

MODELO OPERACIONAL DA ACIARIA DA CST⁽¹⁾

Benedito Pedro Costhek⁽²⁾
Adriano Cesar Silva⁽³⁾
Odair Jose Kirmse⁽⁴⁾
Marcelo Moretti Fioroni⁽⁵⁾
Luiz Augusto G. Franzese⁽⁶⁾

Resumo

A Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST, uma usina integrada, localizada em Vitória, ES – Brasil, está incorporando novos equipamentos ao seu processo produtivo além de equipamentos auxiliares. Atualmente a CST opera com dois alto-fornos com capacidade para 5,0 Mt/ano de gusa, alimentando uma aciaria com dois convertedores e duas máquinas de lingotamento contínuo. Os convertedores produzem 5,1 Mt/ano de aço líquido destinadas ao lingotamento contínuo. A nova configuração de equipamentos permitirá elevar a produção de placas da CST de 5,0 Mt/ano para 7,5 Mt/ano, permitindo a empresa recuperar o volume de 5,0 Mt/a placas destinado ao mercado, reduzido a partir de 2002 com a implantação do LTQ. Os novos equipamentos permitirão o maior enobrecimento do mix de produção e redução dos custos de produção. Inicialmente, o modelo de simulação foi desenvolvido para analisar a capacidade de produção da nova aciaria, e estimar a carga de trabalho dos diversos equipamentos. Posteriormente o modelo foi aperfeiçoado para permitir testar vários cenários de produção e verificar com isto o efeito causado nos diversos equipamentos, desta forma é possível determinar a melhor prática operacional para a aciaria. A simulação fornece ainda uma excelente visão dos diversos problemas operacionais que poderão ocorrer, antes mesmo da nova configuração de equipamentos entrar em operação. Esse conhecimento prévio dos problemas permitiu a antecipação de soluções que certamente resultará em substancial redução de custos durante a fase de avaliação dos novos equipamentos.

Palavras-chave: Aciaria, Simulação, Arena, Máquina de lingotamento contínuo.

(1) *Contribuição técnica ao 60º Congresso Anual da ABM, Belo Horizonte, MG, 25 a 28 de julho de 2005.*

(2) *Pós-grad. Inform. Industrial pela UFES, Mestrando em Eng. de Produção e Analista Industrial da CST.*

(3) *Engenheiro Metalúrgico, MBA em Gestão Empresarial pela FGV e Analista Industrial da CST.*

(4) *Graduado em Ciência da Computação, Mestrando em eng. de Materiais e espec. Da Divisão de Controle Metalúrgico da Aciaria da CST*

(5) *MSc. Engenharia, Doutorando pela USP, Consultor pela Paragon Tecnologia*

(6) *Diretor da Paragon Tecnologia e Mestrando em pela USP.*

1 INTRODUÇÃO

A CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão, é uma usina siderúrgica integrada, produtora de placas de aço através dos processos de lingotamento contínuo e bobinas laminadas à quente através de um Laminador de Tiras à Quente.

Placas de aço e BQ's são produtos semi-acabados para posterior relaminação em produtos planos, os quais servem a aplicações diversas, tais como indústria automobilística, eletrodomésticos, indústria naval, tubos, construção civil em geral, estruturas metálicas, etc.

A CST possui uma carteira de clientes que somam sessenta companhias em dezoito países, abrangendo todos os continentes, e que lhe assegurou um faturamento bruto de 2,0 bilhões de dólares no ano de 2004.

No ano de 2003 a CST iniciou o processo de contratação dos equipamentos para a viabilização da terceira fase do seu plano de desenvolvimento com stat up previsto para 2006, que consiste na instalação de uma nova coqueria (HRCP), do terceiro alto-forno, do processo de dessulfuração de gusa na panela (processo KR), do terceiro convertedor, da terceira máquina de lingotamento contínuo, de uma nova unidade de desgaseificação a vácuo e todos os demais equipamentos auxiliares próprios ou terceirizados como fábricas de oxigênio, centrais termo-elétricas, calcinações, etc. Essa nova configuração de equipamentos demandará uma mudança na forma de operação da aciaria, além de uma elevação de capacidade da ordem de 50% e permitirá a elevação da produção para 7,5 milhões de toneladas de placas e bobinas à quente por ano .

