



SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DE TRANSPORTE INTERNO DA PLANTA DA VALLOUREC & SUMITOMO TUBOS DO BRASIL¹

Henrique Bravo²

Luís Guilherme P. Andrade³

Márcio Basso⁴

Ricardo Mendes⁵

Vinícius Pelúcio Scaff⁶

Resumo

O presente artigo tem por objetivo documentar o projeto realizado pela Manserv Logística em parceria com a Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil para o dimensionamento de sua operação interna de transporte ferroviário. Para tanto foi utilizado a Simulação de Eventos Discretos como metodologia, através do desenvolvimento e análise de dois modelos de simulação, o primeiro relativo ao transporte interno e o segundo relativo à movimentação do Pátio de Tubos.

Palavras-chave: Simulação de processos; Transporte interno; Pátio de tubos.

SIMULATION OF INTERNAL TRANSPORT OPERATION OF THE SITE OF VALLOUREC & SUMITOMO TUBOS DO BRASIL

Abstract

This article aims to document the project conducted by Manserv Logística in partnership with Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil to design of internal rail transport operation. For this purpose we used the Discrete Event Simulation as methodology, through the development and analysis of two simulation models, the first on the internal transport and the second relating to the handling of the Tubes Warehouse.

Key words: Discrete event simulation; Internal transport; Tubes Warehouse.

¹ *Contribuição técnica ao 31º Seminário de Logística – Suprimentos, PCP, Transportes, 19 a 22 de junho de 2012, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Diretor Geral da Manserv Logística*

³ *Gerente de Logística da Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil*

⁴ *Gerente de Novos Negócios da Manserv Logística*

⁵ *Gerente de Engenharia da Manserv Logística*

⁶ *Coordenador de Engenharia da Manserv Logística*



31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

1 INTRODUÇÃO

1.1 Sobre a Manserv Logística

O Grupo Manserv é especialista na prestação de serviços industriais, atuando na área de manutenção, paradas, serviços e logística. O Grupo foi criado no ano de 1985 a fim de proporcionar ao mercado industrial uma nova opção em manutenção industrial. Atualmente, o Grupo conta com doze mil colaboradores e mais de 120 clientes, distribuídos por todo o território nacional.

Para atuar no planejamento, execução e controle dos fluxos internos corporativos de seus clientes, o Grupo Manserv se especializou na linha de negócios Logística e criou a Manserv Logística, tendo como objetivo levar soluções práticas e sob medida para seus clientes nas áreas de:

- movimentação de materiais;
- armazenagem;
- administração de CDs;
- embalagens;
- seleção de materiais;
- preparação de kits.

1.2 Sobre a Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil

A Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil (VSB) é uma *joint venture* formada pelo grupo francês Vallourec e pelo japonês Sumitomo Metals, parceiros há mais de 30 anos no ramo de conexões *premium* destinadas aos setores de óleo e gás. As duas empresas construíram uma usina de grande porte para produção de aço e tubos de aço sem costura, no município de Jeceaba – MG. A Figura 1 mostra a visualização área do layout da planta.



Figura 1. Foto área do layout da planta em Jeceaba – MG.

Os produtos da VSB que serão produzidos na planta de Jeceaba são:

- tubos laminados a quente, sem costura, ofertados em aço carbono ou aços especiais;
- barras de aço maciças para laminação, ofertadas em aço carbono ou aços especiais; e
- luvas para serem acopladas à extremidade de um tubo petrolífero com objetivo de permitir a conexão entre dois tubos.

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

1.3 Descrição do Problema

A VSB colocou no mercado uma requisição por fornecedor a fim de obter uma empresa parceira para a terceirização de sua operação logística de movimentação interna via transporte ferroviário. O objeto desta proposta era a prestação de serviços de gerenciamento e operação logística seqüenciada, englobando o recebimento, inspeção, armazenagem, carregamento, descarregamento, programação e movimentação de cargas nas dependências da VSB.

A Figura 2 mostra um *overview* dessas atividades através de um mapo-fluxograma sobre o layout da Planta, mostrando as principais áreas de operação, bem como os macro-fluxos onde haverá movimentações de materiais.

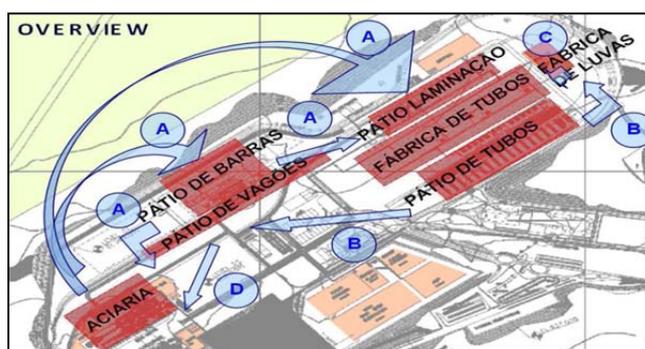


Figura 2. Overview das atividades de Movimentação de Materiais.

A Figura 2 pode ser mais bem entendida através do Quadro 1 onde cada um dos fluxos de materiais, mostrados na figura através de setas e letras, são descritos.

Quadro 1. Descritivo das atividades de Movimentação de Materiais

Produto	Item	Atividade
Barras de Aço	A	A1 Movimentação Aciaria para Pátio de Barras
		A2 Movimentação Aciaria para Pátio de Laminação
		A3 Gestão do Pátio de Barras
		A4 Movimentação Pátio de Barras para Pátio de Laminação
		A5 Movimentação Pátio de Barras para Pátio de Vagões
Tubos	B	B1 Gestão do Pátio de Tubos
		B2 Movimentação Pátio de Tubos para Pátio de Vagões
		B3 Movimentação Pátio de Tubos para Fábrica de Luvas
Luvas	C	C1 Movimentação Fábrica de Luvas para Fábrica de Tubos
Sucatas	D	D1 Movimentação Pátio de Vagões para Aciaria
Madeira	E	E1 Preparação e Transporte de Pontaletes

O objetivo da Manserv Logística foi dimensionar o melhor quantitativo de pessoas e máquinas para operar essa atividade. Dentro deste conceito dois pontos merecem destaque e são alvo desse artigo, o dimensionamento dos equipamentos ferroviários e os equipamentos do pátio de tubos.

