

Análise de Desempenho de Sistemas

1. Introdução

Antes de iniciarmos o estudo da Análise de Desempenho de Sistema, vamos recorrer ao dicionário, para ao pé da letra formular conceitos do nosso foco de estudo. De acordo com Aurélio Buarque de Holanda, obtivemos:

Análise – exame de cada parte de um todo para conhecer-lhe a natureza, etc.

Desempenho – Ato ou efeito de desempenhar; **Desempenhar** – 1. Resgatar o que se dera como penhor. 2. Livrar de dívidas. 3. Cumprir aquilo a que se estava obrigado. 4. Exercer, executar. 5. Representar, Interpretar.

Sistema – Conjunto de elementos, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação. 2. Disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenados entre si, e que funcionam com estrutura organizada. 3. Plano método. 4. Modo. 5. Costume.

Conceito para sistema usado em ADS: é uma coleção de entidades, que podem ser pessoas, máquinas, módulos de software ou hardware, que interagem entre si e das quais podemos determinar relações e comportamentos.

Agora que temos os significados das palavras podemos tirar diversos conceitos:

- a. Avaliar desempenho é avaliar quantitativamente a execução de um trabalho, assinalando valores para índices de desempenho considerados;*

Este primeiro conceito é realmente muito interessante, ao longo do curso veremos que a análise de desempenho de um sistema tem como objetivo estabelecer índices que servirão de base para a análise do comportamento de sistemas que se assemelham aos sistemas submetidos à análise. Um exemplo que podemos citar é a média de batimentos cardíacos de um ser humano. Normalmente uma pessoa adulta apresenta 100 batimentos cardíacos por minuto. Ou a medida da pressão arterial, que normalmente é de 12 x 8. O termo normalmente é devido a maior parte do conjunto analisado ficou com a média desses valores. Assim, esses valores são indicados com índices. Índice também é associado a limite, assim se alguns dos limites acima, forem excedidos ou ficarem muito abaixo de um valor mínimo, o sistema tende a falhar, no caso, o ser humano. Veremos mais a frente como obter esses índices e como analisá-los.

- b. Desempenho é um aspecto importante no projeto, na compra e no uso de um sistema computacional;*

O projeto de um sistema deve ter como obrigatoriedade o teste de desempenho em diversos momentos da sua implementação. Assim, os projetistas têm como tomar decisões da viabilidade do projeto ou promover alterações para sanar alguns problemas que possam estar prejudicando o andamento do mesmo. No momento da aquisição de um sistema, não basta que ele funcione bem em outros ambientes, tais como o ambiente de testes do projeto, ou em outra empresa, o que devemos analisar, é como ele irá se comportar no ambiente em que entrará em produção. Muitas vezes, essa área não oferece as especificações mínimas para o funcionamento de um sistema.

- c. É uma medida da capacidade de resposta de um sistema (hardware, software, interfaces, redes);*

O tempo de resposta é o pré-requisito essencial para o funcionamento e confiabilidade de qualquer sistema. Por sua vez, o tempo de resposta de um sistema é um índice de avaliação de desempenho.

- d. Normalmente é função da quantidade de comunicação e interação entre os componentes do sistema: é claramente uma questão de arquitetura e projeto*

Um sistema é composto por vários elementos. Se um dos elementos não estiver funcionando a contento, todo o desempenho do sistema será comprometido. Como fazer os sistemas interagirem e trocarem informações, serviços, de forma eficiente são decisivos pra o sucesso de um projeto.

- e. Avaliar o desempenho significa fazer análises quantitativas e derivar um conjunto de índices estatísticos de desempenho (performance).*

Um dos conceitos mais completos, com certeza é este último. Estudar um sistema consiste em coletar dados em diversos momentos e em diversos experimentos para a partir daí construir um modelo estatístico.

O processo de avaliação de desempenho é considerado uma arte por Raj Jain, pois não é uma atividade realizada de forma mecânica. Cada análise de desempenho requer um conhecimento íntimo do sistema sendo modelado e uma escolha cuidadosa de metodologias, cargas e ferramentas de análise. Quando apresentada ao analista, os problemas de desempenho são formulados de forma vaga, através de impressões e sentimentos pouco exatos e caba ao analista interpretar e dar forma ao modelo que represente com fidelidade a situação apresentada. Cada analista possui seu próprio estilo, competência e intuição e, diferentes analistas podem chegar a resultados diferentes na análise de um mesmo problema.