Surgiu então a necessidade de saber qual a melhor forma de operar a aciaria, bem como avaliar se a sua capacidade de produção será compatível com a exigência das novas condições operacionais.

Para responder a essas perguntas foi desenvolvido um modelo de simulação que, inicialmente, abordou as questões relativas à capacidade de produção e, posteriormente, as questões relativas às alternativas operacionais da aciaria.

Nas seções seguintes faz-se a descrição das principais características do modelo, e apresentam-se algumas conclusões por ele permitidas.

2 ESTUDO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS

Segundo Kelton et. al. (2003), a Simulação de Processos por computador já existe há duas décadas, mas só nos últimos anos vem sendo difundida mais amplamente tanto no meio acadêmico quanto empresarial, graças ao avanço significativo nos sistemas computacionais e à popularização do computador.

Por “simulação”, entende-se uma imitação de parte da realidade em uma escala menor, sujeita às mesmas leis físicas e operacionais que o sistema real, com a finalidade de testar alternativas e estudar seu comportamento. Tal imitação é denominada “modelo”. A Simulação Computacional transporta esse conceito para o campo da informática, tornando o computador um ambiente experimental virtual,

onde se pode testar protótipos e obter informações detalhadas sobre seu comportamento de forma extremamente cômoda e barata.

A Simulação de Eventos Discretos por Computador é uma ramificação da Simulação Computacional, que permite estudar o comportamento e o relacionamento entre diversos componentes de um sistema, considerando o fluxo de informações ou de elementos físicos dentro dele. Trata-se de uma ferramenta poderosa na análise de sistemas muito complexos, já que o computador fica encarregado de monitorar todas as variáveis, alterar os estados e comportamentos conforme programado e gerar estatísticas de todo o experimento. O seu uso é possível graças à disponibilidade de ambientes computacionais voltados para a simulação, como por exemplo, o software ARENA (Bapat & Sturrock, 2003), o qual foi adotado para a realização do presente estudo.

3 SIMULAÇÃO DA ACIARIA

Devido à elevação da produção de gusa em 50% foi necessária uma avaliação da capacidade de produção da aciaria com o objetivo de checar se ela seria capaz de absorver a produção adicional de gusa com os novos equipamentos a serem instalados e a necessidade de equipamentos de apoio como carros torpedos, pontes-rolantes e painéis de aço e gusa.