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

O grande número de variáveis envolvidas nesse tipo de dimensionamento, além da alta inter-relação entre as atividades prejudica o dimensionamento estático através de tempos e métodos.

Assim a equipe de desenvolvimento do projeto optou pelo uso da Simulação de Eventos Discretos através do software Promodel™ na modelagem da operação, considerando todas as informações de campo e do uso do layout da área.

Os resultados desse estudo levaram a um dimensionamento com maior precisão, permitiu a visualização prévia do processo antes mesmo de ser construído e permitiu uma análise mais profunda do projeto técnico da VSB. Nessa etapa de análise conjunta com a VSB foi possível inclusive identificar problemas estruturais do projeto que levaram a alteração de premissas anteriormente adotadas. O projeto assim deu início à parceria entre essas duas grandes empresas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Simulação de Eventos Discretos consiste em empregar técnicas matemáticas e probabilísticas em um ambiente computacional com o propósito de reproduzir um processo ou operação do mundo real. A fim de se analisar resultados e propor soluções sem qualquer interferência no processo real.

Segundo Silva,⁽¹⁾ a modelagem computacional de um sistema é uma tarefa que exige muito esforço por parte do modelador e que, se conduzido com raciocínio cuidadoso e planejado, poderá trazer benefícios muito proveitosos. Strack,⁽²⁾ em seu livro recomenda a utilização da simulação quando:

- não há uma formulação matemática completa para o problema;
- não há método analítico para a resolução do modelo matemático;
- resultados são mais fáceis de serem obtidos por simulação que por qualquer outro meio analítico;
- não existe habilidade técnica para a resolução do modelo matemático por técnica analítica ou numérica;
- torna-se necessário observar o desenvolvimento do processo desde o início até o seu término;
- quando são necessários detalhes específicos do sistema; e
- quando a experimentação na situação real apresenta inúmeros obstáculos ou não é possível.

Para que o desenvolvimento de um projeto simulação computacional possa trazer resultados satisfatórios deve passar por algumas etapas. Estudiosos do assunto, como Shannon,⁽³⁾ Carlson,⁽⁴⁾ Law e Kelton,⁽⁵⁾ Pereira,⁽⁶⁾ Duarte,⁽⁷⁾ Silva⁽¹⁾ e Torga,⁽⁸⁾ apresentam algumas dessas etapas.

Cada um dos autores acima usa um conjunto dessas etapas em seus estudos, nesse artigo resumiremos as principais e mais apontadas por cada um deles para formular uma listagem simples e direta e que norteou o desenvolvimento dos estudos que são o alvo desse artigo:

- 1. Formulação do problema** – Todos os estudos em simulação se iniciam com a descrição do problema, normalmente realizada com as pessoas que presenciam esta situação (os clientes) e o analista/modelador;
- 2. Definição dos objetivos e planejamento do projeto** – Os objetivos indicam a questão que deve ser respondida com o estudo e planejar a descrição dos cenários que devem ser investigados. Nesse passo também

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

deve ser dimensionado o tempo necessário, pessoas, recursos computacionais e seus custos.

3. **Conceitualização do modelo** – O modelo real sob investigação é resumido através do modelo conceitual, criando uma série de relacionamentos matemáticos e lógicos relativos aos componentes e estrutura do sistema.
4. **Coleta de dados** – Aprovada a proposta, uma lista com os dados necessários deve ser entregue ao cliente, que geralmente possuem esses dados para disponibilizar, ou necessitam coletar.
5. **Construção do modelo** – a modelagem computacional pode ser realizada através de um software apropriado, ou através do desenvolvimento em uma linguagem computacional. Em ambos os casos o desenvolvimento exige grande esforço do modelador e chegar a um modelo fidedigno muitas vezes exige um longo tempo de desenvolvimento.
6. **Execução do modelo** – Nesta etapa o modelo é executado em um microcomputador através de um software.
7. **Verificação** – Nesta etapa, o modelador deverá verificar a consistência dos dados coletados em relação ao modelo considerado. Verificar o modelo é realizar um trabalho de depuração da programação procurando dois tipos de erros: erros de sintaxe e erros de semântica.
8. **Validação** – A validação é a certeza de que o modelo construído reflete o funcionamento do sistema real. Existem diversas técnicas para validar um modelo, as técnicas mais comuns de validação são:
 - a. Observações da animação do modelo para atestar se aspecto visual e o funcionamento do mesmo condizem com o sistema real;
 - b. Comparação com outros modelos já validados, realizando-se a simulação de entradas que já possuem saídas predefinidas para a avaliação dos resultados;
 - c. Teste de degeneração e condições extremas do sistema, permitindo-se observar se o modelo construído possui as mesmas características que o sistema real, como por exemplo, o aumento de peças em fila em uma determinada máquina durante o período de funcionamento do sistema;
 - d. Validação por aparência, onde pessoas que dominam o sistema são convidadas a opinar sobre sua aparência final;
 - e. Testes com dados históricos do sistema real, utilizados na construção do modelo e na visualização dos resultados já alcançados pelo sistema real no sistema modelado.
9. **Planejamento dos experimentos** – Deve ser realizado para cada execução da simulação e sua posterior análise, tomando decisões em relação ao tempo de duração da simulação e o número de replicações para cada cenário.
10. **Realização e análise dos experimentos** – As simulações e suas posteriores análises são realizadas. Os resultados são então analisados podendo ser necessário estabelecer medidas de desempenho para próximos cenários a serem simulados.
11. **Replicações extras** – com base nas análises realizadas o modelador determina se outras replicações ou execuções serão necessárias assim como a utilização ou não de novos cenários.
12. **Documentação e relato** – A documentação é necessária por inúmeras razões:

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

- a. Se um modelo precisar ser utilizado novamente para a mesma análise ou outra, pode ser necessário lembrar como o modelo funciona;
- b. Documentar torna a maior a confiabilidade ao modelo;
- c. Se o modelo precisar ser modificado, através da documentação, essa tarefa se tornará menos árdua;
- d. Os resultados devem ser relatados de maneira clara e consciente;
- e. Permite ao cliente revisar a formulação final, as alternativas criadas, seus critérios de criação e acima de tudo, as recomendações do modelador/analista.

