

ESTUDO DE EXPANSÃO DO SISTEMA DE MANUSEIO DE MATÉRIAS-PRIMAS DA CST ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO

Edson Luis M. Harano ⁽¹⁾

João Bosco Mendes ⁽²⁾

Joeli Cuzzuol ⁽³⁾

Juliana de Souza Lima ⁽³⁾

Robson Jacinto Coelho ⁽³⁾

Luiz Augusto G. Franzese ⁽⁴⁾

Marcelo Moretti Fioroni ⁽⁴⁾

José Geraldo Schettini ⁽⁵⁾

Ricardo Baeta Santos ⁽⁵⁾

Resumo

A área de matérias-primas de uma usina siderúrgica integrada corresponde à etapa inicial de um ciclo produtivo, cujo produto final é o aço. Neste contexto, a área de recebimento deve funcionar garantindo o suprimento destas matérias-primas em qualidade, operacionalidade e custo. Podemos dizer que a qualidade e custo do produto final estão intimamente ligados à etapa inicial do processo. Desta forma, a construção do modelo de simulação em Arena[®] visa avaliar a capacidade efetiva do sistema de recebimento, estocagem, manuseio e abastecimento de matérias-primas para os setores consumidores (altos-fornos, sinterização e calcinação) da CST, visando atendimento da meta de produção para o Plano de 7,5 Mtaço /ano.

Palavras-chave: Manuseio; Matérias-primas; Simulação.

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

¹ *Especialista de Controle Técnico da Área de Gusa da CST.*

² *Especialista de Sinterização da CST.*

³ *Analista Industrial da CST.*

⁴ *Consultor da Paragon Tecnologia.*

⁵ *Consultor da CST.*

1 INTRODUÇÃO

Em todos os processos dependentes de matéria-prima, o seu abastecimento é motivo de grande atenção por parte das equipes responsáveis. Este aspecto da produção assume importância crescente, principalmente, se observados os investimentos envolvidos e o custo da operação.

Este é o caso dos processos siderúrgicos, em especial a produção de ferro gusa, onde o desabastecimento de materiais penaliza fortemente a empresa, seja na forma de perda de produção, seja na forma (muito mais grave) de perda de equipamentos/instalações.

Assim, estudar a maneira mais adequada e ao mesmo tempo menos dispendiosa, de abastecimento de matérias-primas é bastante relevante. Atualmente, muitas técnicas e ferramentas bastante sofisticadas estão disponíveis para aquele que se dispõe a buscar solução para estes problemas. Uma destas técnicas é a simulação de eventos discretos.

O presente estudo mostra um caso de aplicação da simulação para avaliar o sistema de manuseio de matérias-primas da CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão. O foco da análise ficou principalmente sobre o recebimento, preparação e abastecimento das cargas metálicas nos altos-fornos para produção de ferro gusa, desconsiderando o abastecimento e movimentação de coque, o qual funciona de forma totalmente independente do sistema simulado.

A CST, planejando expandir sua produção dos atuais 5,0 Mtaço/a para 7,5 Mtaço/a, foi motivada a realizar este trabalho pela necessidade de ampliar seu atual sistema de recebimento e manuseio de matérias-primas, face às novas demandas.

2 RECEBIMENTO E MANUSEIO DE MATÉRIAS-PRIMAS

A área de recebimento, que compreende um virador de vagões, um hopper rodo-ferroviário e pátios primários, tem fundamental importância para a usina porque é onde se inicia o processo produtivo.

Portanto, este setor deve satisfazer as exigências de:

- Estoque de segurança e de mínimo custo;
- Recebimento e descarga de matérias-primas;
- Controle da qualidade;
- Empilhamento / remoção nos pátios primários;
- Operacionalidade dos pátios primários.

O sistema em estudo é constituído por três elementos principais:

- Recebimento de matéria-prima externa, através de um virador de vagões, um hopper rodo-ferroviário, e uma correia transportadora que liga a CST diretamente

a CVRD – Companhia Vale do Rio Doce;

- Armazenagem dos materiais recebidos em seis pátios, quatro dos quais dedicados a matérias-primas diversas, e dois dedicados a material blendado (mistura de outros materiais);
- Processadores de matéria-prima, que consomem determinados materiais e os convertem em outros, para uso em outra parte do sistema;
- Consumidores de matéria-prima, que apenas consomem materiais.