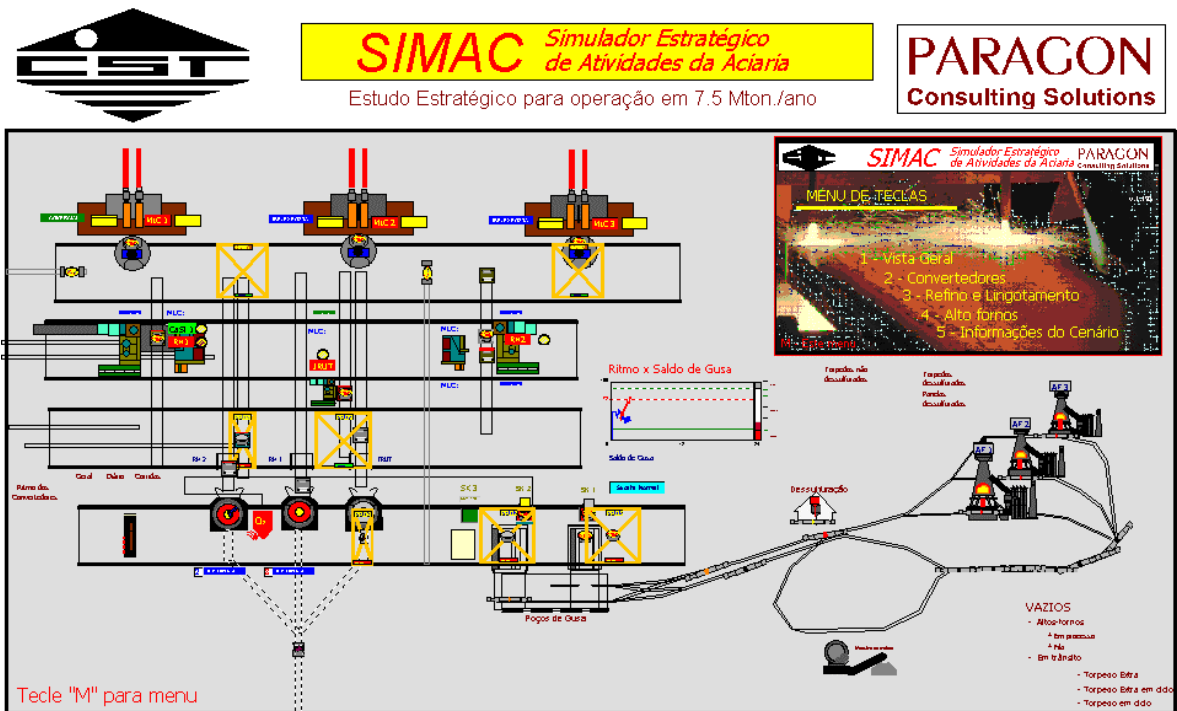


Figura 1. Vista geral da simulação

Os conversores produzem de forma discreta, ou seja, em bateladas, ao passo que as máquinas de lingotamento produzem de forma contínua, necessitando portanto de que o aço esteja disponível no instante que ela precisar. Caso isso não ocorra, a MLC será obrigada a interromper a produção e fazer a preparação para iniciar

nova série de lingotamentos, o que reduz sua produtividade e rendimento. Esse fato dificulta o sincronismo operacional entre esses equipamentos, pois nem sempre os conversores conseguirão disponibilizar o aço para o lingotamento contínuo no momento certo. O modelo foi usado para analisar as implicações decorrentes do aumento de produção e a capacidade do sistema como um todo, onde os diferentes equipamentos interferem na produtividade do conjunto, identificando os gargalos de produção e as novas necessidades operacionais.

O objetivo principal do modelo é estudar o desempenho da aciaria com a nova configuração de equipamentos, no entanto, além dos processos inerentes à aciaria, foi necessário modelar os processos de produção, armazenamento e transporte de gusa, devido à influência que esses processos exercem sobre o ritmo de produção e o sincronismo operacional dos equipamentos da aciaria.

O modelo contempla os altos-fornos, os carros-torpedos, a dessulfuração, os convertedores, os equipamentos de refino secundário (RH's e IR-UT), e as máquinas de lingotamento contínuo.

A Figura 1 apresenta o layout geral do sistema simulado, conforme foi representado na animação do modelo. A Figura 2 mostra um detalhe da animação na área dos convertedores.

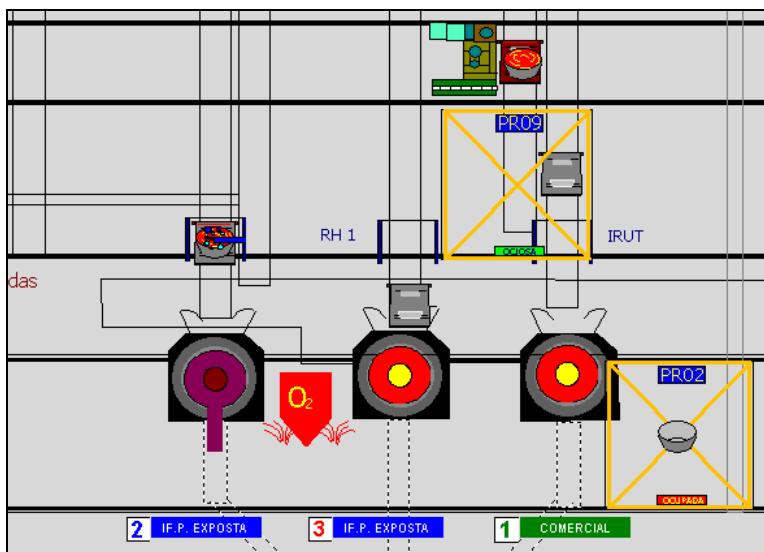


Figura 2. Detalhe da animação na área dos convertedores LD.

