



COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

SIMULAÇÃO DE LAYOUT APLICADA AO PROJETO DE UMA LINHA DE FUNDIÇÃO

Anne Priscila Alves Pereira, anne@ita.br
Victor Emmanuel de Oliveira Gomes, victor@ita.br¹
Luis Gonzaga Trabasso, gonzaga@ita.br¹
Jefferson de Oliveira Gomes, gomes@ita.br¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Resumo: *Este trabalho apresenta a aplicação de simulação computacional a eventos discretos como ferramenta de auxílio ao projeto de uma fábrica de fundição de blocos de motor automotivo. Por meio da simulação, busca-se minimizar as incertezas inerentes às informações disponíveis durante as etapas de projeto e aumentar a qualidade na tomada de decisão para disposição de layouts e aquisições de equipamentos. A possibilidade de visualização e geração de dados de saída para diversas configurações e utilização de recursos na fábrica permite a identificação de uma solução que atenda à metas conflitantes da corporação.*

Palavras-chave: *manufatura digital, simulação, fundição.*

1. INTRODUÇÃO

Devido à forte concorrência nos diversos setores da economia, as empresas devem buscar aumento contínuo de sua eficiência, para que permaneçam competitivas. Para isso, os processos produtivos devem ser constantemente analisados, com o objetivo de identificar possíveis melhorias relacionadas a custos ou práticas. Porém essa não é uma tarefa trivial, principalmente quando envolve a tomada de decisão para o investimento na estrutura produtiva.

Segundo Sakurada & Miyake (2009), a simulação é uma técnica utilizada tanto para projeto e avaliação de novos sistemas como para reconfiguração física ou mudanças no controle e regras de operação de sistemas existentes. As suas aplicações têm crescido em todas as áreas, auxiliando os gestores na tomada de decisão em problemas complexos e possibilitando um melhor conhecimento dos processos nas organizações.

Dado que a técnica de simulação pode ser aplicada aos mais variados tipos de sistema, este artigo apresenta uma breve revisão sobre o processo de simulação computacional e sua aplicação como ferramenta de auxílio ao projeto de uma fábrica de fundição de blocos de motor automotivo, enfatizando o processo de vazamento de ferro-fundido. Por meio da simulação dos recursos necessários para este processo, busca-se minimizar as incertezas inerentes às informações disponíveis durante o projeto de fábrica, com fins de aumentar o nível de conhecimento acerca de suas etapas e melhorar a qualidade na tomada de decisão para a disposição de *layouts* fabris e aquisições de equipamentos e serviços.

Como resultados da simulação, foram obtidas as taxas de utilização de recursos (fornos, panelas vazadoras, empilhadeiras) previstas no projeto para atender à demanda de blocos fundidos.

2. PROCESSO DE SIMULAÇÃO

Simulação é um processo de experimentação que utiliza um modelo detalhado de um sistema real para determinar respostas às mudanças provocadas em sua estrutura, ambientes ou condições de contorno (HARREL, 2002).

A simulação computacional consiste em um conjunto de métodos aplicados para a análise de uma ampla variedade de modelos de sistemas do mundo-real, por meio de *software* projetado para imitar as operações ou características do sistema (KELTON *et al.*, 2004). Além disso, é uma poderosa ferramenta na análise de processos e sistemas, em que os modelos ou problemas são muito complexos para uma análise matemática formal (SHANNON, 1998; BERTRAND, 2002).

Por meio de simulação computacional, é possível verificar algumas questões peculiares ao chão de fábrica como: o *lead-time*, a identificação de recursos restritivos de capacidade (RRC), a verificação das taxas de utilização dos operários e das máquinas, o espaço físico necessário e o volume de produção (ROHRER & BANKS, 1998).

As empresas do setor automobilístico têm usado cada vez mais a simulação como uma proeminente ferramenta de suporte à decisão. A maioria faz uso da simulação de eventos discretos (SED) para modelar sistemas de manufatura, em questões relativas ao *layout* de fábrica, fluxo de processo, sistemas de manuseio de material, planejamento de capacidade, utilização de mão-de-obra, investimento em novos equipamentos e programação da produção e logística (PORTO *et al.*, 2000).

Para entender e analisar um sistema, é necessário definir um conjunto de componentes:

Entidade - objeto de interesse no sistema;

Atributo - propriedade de uma entidade;

Atividades - operações e procedimentos que são iniciados em cada evento. Toda atividade está delimitada por dois eventos: o primeiro, que caracteriza seu início e, o segundo, seu término (KELTON *et al.*, 2004);

Evento - ocorrência instantânea no sistema, que pode mudar o seu estado (BANKS *et al.*, 2001);

Estado - coleção de variáveis necessárias para descrever um sistema em determinado momento (BANKS *et al.*, 2001).

Ao analisar uma linha de produção, por exemplo, por meio de simulação (ver Quadro 1), as máquinas-ferramentas e os produtos processados ao longo desta linha são as entidades do sistema. Os tempos de processamento, velocidades de movimentação ou dimensões são exemplos de atributos, e os tipos de processamento realizados são atividades. A quebra de uma máquina é um exemplo de evento que mudaria seu estado (GOMES, 2010).