Toda avaliação de desempenho envolve a seleção cuidadosa de:

- **Metodologia** que consiste na definição de etapas a serem seguidas na análise do sistema considerado.
- **Carga de trabalho** (Workload) que consiste na identificação da carga de trabalho a ser submetida.
- **Ferramentas de modelagem** que consiste da escolha da técnica de modelagem do sistema, ferramentas para construção do modelo, e ferramentas para análise do sistema modelado.

Aliado à análise de desempenho de sistemas, deve-se planejar a capacidade de um sistema de forma pró-ativa com o objetivo de obter a máxima performance do sistema. Uma importante consideração sobre a razão de realizar o planejamento de capacidade é colocada por DOMANSKI (1999), “se um sistema começa a ficar sobrecarregado e o desempenho torna-se lento, os usuários ficarão insatisfeitos e farão a opção por um concorrente que ofereça melhores condições de serviço”. Esta é uma ótima justificativa para que as empresas se preocupem com o planejamento. LOPES (2000) coloca, “no ambiente *web* isto é ainda mais crítico, pois um cliente chega ao concorrente com apenas um clique no *mouse* e garantir alta disponibilidade vinte e quatro horas durante sete dias por semana, é essencial”. WALDNER (1997) (*apud* SCHMIDT, 2001) completa afirmando que, “um bom planejamento de capacidade tem por objetivo trazer um retorno financeiro positivo sobre os investimentos realizados pela empresa”. Segundo BROWNING (1995), “os objetivos do planejamento de capacidade estão completamente inter-relacionados com o planejamento de negócios e a previsão de atividades futuras de uma organização, pois estes têm estreita relação com a demanda de recursos computacionais. Usando modelos estatísticos, estimativas do volume de negócios futuros podem ser diretamente transpostos para quantidades específicas de recursos computacionais”.

Para um planejamento de capacidade adequado, MENASCÉ & ALMEIDA (1998) sugerem a adoção da metodologia representada na forma de diagrama presente na figura 1, onde se constata que a compreensão do ambiente estudado segue vários passos embasados na construção de modelos.

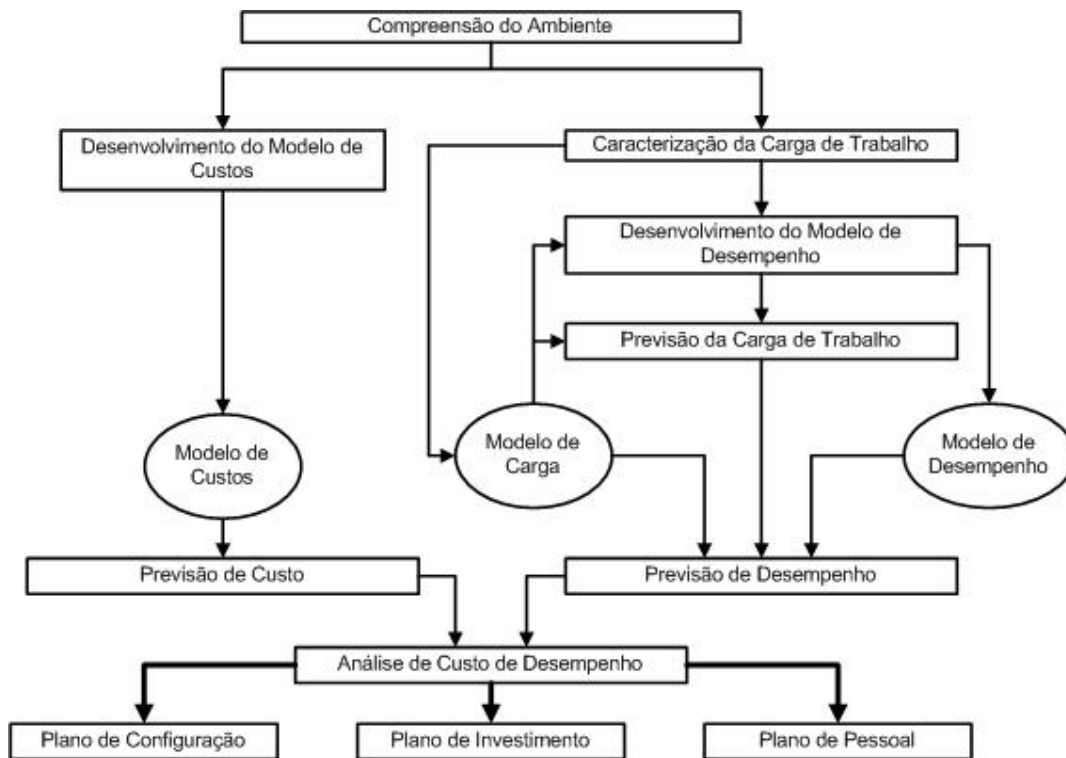


Figura 1 – Metodologia de Planejamento de Capacidade

3. Objetivos da Análise de Desempenho de Sistemas

A Análise de Desempenho de Sistemas (ADS) computacionais é necessária em todos os estágios do ciclo de vida de um sistema incluindo as fases de projeto, implementação, compra e venda, uso, atualização, ajustes e tarefas correlatas.