13. Implementação – O analista/modelador atua mais como um relator do que como um defensor do modelo final, e o relatório construído no item anterior irá ajudar o cliente em sua tomada de decisão. Se o cliente esteve envolvido durante todas as etapas e estas realizadas conforme o recomendado, a probabilidade de sucesso na implementação será muito maior.

3 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

O estudo foi dividido em duas etapas bem distintas:

- A primeira etapa consistiu na modelagem e análise do problema da movimentação ferroviária, onde o objetivo foi definir os recursos necessários para a Manserv Logística realizar a movimentação ferroviária entre os diversos pontos de produção e escoamento dentro da Planta da VSB.
- A segunda etapa consistiu na modelagem e análise do pátio de tubos para a análise dos recursos da própria VSB como os pórticos, definição do melhor proporção de produção entre tubos amarrados e tubos soltos e a definição dos equipamentos necessários para a Manserv Logística atuar.

3.1 Modelo da Movimentação Ferroviária

3.1.1 Modelagem da simulação

A modelagem computacional de movimentações ferroviárias é bastante complexa, pois exige que cada recurso que irá disputar o uso da linha ferroviária o reserve para si, evitando que haja colisões (mesmo que virtuais) entre dois recursos deslocando-se em sentidos opostos. Esse efeito de que quando um recurso viaja pela linha outro não a pode utilizar no sentido oposto é importante de ser modelado, apesar de exigir muito tempo de desenvolvimento. Isto porque esse detalhe gera um atraso muito grande aos recursos que não pode ser desprezado no modelo.

Para a movimentação ferroviária os dois principais recursos utilizados foram os vagões e os *Track Mobiles*. Esse segundo equipamento foi escolhido em detrimento das locomotivas tradicionais por permitir o deslocamento do mesmo por vias rodoviárias, o que gera ganho nas manobras de final de linha.

As etapas de carregamento em um ponto e descarregamento em outro foram modelados a partir de tempos estimados, ou seja, cada uma das atividades exercidas foi dividida em micro-atividades e um tempo de operação foi estimado, baseando-se em dados históricos de outras operações semelhantes e dados de equipamentos fornecidos pelo fabricante. A Figura 3 ilustra o

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

modelo que foi desenvolvido no Software Promodel™ utilizando o layout em escala desenvolvido pela VSB.

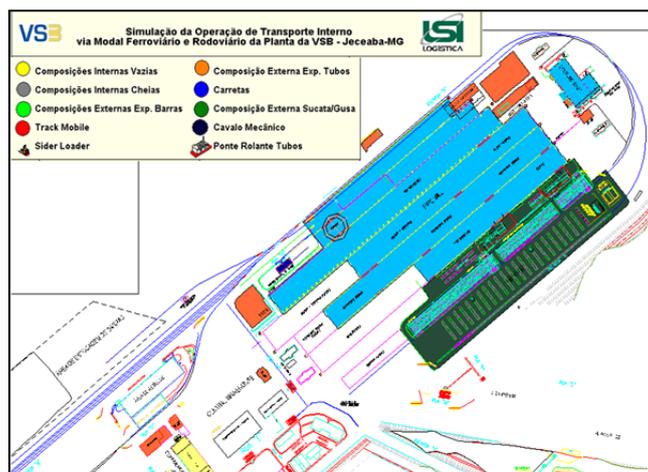


Figura 3. Modelo de simulação da movimentação ferroviária no Promodel™.

3.1.2 Dados e premissas

Por uma questão de proteção das informações não detalharemos todos os dados utilizados ponto a ponto. O importante para desenvolvimento do artigo é salientar três pontos com relação à coleta de dados, e que pode ser usado por quem pretende modelar operações que ainda não existam:

- Os volumes de movimentação seguem o perfil informado na proposta relativo ao período de dezembro de 2012, onde a fábrica atingirá o auge de sua produção. Isso é importante, pois sabendo o dimensionamento final é possível realizar um plano detalhado de entrada de equipamentos ao longo do tempo;
- Os tempos de descarregamento das operações que serão da VSB foram estimados baseados nas informações levantadas em visita técnica a uma operação semelhante e os dados da proposta. E os tempos de operação do escopo da Manserv Logística foram estimados baseados nos padrões de operações semelhantes;
- Os dados de equipamento, como velocidades, acelerações e tempos de operação foram levantados com os fornecedores durante o processo de cotação.
- As distâncias de movimentação são calculadas automaticamente pelo Promodel™ através da inclusão do layout em escala;
- A movimentação dos Track Mobiles prioriza o atendimento a aciaria, que numa siderúrgica nunca pode parar; e
- Todas as composições do sistema possuem 6 vagões, com exceção das que movimentam Gusa e Sucatas que possuem 5 vagões;

3.1.3 Cenários estudados

O dimensionamento dos *Track Mobiles* levou em consideração o atendimento de todas as movimentações internas via Modal Ferroviário. Adotou-se a premissa da priorização do atendimento à Aciaria, tornando esse requisito o Indicador de Desempenho Central da análise.

O sistema possuía dois grandes objetivos, dimensionar o número de *Track Mobiles* e o número de vagões. Entretanto uma variável interfere na outra.

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

Sendo assim foi adotada a seguinte estratégia: considerou-se um elevado número de composições (8 composições de 6 vagões) para que a disponibilidade dos mesmos não interferisse no dimensionamento dos *Track Mobiles*. E então, cenário a cenário aumentou-se gradualmente o número de *Track Mobiles* até atingir-se o nível de serviço desejado. Essa estratégia gerou 2 cenários cujos resultados serão mostrados a seguir.