O modelo representa o sistema real em alto nível de detalhe, considerando paradas periódicas de todos os equipamentos, e as respectivas alterações de comportamento decorrentes.

Para favorecer o processo de teste de cenários, foi elaborada uma interface de entrada de dados para o modelo, através de qual um usuário sem familiaridade com a ferramenta possa elaborar cenários e submetê-los ao simulador, observando seus resultados em seguida.

Essa interface foi desenvolvida como uma planilha do MS-Excel, que é uma ferramenta familiar à maioria das pessoas no ambiente corporativo. Alguns exemplos de parâmetros que podem ser alterados para a geração de cenários estão mostradas a seguir.

A Figura 3 mostra a janela de parâmetros principal, onde o usuário pode escolher qual a configuração de equipamentos a ser usada.

Parâmetros da Simulação		
	Valor	Unidade
Tempo de Simulação	20	Dias
Pasta de Trabalho (onde se localizam o modelo e a interface)	C:\TEMP\ZCTmp.Dir	
Pasta de instalação do ARENA	C:\Arquivos de programas\Rockwell Software\Arena 8.0	
Ala de Gusa		
	Valor	Unidade
Número de CARROS TORPEDO (CT) no sistema	17	Valor inteiro
Capacidade dos CT para dessulfuração no torpedo	400	Toneladas
Capacidade dos CT para dessulfuração no KR	400	Toneladas
Capacidade média da Panela de Gusa	315	Toneladas
Percentual de dessulfuração no torpedo	0,2	Percentual
Número de SKIMMERS - SK - (2 ou 3)	3	Valor 2 ou 3
Tipo do SK3	2	1 - Convencional; 2 - Com Tilt
Número de painelas de gusa no circuito	5	Valor inteiro de 3 a 5
Quantidade de CT's nos poços no início da simulação	6	Valor inteiro
Limite de Painelas para MLC1	1	valor inteiro
Limite de Painelas para MLC2	2	valor inteiro
Limite de Painelas para MLC3	3	valor inteiro
Simultaneidades de despeiramento nos poços	2	Valor inteiro
Simultaneidades de despeiramento nos SKs de KR	2	Valor inteiro
Simultaneidades de despeiramento no SK3	0	Valor inteiro
Tonelagem que define duplo carregamento	900	Toneladas

Figura 3. Escolha da configuração de equipamentos usada pelo cenário.

A Figura 4 apresenta a escolha da configuração de paradas dos equipamentos.

Paradas Programadas	Tempo entre Paradas (dias)				Tempo da Parada (horas)				Momento da primeira parada		
	Curva	Min	Vis	Max	Curva	Min	Vis	Max	Usado	Padrão	Input
Alto Forno 1	DISC	0	90	0	DISC	0	24	0	144000	14	100,0
Alto Forno 2	DISC	0	90	0	DISC	0	14	0	219096	74	152,2
Alto Forno 3	DISC	0	120	0	DISC	0	18	0	60480	42	
Dessulfuração no Torpedo	DISC	0	90	0	DISC	0	9	0	363156	14	252,2
KR	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	1440000	28	1000,0
Convertedor 1	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	219166	14	152,2
Convertedor 2	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	239256	28	166,2
Convertedor 3	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	60480	42	
RH1	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	239316	28	166,2
RH2	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	219226	14	152,2
IRUT	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	60480	42	
Máquina de Lingotamento C	DISC	0	42	0	DISC	0	11,5	0	60480	42	
Máquina de Lingotamento C	DISC	0	42	0	DISC	0	12	0	239156	28	166,1
Máquina de Lingotamento C	DISC	0	42	0	DISC	0	12	0	219046	14	152,1
PR04	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	60480	42	
PR02	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	60480	42	
44PR01	DISC	0	42	0	DISC	0	8	0	219256	28	152,3
46PR02	DISC	0	42	0	DISC	0	8	0	239376	14	166,2
PR03	DISC	0	42	0	DISC	0	9	0	219196	14	152,2

Figura 4. Paradas periódicas dos equipamentos

Outro aspecto importante é o fato de que a produção é puxada pelas Máquinas de Lingotamento Contínuo em função da programação por tipo de aço, espessura e paradas das máquinas para trocas de espessura e largura, quando for o caso. Considerando também o número de corridas a serem produzidas no mesmo distribuidor e as reduções de velocidades representadas pelas trocas destes sem interrupção do lingotamento. Essas configurações também podem ser escolhidas pelo usuário, como mostra a Figura 5.