3.1. Exemplos

Exemplos de Aplicações de Análise de Desempenho de Sistemas

Atualmente, todos os projetos que envolvem em sua concepção um trabalho de análise de desempenho, para validar as estimativas de desempenho, e até mercado. Grandes empresas investem grandes volumes de dinheiro em pesquisas de desempenho, onde participam, analistas, programadores, físicos, e muitos outros cientistas.

Veja alguns exemplos de onde estão sendo utilizadas as técnicas de Análise de Desempenho de Sistemas:

- Sistemas baseados na Web e Internet;

- Protocolos de Comunicação de Dados (ATM, Wireless, MPLS, GigaEthernet, etc);
- Equipamentos de Conectividade (Switches, Routers, Repetidores, Bridges, etc);
- Sistemas Operacionais;
- Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados;
- Arquiteturas de Hardware para servidores;

Exemplo de um estudo de caso muito simples

Projeto: Automóvel

- Velocidade máxima – efetuar testes para encontrar índices;
- Aceleração (tempo de 0-100 km/h) – efetuar testes para encontrar índices;
- Espaço de frenagem a uma dada velocidade – efetuar testes para encontrar índices;
- Consumo x potência do motor – efetuar testes para encontrar índices;

Mas antes de executarmos essa análise de um automóvel qualquer temos que estudar como e qual a técnica a ser utilizada na análise.

4. Finalidade da ADS

- Especificar requerimentos de desempenho;
- Comparar dois ou mais sistemas;
- Determinar o valor ótimo de um parâmetro;
- Identificar pontos de contenção;
- Caracterizar a carga de um sistema;
- Fazer previsão de desempenho;
- Propor e avaliar alternativas de projeto;

5. Etapas do ciclo de vida de um sistema

- Projeto e implementação;
- Aquisição e uso;
- Evolução da configuração e carga;

5.1. Fase de Projeto e Implementação

Especificação de requerimentos de desempenho

- Qual é o tempo de resposta (maior e médio) aceitável?
- Qual deve ser a capacidade máxima do sistema?

- Quantos acessos simultâneos poderão ser feitos?
- Avaliar alternativas de projeto;
- Escolha entre vários algoritmos;

5.2. Fase de Aquisição e Uso

- Comparar dois ou mais sistemas (Bancos de Dados, Servidores, Redes);
- Encontrar a configuração que oferece o melhor custo/desempenho;
- Determinar o número e tamanho dos componentes:
 - Um disco rápido ou dois discos lentos?
 - Um supercomputador ou muitos computadores?
- Determinar valor ótimo de um parâmetro:
 - Fine Tuning;
- Identificar pontos de contenção (memória, CPU, rede);
- Fazer contratos de QoS - Service Level Agreement;

5.3. Fase da Evolução da Configuração e Carga

- Planejamento de capacidade;
- Implementação de novas tarefas/transações;
- Qual é a vida útil do sistema;
- Previsão de desempenho com cargas futuras;
- Crescimento e evolução da carga;
- Avaliação do modelo do sistema;

6. Como Avaliar Desempenho – Técnicas e características básicas

Avaliação experimental, Medição ou Prototipação

- Resultados precisos;
- Custo alto;
- Não permite generalização;

Modelagem analítica

- Precisão relativa;
- Baixo custo;
- Permite generalização;

Modelos de Simulação

- Precisão média;
- Custo médio;
- Generalização moderada;

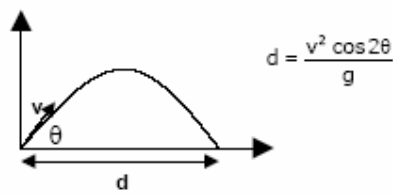
7.3. Modelo de Sistemas

Os modelos de sistemas podem ser classificados em:

- **Físicos:** modelos reais, tais como protótipos, que reproduzem o comportamento do sistema.
- **Matemáticos:** representados por fórmulas, algoritmos ou procedimentos que podem ser classificados nas categorias:
- **Analíticos:** são fórmulas que definem de forma exata ou aproximada o comportamento do sistema;
- **Simuladores:** algoritmos ou procedimentos que representam o comportamento do sistema em uma escala de tempo.