Quadro 1 – Exemplos de sistemas e Componentes (GOMES, 2010)

Sistema	Entidades	Atributos	Eventos	Atividades	Variáveis de Estado
Linha de Produção	Máquinas, peças, operadores	Dimensão de peças, velocidade de transporte	Quebra (parada de máquina), <i>set-up</i> , mudança de turno	Processar operação, transportar peças	Status das máquinas (ocupadas, em espera, vazias)
Estoques	Peças, transportadores, containeres	Capacidade de transportadores, velocidade de transporte	Saída de peças	Transportar peças	Níveis dos estoques, demanda acumulada
Comunicações	Cartas, mensagens	Duração da mensagem, distância do destino	Chegada ao destino	Transmitir mensagem	Mensagem esperando para ser transmitida
Banco	Clientes, dinheiro	Clientes especiais (diferenciados pelo saldo da conta bancária)	Chegada, partida	Depositar, sacar	Caixas ocupados, clientes esperando

Segundo Sakurada & Miyake (2009), o processo de modelagem deve inicialmente buscar uma clara compreensão da estrutura e dinâmica do sistema real a ser simulado, e somente então avançar para a derivação dos procedimentos experimentais, que possibilitarão analisar seu comportamento. A Figura (1) apresenta o modelo para o processo de simulação, abordado por BANKS *et al.* (2001) e Sakurada & Miyake (2009).

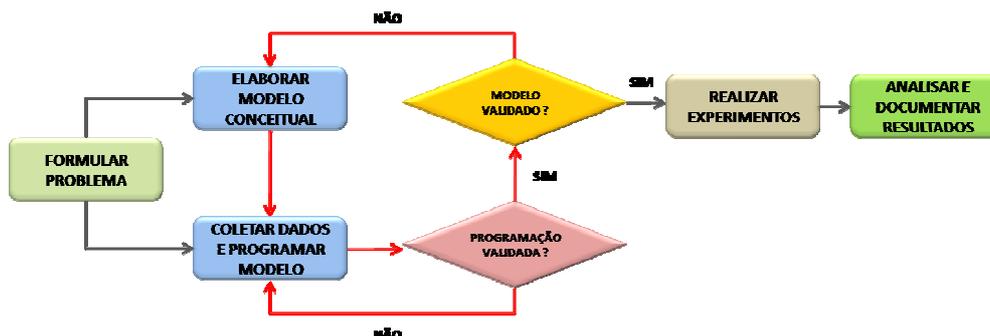


Figura 1 – Processo de modelagem e simulação. Adaptada de Miyake & Sakurada (2009)

A Formulação do Problema consiste em identificar o sistema real a ser estudado, em definir os objetivos do processo de simulação e em selecionar os indicadores de desempenho, necessários para a verificação destes objetivos.

A Elaboração do Modelo Conceitual compreende o levantamento de suposições sobre os componentes do sistema, sobre sua estrutura (inclusive as interações entre os componentes) e sobre as hipóteses dos parâmetros e variáveis envolvidas, além da elaboração do modelo abstrato do sistema.

Os dados coletados na fase de Coleta de Dados devem representar o comportamento do sistema real, não apenas para que a formulação do modelo seja bem embasada, mas também porque eles são utilizados na fase posterior de Validação.

A Programação do Modelo envolve a codificação dos dados e relações previamente levantados por meio de um *software* de simulação apropriado ou uma linguagem de programação. Esta fase deve ser combinada com a realização de testes para Verificação tanto de erros de programação (*debug*) quanto de funcionamento do modelo computadorizado (MIYAKE & SAKURADA, 2009).

O termo validação está relacionado ao modelo conceitual. O objetivo é certificar que o modelo em desenvolvimento está correto, ou seja, que as considerações feitas, o nível de detalhe e o escopo do modelo representarão, adequadamente, o sistema analisado (BALCI, 1994; BANKS, 2001; CHWIF & MEDINA, 2007)

A verificação está relacionada ao modelo computacional. O objetivo é verificar se a conversão do modelo para o ambiente virtual foi realizada de maneira correta (BALCI, 1994; BANKS 2001).

Sargent (2000) utiliza a expressão “certificação” - do inglês *accreditation*, para se referir à etapa de verificação e validação. Segundo o autor, a certificação é definida como a confirmação oficial de que um modelo de simulação é aceitável para a utilização em uma aplicação específica, devendo ser efetuada por uma terceira pessoa, não envolvida diretamente no processo (GOMES, 2010).

2.1. Aplicativos de Simulação

Chwif & Medina (2007) afirmam que a escolha correta do *software* de simulação para uma determinada aplicação é um ponto importante. Pidd (1998) sugere que o *software* de simulação não é essencial em um estudo completo de simulação. No entanto, a seleção adequada do *software* e do *hardware*, juntamente com a habilidade do analista de simulação, influencia no tempo total de um estudo de simulação (GOMES, 2010).

Existem algumas fontes de informação sobre os *software* de simulação disponíveis no mercado. A revista eletrônica *OR/MS Today* (<http://lionhrtpub.com/orms/>) apresenta a cada dois anos uma pesquisa com os principais aplicativos de *software* de simulação, relacionando vendedores, principais custos, clientes, sistema operacional utilizado etc. Outra fonte de informação é encontrada em (<http://www.argesim.org/comparisons/index.html>), onde são apresentados doze modelos de simulação resolvidos por, no mínimo, dois diferentes aplicativos de *software*, permitindo comparações de desempenho.

Banks *et al* (2001) faz uma breve descrição de aplicativos de simulação, dentre eles: *ProModel*TM, *Arena*TM, *AutoMod*TM, *Deneb/QUEST*TM, *Extend*TM, *MicroSaint*TM, *WITNESS*TM.