MLC1					MLC2					MLC3				
TIPO DE AÇO	ES	LAJ	COR_TUI	SET1	TIPO DE AÇO	ES	LAJ	COR_TUI	SET1	TIPO DE AÇO	ES	LAJ	COR_TUI	SET1
COMERCIAL	200	L4	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L4	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L3	6	10
COMERCIAL	200	L3	4	180	IF.P. EXPOSTA	225	L4	3	10	IF.P. EXPOSTA	225	L3	6	10
COMERCIAL	225	L1	4	50	IF.P. EXPOSTA	225	L4	4	180	IF.P. EXPOSTA	225	L3	5	10
COMERCIAL	225	L4	4	180	T.CALCIO	200	L3	4	10	RH1 -CaSi	225	L4	4	180
COMERCIAL	200	L3	5	10	T.CALCIO	200	L3	4	180	RH1 -CaSi	250	L1	5	180
COMERCIAL	200	L3	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L4	6	10	IF.P. EXPOSTA	225	L4	5	10
COMERCIAL	200	L3	5	10	IF.P. EXPOSTA	225	L4	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L3	5	10
COMERCIAL	200	L2	4	180	IF.P. EXPOSTA	225	L3	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L3	5	10
COMERCIAL	225	L1	5	10	IF.P. EXPOSTA	225	L3	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L3	6	10
COMERCIAL	225	L1	5	10	IF.P. EXPOSTA	225	L3	4	10	CG Desi	225	L3	4	10
COMERCIAL	225	L1	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L3	4	10	CG Desi	225	L1	4	50
COMERCIAL	225	L1	5	10	IF.P. EXPOSTA	225	L2	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L4	5	10
COMERCIAL	225	L1	5	10	IF.P. EXPOSTA	225	L2	3	10	IF.P. EXPOSTA	225	L2	6	10
COMERCIAL	225	L1	5	50	IF.P. EXPOSTA	225	L2	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L2	6	10
COMERCIAL	225	L4	5	10	COMERCIAL	225	L1	4	10	IF.P. EXPOSTA	225	L2	5	10

Figura 5. Programação das máquinas de lingotamento contínuo

4 EXPERIMENTOS REALIZADOS

Foram realizados experimentos com um cenário representativo do sistema atual, sem as ampliações projetadas. Os resultados obtidos comprovaram a validação do modelo, apresentando pequena divergência em relação aos dados do sistema real. Diante desta confirmação, foram simulados os cenários que possivelmente seriam implementados na linha produtiva.

Os resultados quantitativos não serão apresentados integralmente por se tratarem de resultados específicos da CST e pouco se relacionarem à características de outras usinas. Selecionou-se, a título de ilustração, estimativas pontuais de algumas variáveis importantes, as quais são apresentadas na Figura 6. Esta figura representa a planilha de saída dos resultados do modelo, contendo utilização de equipamentos, informações quantitativas, etc.

A MLC3 está configurada para maior produtividade e recursos mais modernos que as MLC 1 e 2, portanto é natural que a CST queira maximizar sua produção. Para concretizar essa política operacional é necessário priorizar a MLC3 em relação às MLC1 e 2. Nessa condição o modelo permite que o usuário selecione quais as MLC's que absorverão a maior parte da produção e o software irá selecionar a melhor rota (convertedor e refino secundário) para cada instante considerando a disponibilidade de gusa e as programações de produção.

Havia também a expectativa de se trabalhar com conversores “dedicados”, ou seja, cada um dos conversores serviria exclusivamente a uma das máquinas de lingotamento. A simulação mostrou que essa prática operacional prejudica o sincronismo operacional, pois não há revezamento dos conversores no abastecimento das MLC's. De acordo com os resultados da simulação a melhor política operacional é que o primeiro convertedor a liberar atenda o pedido de produção da próxima MLC a ficar ociosa.