Exemplo: Determinação da trajetória percorrida por um projétil.

- **Analítico:** cálculo da fórmula.



- **Simulador:** Um programa que calcula incrementalmente os avanços até o projétil atingir o alvo.

Modelo Genérico de Sistema



Caracterização de carga: taxa de chegada, tempo de serviço;

Medições no sistema: utilização dos recursos, número de tarefas no sistema;

Medições no serviço: taxa de serviço, tempo de resposta;

Sistema: qualquer parte de hardware e/ou software;

Metodologia de Análise de Desempenho

Na análise de um sistema, o analista pode se enganar na modelagem e na análise e chegar a resultados incorretos ou então, não apresentar os resultados obtidos de forma adequada. Algumas das causas que comprometem o resultado do trabalho são resultantes de:

- Os objetivos da análise e do sistema não estarem formulados de forma clara;
- Foi utilizado um enfoque não sistemático na análise;
- As métricas de desempenho escolhidas são incorretas;
- Foi escolhida uma técnica de avaliação errada: medida de modelo real, simulação ou modelo analítico;
- Foram ignorados parâmetros relevantes para análise;
- Foram realizados experimentos inadequados;
- Houve falha na análise dos dados;
- O modelo resultante é muito complexo;
- Os resultados foram apresentados de forma inadequada;
- Foram omitidas hipóteses ou limitações;

7. Construção do modelo de desempenho

Construir um modelo é representar um sistema real, que é composto por um conjunto de recursos de *hardware* e *software*, geralmente atendidos por filas. Este modelo é usado para calcular as métricas de desempenho como tempo de resposta e a taxa de utilização. Existem diferentes técnicas de avaliação de desempenho que são tradicionalmente divididas em três abordagens distintas: monitoração, simulação e métodos analíticos que serão sucintamente apresentados a seguir.

7.1.1. Monitoração ou Medição

Essa abordagem é também denominada experimentação direta a qual consiste na observação direta do funcionamento de sistemas reais. Das três abordagens citadas, a monitoração é a que sugere a maior fidelidade em relação às medidas obtidas, pois estas são feitas sem nenhuma abstração quanto ao funcionamento do modelo. Entretanto, apresenta duas desvantagens para a avaliação de desempenho. A primeira e principal desvantagem é a necessidade da existência física do sistema que será avaliado. De um modo geral, esse fato traz como consequências: custo e tempo; a segunda desvantagem a ser levada em conta é a sensibilidade da técnica de monitoração à quantidade e representatividade das amostras de funcionamento que estão sendo consideradas. Para que essas sejam significativas, faz-se mister o uso de técnicas estatísticas. Essa desvantagem não é exclusiva da técnica de monitoração.

7.1.1.1. Resumo da Técnica de Medição

- Para efetuarmos medições é preciso termos à disposição ao menos um protótipo do sistema.
- Têm grande importância prática
 - Identificar problemas correntes
 - Necessidade de ajustes de parâmetros.
 - Balanceamento de carga.
 - Identificar potenciais problemas futuros

Vantagens

- O desempenho do sistema real é obtido, não o desempenho do modelo do sistema;
- Interações que afetam o desempenho do sistema real podem ser difíceis de captar no modelo analítico ou no modelo de simulação;

Desvantagens

- É necessário ter um sistema em execução;
- É necessário instrumentar o sistema;
- É difícil estimar o tempo gasto para instrumentar e realizar as medidas;
- É difícil modificar o sistema para estudar o efeito das modificações;

7.1.1.2. Tipos de Medições

- **Ambiente Não Controlado** – as interações ocorrem com o sistema interagindo diretamente no ambiente de produção, sem qualquer tipo de sequência ou padronização de utilização e carga:
 - Os experimentos não podem ser repetidos;
 - Exemplos: medições em sistema real com carga não controlada;
- **Ambiente Controlado** – são medições feitas em um ambiente de teste construído para tal propósito:
 - Necessita-se de um sistema dedicado;
 - A carga deve ser controlada;

7.1.1.3. Métodos e Ferramentas utilizados em medições

- Instrumentação - monitores de hardware e software;
- Caracterização da carga;
- Projeto dos experimentos;
- Estatísticas para análise da carga e dos resultados;

