

## SIMULAÇÃO

Simulação é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema em um computador. Podemos ver, na tela do computador, o funcionamento de uma linha de produção, o tráfego nas ruas de uma cidade ou o funcionamento de uma agência bancária. A simulação se mostrou uma estratégica ferramenta para estudos de reengenharia, mudanças de *layout*, ampliação, automatização, planejamento da produção, logística, etc. A grande vantagem da simulação reside no fato de permitir a análise de diversas alterações no cenário virtual sem o custo e o risco de atuar no cenário real.

Dentre os diversos softwares de simulação atualmente disponíveis, sobressai-se o ARENA pela sua interatividade e satisfação na resposta fornecida. Considerando esta área como indispensável à obtenção de melhores resultados, o Instituto de Desenvolvimento Gerencial - INDG, através de sua Editora INDG -Tecs, lança o livro "Usando o Arena em Simulação", de autoria do Professor Darci Prado volume 3 da Série Pesquisa Operacional.

### 1.1 - Modelagem de Sistemas

Ao efetuar certos tipos de estudos de planejamento, é comum depararmos com problemas de dimensionamento ou fluxo cuja solução é aparentemente complexa. O cenário pode ser uma fábrica, o trânsito de uma cidade, um escritório, um porto, uma mineração, etc. Geralmente estamos interessados em saber:

- qual a quantidade correta de pessoas e equipamentos (sejam eles máquinas, ferramentas, veículos, etc);
- qual o melhor *layout* e o melhor roteiro de fluxo dentro do sistema que sendo analisado.

Ou seja, desejamos que nosso sistema tenha um funcionamento eficiente ou otimizado. Por **otimizado** queremos dizer que teremos um custo adequado e que teremos usuários satisfeitos com o ambiente ou com o serviço oferecido. Dizemos também que um sistema ou processo adequadamente dimensionado está **balanceado**. Chamamos tais estudos de modelagem de sistemas.

Estudos de modelagem de sistemas podem envolver modificações de *layout*, ampliações de fábricas, troca de equipamentos, reengenharia, automatização, dimensionamento de uma nova fábrica, etc. Assim, dado um determinado objetivo de produção ou de qualidade de atendimento, o estudo vai procurar definir a quantidade de atendentes (equipamentos, ferramentas, veículos, etc) e pessoas que devem ser colocados em cada estação de trabalho, assim como o melhor *layout* e o melhor fluxo. Para dimensionar adequadamente um sistema, devemos dedicar especial atenção aos gargalos, ou seja, pontos onde ocorrem filas

Dentre as técnicas disponíveis para a Modelagem de Sistemas temos a Teoria das Filas e a Simulação, sendo esta última a mais utilizada. A Teoria das Filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas. Já a simulação é uma técnica que, usando o computador digital, procura montar um modelo que melhor represente o sistema em estudo. Simulação, como o próprio nome indica, é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real. Os modernos programas de computador permitem construir modelos nos quais é possível visualizar na tela o funcionamento do sistema em estudo, tal como em um filme. Podemos visualizar o funcionamento de um banco, uma fábrica, um pedágio, um porto, um escritório, etc, tal como se estivéssemos em uma posição privilegiada em cada um destes cenários. Antes de efetuar alterações em uma fábrica real, podemos interagir com uma fábrica virtual. A junção da tradicional teoria da simulação com as técnicas modernas de computação e jogos (tais como video games) tem possibilitado estes avanços.

### 1.2 - Aspectos Históricos

#### 1.2.1 - Teoria das Filas

A abordagem matemática de filas se iniciou no princípio deste século (1908) em Copenhague, Dinamarca,

com A. K. Erlang, considerado o pai da Teoria das Filas, quando trabalhava em uma companhia telefônica estudando o problema de redimensionamento de centrais telefônicas. Foi somente a partir da Segunda Guerra Mundial que a teoria foi aplicada a outros problemas de filas. Apesar do enorme progresso alcançado pela teoria, inúmeros problemas não são adequadamente resolvidos em decorrência de complexidades matemáticas.

### 1.2.2 - Simulação

Com o surgimento do computador na década de 50 a modelagem de filas pôde ser analisada pelo ângulo da simulação, em que não mais se usam fórmulas matemáticas, mas apenas tenta-se imitar o funcionamento do sistema real. As linguagens de simulação apareceram na década de 60 e hoje, graças aos microcomputadores, podem ser facilmente usadas. A técnica de simulação visual, cujo uso se iniciou na década de 80, em virtude de sua maior capacidade de comunicação teve uma aceitação surpreendente. Além disso, por ter um menor nível de complexidade, seu uso também cresceu enormemente. O ensino desta técnica ainda se concentra em escolas de graduação, mas já tem havido iniciativas em ensino de segundo grau (cursos técnicos). Algumas linguagens são mundialmente conhecidas, como GPSS, GASP, SIMSCRIPT, SIMAN, ARENA, PROMODEL, AUTOMOD, TAYLOR, etc.