O dimensionamento dos vagões foi feito então a partir do cenário onde o número de *Track Mobiles* já estava definido. Reduzindo-se o número de composições, cenário a cenário, até o mínimo necessário para manter o nível de serviço.

Essa estratégia gerou então mais 3 cenários, totalizando 5 cenários estudados.

Resumindo:

- Cenário 1 – 1 *Track Mobile* para 8 composições;
- Cenário 2 – 2 *Track Mobile* para 8 composições;
- Cenário 3 – 2 *Track Mobile* para 6 composições;
- Cenário 4 – 2 *Track Mobile* para 4 composições; e
- Cenário 5 – 2 *Track Mobile* para 3 composições.

3.2 Modelo do Pátio de Tubos

3.2.1 Modelagem da simulação

A modelagem do Pátio de Tubos visou dimensionar os recursos necessários para a operação dessa área na planta da VSB. Os recursos do pátio de tubos são de dois tipos, o primeiro grupo é composto por dois pórticos, conforme a Figura 4, responsáveis por retirar os tubos produzidos de forma amarrada, denominados *bundles*.



Figura 4. Pórticos movimentando os amarrados de tubos

O segundo grupo é composto por *sideloaders*, equipamentos semelhantes a empilhadeiras, mas que se deslocam lateralmente, conforme a Figura 5, esses equipamentos serão adquiridos e operados pela Manserv Logística, na movimentação de tubos soltos.



Figura 5. Sideloaders.

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

O modelo do Pátio de Tubos também foi desenvolvido no ambiente do Promodel™ a fim de dimensionar a proporção de tubos que deverão ser produzidos em amarrados, denominados *bundles*, e a proporção de tubos que deverão ser produzidos soltos. A Figura 6 mostra o modelo desenvolvido, utilizando o *layout* fornecido pela VSB.

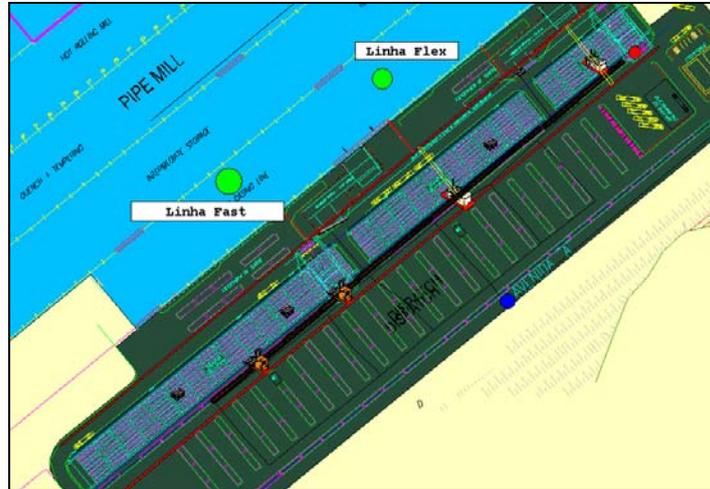


Figura 6. Modelo de simulação do pátio de tubos no Promodel™.

3.2.2 Dados e premissas

Conforme já mencionado, por uma questão de proteção das informações não detalharemos todos os dados utilizados ponto a ponto. Os principais dados utilizados no desenvolvimento do modelo foram:

- Os volumes de movimentação seguem o perfil informado na proposta relativo ao período de dezembro de 2012, onde a fábrica atingirá o auge de sua produção. Isso é importante, pois sabendo o dimensionamento final foi possível realizar um plano detalhado de entrada de equipamentos ao longo do tempo;
- As distâncias de movimentação são calculadas automaticamente pelo Promodel™ através da inclusão do *layout* em escala;
- Os tubos possuem em média 1 tonelada;
- A quantidade de tubos que compõe o *Bundle* varia conforme o perfil:
 - 27% do Volume – *Bundles* de 11 Tubos;
 - 20% do Volume – *Bundles* de 14 Tubos;
 - 07% do Volume – *Bundles* de 16 Tubos;
 - 24% do Volume – *Bundles* de 17 Tubos;
 - 08% do Volume – *Bundles* de 18 Tubos;
 - 04% do Volume – *Bundles* de 19 Tubos;
 - 10% do Volume – *Bundles* de 20 Tubos;
- Os tubos soltos são transportados em conjuntos com 6 tubos;
- Cada composição de vagões transporta em média 312 toneladas;
- As principais premissas adotadas no desenvolvimento do modelo foram:
- A produção foi considerada linear durante o mês com a operação da planta da VSB ocorrendo 24 horas por dia de segunda a sexta e 12 horas no sábado;
- O perfil de saída da produção via composições ferroviárias também possui perfil linear e segue o perfil da produção. Uma composição de

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

vagões é “chamada” a vir carregar, sempre que há uma tonelage suficiente para ela sair cheia.

- Priorização da operação de cada um dos pórticos dedicada para cada uma das duas linhas;
- Utilização de um sistema de gerenciamento na armazenagem que aperfeiçoa a circulação de ambos os pórticos evitando cruzamentos desnecessários nos envelopes de operação.

3.2.3 Cenários estudados

Os estudos executados tinham por objetivo estudar o número de Sideloaders necessários para operar o pátio de barras, determinar se o uso de carretas rodoviárias ajudaria na operação de transporte dos tubos soltos e determinar se haveria o uso de um corredor central entre os pórticos para o deslocamento dos Sideloaders. Esse corredor não estava previsto no projeto inicial da VSB, mas foi indicado pela Manserv Logística para melhorar a ocupação dos recursos.

A necessidade de se estudar o impacto dessas três variáveis acima descrita gerou a necessidade de se executar 5 cenários diferentes conforme descrito detalhadamente na Tabela 1.