Ligando todos estes elementos, há um complexo sistema composto por 155 correias transportadoras, capaz de levar os materiais de seus pontos de origem até o destino, seja para armazenagem ou consumo. As correias do sistema atuam em conjunto levando os materiais, formando *rotas de transporte*. Está prevista a utilização de pelo menos 269 rotas distintas no sistema futuro, atendendo às mais diversas necessidades de movimentação.

As matérias-primas consideradas no estudo são: calcário fino calcítico, calcário bitolado calcítico, minério de ferro fino, minério de ferro grosso, pelota, RAF (retorno de alto-forno), sinter, degradado, blendado, rejeito, “small coke”, calcário fino dolomítico, calcário bitolado dolomítico e calcário bitolado calcítico 50~100 mm.

Os elementos processadores de matéria-prima do sistema são:

- A blendagem é a mistura de vários materiais com características distintas.
- A sinterização é um processo de aglomeração a quente de uma mistura de finos de minérios, coque, fundentes e adições, com dosagens e composições químicas definidas, cujo produto resultante, o sinter, apresenta características químicas, físicas e metalúrgicas compatíveis com as solicitações do alto-forno.

Os elementos consumidores de matéria-prima são os três altos-fornos, que produzem o gusa líquido. Estes têm prioridade absoluta de atendimento, já que a falta de materiais em seus silos geralmente significa perda de produção. Além dos altos-fornos, há a fábrica de cal (Calcinção), que consome três tipos diferentes de calcário.

Cada ponto de consumo ou processamento de materiais trabalha com silos, que armazenam uma certa quantidade de material a ser consumido. Cada silo tem seu conteúdo decrementado paulatinamente, conforme a taxa de consumo daquele material naquele equipamento.

Nos quatro pátios, pode-se armazenar qualquer tipo de matéria-prima, exceto o blendado, que tem outros dois pátios dedicados. Entre cada dois pátios, fica localizado um equipamento “Stacker-Reclaimer” ligado ao sistema de correias e que pode tanto empilhar material quanto remover material da pilha, enviando-o pelas correias, para um determinado consumidor ou processador.

Os pátios de blendado são dois, sendo que um deles está sempre recebendo material para formar a pilha, e o outro disponibiliza material para retirada e envio para a Sinterização. Para isso, há um equipamento “Blend Stacker” que empilha material, e um “Blend Reclaimer”, que retira o material. Os dois equipamentos trocam de pátio quando a pilha do primeiro pátio é completamente formada.

O sistema possui ainda algumas peneiras, cuja finalidade é classificar os materiais enviados aos altos-fornos. Ao passar por elas, parte do material original é desviado e é classificado como outro material. Por exemplo, ao passar pela peneira, o minério de ferro grosso, retido na peneira, é direcionado para o alto-forno, e o passante, “degradado”, é direcionado para um silo de retorno do alto-forno. Os silos de retorno servem para armazenar temporariamente os materiais peneirados, cuja granulometria não é adequada para serem usados no alto-forno. Ao atingirem um nível elevado, estes silos são esvaziados. Seu conteúdo é transferido e empilhado em um dos quatro pátios, onde será aproveitado na blendagem.

Apresenta-se na Figura 1 o diagrama esquemático do funcionamento do sistema de manuseio de matérias-primas da CST.