7.1.2. Simulação

Esta abordagem consiste em construir um modelo que simule o funcionamento do sistema a ser avaliado, modelo este que deve descrever as características funcionais do sistema em uma escala adequada de tempo. O modelo de simulação deve conter todos os detalhes realmente importantes do sistema a ser avaliado, sem no entanto, conter a totalidade de suas características, ou seja, há um certo nível de abstração nesse modelo. Essa abstração deve ser cuidadosamente planejada. Em comparação com a monitoração é menos dispendiosa, consome em geral menos tempo para que as medidas sejam obtidas, permite tantas repetições

de experimentos quantas forem necessárias e é bastante segura. Assim como na monitoração a quantidade e a representatividade das amostras consideradas é de fundamental importância para a obtenção de resultados corretos tornando indispensável uma análise estatística dessa amostragem.

7.1.2.1. Resumo da Técnica de Simulação

- Ferramenta versátil, poderosa e extremamente útil na avaliação de desempenho;
- Modela o comportamento de um sistema real;
- Em geral, é possível construir um modelo muito mais próximo da realidade do que com a teoria das filas;

Vantagens

- Modelos de simulação podem ser construídos com níveis arbitrários de detalhes;
- Permite simular situações complexas que são analiticamente intratáveis;

Desvantagens

- Complexidade;
- Tempo de simulação;

7.1.3. Métodos Analíticos

Por fim, existe a abordagem analítica que também se baseia no desenvolvimento de um modelo do sistema real, porém em geral com um nível de abstração mais alto que o de um modelo de simulação. Esses métodos são geralmente denominados métodos analíticos ou análises. Nos métodos analíticos o funcionamento do sistema real é reduzido a relações puramente matemáticas. Assim, descreve-se o sistema através de um conjunto de estados em que o mesmo pode se encontrar e de transições estocásticas entre esses estados. A principal vantagem dos métodos analíticos é a obtenção de medidas de desempenho sem se preocupar com um conjunto específico de amostras de funcionamento do sistema em questão. Porém, o desenvolvimento de modelos analíticos é geralmente bem mais complexo que o desenvolvimento de modelos de simulação.

Desvantagens

- É uma técnica aproximada: aproxima a realidade por um modelo;
- Suposições simplificam o modelo para que as equações seja tratáveis;
- Perde precisão;

Vantagens

- É uma técnica barata: solução de equações matemáticas;
- Se o modelo for simples e a aproximação boa, é possível avaliar facilmente compromissos entre alternativas;

7.2. Metodologia de avaliação de desempenho

É importante definir claramente os objetivos que se deseja alcançar com uma avaliação de desempenho, estabelecendo uma correta técnica de avaliação. JAIN (1991) propõe uma abordagem sistemática, conforme descrito a seguir.

7.2.1. Definição dos objetivos e do sistema

O primeiro passo em qualquer projeto de avaliação de desempenho é a determinação dos objetivos a serem estudados e a definição do que consiste o sistema delineando os limites do mesmo. Os objetivos podem ser a princípio difíceis de precisar, mas são essenciais para a resolução do problema, assim como a definição exata das “fronteiras” do sistema. Estes fatos afetarão as métricas de desempenho, bem como as cargas usadas para a comparação.

Nesta etapa devem ser feitas reuniões de planejamento que devem resultar em:

- Definição clara dos objetivos da análise de desempenho e dimensionamento do sistema;
- Configuração do sistema a ser analisado;
- Cronograma para realização do estudo;
- Recursos necessários;

O sistema deve ser estudado de forma detalhada devendo ficar bem determinadas:

- As características do sistema a ser analisado;
- As fronteiras que delimitam o sistema, como descrito acima;

7.2.2. Elaboração da lista de serviços e resultados esperados

Cada sistema provê uma lista de serviços e para cada um deles existe um conjunto de possíveis resultados desejados, ou não. Por exemplo, um sistema de base de dados pode responder a uma consulta correta, incorretamente ou não responder. Uma lista dos serviços e possíveis conseqüências é importante para selecionar as métricas corretas e a carga de trabalho.

