Rendimento de Mn na adição do pré-peso de FeMnST | 0.98 |
| ZMn.MC - Rendimento de Mn na adição do pré-peso de FeMnMC | 0.97 |
| ZMn.BC - Rendimento de Mn na adição do pré-peso de FeMnBC | 0.98 |
| CPr - % Objetivada de C na adição do pré-peso de Coque | |
| MnPr - % Objetivada de Mn na adição do pré-peso de FeMnST | 0.12 |
| PPr - % Objetivada de P na adição do pré-peso de FeP | |
| SiPr - % Objetivada de Si na adição do pré-peso de FeSi | |
| CrPr - % Objetivada de Cr na adição do pré-peso de FeCrBC | |
| AlPr - % Objetivada de Al na adição do pré-peso de Alumínio Gotão | |
| TiPr - % Objetivada de Ti na adição do pré-peso de FeTi | |

ENGENHARIA

Figura 13 – Tela de Especificação de Parâmetros, referente à engenharia de processo.

Coordenação Especificações Controle de Interferências Padrões Altera Parâmetros Parâmetros dos Modelos Modelo Escumagem Eventos

CSN Sopro **CONTRASTE** 17/6/2010 15:45:11

Inserir Salvar Excluir

Nº Padrão: 6

Calcular

V.R.: 1540 cm

| % Sopro | Ajuste | Distância Lança / Banho |
|---------|--------|-------------------------|
| 2 | | 231 |
| 20 | +25 | 206 |
| 25 | +40 | 191 |
| 33 | +50 | 181 |
| 45 | +60 | 171 |
| 55 | +70 | 161 |
| 60 | +70 | 161 |
| 70 | +70 | 161 |
| 80 | +70 | 161 |
| 90 | +70 | 161 |

Distância Lança / Banho (cm)

Aço Líquido: 220.0 t

Vazão: 650 Nm3/min

| % Sopro | Ajuste | Vazão de Oxigênio |
|---------|--------|-------------------|
| 2 | | 650 |
| 20 | | 650 |
| 25 | | 650 |
| 33 | | 650 |
| 45 | | 650 |
| 55 | | 650 |
| 60 | | 650 |
| 70 | +50 | 700 |
| 80 | +130 | 780 |
| 90 | +130 | 780 |

Vazão de Oxigênio (Nm3/min)

ENGENHARIA

Figura 14 – Tela de Especificação do Sopro, referente à engenharia de processo.

5 BENEFÍCIOS

Os benefícios proporcionados pelo novo Sistema de Automação dos Modelos Matemáticos da Aciaria podem ser classificados em benefícios qualitativos e quantitativos.

- Benefícios qualitativos
 - Operacional
 - Interface humana-máquina com mais recursos, facilitando a operação dos modelos matemáticos da aciaria;
 - Processo
 - Rastreabilidade das corridas e análise dos algoritmos, proporcionando ajuste dos modelos e conseqüentemente maior acerto e rapidez;
 - Previsão em tempo real da composição química e temperatura do aço, em tratamento no refino secundário do RH e FP;
 - Equipamento e infra-estrutura
 - Independência da plataforma de hardware, com a utilização de micro mais moderno, mais rápido, com maior capacidade de processamento;
 - Independência da plataforma de software com a utilização de sistema operacional multitarefa (Windows XP);
 - Rapidez e confiabilidade, com a utilização de nova estrutura de rede;
 - Qualidade
 - Telas com disponibilização de informações, alertas e guias operacionais relacionadas com a padronização operacional, em tempo;
- Benefícios quantitativos

Nos benefícios quantitativos estamos comparando o investimento realizado no processo de desenvolvimento do sistema em questão com o retorno financeiro alcançado na implantação dos novos modelos matemáticos da aciaria, referente aos setores, primário e secundário.

 - O custo total do investimento foi da ordem de 12,5% do retorno financeiro obtido no 1º ano de implantação;

6 CONCLUSÃO

O projeto se tornou atrativo em virtude do ganho anual, objetivado na implantação dos novos modelos matemáticos, viabilizados pela nova estrutura de hardware, software e rede.

Com a automação dos novos modelos matemáticos, temos um sistema atualizado, aberto, portátil, arquitetura cliente-servidor, capaz de permitir a virtualização das estações de operação e com uma característica importante que é o domínio do software, pela equipe de manutenção.

Em relação aos processos, temos um sistema capaz de proporcionar à Engenharia de Processos, ajustes de parâmetros pré-definidos, em tempo real e análise do comportamento dos algoritmos, com base nas corridas terminadas, para futuros ajustes.

Para o futuro, a CSN possui alternativas com o objetivo de aumentar o desempenho do sistema, relacionados aos bancos de dados, plataforma(servidor) do aplicativo e virtualização das estações de operação.