Os simuladores comerciais, como o *Plant Simulation*TM - *Siemens*, possuem uma interface gráfica com elementos construtores, denominados de objetos, que representam recursos, atividades ou processos. O analista de simulação introduz os dados de entrada do sistema real nos parâmetros ajustáveis, que compõem os objetos (GOMES, 2010).

A Figura (2) ilustra como é realizada a modelagem computacional e apresenta um exemplo de como é a interface entre o aplicativo de simulação e o usuário, na utilização do *software* comercial *Plant Simulation* - *SIEMENS*TM. Este permite criar caixas de diálogo, possíveis de parametrização (GOMES, 2010).

A caixa de diálogo permite a inserção de dados de entrada da célula de manufatura modelada, como os tempos de processamento (*processing time*), tempo de *set-up* (*set-up time*.) ou comportamento de falhas de máquinas (*Failures*), além de apresentar resultados de taxas de utilização de recursos analisados por meio de gráficos ou relatórios, disponíveis na aba *Statistics*.

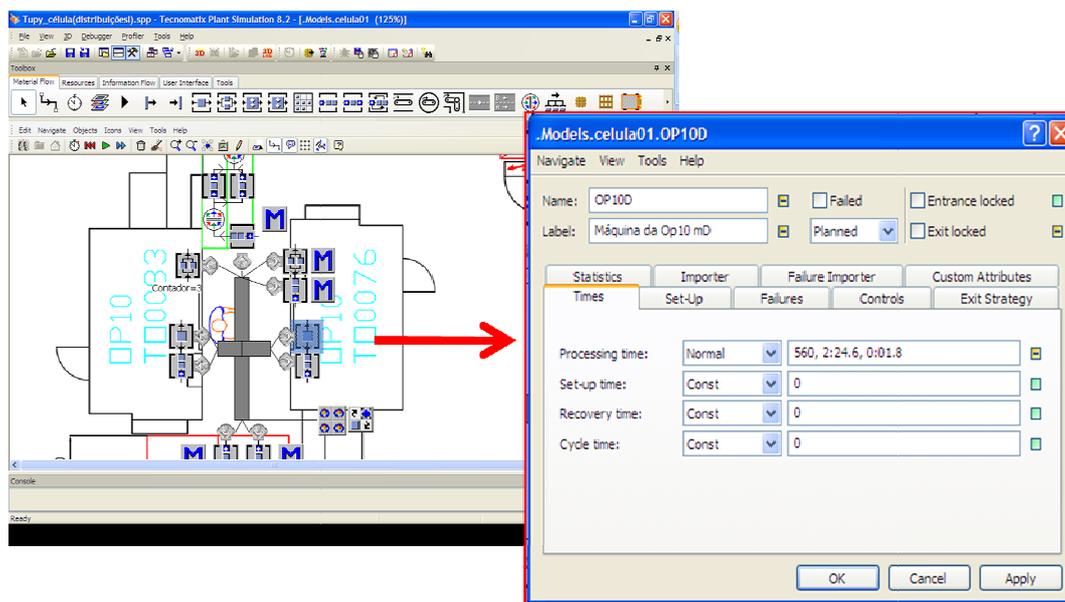


Figura 2 – Interface de simuladores. Aplicativo *Plant Simulation*™ - Siemens (GOMES, 2010)

3. ESTUDO DE CASO

Este trabalho foi realizado para o dimensionamento de recursos de uma nova linha de fundição de blocos de motor. O objetivo foi identificar as taxas de utilização de recursos e elementos restritivos do processo de vazamento e ferro-fundido.

Trata-se de um projeto de fábrica, em que muitas das informações do sistema analisado ainda não estão disponíveis.

A abordagem utilizada para o processo de simulação seguiu a seqüência de atividades definida por Sakurada & Miyake (2009). Ela é apresentada a seguir.

3.1. Formular Problema

Segundo Matos *et al* (1997) o processo de fabricação de peças metálicas por meio da fundição consiste em verter o metal líquido em moldes, com as características do modelo, confeccionados à base de areia. O processo de fundição inicia-se com a fusão do ferro nos fornos de indução. Simultaneamente, os moldes são produzidos na linha de moldagem e machos são produzidos nas máquinas sopradoras. Os machos são levados até a linha de moldagem, onde são colocados dentro dos moldes, formando o conjunto molde e macho. O metal líquido é transportado até a linha de moldagem e é vertido no conjunto molde e macho. Após este processo, o metal sofre transferências de calor e solidifica, e separa-se do conjunto molde macho através do processo de *check out*. Este metal é então colocado em *pallets* e estocado para que se complete o resfriamento por meio de trocas de calor com o ambiente. Após o resfriamento, as peças metálicas passam por operações de acabamento e controle de qualidade, e então são embaladas e liberadas para expedição. A Figura (3) apresenta um esquema da seqüência de atividades realizadas pelas empilhadeiras.

A atividade de verter o metal líquido em moldes é chamada de vazamento. Ela é o escopo da análise proposta neste trabalho. O transporte do metal líquido fundido nos fornos de indução é realizado por empilhadeiras em painéis vazadoras. As empilhadeiras buscam as painéis vazadoras previamente aquecidas por maçaricos no setor de aquecimento de painéis, e as levam até os fornos de indução para serem carregadas com metal líquido. Depois de carregadas, as painéis vazadoras são levadas ao setor de retirada de escória. Na seqüência, o metal líquido é transportado até a área de vazamento, na linha de moldagem.

