

# SIMULAÇÃO DA LOGÍSTICA INTERNA DA ÁREA DE ARMAZENAGEM DE UMA EMPRESA DO SETOR MOVELEIRO

## **Ricardo A. Cassel**

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - UNISINOS  
Avenida Unisinos, 950 - São Leopoldo – RS - [cassel@produttare.com.br](mailto:cassel@produttare.com.br)

## **Francisco Duarte C. F. Carmo**

Centro de Ciências Econômicas - UNISINOS  
Avenida Unisinos, 950 - São Leopoldo – RS – [carmo@ez-poa.com.br](mailto:carmo@ez-poa.com.br)

## **Fabrcio L. Campana**

Centro de Excelências em Tecnologias Avançadas do Rio Grande do Sul - CETA-RS  
Avenida Assis Brasil, 8450 / 1º andar – Porto Alegre – RS – [ceta-rs@ceta-rs.org.br](mailto:ceta-rs@ceta-rs.org.br)

## **Frederico J. Ritter**

Centro de Excelências em Tecnologias Avançadas do Rio Grande do Sul - CETA-RS  
Avenida Assis Brasil, 8450 / 1º andar – Porto Alegre – RS – [ceta-rs@ceta-rs.org.br](mailto:ceta-rs@ceta-rs.org.br)

## **Marcelo H. C. M. Silva**

Centro de Excelências em Tecnologias Avançadas do Rio Grande do Sul - CETA-RS  
Avenida Assis Brasil, 8450 / 1º andar – Porto Alegre – RS – [ceta-rs@ceta-rs.org.br](mailto:ceta-rs@ceta-rs.org.br)

*This paper describes the use of Computer Simulation on the planning of internal logistics processes for a new furniture manufacturing facility. The problem statement presents the physical and logical flows of the process, together with constraints, boundaries and objectives of the project. A theoretical framework of both computational simulation and logistics is provided. The project involved the modelling and study of the internal logistics of the company's storage area, and the simulation of different scenarios with different handling methods and working policies. Results obtained, as well as lessons learned in the course of the project, are presented and discussed. The case confirms the feasibility and attractiveness to the planner of applying systems simulation as a decision-making support technique in complex planning problems involving logistics in manufacturing processes.*

Key words: Logistic, computer simulation, factory planning.

## **1. Introdução**

Atualmente, dentro do quadro de competitividade acentuada, as empresas estão utilizando cada vez mais técnicas sofisticadas para o projeto e avaliação de seus novos investimentos, bem como para a melhoria de seus processos atuais. Uma destas técnicas de auxílio à tomada de decisão é a simulação computacional.

Uma definição formal para simulação computacional afirma que esta é uma técnica de Pesquisa Operacional que envolve a criação de um programa computacional que representa alguma parte do mundo real de forma que experimentos no modelo são uma antevisão do

que acontecerá na realidade (Hollocks, 1992), com o objetivo de apoiar decisões nos mais variados campos de conhecimento. Ela permite que se façam testes do tipo “*what if*”, ou seja, altera-se algumas características do modelo e testa-se o que aconteceria se estas modificações fossem feitas no sistema real. Esta capacidade de se testar “o que aconteceria se”, além de permitir que se visualize os resultados de mudanças no sistema atual, permite também que se antevêja o funcionamento de um projeto a ser implementado, evitando gastos inúteis em equipamentos desnecessários ou mudanças desfavoráveis.

Um dos campos de aplicação de simulação é a logística de armazéns, fábricas e sistemas de distribuição, onde podem ser modeladas e simuladas características como o *layout*, fluxos de pessoas e materiais, métodos de trabalho, meios de transporte e alocação de recursos.

Desta forma, o presente trabalho apresenta as dificuldades e os benefícios encontrados com a utilização da técnica de simulação computacional no planejamento de uma nova unidade fabril de uma empresa do setor moveleiro e na melhoria de seus processos atuais na área de logística interna.