Tabela 1. Descritivo dos cenários estudados no modelo do pátio de tubos

CENÁRIOS	Equipamentos Utilizados		PERFIL PRODUÇÃO		PERFIL EQUIPAMENTOS	
			TIPO	PERC.	EQTO	PERC.
MIX de Tubos / Bundle 2 Sideloaders Corredor Único Direto	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%
	SideLoader	2			SideLoader	0%
	Carretas	0	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%
	Trucks	0			SideLoader	100%
MIX de Tubos / Bundle 3 Sideloaders Corredor Único Direto	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%
	SideLoader	3			SideLoader	0%
	Carretas	0	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%
	Trucks	0			SideLoader	100%
MIX de Tubos / Bundle 3 Sideloaders Sem Corredor	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%
	SideLoader	3			SideLoader	0%
	Carretas	0	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%
	Trucks	0			SideLoader	100%
MIX de Tubos / Bundle 4 Sideloaders Sem Corredor	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%
	SideLoader	4			SideLoader	0%
	Carretas	0	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%
	Trucks	0			SideLoader	100%
MIX de Tubos / Bundle 3 SideLoaders / 6 Trucks / 8 Carretas Sem Corredor	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%
	SideLoader	3			SideLoader	0%
	Carretas	8	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%
	Trucks	6			SideLoader	100%

4 RESULTADOS

4.1 Modelo da Movimentação Ferroviária

O modelo de movimentação ferroviária foi configurado para gerar dois indicadores de desempenho para serem usados na análise dos cenários.

O primeiro indicador de desempenho é o gráfico de ocupação dos recursos, onde:

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

- a barra verde indica a utilização do recurso, ou seja, quando o recurso está operando ou viajando cheio pelo sistema;
- a barra amarela indica o uso do recurso em viagens vazias, ou seja, se deslocando até próximo ao serviço;
- a barra azul indica a ociosidade, ou seja, o percentual do tempo que o recurso não é utilizado.

O segundo indicador de desempenho é a medição do número de barras não carregadas, expressa através de um gráfico de linhas. O indicador contabiliza quantas barras já estão prontas na aciaria, mas não são carregadas pela falta de vagões devidamente posicionados nas linhas da aciaria.

O Cenário 1, como já mencionado anteriormente, estudou se o uso de somente 1 *Track Mobile* seria o suficiente para a operação. A Figura 7 mostra os dois principais resultados, o gráfico de ocupação que indica que somente 1 *Track Mobile* gera impacto na aciaria que não fica ocupada em 100% do tempo, como deveria. E o segundo gráfico mostra que por volta das 500 horas de simulação são registrados barras não carregadas, inviabilizando o uso de somente 1 *Track Mobile*.

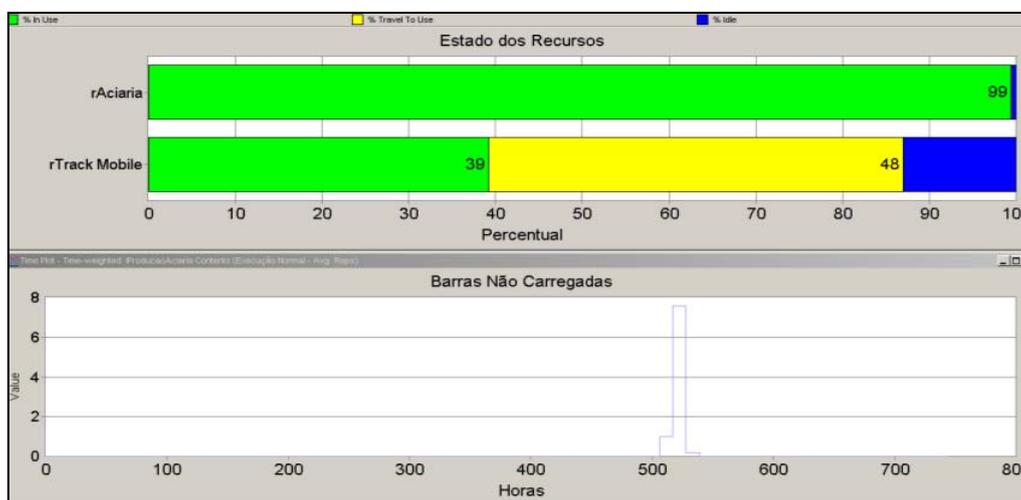


Figura 7. Movimentação ferroviária, gráficos do Cenário 1

O Cenário 2, então testa a inserção de mais 1 *Track Mobile* e a Figura 8 mostra que a ocupação da aciaria nesse caso passa a ser 100% indicando que não houve paradas por conta do não carregamento de barras. A mesma informação é corroborada pelo outro indicador que mostra que o número de barras não carregadas foi nulo.

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

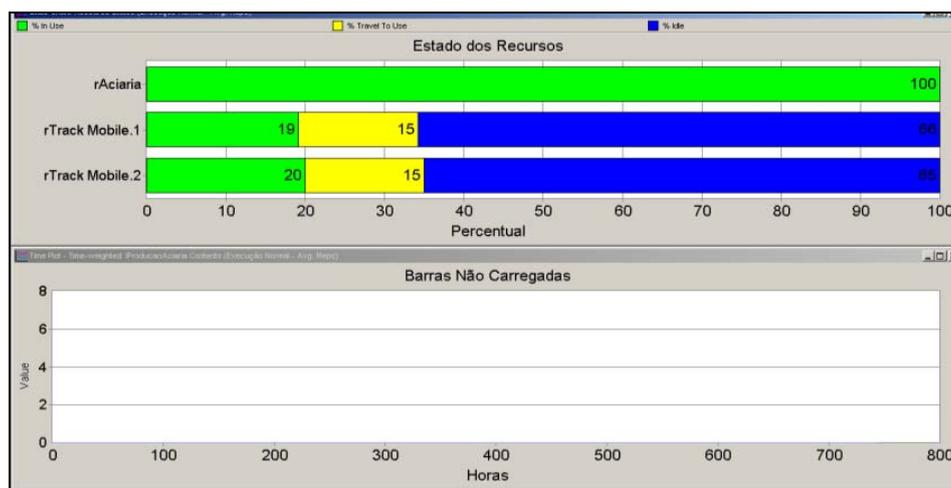


Figura 8. Movimentação ferroviária, gráficos do Cenário 2

Assim foi possível entender que 2 *Track Mobiles* são suficientes para a operação e que é necessário um terceiro recurso reserva nos casos onde haverá manutenções de um dos *Track Mobiles*.