Ao chegar à área de vazamento, a panela deve ser adequadamente posicionada nos pontos de vazamento. Para isso, existe em cada ponto de vazamento um dispositivo de vazamento e troca (DVT), com capacidade para duas painéis vazadoras. Eventualmente, a panela vazadora que retorna para o ciclo de abastecimento e transporte deve ser reaquecida em áreas destinadas para esta atividade. Isto ocorre em casos de paradas mais longas na linha de fundição.

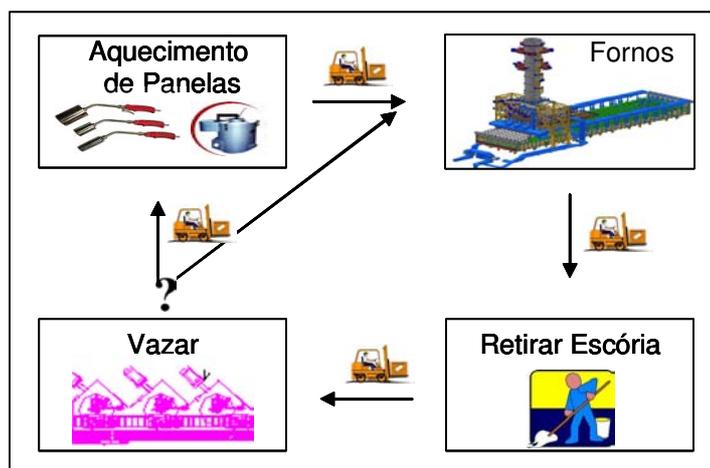


Figura 3. Seqüência de atividades realizadas pelas empilhadeiras.

3.1.1. Objetivos da Simulação

Nesta primeira etapa do processo de simulação, foram identificados, juntamente da equipe responsável pelo projeto da linha de produção, os objetivos da análise e os detalhes do sistema real a ser analisado.

Por meio dos objetivos definidos (ver Quadro 2) foram determinados os indicadores de desempenho para a análise - porcentagem de moldes vazados e nível de utilização dos recursos.

Quadro 2. Objetivos da Simulação

1 Definir quantidade e tipo de fornos
2 Verificar quantidade de empilhadeiras
3 Definir quantidade de pontos de retirada de escória
4 Definir quantidade de maçaricos
5 Definir quantidade de painelas

3.2.2. Elaborar Modelo Conceitual

Na etapa de elaboração do modelo conceitual, buscou-se detalhar o processo de vazamento, de acordo com o *layout* pré-definido da planta industrial. Foram verificadas informações como seqüência de operações, entradas de material, máquinas e fluxo de materiais e pessoas. O resultado dessa etapa foi o mapeamento do processo por meio do fluxograma apresentado na Fig. (4).

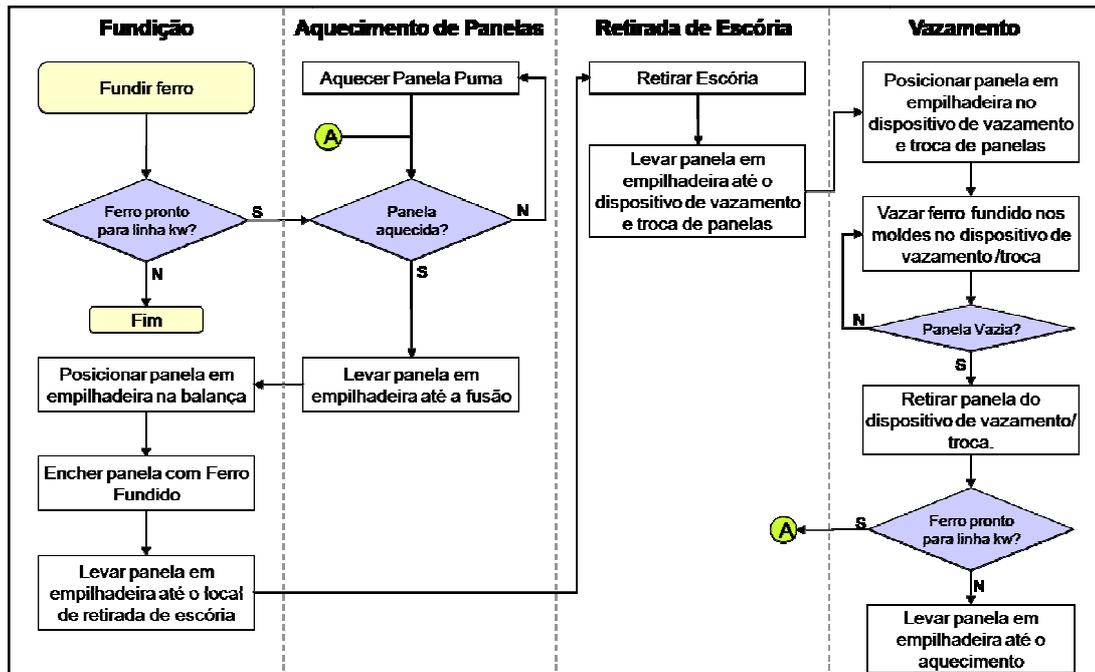


Figura 4. Fluxograma do processo de vazamento.