## 2. Importância do Setor Moveleiro

O Rio Grande do Sul representa um importante papel no quadro do setor moveleiro nacional. São 3200 empresas, que representam 23,7% das empresas do setor no Brasil, sendo estas responsáveis por mais de 10% dos empregos diretos no setor (33 mil empregados na indústria). O pólo moveleiro do Estado está concentrado na região nordeste do Rio grande do Sul, formado principalmente por micro e pequenas empresas. O setor é responsável por aproximadamente 30% das exportações nacionais de móveis, com um índice bem superior em relação à participação do Estado na produção nacional.

O setor conta com várias entidades de apoio no Estado, dentre elas a MOVERGS - Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul, o SENAI/CETEMO - Centro Tecnológico do Mobiliário, e o portal de negócios e informações “E-Mov”.

## 3. A Simulação Computacional

Nos últimos anos, a modelagem computacional de sistemas, principalmente pelos avanços na velocidade de processamento e de novos programas mais amigáveis de simulação, tem permitido sua aplicação em novos e variados campos. Uma área importante de utilização da simulação computacional é no auxílio ao planejamento de novas unidades industriais.

Law & Kelton (1991) citam como vantagens da utilização da simulação computacional:

- Sistemas complexos que contenham elementos estocásticos que não conseguem ser descritos perfeitamente por modelos matemáticos resolvidos analiticamente, podem ser estudados pela simulação;
- Fornece um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível no sistema real, pois se pode fazer várias replicações no modelo designando-se os valores que se deseja para todos os parâmetros;
- Permite a replicação precisa dos experimentos, podendo-se, assim, testar alternativas diferentes para o sistema;
- Permite simular longos períodos em um tempo reduzido;
- É, em geral, mais econômico que testar o sistema real, e evita gastos inúteis na compra de equipamentos desnecessários.

Assim, várias são as vantagens de utilizar a simulação em projetos fabris:

- 1) Múltiplas são as fontes de estocasticidade, tais como: i. incerteza na demanda; ii. incertezas no fornecimento de materiais, com relação a prazos de entrega e qualidade; iii. incertezas no processamento, com relação ao tempo de operação, qualidade e quebras de maquinário.
- 2) A dinamicidade das fábricas torna difícil a repetição de estados do sistema para testar diferentes desenhos alternativos, em parâmetros como a demanda e níveis iniciais de estoques, o que dificulta a escolha de diferentes alternativas, principalmente com relação a políticas e métodos de trabalho.
- 3) Muitos sistemas têm tempo longo de resposta com relação a mudanças, por exemplo como sistemas dependentes de demandas sazonais de ciclos longos, o que inviabiliza avaliar rapidamente os efeitos que diferentes políticas acarretam na realidade.
- 4) O teste de alternativas em sistemas reais pode se tornar inviável: i. rearranjos de *layouts* envolvem paradas na fábrica e, em alguns casos, altos custos em instalações; ii. compras de equipamentos inadequados podem se tornarem grandes prejuízos.

No entanto, a simulação também tem suas desvantagens (Law & Kelton, 1991):

- Devido a sua natureza estocástica, os modelos de simulação devem ser rodados várias vezes para poder se prever a performance do sistema;
- A simulação é muito dependente da validade do modelo desenvolvido, ou seja, de nada adianta se fazer um estudo detalhado dos dados de saída e se encontrar uma solução para o problema, se o modelo criado não representa fidedignamente o sistema ou se os dados de entrada não são corretos;
- A simulação não é uma técnica otimizante, ela só testa as alternativas do usuário.

#### 4. A Logística

A crescente pressão, no ambiente competitivo, por um atendimento cada vez melhor aos clientes, a custos cada vez menores, colocou a logística no centro das atenções. O termo comporta múltiplas abordagens, das quais cabe colocar a de Christopher (1997):

*“A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo”.*

Dornier (2000) coloca o termo de forma mais ampla, definindo-a como “a gestão de fluxos”, caracterizando a logística interna e externa, e os fluxos diretos e reversos, como na figura 1 abaixo:

	<b>Logística Interna</b>	<b>Logística Externa</b>
<b>Fluxos Diretos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interplantas</li> <li>• Planta/armazém</li> <li>• Armazém/armazém</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com fornecedores (fornecimento de materiais e componentes)</li> <li>• Com clientes (produtos, peças de reposição, materiais promocionais e de propaganda)</li> </ul>
<b>Fluxos Reversos</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com fornecedores (embalagem, reparo)</li> <li>• Com fabricantes (eliminação, reciclagem)</li> <li>• Com clientes (excesso de estoque, reparos)</li> </ul>

**Figura 1: Diferentes tipos de fluxo. Dornier (2000)**

Ballou (2001) especifica como atividades da logística a gestão dos fluxos de transportes, dos estoques, do processamento de pedidos e do manuseio dos materiais.