Devem ser identificados:

- Os objetivos do sistema;
- Os serviços realizados pelo sistema;
- Os resultados esperados do sistema;

7.2.3. Métricas

Métricas são critérios para a comparação do desempenho. Não há uma definição padrão das métricas inseridas no contexto de avaliação de desempenho, sendo que elas dependem basicamente do comportamento dos componentes do sistema a ser estudado. De forma geral são associadas aos três tipos de resultados possíveis de uma solicitação de serviço:

7.2.3.1. Solicitação atendida corretamente

Neste grupo incluem-se as métricas relacionadas ao tempo usado para realizar o serviço, a taxa em que ele é realizado e os recursos utilizados enquanto é executado. Estas três medidas tempo-taxa-recurso para um desempenho bem sucedido são também chamadas de medidas de “rapidez”, produtividade e utilização, respectivamente. Por exemplo, a rapidez de um *gateway* de rede é medido pelo tempo de resposta – tempo entre a chegada de um pacote e a sua correta remessa. A produtividade é medida por sua taxa (*throughput*) – o número de pacotes enviados por unidade de tempo. A utilização dá uma indicação da percentagem de tempo que os recursos do *gateway* estão ocupados. O recurso com a mais alta utilização é chamado de gargalo. Encontrar a utilização dos vários recursos dentro do sistema é uma parte importante na avaliação de desempenho.

7.2.3.2. Solicitação atendida incorretamente

Neste grupo se incluem as métricas referentes à confiabilidade do sistema.

7.2.3.3. Solicitação não atendida

Neste grupo incluem-se as métricas ligadas à disponibilidade do sistema. É importante classificar os erros ou falhas e determinar a probabilidade de ocorrência dos mesmos.

7.2.3.4. Seleção de Métricas

As métricas mais comuns são:

- Tempo de resposta: é definido como o intervalo de tempo entre a requisição e a resposta fornecida pelo sistema;
- *Throughput*: é definido como a taxa (requisições por unidade de tempo) que cada requisição pode ser executada pelo sistema. Cresce à medida que a carga de trabalho aumenta até que se atinja um limite, o qual é chamado de capacidade nominal do sistema;
- Utilização de um recurso: é medida como a fração de tempo em que o recurso esteve ocupado resolvendo o serviço requisitado;
- Confiabilidade: é medida pela probabilidade de ocorrência de erros ou pelo tempo entre ocorrências de erros;

- Disponibilidade: é o tempo em que o sistema esteve ou fica disponível para atender às requisições de serviços;
- Eficiência;
- Produtividade;
- Relação custo/desempenho.

É importante, quando se está avaliando as métricas, verificar se elas são globais ou individuais. As métricas individuais refletem a utilização do sistema por um único usuário, enquanto a global reflete a utilização do sistema como um todo. A utilização, confiabilidade e disponibilidade são métricas globais, enquanto o tempo de resposta e o *throughput* são métricas que podem ser tanto individuais quanto globais.

Definidas as métricas, é importante considerar os itens a seguir:

- Baixa variabilidade: reduz o número de repetições para se conseguir o nível de confiança estatístico desejado;
- Não redundância: se duas métricas dão a mesma informação é menos confuso estudar somente uma delas. Porém isto não é sempre tão óbvio;
- Conjunto completo de métricas: todos os resultados possíveis devem ser incluídos no conjunto de métricas de desempenho.

7.2.4. Elaboração da lista de parâmetros

O próximo passo no projeto de desempenho é fazer uma lista de todos os parâmetros que afetam o desempenho. A lista pode ser dividida em dois tipos: parâmetros de sistema (que geralmente não variam de uma instância de sistema para outra) e de carga (que são características das solicitações dos usuários e portanto, bastante variáveis).

Os parâmetros de sistema são características relacionadas ao desempenho. Exemplos de parâmetros relacionados ao desempenho de sistemas cliente/servidor são protocolos de rede, número máximo de conexões suportadas por um servidor *web* ou o número máximo de consultas suportado por um sistema gerenciador de base de dados.

Os parâmetros de carga são aqueles derivados da caracterização da carga de trabalho submetida ao sistema. Subdivide-se em dois segmentos:

- Parâmetros de intensidade de carga: é a medida de carga submetida ao sistema, indicada pelo número de trabalhos (requisições, comandos, transações) que disputam os recursos do sistema. Exemplo: número de buscas/dia ao servidor *proxy*, número de requisições/seg. submetidas ao servidor de arquivos;
- Parâmetros de demanda de carga: são os valores que especificam as necessidades de serviços por cada componente básico sobre cada recurso. Exemplo: tempo de CPU necessário a uma transação em um servidor de

base de dados, tempo de transmissão sobre uma LAN de respostas emitidas por um servidor *web*.