Definido o número necessário de *Track Mobiles*, usando para isso o sistema configurado com 8 composições, o próximo passo foi a redução sucessiva do número de vagões para se chegar na quantidade mínima necessário.

O resultado do Cenário 3 na Figura 9 mostra que 6 vagões o sistema continua rodando perfeitamente.



Figura 9. Movimentação ferroviária, gráficos do Cenário 3

O resultado do Cenário 4 na Figura 10 mostra que 4 vagões o sistema também continua rodando perfeitamente.



Figura 10. Movimentação ferroviária, gráficos do Cenário 3

Já o resultado do Cenário 5 na Figura 11 mostrou que 3 vagões já não é suficiente, pois a ocupação do recurso aciaria reduz a 99% indicando que há impacto negativo. Com isso fica claro que o sistema necessita do uso de 4 vagões conforme o cenário anterior.

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes



Figura 11. Movimentação ferroviária, gráficos do Cenário 3

A Manserv Logística dimensionou adicionalmente o uso de carretas rodoviárias como contingência para o transporte das barras em situações de emergência durante manutenções ou outros imprevistos.

4.2 Modelo do Pátio de Tubos

O modelo de pátio de barras foi configurado para gerar três indicadores de desempenho para serem usados na análise dos cenários.

O primeiro indicador de desempenho é o gráfico de ocupação dos recursos, onde:

- a barra verde indica a utilização do recurso, ou seja, quando o recurso está operando ou viajando cheio pelo sistema;
- a barra amarela indica o uso do recurso em viagens vazias, ou seja, se deslocando até próximo ao serviço;
- a barra azul indica a ociosidade, ou seja, o percentual do tempo que o recurso não é utilizado.

O segundo indicador de desempenho é a medição da fila gerada por tubos não retirados das linhas de produção, expressa através de um gráfico de linhas. O indicador contabiliza quantos tubos estão prontos, mas não foram estocados ainda.

O terceiro indicador é o percentual de eficiência do sistema medido através da razão entre o número de toneladas produzidas e o número de toneladas embarcadas.

O Cenário 1 foi criado utilizando-se 2 *sideloaders* com a movimentação para o estoque ocorrendo por um único corredor central entre as linhas dos pórticos. Essa configuração foi ineficiente e isso pode ser observado por três aspectos. O indicador de ocupação mostra que ambos os Sideloaders estão sobrecarregados, conforme a Figura 12. O indicador de fila dos tubos mostra que ela cresce ao longo do tempo e não se recupera mais, conforme a Figura 12. E eficiência do sistema fica em 87%, conforme Tabela 2, onde se pode concluir que 15% dos tubos não são carregados por falta de equipamentos.

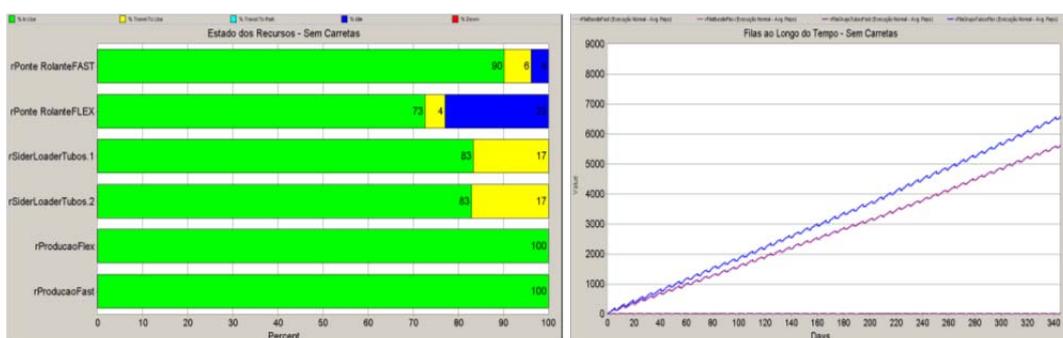


Figura 12. Ocupação dos recursos e Fila de tubos nas saídas das Linhas no Cenário 1

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

Tabela 2. Taxa de Eficiência no Cenário 1

RESULTADOS DO CENÁRIO			
Horas	8400	Vagões / hr	0,21
Vagões	1725	Ton. Mov. / hr	65,16
Ton. Mov.	547316	Ton. Prod. / hr	74,47
Ton. Prod.	625572	Eficiência	87%

O Cenário 2 foi criado utilizando-se 3 *sideloaders* com a movimentação para o estoque ocorrendo por um único corredor central entre as linhas dos pórticos. Essa configuração foi eficiente, na medida em que o indicador de ocupação mostra que os 3 Sideloaders agora trabalham com folga, conforme a Figura 13. O indicador de fila dos tubos mostra que a fila é baixa e estável ao longo do tempo, conforme a Figura 13. E eficiência do sistema fica em 100%, conforme Tabela 3.

