

# UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E PROCESSOS DA ACIARIA DA SIDERÚRGICA MARABÁ <sup>1</sup>

*Fernando Souza Cândido*<sup>2</sup>  
*Milton Carlos de Almeida Lima*<sup>3</sup>  
*Michel d'Audenhove*<sup>4</sup>

## Resumo

O desafio de implementar uma Aciaria Elétrica na Siderúrgica Marabá – Simara, localizada em Marabá – PA, utilizando de forma racional e estratégica os recursos financeiros e de engenharia viabilizou o desenvolvimento de um modelo de simulação, com interface amigável de entrada de dados e análise de resultados que permite fazer o sincronismo do processo da Aciaria. A utilização deste modelo possibilita apontar eventuais gargalos, ociosidades e apresentar o resultado de produção objetivado, alterando-se os parâmetros e equipamentos do processo de produção. Esse trabalho apresenta uma ferramenta que auxilia na análise das principais interferências da Aciaria, criando condições para tomada de decisão de investimentos em diferentes equipamentos em função das condições de contorno pré-estabelecidas e das alternativas que tornem o processo viável.

**Palavras-chave:** Aciaria; Processos; Simulação; Modelo.

## USE OF THE TOOL OF SIMULATION FOR OTIMIZATION OF THE IMPLANTATION OF THE EQUIPMENTS AND PROCESSES OF THE MELTSHOP OF THE SIMARA STEEL PLANT

## Abstract

The challenge to implement a MELTSHOP in Simara Steel Plant, located in Marabá - PA, using the financial and engineering resources in a rational and strategic way, made possible the development of a simulation model, with friendly interface of data entry and analysis of results, that allows to make the synchronism of the melt shop process. The use of this model allows pointing eventual bottleneck, dead time and presenting the objectified result of production, changing the parameters and equipments of the production process. This work presents a tool that assists in the analysis of the main interferences of the melt shop, creating conditions to take decision in function of the preset conditions of contour and the alternatives that become the process viable.

**Key words:** Melt shop; Processes; Simulation; Model.

---

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao XXXVIII Seminário de Aciaria – Internacional, 20 a 23 de maio de 2007, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Eng.º Mecânico, M.Sc., Gerente da Aciaria da Siderúrgica Marabá – Simara.*

<sup>3</sup> *Eng.º Mecânico, Gerente Geral da Siderúrgica Marabá – Simara.*

<sup>4</sup> *Diretor da Belge Engenharia e Simulação, Rio de Janeiro - RJ.*

## **1 INTRODUÇÃO**

A indústria siderúrgica está em contínua evolução, sendo que a capacidade de redução de custo na cadeia produtiva definirá a competitividade das Siderúrgicas no cenário nacional e internacional.

Portanto, implementar uma aciaria moderna com baixos custos e alta produtividade é o desafio dos engenheiros e parceiros do projeto da Siderúrgica Marabá - SIMARA.

O presente trabalho foi desenvolvido por uma equipe mista de engenheiros da SIMARA e da Belge Engenharia e Simulação.

O desafio principal foi desenvolver um modelo de simulação da nova Aciaria da SIMARA para obter uma ferramenta que permitisse apontar eventuais gargalos, ociosidades e apresentar o resultado de produção objetivado, alterando-se os parâmetros e os equipamentos do processo de produção.

Além disso, esta ferramenta deve analisar as principais interferências na Aciaria, criando condições para tomada de decisão em função de alternativas que tornem o sistema viável, caso seja detectado algum gargalo.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

O escopo do modelo compreende todo o sincronismo utilizado na Aciaria.

As condições de contorno pré-estabelecidas começaram desde a retirada do ferro gusa líquido dos Alto Fornos, passando pela sucata metálica do pátio interno até a saída dos tarugos lingotados provenientes do lingotamento contínuo.

Desenvolveu-se uma planilha de entrada de dados que permite ao usuário alterar os parâmetros em cada rodada de simulação construindo um leque de cenários que permite avaliar situações atuais e futuras do comportamento do sistema.