A logística tem interfaces com a atividade de operações, no suprimento de materiais, seu manuseio e na expedição de produtos acabados, sendo grande sua influência nos níveis de estoques e, portanto, de capital de giro e despesas operacionais necessários para manter a empresa em operação com eficiência operacional e atendendo satisfatoriamente os clientes.

Embora no processo produtivo os estoques possam ser caracterizados como de matérias primas, em elaboração ou de produtos acabados, há situações onde uma análise mais sofisticada da relação entre o processo produtivo e os estoques pode gerar grande ganho. Este é o caso da proposta de Zinn (1990) de retardamento ou *postponement*, quando pode ser mais interessante manter em estoque componentes intermediários e aguardar os pedidos dos clientes para montar os produtos. Isto é particularmente válido em situações quando um grupo restrito de componentes pode gerar uma imensa variedade de produtos acabados, através de uma lógica de combinação modular. O autor caracteriza quatro tipos de retardamento:

- De etiquetagem: quando o produto já está embalado aguardando a definição da marca a ser utilizada para receber a etiqueta;
- De embalagem: quando o produto pronto aguarda a definição da embalagem a ser utilizada;
- De montagem: quando componentes manufaturados aguardam a definição do produto no pedido do cliente para serem montados;
- De fabricação: quando uma parte final do processo produtivo aguarda definição do cliente para ser terminada a fabricação

Em todos os casos, a lógica é sempre adiar a operação onde se dá o aumento de variedade para depois do pedido do cliente, permitindo a manutenção de um conjunto restrito de itens em estoque para uma maior variedade de opções de produtos acabados.

Ainda assim, há ambiente onde a variedade de itens em estoque é muito grande, trazendo como dificuldade adicional à separação do pedido e sua coleta ou *picking*, ou seja, a busca no estoque da quantidade correta de cada um dos itens necessários para montar um produto ou fechar um pedido.

Lacerda (2000) afirma que o problema é cada vez mais grave, relacionando um conjunto de novas exigências para as operações de armazenagem:

- Pedidos mais freqüentes e em quantidades menores.
- Ciclos do pedido mais curtos.
- Aumento do número de diferentes itens em estoque.
- Tolerância zero a erros.
- Competição baseada no ciclo do pedido e na qualidade.

Este conjunto de demandas, traz impactos operacionais que obrigam o redesenho das operações de armazenagem, não apenas do ponto de vista físico, mas principalmente operacional e de sistemas de informações, relacionados por Lacerda (op. cit.):

- Aumento das atividades de recepção e expedição.
- Aumento da carga de trabalho devido ao número de *pickings*.
- Aumento da atividade de controle de qualidade.

- Aumento do custo de carregar estoque.
- Maior necessidade de espaço para estocar um número maior de diferentes itens em estoque.
- Diminuição da produtividade por empregado.
- Aumento dos custos administrativos: maior circulação de informação e necessidade de controle.

Ballou (2001) salienta que a operação de separação de pedidos, por sua natureza de mão-de-obra intensiva, permite grandes melhorias de produtividade, destacando o zoneamento da coleta, ou seja, a especialização dos coletores em um número limitado de itens em uma zona específica, ao invés de deslocá-los por todo o almoxarifado, com os pedidos para coleta desdobrados em listas para cada zona. O autor propõe um critério misto para o zoneamento: frequência do pedido, complementaridade, peso e volume do item. Cabe destacar que Harmon (1994) dá grande ênfase ao zoneamento por frequência de uso com forma de reduzir o percurso médio dos coletores.