7.2.5. Seleção dos fatores para desempenho

Fatores são os parâmetros que quando variados vão influenciar com mais intensidade o desempenho do sistema. Os valores que eles podem assumir são chamados de níveis. Para facilitar é melhor começar com menos fatores e poucos níveis em cada um e ir aumentando a lista conforme a necessidade. Para boa escolha dos fatores, devem-se usar os parâmetros que mais influenciam no desempenho. Na escolha dos fatores é importante considerar economia, política e limitações tecnológicas que possam existir, bem como as limitações impostas pelo responsável pelas decisões e o tempo disponível para a tomada das mesmas. Isto aumenta a chance de achar uma solução aceitável e implementável. Por exemplo, se o estudo tiver por objetivo determinar a influencia do tamanho da memória no desempenho de um servidor, este tamanho será considerado como um fator que deverá assumir diferentes níveis de valores durante a análise (64M, 128M, 256M, 512M).

Definição do Modelo Conceitual do Sistema

Utilizando as informações obtidas nas etapas anteriores, elaborar um documento com o modelo conceitual do sistema que especifica a concepção que se tem do sistema e tudo o que foi assumido. Os detalhes do modelo dependem de:

- Objetivos do projeto;
- Medidas de desempenho;
- Disponibilidade dos dados;
- Questões de credibilidade das informações obtidas;
- Limitações de recursos de computação;
- Opiniões dos especialistas no assunto;
- Limitações de tempo e dinheiro;

7.2.6. Seleção da técnica de avaliação

As técnicas de avaliação são a simulação, a modelagem analítica e a medição. Existem várias considerações que ajudam a decidir qual técnica usar. Elas são mostradas e ordenadas no quadro a seguir.

Critério	Modelagem Analítica	Simulação	Medição
Etapas	Qualquer	Qualquer	Protótipo Final
Tempo disponível	Pequeno	Médio	Variável
Ferramentas	Analistas	Ling. de Programação	Instrumentação
Precisão	Baixa	Moderada	Alta
Equilíbrio dos	Fácil	Moderado	Difícil

Parâmetros			
Custo	Pequeno	Médio	Alto
Aceitabilidade	Baixa	Média	Alta

Quadro 1 – Critérios para seleção da técnica de avaliação

A principal consideração é a fase do ciclo de vida em que o sistema se encontra. Medição somente é possível se algo similar ao sistema proposto exista. Se for projeto novo, somente pode-se escolher a modelagem analítica ou simulação. A próxima consideração é o tempo disponível para se fazer a avaliação. Na maioria dos casos os resultados são requeridos para “ontem”. Se for esse o caso, a modelagem analítica é provavelmente a única escolha. Simulações tomam bastante tempo. O nível de precisão desejado é outra consideração importante. Geralmente a modelagem analítica requer muitas simplificações e suposições. Simulações podem incorporar mais detalhes e requerem menos suposições e freqüentemente estão mais próximos da realidade. Medições, apesar de soar como mais próximas da realidade, não podem gerar resultados precisos simplesmente porque parâmetros, tais como configurações do sistema, tipos de cargas de trabalho e tempo de medição, podem ser únicos para o experimento. O objetivo de todo estudo de desempenho é também comparar diferentes alternativas para encontrar um valor ótimo. Modelos analíticos geralmente têm a melhor visão sobre o efeito da interação entre os parâmetros. Com a simulação é possível buscar a melhor combinação de valores dos parâmetros. Mas, freqüentemente não fica clara a relação de compensação existente entre os parâmetros. Medição é a técnica menos desejável nesse sentido. O custo destinado ao projeto é bastante importante. A medição exige instrumentos e tempos reais e é a mais cara das três técnicas. Simulação é uma boa alternativa pela facilidade de alteração de configurações. Segundo JAIN (1991, p. 83), “escolher qual das três técnicas usar depende do tempo e dos recursos disponíveis para a resolução do problema e nível de acuidade desejado”.

Juntamente com a tecnica de modelagem também deve ser feita a escolha da ferramenta a ser utilizada na modelagem. No caso de simulação, por exemplo, deve ser feita a escolha de uma linguagem de programação ou de um pacote de simulação. No caso de medição de um sistema real devem ser escolhidas ferramentas de monitoração do sistema (instrumentação).