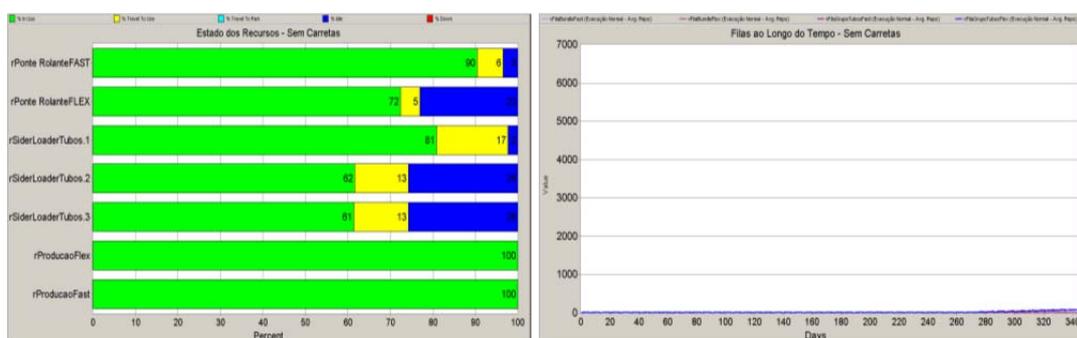


Figura 13. Ocupação dos recursos e Fila de tubos nas saídas das Linhas no Cenário 2

Tabela 3. Taxa de Eficiência no Cenário 2

RESULTADOS DO CENÁRIO			
Horas	8400	Vagões / hr	0,23
Vagões	1956	Ton. Mov. / hr	74,28
Ton. Mov.	623988	Ton. Prod. / hr	74,48
Ton. Prod.	625600	Eficiência	100%

O Cenário 3 foi criado utilizando-se os mesmos 3 *sideloaders* do Cenário 2, só que com a movimentação para o estoque ocorrendo sem o corredor central entre as linhas dos pórticos, ou seja, nesse caso o *sideloader* é obrigado a dar a volta em torno dos trilhos dos pórticos, aumentando o deslocamento. Tal configuração volta a ser ineficiente e isso pode ser visto através do indicador de ocupação que os três sideloaders estão sobrecarregados, conforme a Figura 14. Através do indicador de fila dos tubos que mostra que a fila cresce ao longo do tempo e não se recupera mais, conforme a Figura 18. E através da eficiência do sistema, que fica em 92%, conforme Tabela 4.

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

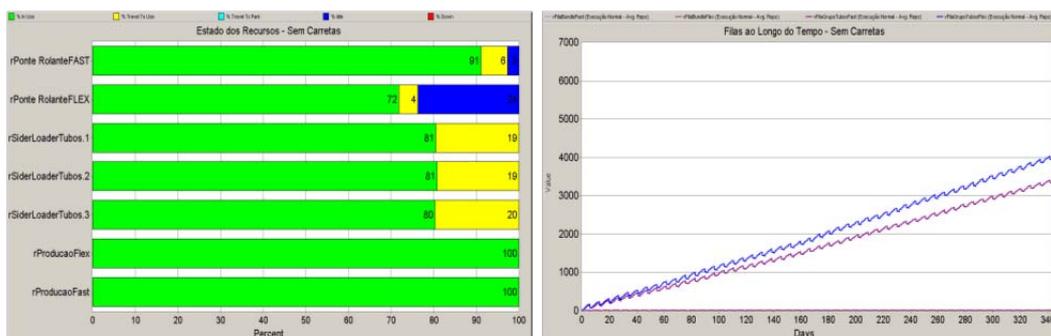


Figura 14. Ocupação dos recursos e Fila de tubos nas saídas das Linhas no Cenário 3.

Tabela 4. Taxa de Eficiência no Cenário 3

RESULTADOS DO CENÁRIO			
Horas	8400	Vagões / hr	0,22
Vagões	1816	Ton. Mov. / hr	68,57
Ton. Mov.	575976	Ton. Prod. / hr	74,48
Ton. Prod.	625601	Eficiência	92%

O Cenário 4 foi criado utilizando-se 4 *sideloaders* com a movimentação para o estoque ocorrendo sem o corredor central, ou seja, com o *sideloader* sendo obrigado a dar a volta em torno dos trilhos dos pórticos. Essa configuração é eficiente e mostra que ao adotar a estratégia de não haver um corredor central seria necessário a entrada de mais um equipamento de movimentação no sistema. Isso pode ser visto através do gráfico de ocupação que volta a ficar não sobrecarregado (Figura 15), ao indicador de fila que fica baixo e estável (Figura 15) e a eficiência que volta a ser 100% (Tabela 5).

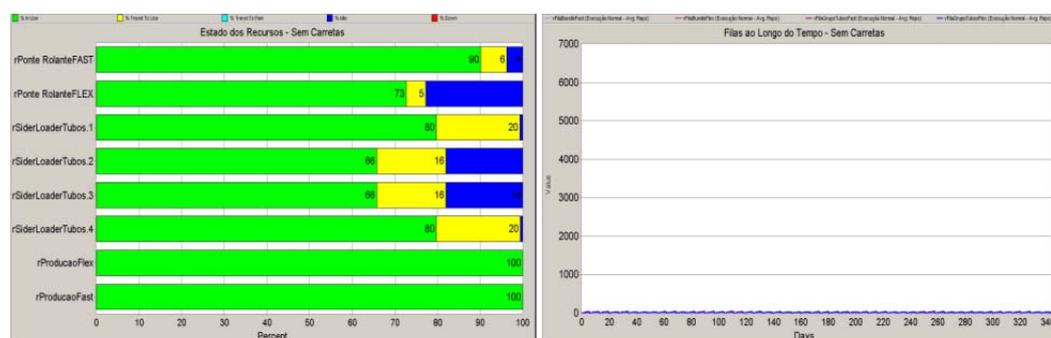


Figura 15. Ocupação dos recursos e Fila de tubos nas saídas das Linhas no Cenário 4

Tabela 5. Taxa de Eficiência no Cenário 4

RESULTADOS DO CENÁRIO			
Horas	8400	Vagões / hr	0,23
Vagões	1957	Ton. Mov. / hr	74,35
Ton. Mov.	624566	Ton. Prod. / hr	74,47
Ton. Prod.	625585	Eficiência	100%

O Cenário 5 foi criado utilizando-se 3 *sideloaders* com a movimentação para o estoque ocorrendo sem o corredor central, ou seja, com os equipamentos sendo obrigado a dar a volta em torno dos trilhos dos pórticos. Entretanto nesse cenário tentou criar uma configuração alternativa através do uso de carretas rodoviárias para o transporte entre as linhas e os armazéns, enquanto

31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

que os *sideloaders* ficariam somente nas pontas descarregando e carregando os equipamentos. Esse cenário não foi eficiente, pois exigiria uma quantidade grande de equipamentos (6 cavalos mecânicos e 8 carretas) e mesmo assim não atingiu 100% de eficiência (Tabela 6) e ainda gerou uma pequena fila (Figura 16).