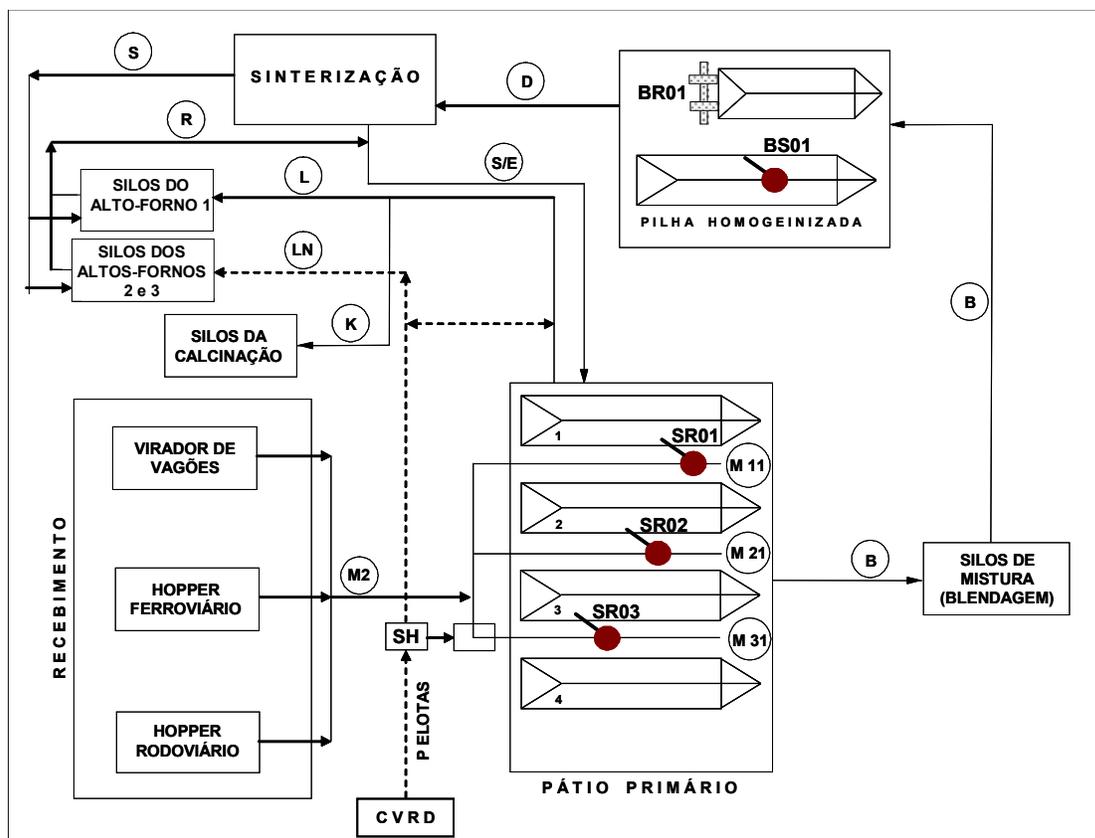


Figura 1. Diagrama esquemático do funcionamento do sistema.

O sistema atual trabalha com apenas dois alto-fornos, de modo que o volume de matéria-prima consumida é bastante diferente da que irá ocorrer quando se iniciar o funcionamento do terceiro alto-forno.

A dúvida quanto ao índice de utilização dos sistemas de correias e equipamentos mais solicitados relacionados com a forma de operação do sistema, face a nova demanda, são os principais pontos de análise e que motivaram a realização deste estudo.

3 SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS

Segundo Kelton et. al. (2003), a Simulação de Processos por computador já existe desde a década passada, 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 de modelos foi amplamente utilizada, por exemplo, pela indústria aeronáutica, que testava a aerodinâmica de novos projetos em túneis de vento.

A Simulação Computacional transporta esse conceito para o campo da informática, tornando o computador uma espécie de “túnel de vento” 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).

Tais ambientes computacionais permitem que se “descreva” o funcionamento do processo, agregando a este uma parte gráfica que apresenta visualmente o comportamento da simulação.

Usando simulação, é possível reproduzir dinamicamente o comportamento do sistema, detectar os eventuais problemas e corrigi-los ainda na fase de projeto, além

de permitir testar estratégias de operação e treinar as equipes envolvidas no processo. Estas características se alinham com os objetivos procurados pela CST no estudo do novo sistema de manuseio de matérias-primas, fato que contribuiu para sua escolha neste caso.

4 EVOLUÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

Inicialmente, o modelo conceitual foi dividido em dois módulos distintos, com operação independente e complementar:

- Módulo de fornecimento e consumo de matérias-primas: reunindo todos os pontos de origem e destino de matérias-primas no sistema. É responsável por detectar a necessidade de uma matéria-prima em determinado local, identificar um ponto de fornecimento deste material e fazer sua requisição de transporte;
- Módulo de transporte: representa o sistema de transporte que liga os pontos de origem aos pontos de destino. Recebe pedido de transporte do módulo de fornecimento e consumo, e deve ser capaz de identificar qual a rota de correias capaz de levar o material do ponto de origem ao ponto de destino. Quando uma correia da rota estiver ocupada, o sistema procura outra rota, ou aguarda, caso todas as opções de rota estejam bloqueadas.