Harmon (op. cit.) também salienta a prática de explodir os pedidos em itens, formando uma lista de coleta, agrupando os pedidos em lotes para melhor utilizar o tempo de viagem do coletor. Neste sentido, Ballou (op. cit.) descreve a prática de seqüenciar os itens na lista de coleta, de modo que formem uma rota eficiente através do estoque, evitando que os coletores tenham que retornar durante a coleta de uma mesma lista.

O CETA (2002) propõe dois métodos para a coleta das ordens: o princípio “uma-a-uma”, ou seja, as ordens sendo separadas individualmente e em ordem cronológica, ou seja, somente quando a separação de uma ordem é finalizada inicia-se a seguinte; e a separação “em paralelo”, quando vários separadores trabalham em uma ordem ao mesmo tempo.

Também o CETA (op. cit.) identifica duas estratégias para a separação: a separação em um passo ou “orientada para ordens”, onde cada ordem é separada individualmente e entregue para a embalagem ou expedição antes de iniciar-se a separação da ordem seguinte; e a separação em dois passos, ou “orientada para referências”, onde os itens são separados em uma lista que agrupa diversas ordens, e em um segundo passo, são reagrupados para ordens específicas, estratégia bastante eficaz quando combinada com a organização do almoxarifado em zonas de separação.

## 5. A Empresa

A empresa, Todeschini S.A., onde o trabalho foi desenvolvido é uma indústria moveleira de grande porte especializada em móveis modulados, principalmente cozinhas. Conta hoje com aproximadamente 500 funcionários, empregados em duas plantas fabris com uma área total de 40 mil m<sup>2</sup>, localizadas na cidade de Bento Gonçalves, RS.

Os móveis modulados produzidos pela empresa são compostos de diferentes combinações de peças planas de madeira ou compensado, que são combinadas, acrescidas de acessórios como elementos de fixação e puxadores, e depois embaladas. Quando um cliente compra um móvel modulado, na verdade ele escolhe um conjunto específico de módulos disponíveis em catálogo, definindo opções como cores e tipos de puxadores. Assim, toda a programação da fábrica é voltada para a fabricação de módulos, e hoje são produzidos mais de cinco mil módulos diariamente.

Dada a grande variedade de possíveis combinações, a empresa não mantém o estoque de módulos prontos, mas sim de seus componentes, usando uma estratégia de *postponement* da embalagem até o pedido de cada cliente. Este estoque, com mais de quatro mil itens e 10 mil m<sup>2</sup> de área, gerou a demanda por este trabalho.



## 6. O Projeto de Simulação

A partir da definição da construção de uma nova planta, que permitisse unir em um só local as duas plantas hoje existentes (Planta 1 ou Matriz e Planta 2), a empresa considerou oportuno questionar a área hoje ocupada pelo estoque de componentes antes do empacotamento. Para auxiliar na elaboração e avaliação de diferentes alternativas, foi solicitado um projeto de simulação computacional que envolveu pesquisadores da UNISINOS (Universidade do Vale do Rio dos Sinos), do CETA-RS (Centro de Excelência em Tecnologias Avançadas do Rio Grande do Sul) e do IPA (Instituto Fraunhofer de Produção e Automação – Stuttgart, Alemanha).

Durante os levantamentos e análises focalizadas nos procedimentos da situação atual da área de logística foram mapeados os fluxos do processo, sendo elaborado o modelo físico e lógico do funcionamento da fábrica.

A área de armazenagem, localizada na Planta 2, é abastecida por peças vindas da Planta 1, mas algumas ainda sofrem algum tipo de processamento na Planta 2, como revestimento, furação, usinagem, e outros. Estes processos são denominados de acabamento nas figuras seguintes. As peças de terceiros trabalham em regime *Just in Time*, ou seja, chegam na empresa diretamente para o empacotamento ou então para a expedição, quando são efetivamente utilizadas. O fluxo físico dos materiais na Planta 2 é mostrado na figura 2:

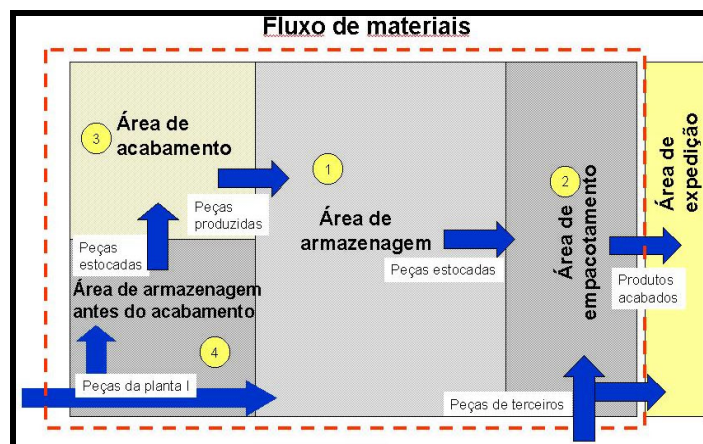


Figura 2: Fluxo físico de materiais na Planta 2.

## 7. Delimitação do modelo de simulação

O projeto limitou-se a área de armazenagem da empresa, com ênfase à logística interna, pois como citado anteriormente, o objetivo principal da empresa era diminuir a área de armazenagem, em vista da construção de sua nova unidade.

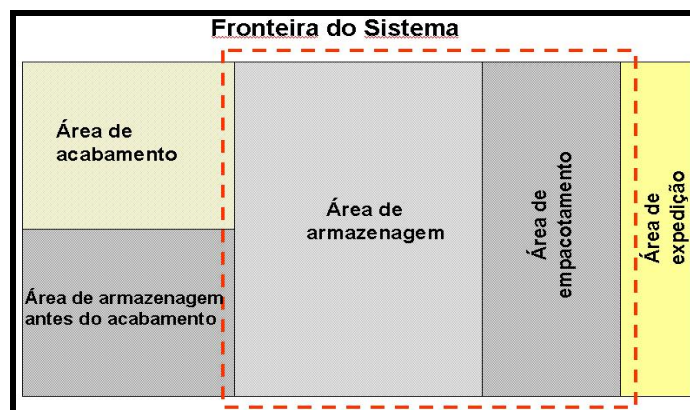


Figura 3: Fronteiras do sistema simulado na Planta 2.

Dentro da área de logística foram definidas as fronteiras do sistema para o desenvolvimento adequado do modelo de simulação. As discussões entre o grupo do projeto definiram esta fronteira, que envolve a área de armazenagem e as linhas de empacotamento, conforme a figura 3.

## 8. O Modelo de Simulação e as Hipóteses Testadas

Após a definição da fronteira do sistema, foi modelado o sistema e validado, junto à empresa. Com o modelo validado foram criados os cenários de simulação, que mostrariam as melhores práticas de *picking* na área de armazenagem da empresa. Os cenários testados, com a utilização do *software eM-Plant Simple ++*, foram (CETA, 2002):

- O primeiro cenário é a situação atual da empresa, onde 9 trabalhadores (6 separadores e 3 alimentadores) realizam a separação das peças para as 6 linhas de empacotamento existentes. Cada linha conta com o trabalho de um separador e compartilha um alimentador com a linha vizinha. O endereçamento das peças no estoque segue o esquema atual da empresa;
- Cenário da situação atual em que os 3 alimentadores passam a ser compartilhados por todas as linhas, com mesma a forma de endereçamento atual;
- Neste cenário, os 9 trabalhadores são multifuncionais, não existindo dedicação de trabalhador por linha. O trabalhador recebe a ordem de separação contendo endereço, quantidade das peças e a linha de empacotamento a ser alimentada;
- Direto-para-linha, este cenário utiliza 9 trabalhadores multifuncionais, introduzindo todas as inovações sugeridas para a área de depósito, tais como: verticalização do depósito, endereços fixos para cada item vinculados às listas de separação, alocação dos itens a espaços do depósito baseada em classificação ABC, etc;
- Outro cenário simulado foi o de desacoplamento das atividades de separação das de alimentação. Afora o desacoplamento, todas as atividades são idênticas ao cenário anterior. Só a hora de início para separação é adiantada por um período específico, por exemplo, 2 horas ou 4 horas, formando assim um pulmão de montagem, devido à pré-separação ocorrida neste turno de trabalho adiantado;
- Por fim, o cenário de pré-separação orientada para referências, onde quantidade total de cada peça requisitada pela linha de empacotamento é pré-separada com o auxílio de uma lista de separação gerada por número de referência. Neste cenário as peças B e C são pré-separadas antecipadamente (2 horas ou 4 horas).