O modelo foi desenvolvido no software de simulação ProModel, da empresa americana Promodel.

## **3 RESULTADOS**

Todos os processos que foram simulados e suas informações correspondentes foram inseridas através de um arquivo com planilhas, instalada junto com o modelo na pasta especificada. Nestas planilhas todos os campos estão devidamente identificados para orientar o usuário e tornar o modelo mais amigável. A Figura 1 mostra um exemplo de uma planilha utilizada para entrada de dados.



Figura 1 – Exemplos de parâmetros utilizados

Após a simulação, o modelo apresenta uma saída de resultados que são analisados e permitem o gerenciador obter informações de custo, produtividade, sincronismo da Aciaria e outros dados que são relevantes para otimização do processo. Na Figura 2 é possível visualizar alguns gráficos de saída de resultados do modelo.

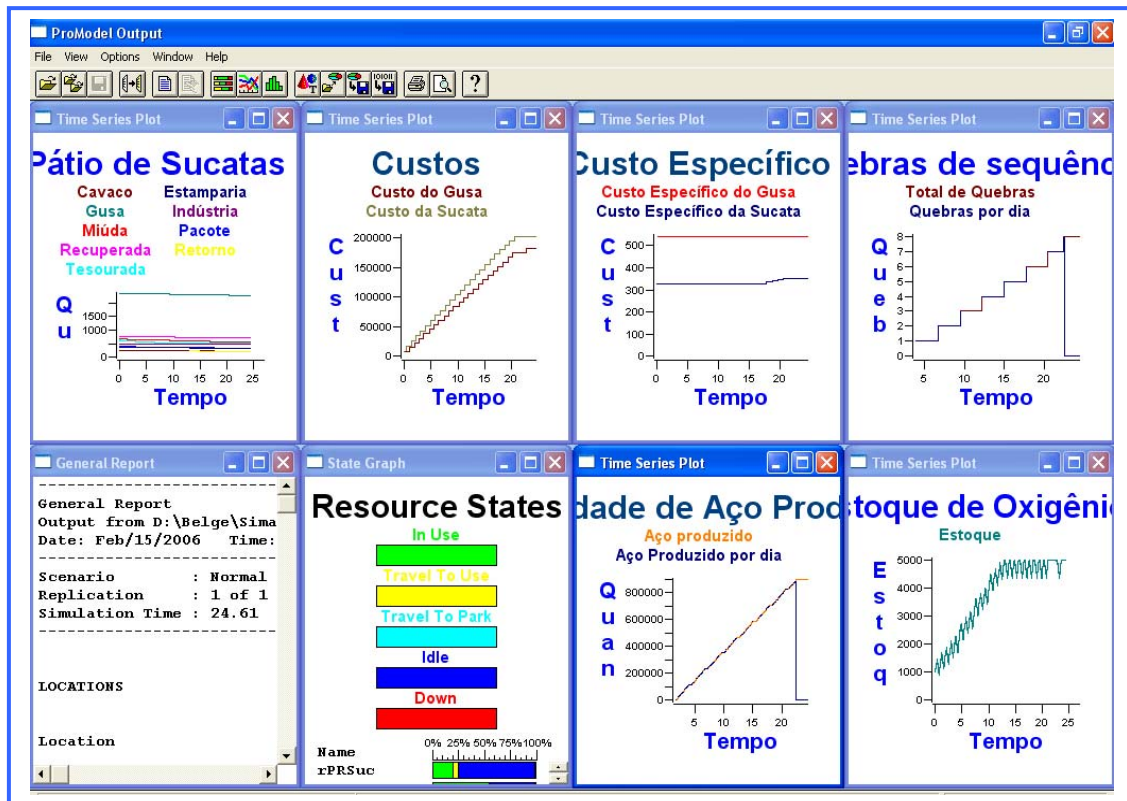
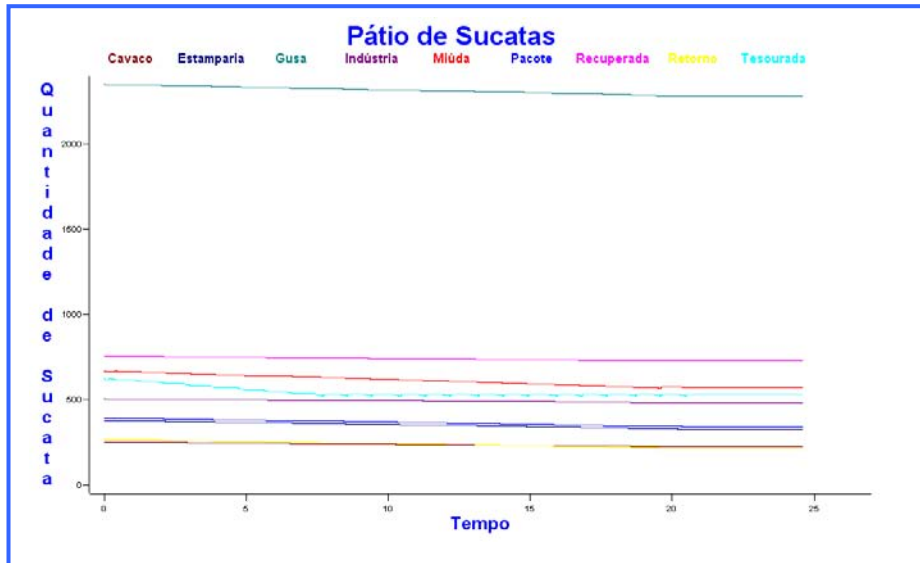