Outro resultado importante é o fato das conclusões extraídas da simulação poderem dar suporte à programação da produção e ao desenvolvimento do sistema de gerenciamento do sincronismo operacional.

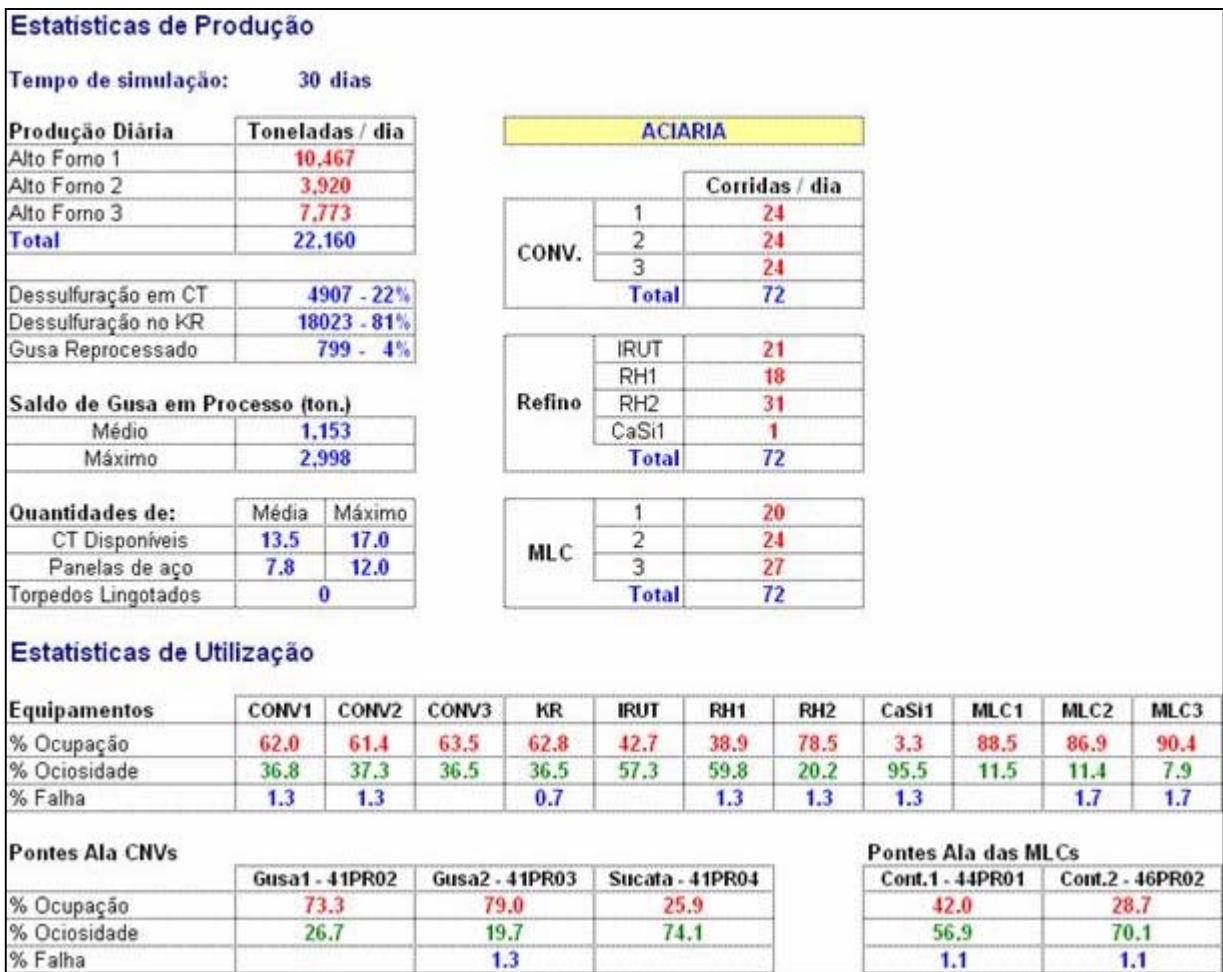


Figura 6. Planilha de resultados do modelo

O modelo de simulação mostrou que a nova configuração da aciaria tem capacidade para absorver a produção prevista de 8,0 milhões de toneladas/ano de gusa com os novos equipamentos atendendo as manutenções preventivas dentro dos índices operacionais previstos.