Ferramentas de modelagem	Custo da Ferramenta	Custo do Projeto
Linguagens de programação C, C++, FORTRAN, JAVA.	Menor	Maior
Softwares de cálculos matemáticos tais como MathCad e MathLab.	Médio	Médio
Pacotes de simulação: Arena, Promode, Comnet, Optnet, etc.	Maior	Menor

7.2.7. Seleção da carga

A carga consiste em uma lista de solicitações de serviço ao sistema e deve refletir o seu uso real. A seleção da carga deve levar em consideração o seguinte:

- Deve “exercitar” todos os serviços que importem ao estudo, ou seja, todos os serviços que afetem o desempenho devem ser solicitados;
- O nível de detalhe deve refletir a realidade, ou seja, se o sistema recebe uma grande variedade de solicitações o uso de apenas uma como carga não é representativa;
- Parâmetro como taxa de chegada de solicitações, uso de recursos, seqüência e quantidade de uso devem também estar o mais próximo possível do uso real;
- A carga deve representar a utilização atual do sistema. Os valores máximos e médios de carga devem ser analisados considerando-se todo o período de tempo que são amostrados. Assim pode-se ter noção da influência de períodos críticos para um sistema *on line* se considerados os horários de pico.

7.2.8. Planejamento dos experimentos

De posse da lista de fatores e seus níveis, deve-se decidir uma seqüência de experimentos de modo a obter o máximo de informações com o mínimo de esforço. Na prática, recomenda-se dividir os experimentos em duas fases:

- Número de fatores alto e o número de níveis mais baixos;
- Número de fatores reduzido e o número de níveis daqueles que são significativos é aumentado;

Execução dos Experimentos

Realize os experimentos com o modelo desenvolvido e validado utilizando os níveis de carga escolhidos.

No caso de modelos de simulação, para cada configuração de interesse, especificar:

- Duração/tamanho de cada execução;
- Duração do transitório, isto é, período inicial até o sistema entrar em regime estável;
- Número de execuções independentes para permitir a determinação de intervalos de confiança.

7.2.9. Análise e interpretação dos dados

É importante reconhecer que os resultados das avaliações e simulações podem ser diferentes a cada experimento repetido. Na comparação de alternativas é necessário ter que considerar a variabilidade dos resultados. A simples comparação de médias pode levar a resultados insatisfatórios. A interpretação de

resultados de uma análise é a chave da arte de analisar. Deve ser entendido que análises somente produzem resultados e não conclusões. Eles providenciam a base para que os analistas ou tomadores de decisão possam extrair conclusões. Neste capítulo foram apresentados diversos conceitos mostrando que independente do método ou conjunto de métodos escolhidos para se realizar a análise de desempenho ou uma simulação, refletindo o sistema real, deve-se focar os objetivos da análise, a fim de construir uma base de informações relevantes e acuradas que de fato poderão ser utilizadas na implementação das soluções exigidas pelo sistema com a finalidade de otimizá-lo.

Validação do Modelo

Realizar execuções piloto para validar o modelo. Utilizar, caso exista, dados de outro sistema do qual se possua medida de desempenho e com o qual o sistema possa ser comparado. A equipe que desenvolveu a simulação, bem como o especialista, deve revisar o modelo e verificar se os resultados estão corretos e dentro do esperado.

Utilizar análises de sensibilidade para determinar quais fatores tem impacto mais significativo sobre as medidas de desempenho e devem ser modelados com maior cuidado.

- Não acredite nos resultados de simulação até que sejam validados por análise ou medições
- Não acredite nos resultados de análise até que sejam validados por simulação ou medições
- Não acredite nos resultados de medições até que sejam validados por análise ou simulação

É necessário validar os resultados!

Documentação e apresentação dos resultados

Deve ser documentado:

- O modelo conceitual do sistema e tudo que foi assumido em termos de parâmetros e fatores;
- O programa correspondente ao modelo analítico ou de simulação;
- A análise dos resultados;

Os resultados devem ser apresentados aos gerentes e as demais pessoas envolvidas na tomada de decisões, evitando o uso de jargão técnico/estatístico, através de relatórios e apresentações com:

- Animações do modelo;
- Gráficos e tabelas de análises;
- Discussão da construção do modelo e do progresso de validação para promover a sua credibilidade.

8. Referencias Bibliográficas

JAIN, R. **The art of computer systems performance analysis: techniques for experimental design, measurement, simulation, and modeling.** New Jersey, USA: John Wiley & Sons. Inc., 1991.

MENASCÉ D. A., ALMEIDA V. A. F. **Scaling for e-business – Technologies, Models, Performance and Capacity Planning.** New Jersey, USA: Prentice Hall PTR, 2000.

BROWNING, T. **Capacity Planning for Computing System.** New York, USA: Academic Press. 1995.

DOMANSKI, B. **Distributed Capacity Planning.** Enterprise Systems Journal, New Jersey, v. 14, p. 481-495, jan 1999.