Figura 2 – Saídas de resultados

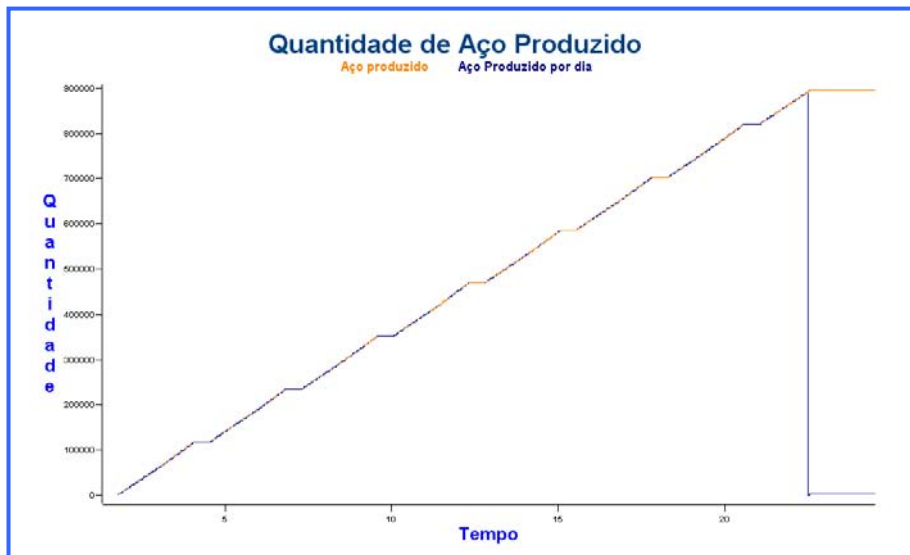
Destacamos a seguir alguns gráficos obtidos a partir de um determinado cenário correspondente a um conjunto de parâmetros informados nas devidas planilhas de entrada de dados.



**Figura 3** – Resultados de saídas dos diferentes tipos de sucata:

Observando esse gráfico encontramos a quantidade inicial e o comportamento ao longo da simulação para cada tipo de sucata. O que nos permite analisar, por exemplo, consumo de cada tipo de sucata e verificar os inputs necessários para de alimentação do pátio.