### 1.3 - Aplicações de Simulação

A simulação tem inúmeras aplicações no mundo atual, nas áreas mais diversas, que vão desde produção em uma manufatura até o movimento de papéis em um escritório. Costuma-se dizer que "tudo que pode ser descrito pode ser simulado". Vejamos algumas destas aplicações:

#### 1.3.1 - Linhas de Produção

Esta é a área que tem apresentado a maior quantidade de aplicações de modelagem. Inúmeros cenários se encaixam neste item, desde empresas manufatureiras até minerações. Os seguintes casos podem ser analisados:

- a) Modificações em sistemas existentes, tais como as produzidas pela expansão da atual produção, pela troca de equipamentos, ou pela adição de novos produtos, que vão afetar a dinâmica do atual processo. Pode-se antecipar onde serão formados os gargalos oriundos de modificações no sistema existente. Pela introdução de modificações apropriadas (tais como modificações no fluxo, alterações na programação das atividades, ou pela adição de novos recursos), após algumas tentativas pode-se chegar ao melhor modelo que incorpore as modificações requeridas.
- b) Um setor de produção totalmente novo pode ser planejado, obtendo-se o melhor fluxo dentro dele.
- c) A melhor política de estoques pode ser obtida por meio de simulação. O modelo deve incluir a função "solicitação de material" e a função "atendimento pelos fornecedores". Como resultado se obtém o "ponto de pedido" e a "quantidade do pedido".

#### 1.3.2 - Logística

Esta é outra área em que temos observado uso crescente de simulação. O cenário pode ser uma fábrica, um banco, o tráfego de uma cidade, etc. O meio de transporte pode ser empilhadeira, caminhão, trem, navio, etc. Além disso, aspectos inerentes a empresas que trabalham exclusivamente com transportes podem ser analisados, tais como os que são detalhados a seguir.

No transporte ferroviário, o pátio de consertos e serviços apresenta problemas interessantes, que incluem o número e localização dos desvios e alocação de máquinas de serviço (com base em uma tabela de trens e carros a serem removidos ou adicionados), além da tabela de horários de trens diretos que passam pelo local. Por outro lado, o sistema ferroviário pode ser analisado como um todo, com o objetivo de minimizar o movimento de carros vazios.

No transporte marítimo e aéreo, as aplicações se referem à confecção da tabela de horários e

dimensionamento de portos e aeroportos.

No modelo rodoviário, é possível dimensionar um pedágio ou estabelecer o melhor esquema do fluxo de veículos pelas ruas de uma cidade, com as durações dos semáforos, de modo a melhorar o serviço, agilizando o sistema e, conseqüentemente, diminuindo os gastos com combustível.

No modelo de elevadores, é possível minimizar o tempo de espera e o custo de movimentação dos elevadores, pois quanto mais paradas ocorrem entre andares maior o custo. A partir da distribuição de chegada de pessoas aos vários andares, Juntamente com seus destinos, é possível utilizar um modelo para determinar o número de elevadores em funcionamento para atender um dado padrão de serviço.

### 1.3.3 - Comunicações

Uma ampla variedade de problemas de comunicação pode ser analisada pela modelagem de filas. A configuração ótima de uma rede de comunicações pode ser modelada. Informações sobre o tempo de resposta e sobre chamadas perdidas podem ser obtidas. Regras para análise de rotas alternadas podem ser amparadas e um estudo econômico pode avaliar o valor de concentradores, nalizadores de linha, etc. Empresas de telefonia podem fazer proveitosos usos sta técnica no estudo de seus complexos de comunicações.