O sistema foi preparado para funcionar através do monitoramento dos níveis de silo, gerando pedidos de abastecimento quando seu volume atingisse um nível de disparo individual. Mas foi constatado, através de experimentos, que esta regra simples de funcionamento não seria suficiente para que o sistema funcionasse sem haver desabastecimento nos silos dos alto-fornos.

Foi constatado que determinados conjuntos de correias ficavam ocupados por tempo demasiado, impedindo alguns abastecimentos críticos para o sistema. Tais situações não poderiam ser tratadas apenas de forma automática, como concebido originalmente. Estes problemas foram levados aos projetistas do sistema, que sugeriram melhoramentos nas regras do modelo.

Assim, a regra original foi sendo gradativamente aprimorada, recebendo exceções de comportamento, prioridades de atendimento em determinados pedidos, e forçar a operação do sistema de forma específica em determinadas situações. Desta forma, seu comportamento ficou mais semelhante a operação sob supervisão humana, melhorando significativamente seu desempenho, até não mais haver ocorrência de falta de material nos altos-fornos.

O modelo foi construído na ferramenta ARENA[®], contando com uma interface animada feita sobre o “layout” original do projeto, o que permitiu acompanhar detalhadamente todas as ações e eventos da simulação. Imagens da interface animada estão mostradas na Figura 2.

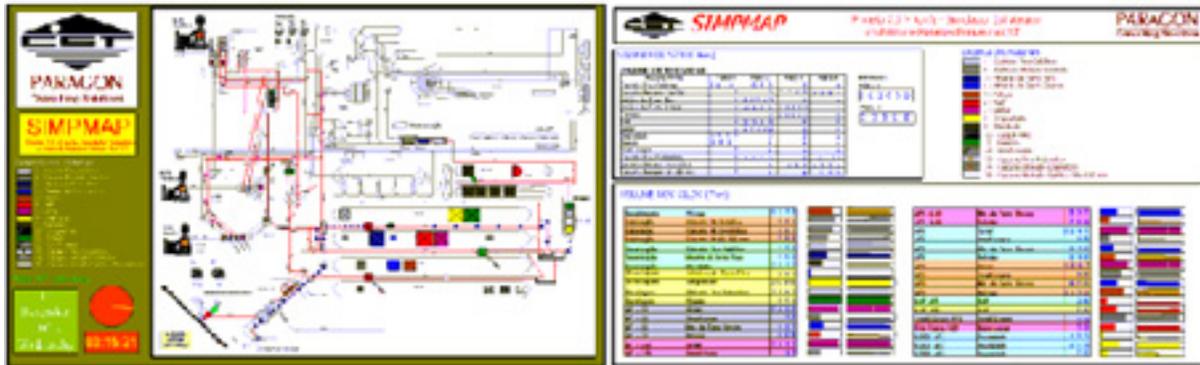


Figura 2. Imagens da interface animada do modelo de simulação.

Também foi desenvolvida uma interface de operação para o modelo, no formato de planilha do MS Excel, permitindo o teste de cenários por pessoas sem qualquer habilidade no uso da ferramenta ARENA®. Além de permitir a alteração de parâmetros e montagem dos cenários, a interface também apresenta os resultados da simulação na planilha, facilitando o seu uso posterior. A Figura 3 apresenta algumas imagens da planilha de interface.



Figura 3. Imagens da planilha de interface.

5 AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS E RESULTADOS

A interface desenvolvida habilita o usuário a alterar os seguintes parâmetros do sistema:

- Volume de chegadas externas de material e seu modal de transporte: caminhões, composições ferroviárias para o virador de vagões ou *hopper* rodo-

ferroviário. Capacidade de cada caminhão ou vagão e tamanho das composições;

- Alocação dos materiais nos quatro pátios disponíveis;
- Volume inicial das pilhas de material nos pátios;
- Para os silos do sistema: volume inicial, nível de disparo (volume que dispara um pedido de material), volume de pedido (quantidade a ser enviada em resposta ao pedido) e capacidade máxima;
- Consumo diário de material em cada ponto do sistema que receba material;
- Produção diária da sinterização e da blendagem;
- Rendimento das peneiras do sistema para cada material peneirado;
- Capacidade de transporte das correias para cada tipo de material transportado;
- Paradas de equipamento para manutenção.