Na Figura 4 podemos observar a quantidade de aço produzido para uma determinada simulação considerando um período pré-estabelecido de hora sazonal.



**Figura 4** – Resultados de saídas dos diferentes tipos de sucata:

O Gráfico de Custos pode ser visto na Figura 5 onde simulamos os custos de ferro gusa e de sucata metálica permitindo comparar custos de diferentes tipos de sucata e correlacionar com diversas variáveis de impactam o custo final do aço.

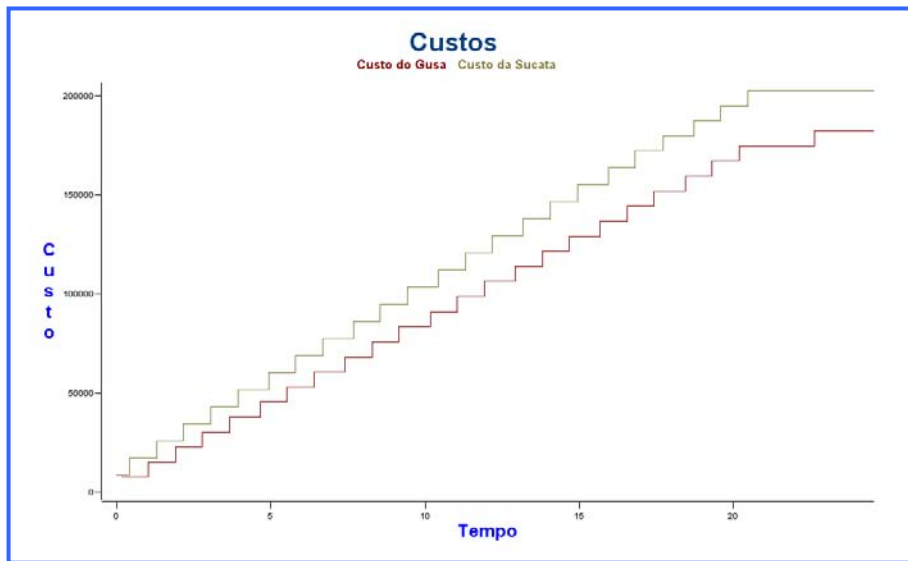


Figura 5 – Resultados de saídas de custos:

Na Figura 6 apresentamos um gráfico de estados dos recursos: neste gráfico são mostradas as porcentagens de tempo de simulação em que cada recurso esteve em cada estado. No exemplo abaixo, podemos ver que a ponte rolante do pátio de sucatas apresentou uma taxa de utilização de 25%.