5 CONCLUSÕES

O foco desta simulação foi especificamente estratégico e alguns dos resultados obtidos são:

- A simulação confirma a média de 72 corridas/dia necessárias para a fase 7,5 Mt/a;
- Indicar a taxa de ocupação das PR's da Ala de Carga e de Lingotamento;
- Despoeiramento secundário de 4 pontos simultâneos na Ala de Carga (excluindo-se os convertedores);
- Determinar o ritmo operacional dos novos equipamentos;
- Um volume maior de gusa pode ser consumido pela Aciaria;

- A Aciaria consegue, na maioria das vezes, absorver paradas programadas dos equipamentos sem necessidade de lingotar gusa;
- O modelo é muito flexível, permitindo testar vários cenários. Um acompanhamento por parte da operação auxiliará a obtenção de resultados específicos para novos cenários.

A simulação é uma ferramenta poderosa na análise de sistemas de produção de qualquer natureza, seja para buscar a otimização de sistemas já existentes, ou para auxiliar no planejamento de novos sistemas, como foi o caso do presente trabalho que permitiu aos gerentes operacionais das áreas a visualização dos resultados dos novos equipamentos e os pontos onde estes estudos devem aprofundar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SCARPE, A. A.; MARIANTE, W.; FRANZESE, L. A. G. (1998) - CST Steel Shop Operation Model. ArenaSphere98.
2. KELTON, D. W., SADOWSKI, R. P., SADOWSKI, D. A. (2003) - *Simulation With Arena*. McGraw Hill. New York.
3. BAPAT, V.; STURROCK, D. T. (2003) – The Arena Product Family: Enterprise Modeling Solutions.. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference.

MODELO OPERACIONAL DA ACIARIA DA CST⁽¹⁾

Benedito Pedro Costhek ⁽²⁾

Adriano Cesar Silva ⁽³⁾

Odair José Kirmse ⁽⁴⁾

Marcelo Moretti Fioroni ⁽⁵⁾

Luiz Augusto G. Franzese ⁽⁶⁾

Abstract

The Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST, an integrated steelmaking company, located in Vitória, ES – Brazil, is adding new equipment to its process. The start up of this phase will be in the second semester of 2006. In the present days CST is operating with 2 Blast Furnaces with the capacity of 5.0 Mt/y of pig iron, feeding a Steelmaking with 2 converters and 2 Continuous Casting Machines. The new equipment configuration will allow to increase the slabs production to 7.5 Mt/a, allowing the company recovery the volume of 5.0 Mt/y of slabs to the market, decreased after the 2002 with the HSM start up. The new equipment will allow the ennoblement of the production mix and the reduction of the production cost. Initially, a simulation model was developed to determine the Steel Plant capacity and to estimate the main equipment operational index. As a second step, the model was improved to allow tests considering different production scenarios, to show the effect in the equipment index and to determine the best operational model. The simulation provided an excellent understanding of the future operating process, allowing a previous vision of the potential bottlenecks and also to identify reduced costs practices before the new equipment start up. The model was developed using the ARENA-Release 8.01. It is helpful for the managers as a decision making tool.

Key-words: Steelmaking Shop, Simulation, Arena, Continuous Casting Machine

(1) *Contribuição técnica ao 60º Congresso Anual da ABM, Belo Horizonte, MG, 25 a 28 de julho de 2005.*

(2) *Pós-grad. Inform. Industrial pela UFES, Mestrando em Eng. de Produção e Analista Industrial da CST*

(3) *Engenheiro Metalúrgico, MBA em Gestão Empresarial pela FGV e Analista Industrial da CST*

(4) *Graduado em Ciência da Computação, Mestrando em eng. de Materiais e especialista da Divisão de Controle Metalúrgico da Aciaria da CST.*

(5) *MSc. Engenharia, Doutorando pela USP, Consultor pela Paragon Tecnologia.*

(6) *Diretor da Paragon Tecnologia e Mestrando pela USP.*