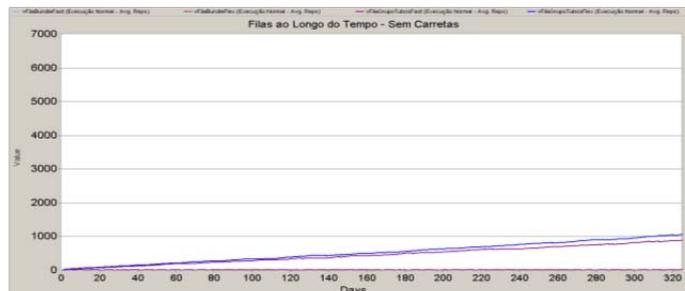


Figura 16. Fila de tubos nas saídas das Linhas no Cenário 5

RESULTADOS DO CENÁRIO			
Horas	8376	Vagões / hr	0,23
Vagões	1919	Ton. Mov. / hr	72,14
Ton. Mov.	604252	Ton. Prod. / hr	74,69
Ton. Prod.	625590	Eficiência	97%

Tabela 6. Taxa de Eficiência no Cenário 5

A Tabela 7 consolida e resume todos os cenários estudados para uma melhor comparação lado a lado.

Tabela 7. Tabela Resumo

CENÁRIOS	Equipamentos Utilizados		PERFIL PRODUÇÃO		PERFIL EQUIPAMENTOS		RESULTADOS DO CENÁRIO			
			TIPO	PERC.	EQTO	PERC.				
MIX de Tubos / Bundle 2 Sideloaders Corredor Único Direto	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%	Horas	8400	Vagões / hr	0,21
	SideLoader	2			SideLoader	0%				
	Carretas	0	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%	Ton. Mov.	547316	Ton. Prod. / hr	74,47
	Trucks	0			SideLoader	100%				
MIX de Tubos / Bundle 3 Sideloaders Corredor Único Direto	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%	Horas	8400	Vagões / hr	0,23
	SideLoader	3			SideLoader	0%				
	Carretas	0	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%	Ton. Mov.	623988	Ton. Prod. / hr	74,48
	Trucks	0			SideLoader	100%				
MIX de Tubos / Bundle 3 Sideloaders Sem Corredor	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%	Horas	8400	Vagões / hr	0,22
	SideLoader	3			SideLoader	0%				
	Carretas	0	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%	Ton. Mov.	575976	Ton. Prod. / hr	74,48
	Trucks	0			SideLoader	100%				
MIX de Tubos / Bundle 4 Sideloaders Sem Corredor	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%	Horas	8400	Vagões / hr	0,23
	SideLoader	4			SideLoader	0%				
	Carretas	0	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%	Ton. Mov.	624566	Ton. Prod. / hr	74,47
	Trucks	0			SideLoader	100%				
MIX de Tubos / Bundle 3 Sideloaders / 6 Trucks / 8 Carretas Sem Corredor	Pórtico	2	Bundle	50%	Pórtico	100%	Horas	8376	Vagões / hr	0,23
	SideLoader	3			SideLoader	0%				
	Carretas	8	Tubos Soltos	50%	Pórtico	0%	Ton. Mov.	604252	Ton. Prod. / hr	74,69
	Trucks	6			SideLoader	100%				

A Tabela 7 consolida e resume todos os cenários estudados para uma melhor comparação lado a lado.

A decisão de estabelecer que os Sideloaders não possam cruzar os trilhos dos Pórticos através de 2 corredores que havia sido estabelecido no projeto inicial afetou o dimensionamento de forma significativa. No projeto inicial com dois corredores era necessário somente dois Sideloaders, enquanto que operar com um corredor exigirá três sideloaders e operar sem nenhum corredor exigirá quatro sideloaders.



31º Seminário de Logística

Suprimentos - PCP - Transportes

Em nenhum cenário o uso de carretas, também incluídas no projeto inicial, se justifica, devendo a operação toda ser feita somente com o uso de sideloaders.

5 CONCLUSÕES

O uso da Simulação de Processos nesse projeto se justificou e se mostrou eficiente. O extenso número de variáveis interferindo no mesmo sistema acarretaria um dimensionamento de forma estática complexo e com altos riscos de erros.

O esforço de modelagem apesar de ter sido longo trouxe um retorno interessante, pois permitiu analisar diversos cenários e testar diferentes tipos de equipamento, mesmo a operação ainda não existindo. Além disso, os mesmos modelos poderão ser adaptados no futuro para estudar outros projetos de melhoria na mesma área, já que a parceria entre a Manserv Logística e a VSB foi consolidada.

REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, W. A. Otimização de parâmetros da gestão baseada em atividades aplicada em uma célula de manufatura. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, 2005.
- 2 STRACK, Jair. GPSS: modelagem e simulação de sistemas. Rio de Janeiro: LTC, 1984.
- 3 SHANNON R. E., Introduction to the art and science of simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference, 1998.
- 4 CARSON II J. S. Introduction to modeling and simulation. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, Marietta, USA. DUARTE, 2003
- 5 LAW, A.; KELTON, D. Simulation modeling and analysis. New York, McGraw-Hill, 2000.
- 6 PEREIRA, I. C. Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes. Dissertação mestrado em engenharia de produção. UNIFEI, Itajubá, MG, 2000.
- 7 DUARTE, R. N. Simulação computacional: Análise de uma célula de manufatura em lotes do setor de auto-peças. Dissertação de mestrado em engenharia de produção. UNIFEI, Itajubá, MG, 2003.
- 8 TORGA, B. L. Modelagem, Simulação e Otimização em Sistemas Puxados de Manufatura. Dissertação mestrado em engenharia de produção. UNIFEI, Itajubá, MG, 2007.