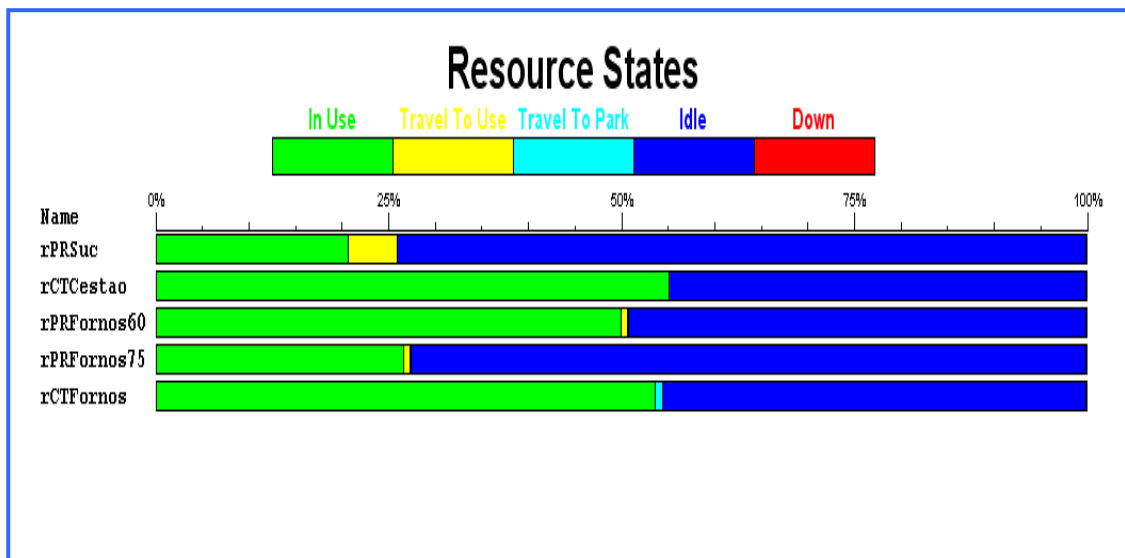


Figura 6 – Resultados de saídas de custos:

Para cada planilha faz-se necessário entrar com todas as variáveis que influenciam ou que tem peso no processo. Por exemplo, na planilha de sucata é necessário definir alguns parâmetros como: densidade, rendimento, custos, quantidade a ser utilizada por corrida e outros dados que podem influenciar o resultado do carregamento, do refino primário e aumento da temperatura do aço no Forno Elétrico a Arco.

A Figura 7 mostra um exemplo que foi utilizado no desenvolvimento deste modelo.

| Sucata |                                  |        |                  |            |                |                       |            |
|--------|----------------------------------|--------|------------------|------------|----------------|-----------------------|------------|
| Sigla  | Nome                             | Código | Densidade (t/m3) | Rendimento | Custo (\$ / t) | Condições de Contorno |            |
|        |                                  |        |                  |            |                | máximo (t)            | mínimo (t) |
| TES    | Tesourada                        | 1      | 0,75             | 0,88       | 290            | 30                    | 0          |
| GUS    | Gusa e Gusa Sólido               | 2      | 4,00             | 0,94       | 506            | 30                    | 0          |
| CAV    | Cavaco                           | 3      | 0,50             | 0,75       | 180            | 15                    | 0          |
| RET    | Retorno                          | 4      | 1,07             | 0,94       | 320            | 5                     | 0          |
| REC    | Recuperação de escórias (Planta) | 5      | 0,80             | 0,70       | 120            | 30                    | 0          |
| IND    | Indústria                        | 6      | 1,20             | 0,90       | 300            | 5                     | 0          |
| PAC    | Pacote                           | 7      | 0,94             | 0,85       | 220            | 30                    | 0          |
| MIU    | Miúda                            | 8      | 1,60             | 0,85       | 220            | 10                    | 0          |
| EST    | Estamparia                       | 9      | 0,90             | 0,89       | 300            | 30                    | 0          |
| GLI    | Gusa Líquido                     | 10     | 7,00             | 0,94       | 506            | 15                    | 0          |
| CAL    | Cal Dolo e Calcítica             | 11     | 1,50             | 0          | 0              | 25                    | 0          |

Figura 7 – Entrada de dados para sucata

O modelo mostra informações que podem ser utilizadas para entender a real necessidade de colocar mais equipamentos, dar suporte em dimensionamentos de equipamentos dos tipos velocidade de translação das pontes rolantes, dimensão de eletroímãs etc. A seguir será apresentado na Figura 8 um exemplo de parâmetros que permitiu simular os tempos de carregamento do pátio de sucata interno e a locação de sucatas por baía.

| Carga por carregamento da ponte (kg) |           |       |       |      |      |
|--------------------------------------|-----------|-------|-------|------|------|
| Sucata                               | Eletroimã | Garra | Total | t/m3 |      |
| TES                                  | 1         | 750   | 1000  | 1750 | 0,75 |
| GUS                                  | 2         | 2000  | 1500  | 3500 | 4,00 |
| CAV                                  | 3         | 500   | 1000  | 1500 | 0,50 |
| RET                                  | 4         | 1000  | 1000  | 2000 | 1,07 |
| REC                                  | 5         | 800   | 500   | 1300 | 0,80 |
| IND                                  | 6         | 1200  | 700   | 1900 | 1,20 |
| PAC                                  | 7         | 600   | 600   | 1200 | 0,94 |
| MIU                                  | 8         | 1600  | 1500  | 3100 | 1,60 |
| EST                                  | 9         | 800   | 1000  | 1800 | 0,90 |