3.2.3. Coletar Dados e Programar Modelo

Os dados para a elaboração do modelo foram fornecidos pela equipe de projetos da linha de fundição. Como trata-se de um projeto de linha de manufatura, em que não há histórico de dados para a análise, algumas considerações foram feitas:

- Fornos com taxa constante de produção de ferro fundido para abastecimento da linha de moldagem;
- Taxa de produção da linha de moldagem constante;
- Dados de entrada determinísticos para o processo de vazamento e carregamento de painéis;
- Dados de entrada estocásticos para os demais processos, coletados com a equipe responsável pelo projeto da linha de fundição, seguindo uma distribuição estatística normal, de acordo com a faixa de tempo mais provável de cada operação.

Uma vez alcançado o consenso entre a equipe de projetos da linha e o analista de simulação sobre a validação do modelo conceitual, o modelo computacional foi elaborado, com a utilização do *software Plant Simulation*TM. A Figura (5) apresenta o modelo computacional, contendo a representação de rotas, e recursos, por meio das caixas de diálogo presentes no aplicativo. A Figura (6) apresenta um exemplo de linhas de programação, utilizadas para a definição da lógica de movimentação de empilhadeiras.

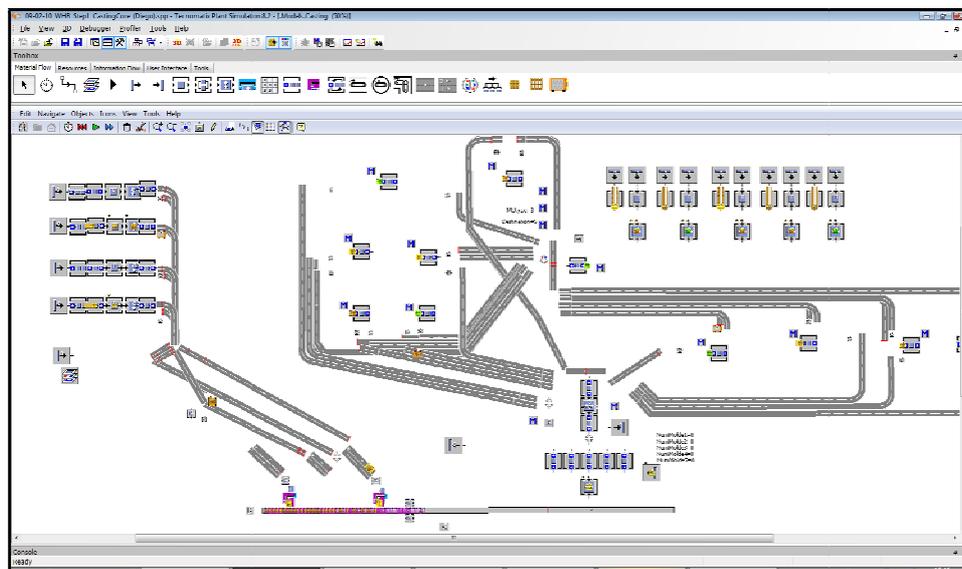


Figura 5. Modelo Computacional do processo de vazamento.

```

04-02-10_WHR_Step1_CastingCore_(Diego).spp - Tecnomatix Plant Simulation 8.7 - [Model:Casting_IdentifyingFreeCasting]
File View 3D Debugger Profiler Tools Help
Material Flow Resources Information Flow User Interface Tools
File Edit Navigate Run Template View Tools Help
(sensorID : integer)
is
do
  if casting3.numau > 1 or dvt3.occupied = true then
    casting3.free := false;
  else casting3.free := true;
  end;

  if casting1.numau > 1 or dvt1.occupied = true then
    casting1.free := false;
  else casting1.free := true;
  end;

  if casting1.free = false and casting3.free = false then
    print "!!!!!!!!!!!!LOCKED!!!!!!!!!!!!"
  else
    print "*****OPENED*****"
  END;

  if BufferCiron8.numau > 8 and tlt08.occupied = false then
    tlt08.entrancelocked := false;
    BufferCiron8.pronto := true;
  else
    tlt08.entrancelocked := true;
    BufferCiron8.pronto := false;
  end;

  if BufferCiron7.numau > 8 and tlt07.occupied = false then
    tlt07.entrancelocked := false;
    BufferCiron7.pronto := true;
  else
    tlt07.entrancelocked := true;
    BufferCiron7.pronto := false;
  end;

  if BufferCiron6.numau > 8 and tlt06.occupied = false then
    tlt06.entrancelocked := false;
    BufferCiron6.pronto := true;
  else
    tlt06.entrancelocked := true;
    BufferCiron6.pronto := false;
  end;

  if BufferCiron5.numau > 8 and tlt05.occupied = false then
    tlt05.entrancelocked := false;
  end;
end
Console
Ready

```

Figura 6. Programação utilizada para a lógica de movimentação das empilhadeiras.

O processo de validação do modelo computacional consistiu na comparação dos resultados da simulação com valores estimados pela equipe de projeto da linha de fundição. Uma vez validado o modelo, foram realizados experimentos, visando à consecução dos objetivos previamente estabelecidos.

3.3 Realizar Experimentos

Os experimentos foram determinados de acordo com os objetivos traçados na etapa de definição do problema (seção 3.2 deste artigo).