O cenário estudado inicialmente foi o do sistema conforme seu projeto original. Nesta simulação, foram confirmadas as suspeitas quanto a insuficiência de algumas correias no transporte de materiais, bem como a necessidade de se priorizar algumas atividades. Estas restrições tiveram como consequência a falta de algumas matérias-primas nos altos-fornos.

Em seguida, foram realizados testes com o sistema considerando o aumento de capacidade de algumas correias e priorização das atividades consideradas relevantes. Foi constatado um atendimento bem mais eficiente dos altos-fornos nestas condições.

6 CONCLUSÕES

Esta ferramenta nos possibilita análise de vários cenários para o plano de 7,5 Mt/ano, auxiliando nas tomadas de decisões. Abaixo algumas conclusões sinalizadas, para os sistemas de recebimento e manuseio de matérias-primas:

- A porcentagem de ocupação das máquinas móveis (“Stackers Reclaimers”) é de 80%.
- Com o consumo específico de “small coke” de 48 Kg/tgusa, conforme estabelecido pelo Plano Empresarial é possível abastecer os altos-fornos. Em paradas programadas da sinterização e máquinas dos pátios será necessário alterar este consumo.
- O sistema D e o “Blend Reclaimer” trabalham atualmente a uma produtividade média de 800 t/h e para atender a demanda do 7,5Mt/a deverá trabalhar a uma produtividade média de 1250 t/h.

- O sistema B e o “Blend Stacker” trabalham atualmente a uma produtividade média de 1555 t/h e para atender a demanda do 7,5Mt/a deverá trabalhar a uma produtividade média de 2200 t/h.
- Durante as paradas programadas da sinterização não é possível abastecer a calcinação. Neste caso deve-se formar estoque prévio e/ou abastecer a calcinação via transporte rodoviário.
- O sistema K trabalhando com a produtividade atual de 595 t/h não atende a demanda da calcinação por haver concorrência para manuseio de matérias-primas no sistema L, a proposta de solução foi a preparação de “small coke” via circuito fechado de moagem de combustível da sinterização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SCARPE, A. A.; MARIANTE, W.; FRANZESE, L. A. G. (1998) - CST Steel Shop Operation Model. ArenaSphere98.
2. KELKTON, 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.
4. FIORONI, M. M.; BOTTER, R. C.; POMPERMAYER, F. M.; FRANZESE, L. A. G. (2004) – Estudo Estratégico de Dimensionamento da Infra-Estrutura do Pátio Ferroviário de Tubarão Através de Simulação. Anais do XVIII ANPET, 8-12 nov., Florianópolis-SC. Brasil.

EXPANSION STUDY OF THE SYSTEM RAW MATERIALS HANDLING OF THE CST BY SIMULATION

Edson Luis M. Harano⁽¹⁾
João Bosco Mendes⁽²⁾
Joeli Cuzzuol⁽³⁾
Juliana de Souza Lima⁽³⁾
Robson Jacinto Coelho⁽³⁾
Luiz Augusto G. Franzese⁽⁴⁾
Marcelo Moretti Fioroni⁽⁴⁾
José Geraldo Schettini⁽⁵⁾
Ricardo Baeta Santos⁽⁵⁾

Abstract

The area of the receiving of the raw material of steel work integration is the beginning process of a productive cycle, which the final productive are the several steel products. In this context, the receiving area needs operate with quality guaranty for the supply these materials in good operation condition and low cost. We may say that the quality and cost of the final product are intimately connected to the initial process step. This way the simulation model construction in Arena intend to evaluate the effective capacity of the receiving system, storage, handling and raw material supply to the consumers sectors (Blast Furnace, Sinter Plant and Lime Plant) of CST, to attend the 7,5 Mtsteel/y production plan.

Key-words: handling, raw material, simulation

Technical contribution to the 60° Annual Symposium of the ABM, Belo Horizonte, MG, july 25 – 28, 2005.

- ¹ *CST Ironmaking Production Area Technical Control Specialist.*
- ² *CST Sinter Plant Specialist.*
- ³ *CST Industrial Analyst.*
- ⁴ *Paragon Technology Consultant*
- ⁵ *CST Consultant.*