Tempo de carregamento de cal (min) 1,0

Figura 8 – Parâmetros usados para simulação de carregamento de sucata

É importante salientar que o modelo permite fazer simulações dos tempos de processamento da corrida no Forno Elétrico a Arco, do Forno Panela, das áreas de



apoio e do lingotamento contínuo, permitindo aos responsáveis do processo tomar decisões que otimizam a produtividade e diminuem os custos da Aciaria.

A Figura 9 apresenta alguns exemplos de dados que são utilizados para obtermos os tempos de movimentação das pontes rolantes.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - Parametros Aciaria". The spreadsheet contains several tables with blue headers and yellow data cells. The tables are organized into sections: "Propriedades das pontes", "Pontes de carregamento", "Alturas (mm)", "Ponte de sucata", "Carro sobre trilhos - cestão", and "Carro sobre trilhos - panela".

| Propriedades das pontes                |              |              |
|--|--------------|--------------|
| Pontes de carregamento                 |              |              |
|  | Ponte de 60t | Ponte de 75t |
| <b>Velocidades (m/min)</b>             |              |              |
| Elevação                               | 4,5          | 4,5          |
| Carro                                  | 60           | 60           |
| Ponte                                  | 90           | 90           |
| <b>Acelerações (m/min<sup>2</sup>)</b> |              |              |
| Elevação                               | 150          | 150          |
| Carro                                  | 300          | 300          |
| Ponte                                  | 50           | 50           |
| Tempo de pega (seg)                    | 30           | 30           |
| Tempo de soltura (seg)                 | 20           | 20           |
| <b>Ponte de sucata</b>                 |              |              |
| <b>Velocidades (m/min)</b>             |              |              |
| Elevação                               | 8,5          |              |
| Carro                                  | 60           |              |
| Ponte                                  | 90           |              |
| <b>Acelerações (m/min<sup>2</sup>)</b> |              |              |
| Elevação                               | 150          |              |
| Carro                                  | 300          |              |
| Ponte                                  | 50           |              |
| Tempo de pega (seg)                    | 30           |              |
| Tempo de soltura (seg)                 | 10           |              |
| <b>Carro sobre trilhos - cestão</b>    |              |              |
| <b>Velocidades (m/min)</b>             | 8            |              |
| <b>Carro sobre trilhos - panela</b>    |              |              |
| <b>Velocidades (m/min)</b>             | 8            |              |

| Alturas (mm)                      |      |
|-----------------------------------|------|
| da plataforma do FEA              | 6500 |
| da carcaça em relação ao piso     | 9500 |
| da alça da panela no carro panela | 3800 |
| da plataforma do Forno Panela     | 4500 |

**Figura 9** – Exemplos de dados para obtenção dos tempos das pontes rolantes

É digno de nota que o modelo permite simular várias situações que influenciam o processo da Aciaria. Procuramos mostrar alguns exemplos, mas as possibilidades de simulação são enormes, dependendo da criatividade e do conhecimento e da disponibilidade de dados confiáveis para alimentar o modelo. A seguir apresentamos na Figura 10 uma vista do modelo em um determinado momento no início de uma simulação.