Um dos objetivos traçados foi definir o tipo de forno a ser utilizado, utilizando como premissa duas opções de fornos: forno tipo A e forno tipo B. O forno tipo A tem a capacidade total necessária para abastecer a linha de moldagem, pode fundir o material simultaneamente com o abastecimento de panelas (forno de abastecimento contínuo) e oferece apenas um ponto para abastecimento de panelas. Assim sendo, para abastecer a linha de moldagem seria necessário um forno tipo A e um ponto de abastecimento de panelas estaria disponível.

O forno tipo B tem capacidade de abastecimento apenas para metade da demanda da linha de moldagem, não pode abastecer panelas e, simultaneamente, fundir material (forno de abastecimento alternado). Além disso, ele oferece um ponto de abastecimento por forno. Portanto, para abastecer a linha de moldagem, seriam necessários quatro fornos tipo B e quatro pontos de abastecimento de panelas estariam disponíveis. Porém, apenas dois poderiam ser utilizados simultaneamente.

Ainda na definição do modelo conceitual, observou-se que a quantidade de maçaricos necessários no setor de aquecimento de panelas é função do número de panelas vazadoras operando no processo de vazamento. Estas são função do número de empilhadeiras e do número de pontos de vazamento.

Deste modo, alterou-se o número de maçaricos e de panelas vazadoras linearmente com a variação do número de empilhadeiras e definiu-se experimentos para verificar os tipos e quantidade de fornos, a quantidade de empilhadeiras e a quantidade de pontos de retirada de escória, até que fosse alcançada a configuração de recursos em que todos os moldes fossem vazados, para a máxima capacidade efetiva da linha de moldagem. Na Tabela (1) estão apresentados os experimentos realizados.

Tabela 1. Configuração de Experimento de Simulação.

Experimentos - Forno A			Experimentos - Forno B		
Experimento	Recurso	Quantidade	Experimento	Recurso	Quantidade
1	Fornos	1	7	Fornos	4
	Empilhadeiras	2		Empilhadeiras	2
	Pontos de RE	1		Pontos de RE	1
	Maçaricos	4		Maçaricos	4
	Panelas	4		Panelas	4
2	Fornos	1	8	Fornos	4
	Empilhadeiras	2		Empilhadeiras	2
	Pontos de RE	2		Pontos de RE	2
	Maçaricos	4		Maçaricos	4
	Panelas	4		Panelas	4
3	Fornos	1	9	Fornos	4
	Empilhadeiras	3		Empilhadeiras	3
	Pontos de RE	1		Pontos de RE	1
	Maçaricos	5		Maçaricos	5
	Panelas	5		Panelas	5
4	Fornos	1	10	Fornos	4
	Empilhadeiras	3		Empilhadeiras	3
	Pontos de RE	2		Pontos de RE	2
	Maçaricos	5		Maçaricos	5
	Panelas	5		Panelas	5
5	Fornos	1	11	Fornos	4
	Empilhadeiras	4		Empilhadeiras	4
	Pontos de RE	1		Pontos de RE	1
	Maçaricos	6		Maçaricos	6
	Panelas	6		Panelas	6
6	Fornos	1	12	Fornos	4
	Empilhadeiras	4		Empilhadeiras	4
	Pontos de RE	1		Pontos de RE	1
	Maçaricos	6		Maçaricos	6
	Panelas	6		Panelas	6

Os resultados da simulação estão apresentados na Fig. (7), na Fig. (8) e na Fig. (9). Na Figura (7), apresentam-se as taxas de moldes vazados *versus* moldes não vazados. Na Figura (8) e na Figura(9) apresentam-se os dados de eficiência de cada recurso analisado para os fornos tipo A e tipo B.

Conforme pode ser observado na Fig. (7), apenas nos experimentos E9, E10, E11 e E12 obtiveram-se cem por cento de moldes vazados. Sabendo-se que a melhor configuração é aquela que supre as necessidades da linha utilizando o menor número de recursos, a configuração de recursos do experimento E9 foi escolhida para nortear o dimensionamento da linha de moldagem.