### 1.3.4 - Bancos, Supermercados, Escritórios, etc.

Pela simulação pode-se dimensionar o número de caixas de modo que as filas se mantenham abaixo de um valor especificado. Pode-se também avaliar o uso de lxxas especiais, tais como "caixas rápidos" dos supermercados. No caso de bancos, o uso de "fila única" pode trazer um melhor atendimento aos clientes, apesar de poder assustar pelo tamanho que geralmente costuma ter

### 1.3.5 - Confiabilidade

A confiabilidade (ou disponibilidade) de um sistema complexo freqüentemente deve satisfazer rigorosas necessidades. Isto é bastante válido para sistemas militares ou de computadores on Line. A simulação é uma excelente ferramenta para se obter uma medição quantitativa da confiabilidade do sistema, se as características dos componentes individuais são conhecidas. Especificamente, o tempo médio de falha e o tempo médio de reparo de cada componente devem ser conhecidos, em adição ao tempo necessário para substituir cada componente. Um planejamento de manutenção preventiva pode também ser construído por meio da simulação. Mediante diversas tentativas no modelo, os componentes vitais de estoque podem ser determinados. Isto pode ser feito para diferentes requisitos de disponibilidade do sistema e, então, obtém-se a relação entre disponibilidade e custo total. A validade da duplicação de certos componentes do sistema também. pode ser testada. Modelos desta natureza têm sido usados para os mais diversos testes de sistemas, desde sistemas de processamento de dados até esquadrões aéreos.

### 1.3.6 - Processamento de Dados

A modelagem de filas tem sido amplamente usada pelas empresas que desenvolvem computadores e pelas universidades de modo a se medir a produtividade ou o tempo de resposta de um certo sistema de computadores e terminais. A área de teleprocessamento possui inúmeras opções de uso. Uma ai:il!dl outra área que está se tornando popular dentro da comunidade de informática é o ,estudo de performance e de capacidade, que permite identificar gargalos e indicar \_ opções de crescimento. ~

### 1.3.7 - Call Center

Empresas de Call Center podem contar com centenas de pessoas trabalhando simultaneamente no atendimento a clientes, e são sujeitas a críticas dos usuários caso não ofereçam um serviço adequado. O correto dimensionamento da l quantidade de atendentes é vital para manter tais empresas lucrativas e ~ competitivas. Ademais, casos de fusão de empresas ou de adoção de um novo serviço são comuns, o que

torna o dimensionamento particularmente importante.

### 1.4 - Uso do Computador em Simulação

o conceito de simulação mais aceito atualmente é:

*Simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital.*

Portanto, é parte integrante da definição de simulação o uso do computador digital para se chegar aos resultados. O computador foi desenvolvido na década de quarenta e passou a ser usado comercialmente a partir de 1951. Na década de cinquenta as linguagens FORTRAN e ALGOL foram bastante utilizadas para a confecção de programas de simulação. A principal característica desta fase é o fato de que o usuário necessitava ter um forte conhecimento de programação ou então contar com o auxílio de um programador.

Na década de sessenta começaram a aparecer as "linguagens" de simulação baseadas no fato de que, de um modo geral, qualquer programa de simulação era constituído de partes semelhantes. Dentre as linguagens surgidas nesta década destacamos o GPSS, que foi criado em 1961 em um trabalho conjunto da IBM com os laboratórios BELL. Trata-se de uma poderosa linguagem, que por muito tempo foi a mais usada em todo o mundo em virtude de seu poderio e facilidade de uso.

Naquela década, apesar da existência das linguagens, poucos eram os computadores capazes de executar tais programas, tendo em vista que necessitavam de um espaço de memória não comum na época. Por exemplo, a versão inicial do GPSS requeria 170kb de memória e, na média, os computadores da época possuíam algo em torno de 64kb de memória, sendo que apenas os chamados "computadores para uso científico" eram capazes de atender às necessidades do GPSS.

A década de setenta é chamada de "década de ouro" da simulação, pela enorme divulgação que esta técnica teve em todo o mundo. Novas linguagens foram desenvolvidas, tais como o GASP, SIMSCRIPT e EXELSIM. Naquela época já eram comuns computadores de 2Mb e isto facilitou enormemente a difusão do uso da simulação. O main-frame continuava imperando.

A partir de meados da década de oitenta, a simulação passou a explorar o enorme potencial do computador pessoal e tivemos o surgimento da chamada "simulação visual". Existem hoje inúmeros programas com esta habilidade, tais como:

**ARENA, TAYLOR, PROMODEL, AUDOMOD, GPSS, etc.**

Neste livro vamos explorar os recursos do ARENA, que produz um resultado capaz de entusiasmar qualquer um no assunto, visto poder mostrar na tela imagens que lembram exatamente o processo que está sendo simulado, tal como se ele tivesse sido filmado.

### 1.5 - Características de um Software para Simulação

Cada software de simulação possui uma característica básica que o diferencia dos outros: a "visão do mundo". Este termo significa a forma com que o software foi concebido, ou como ele vê um sistema a ser simulado. Isto tem como consequência que a maneira como os dados serão fornecidos a cada software diferente dos outros e os relatórios gerados também têm características peculiares.