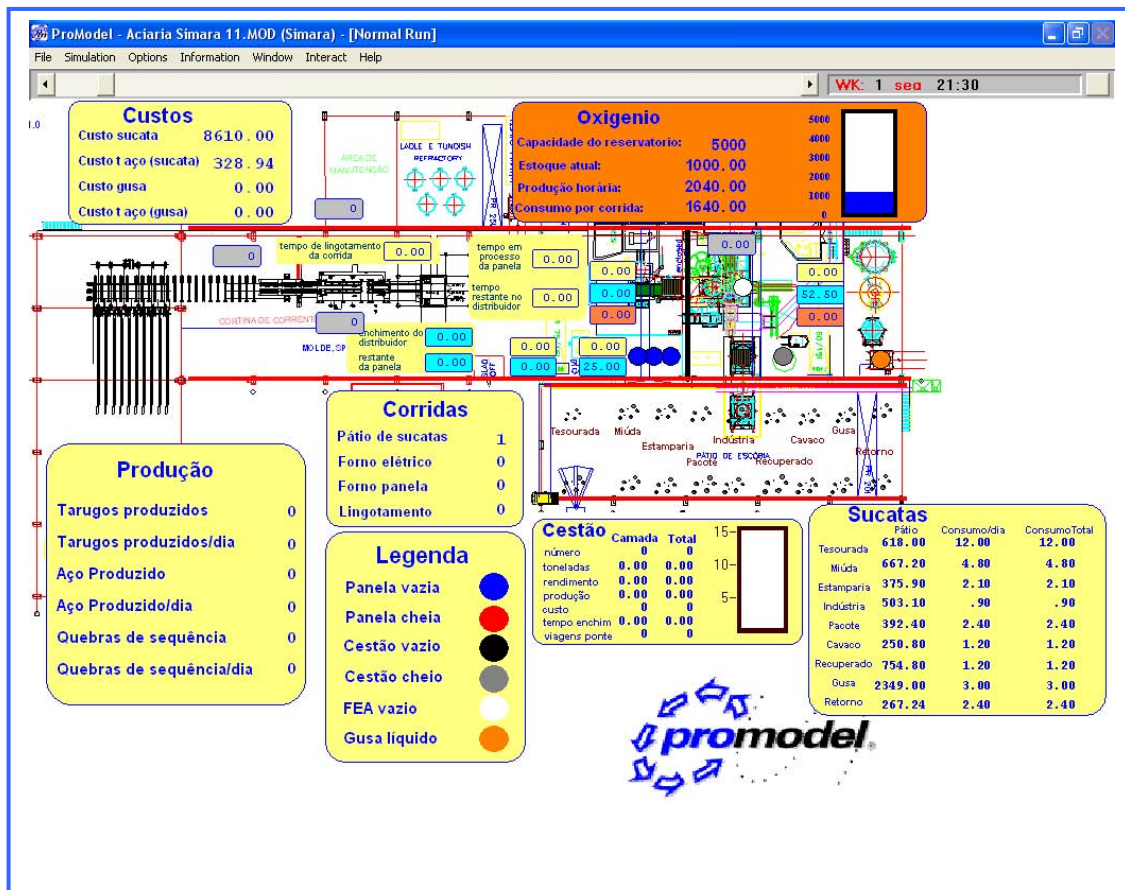


Figura 10 – Vista da simulação de um cenário

## 4 CONCLUSÕES

O modelo permitiu analisar o método de operação e verificar as principais interferências no ambiente estudado, criando condições para tomada de decisão nos investimentos necessários para a Aciaria.

Este modelo permitirá fazer o sincronismo da Aciaria, pois foi desenvolvido utilizando parâmetros para cada atividade do processo de movimentação, preparação e carregamento dos cestões na área de preparação de sucatas e na área do Forno Elétrico a Arco, e dos processos das áreas de apoio, como: área de preparação de painéis e movimentação das pontes rolantes e seqüenciamento do Lingotamento Contínuo.

## REFERÊNCIAS

- 1 Chevrand, L. J. S., Bosi, J. F., Martins, T. B., Valle, A. A., Nicácio, P. A. D., Barros, N. M. Aciaria Elétrica, 1989.
- 2 Harrel, C. R., Mott, J. R. A., Bateman, R. E., Bowden, R. G., Gogg, T. J., Simulação – Otimizando os sistemas - Belge Simulação e IMAM, 2005.
- 3 <http://www.promodel.com>
- 4 <http://www.belge.com.br/cases.html>