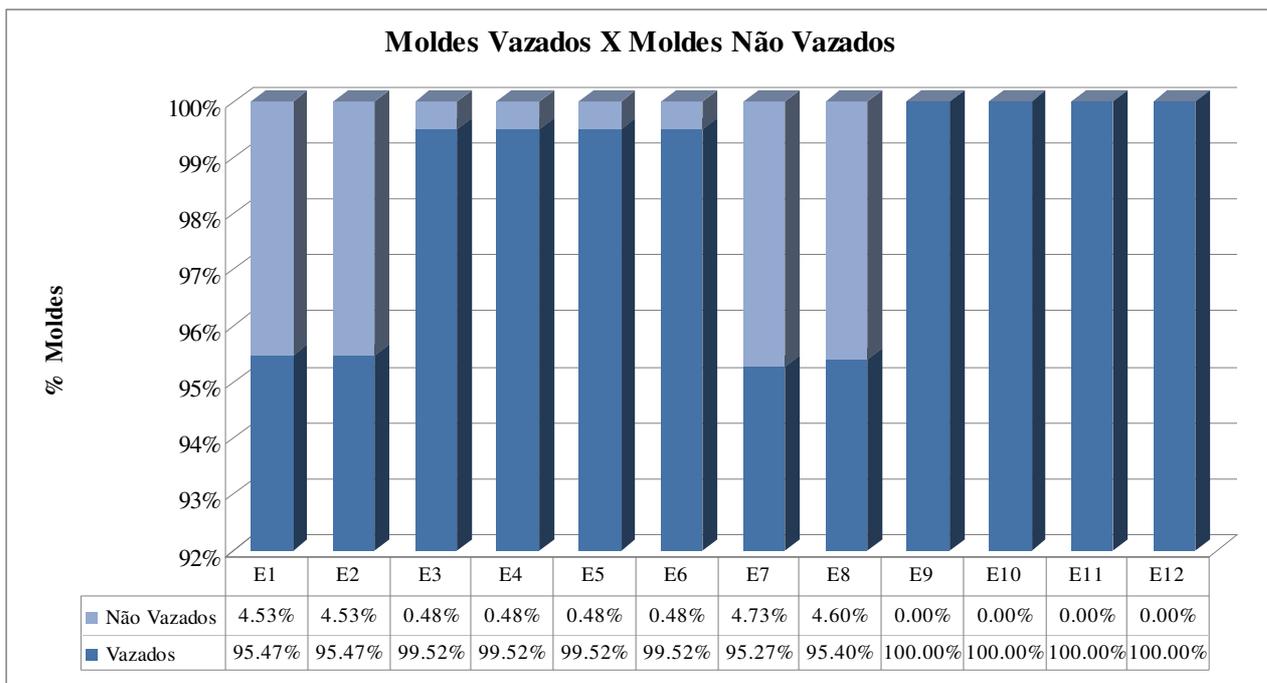


Figura 7. Resultados de um experimento da simulação

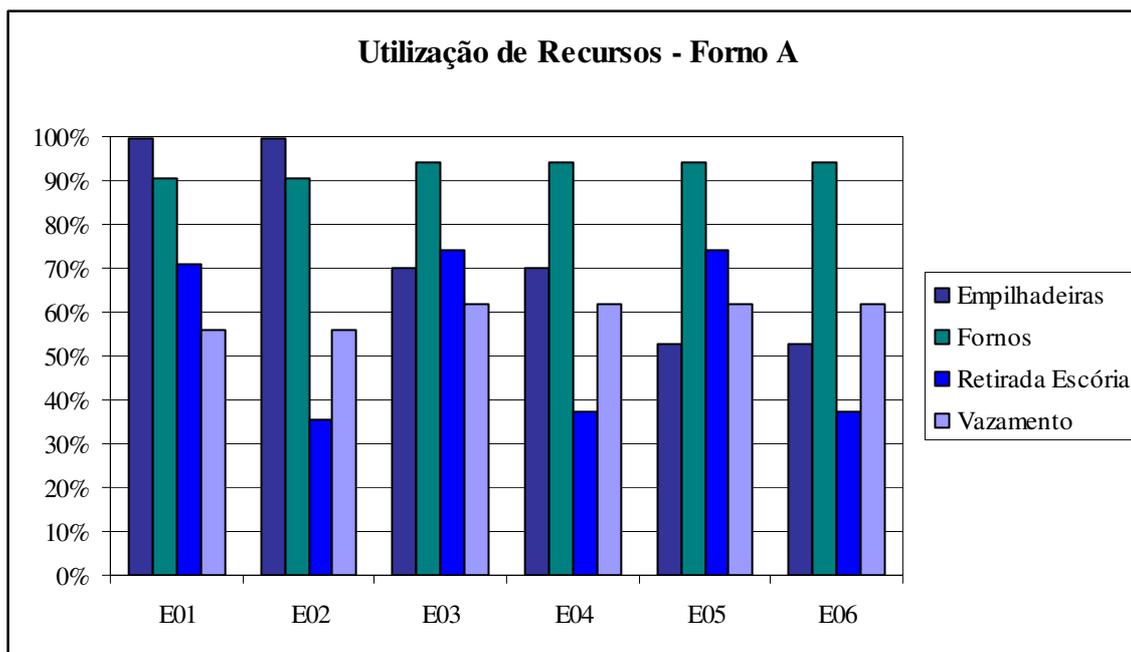


Figura 8. Nível de utilização dos recursos para o forno tipo A.