Estes cenários, depois de modelados, proporcionaram interessantes conclusões para a empresa.

## 9. Resultados Obtidos Pela Empresa

Os resultados observados na simulação levantaram aspectos importantes em relação à disposição da área de armazenagem da empresa e a forma de realizar a separação e alimentação das linhas de empacotamento. Em princípio acreditava-se que uma pré-separação num turno adiantado ao turno normal de trabalho otimizaria as atividades de separação e alimentação, entretanto os resultados obtidos pelo modelo computacional demonstraram que esta prática acarretaria prejuízo ao processo, tornando-se viável apenas com o aumento da mão-de-obra.

Outro resultado importante foi em relação aos investimentos em novas tecnologias de armazenagem e movimentação de materiais. Tais investimentos não seriam de imediatos necessários, pois modificações nas técnicas de *picking* ocasionariam melhoras

significativas, não necessitando grandes investimentos. Assim sendo, a modelagem e simulação computacional fortaleceram uma futura tomada de decisão em relação à área de armazenagem para a nova unidade fabril da empresa.

## 10. Lições do trabalho

A diferente forma de abordagem da questão da simulação, foi a maior dificuldade do grupo de trabalho. Os pesquisadores alemães consideravam que os dados de entrada deveriam ser tratados deterministicamente, enquanto que a abordagem preferida pelos brasileiros era a estocástica, levando em consideração os dados probabilísticos do sistema a ser estudado. Definiu-se que o modelo de simulação seria feito de forma determinística, utilizando dados reais. Apesar da falta de estocasticidade, os cenários analisados comparativamente forneceram resultados significativos para a empresa. Com estes resultados e as soluções técnicas sugeridas (formas de estocagem, movimentação interna de material e dimensionamento da área de armazenamento), a empresa obteve todo o apoio necessário para a tomada de decisão em relação ao planejamento da área de armazenamento da nova fábrica, bem como, da otimização da área atual.

A integração da equipe de projeto com o pessoal da empresa foi fundamental para o sucesso da modelagem. Só com as informações e críticas recebidas das pessoas que conhecem o dia-a-dia da operação é possível considerar corretamente todas as variáveis no modelo. No caso, a empresa tem um ambiente de trabalho altamente participativo, sendo assim, vantagens adicionais ao cliente foram obtidas. O pessoal envolvido com o projeto desenvolveu um conhecimento mais apurado de todo o ambiente da empresa, este fato foi facilmente observado pela quantidade de novas idéias sugeridas pelos próprios trabalhadores da empresa que se engajaram no desenvolvimento do projeto.

## 11. Bibliografia

- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 4<sup>a</sup> ed., Porto Alegre: Bookman, 2001.
- CETA – Centro de Excelência em Tecnologias Avançadas do Rio Grande do Sul. **Relatório Final - Projeto ID CETA-2001/04-1**. Porto Alegre: janeiro de 2002 (mimeo).
- CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Pioneira, 1997.
- DORNIER, P.-P. et alli. **Logística e operações globais**. São Paulo: Atlas, 2000.
- HARMON, Roy L. **Reinventando a distribuição**. São Paulo: Campus, 1994.
- HOLLOCKS, B. A well-kept secret? Simulation in manufacturing industry reviewed. **OR Insight**, p. 12-17, Out-Dez 1992.
- LACERDA, L. Automação na armazenagem: desenvolvendo e implementando projetos de sucesso. In: FLEURY, Paulo (org.). **Logística empresarial: A perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, pp 167-176, 2000.
- LAW, A. M. & KELTON, W. D. **Simulation Modelling & Analysis**. McGraw-Hill Books, NY, Second Edition, 1991.
- ZINN, W. O Retardamento da montagem final de produtos como estratégia de marketing e distribuição. In: **RAE - Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, vol. 30, no 4; pp 53-59, Out-Dez 1990.