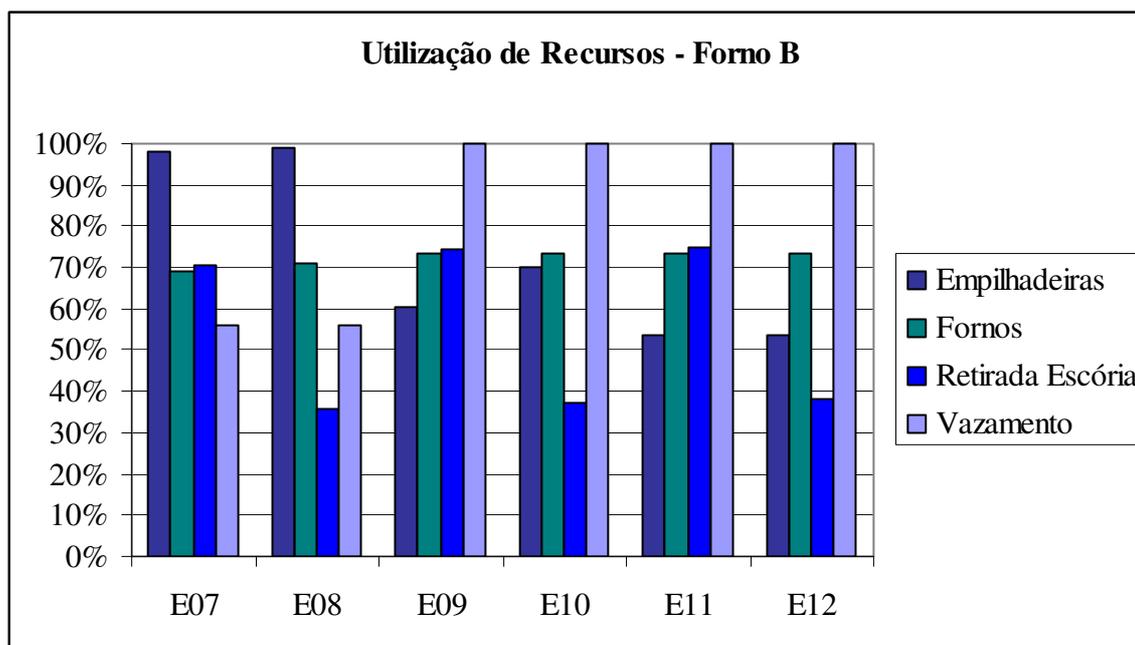


Figura 9. Nível de utilização dos recursos para o forno tipo B.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho atingiu o objetivo de identificar, por meio de simulação, as prováveis taxas de utilização de recursos durante o projeto de uma linha de fundição de blocos de motor automotivos.

A partir da elaboração de diferentes cenários para o sistema produtivo e da realização de experimentos para a análise de diferentes configurações de recursos de produção, pôde-se definir a configuração para atender à demanda do sistema. Esta possui quatro fornos do tipo A, três empilhadeiras, um ponto de recolhimento de escória, cinco maçaricos e cinco painéis vazadoras.

Esse tipo de informação auxilia na tomada de decisão para aquisição de equipamentos. Neste caso, pôde-se analisar o comportamento de fornos distintos perante os demais recursos e, por meio da variação de cenários, estimar a capacidade do sistema de produção. A partir deste ponto, podem ser definidas as demais características do sistema, variando parâmetros como o número de operadores, por exemplo, ou inserindo informações sobre falhas, *set-ups*, programação de manutenção etc.

No que tange a elaboração do modelo do sistema real, é importante salientar a dificuldade em se obter informações sobre o processo. Esta é uma característica intrínseca do processo de simulação, porém em casos de projeto de fábrica, há informações praticamente inexistentes, como tempos de ciclo, número de operadores definidos, bem como número de postos de trabalho, rotas de empilhadeiras etc. A utilização de dados determinísticos para emular o comportamento de alguns desses recursos foi um artifício utilizado, até a etapa de validação do modelo computacional. No entanto, algumas distribuições probabilísticas devem ser utilizadas para aproximar o comportamento deste modelo do comportamento do sistema real.

4. REFERÊNCIAS

- Matos, S.V. Alternativas de minimização de resíduos na indústria de fundição. FS Fundição e Serviços, São Paulo, ano 13, nº 115. julho. 2002.
- Banks, J.; Carson, J.; Nelson, B. Discrete-event system simulation. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- PORTO, A. J. V.; SOUZA, M. C. F.; RAVELLI, C. A.; BATOCHIO, A. C. Manufatura Virtual: Conceituação e desafios. Gestão & Produção. São Carlos: , v.9, n.3, p.297 - 312, 2002.
- Law, A. M.; Kelton, W. D. Simulation modeling and analysis. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1991.
- SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. Gestão e Produção, jan-mar/2009, vol. 16, n. 1, p. 25-43.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., Sadowski, D. A., 2004, Simulation with ARENA. 3 Ed, New York, McGraw-Hill Companies Inc.
- Chwif, L., Medina, A. C., 2006, Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações, São Paulo, Editora Bravarte.
- Harrell, C., Simulação – otimizando sistemas, IMAM, 2002.

- Shannon, R. E. Introduction to the art and science of simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1998. Proceedings... 1998. p. 7-14.
- Rohrer, M.; Banks, J. Required skills of a simulation analyst. IEE Sol., 1998. p. 18-30.
- Bertrand, J. W. M.; Fransoo, J. C. Modeling and simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. International Journal of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.
- Balci, O. 1994. Validation, verification, and testing techniques throughout the life cycle of a simulation study. Annals of Operations Research 53:121-173.
- Sargent, R. G. Verification and validation of simulation]models. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1998. Proceedings... 1998. p. 121-130.
- Pidd, Michael. Modelagem Empresarial – Ferramentas para tomada de decisão. Bookmann: Porto Alegre/RS, 1998.
- Gomes, V. Proposta de um Método de Simulação em Processo de Melhoria Contínua em uma Empresa de Manufatura Discreta:ITA, 2010. 115p, Dissertação de Mestrado.

5. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

LAYOUT SIMULATION APPLIED TO THE LAYOUT DESIGN OF A FOUNDRY PLANT CON10-2051

Resumo: *This paper aims to present the application of discrete event computer simulation as an aiding tool for the layout design decision making of an automotive foundry manufacturing engine blocks. Through the discrete event simulation, the reduction of the uncertainties inherent of the available information to the layout design and, also the quality of the decision making to optimize the layout distribution and acquisition of equipments are sought. The possibility of viewing and generating data output of a variety material flow settings allows the identification of a solution that trades off the conflicting goals of a corporation.*

Palavras-chave: *digital manufacturing, simulation, foundry.*