

**Universidade de São Paulo**  
**Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação**  
**Departamento de Sistemas de Computação**

# SSC546 - Avaliação de Desempenho – Parte 1

Sarita Mazzini Bruschi

Material baseado nos slides de:  
Marcos José Santana  
Regina Helena Carlucci Santana

# Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
2. Técnicas para Avaliação de Desempenho
3. Análise de resultado
4. Modelagem

# Conteúdo

## 1. Planejamento de Experimentos

- **Motivação**
- Introdução à Avaliação de Desempenho
- Etapas de um Experimento
- Planejamento do Experimento
  - Conceitos Básicos
  - Carga de trabalho
  - Modelos para Planejamento de Experimento

## 2. Técnicas para Avaliação de Desempenho

## 3. Análise de resultado

# Motivação

- Porque avaliar o desempenho de Sistemas Computacionais?
- Exemplo
  - No caso dos Sistemas Operacionais, em diversas ocasiões o SO apresenta grande influência no desempenho de um sistema
  - Porque o Sistema Operacional influencia no desempenho?

# Motivação

## Como agilizar?

1. Identificar os pontos de atraso e verificar o impacto desse atraso: verificar a frequência com que o procedimento ocorre
  - Eventos raros e lentos
    - Pouco impacto
    - Muita otimização para ser perceptível
    - Exemplo: procedimento ao ligar o computador, falha ao entrar em uma região crítica
  - Eventos frequentes:
    - Muito impacto
    - Pequena otimização pode ser perceptível
    - Exemplo: processo escalonador
2. Propor soluções
3. Avaliar soluções

**Avaliação de  
Desempenho de  
Sistemas  
Computacionais**

# Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
  - Motivação
  - **Introdução à Avaliação de Desempenho**
  - Etapas de um Experimento
  - Planejamento do Experimento
    - Conceitos Básicos
    - Carga de trabalho
    - Modelos para Planejamento de Experimento
2. Técnicas para Avaliação de Desempenho
3. Análise de resultado

# Avaliação de Desempenho

- Por quê se preocupar com isso?
- O que vem a ser isso?
- Quando se preocupar com o desempenho?
- Quem deve se preocupar com a avaliação?
- Como medir o desempenho? Quais técnicas utilizar?
- O que medir?
- Como confiar nas métricas obtidas?

# Avaliação de Desempenho

- Por que se preocupar com isso?

## EXEMPLO

- Suponha que você tenha um sistema que apresenta problemas de desempenho – usuários reclamando – e é disponibilizada verba para fazer um upgrade de um sistema

O que fazer?

- Mais memória
- CPU mais rápida
- Aumentar memória virtual
- Processadores adicionais
- Mais unidades de disco
- RAID
- Nova configuração

# Avaliação de Desempenho

- Por quê se preocupar em avaliar um sistema?
  - Obter o melhor desempenho possível a um menor custo.
- O que é “melhor desempenho possível”?
- O que deve ser analisado?
  - Depende do ponto de vista

# Avaliação de Desempenho

- Análise detalhada:
  - Dos recursos do sistema
  - Dos gerenciadores
  - Dos usuários
- **Caso contrário pode-se trocar um conjunto de problemas por outro**

# Avaliação de Desempenho

- Precisamos saber responder....
  - O que o sistema precisa?
  - Qual é o tipo de usuário?
  - Qual é o objetivo do Sistema?
  - Como se dá o gerenciamento de recursos?
- ... para podermos avaliar o sistema e oferecer um melhor serviço

# Exemplo

- Como avaliar um aquário?



# Avaliação de Desempenho

- Por quê se preocupar com isso?
- **O que vem a ser isso?**
- Quando se preocupar com o desempenho?
- Quem deve se preocupar com a avaliação?
- Como medir o desempenho? Quais técnicas utilizar?
- O que medir?
- Como confiar nas métricas obtidas?

# Avaliação de Desempenho

- O que vem a ser avaliação de desempenho?
- Avaliar um sistema (computacional ou não):
  - Buscar uma métrica que indique quantidade ou qualidade, por exemplo, de um serviço prestado;
  - Determinar a eficiência com a qual um sistema atinge seus objetivos
  - Determinar a eficiência com a qual um sistema atinge as necessidades e expectativas de seus usuários e de seus desenvolvedores, para uma dada aplicação

# Avaliação de Desempenho

- Exemplo 1: uma montadora de automóveis
  - número de carros produzidos em 1 hora;
  - qualidade dos carros produzidos;
  - lucro obtido por carro fabricado;
  - quantidade de quilômetros por litro de combustível;
  - tempo necessário para acelerar o carro de 0 a 100 km;
  - etc.

# Avaliação de Desempenho

- Exemplo 2: um sistema computacional centralizado
  - tempo de resposta experimentado por um usuário;
  - sobrecarga do escalonador de processos;
  - taxa de utilização do processador;
  - taxa de acerto da memória cache;
  - taxa de acerto do cache do disco;
  - sobrecarga das rotinas de redundância em disco;
  - etc.

# Avaliação de Desempenho

- Exemplo 3: um sistema computacional distribuído
  - todas as considerações do caso centralizado;
  - tempo de resposta para operações remotas;
  - impacto do uso de cache local (nas estações);
  - impacto do algoritmo de escalonamento no servidor;
  - influência do disco no servidor de arquivos;
  - balanceamento de carga no sistema;
  - sobrecarga devido à redundância de informação;
  - sobrecarga devido aos mecanismos de tolerância a falhas;
  - etc.

# Avaliação de Desempenho

- Exemplo 4: uma impressora jato de tinta
  - qualidade de impressão;
  - velocidade de impressão no modo texto;
  - velocidade de impressão no modo gráfico;
  - relação custo/benefício;
  - capacidade de armazenamento local (buffer interno);
  - velocidade de comunicação (linha serial/paralela);
  - duração de um cartucho de tinta;
  - etc

# Avaliação de Desempenho

- Por quê se preocupar com isso?
- O que vem a ser isso?
- Quando se preocupar com o desempenho?
- Quem deve se preocupar com a avaliação?
- Como medir o desempenho? Quais técnicas utilizar?
- O que medir?
- Como confiar nas métricas obtidas?

# Avaliação de Desempenho

- Quando se preocupar com a avaliação de desempenho?
  - Usuário reclamando
  - Troca de sistema
  - Comparação entre sistemas
  - Avaliação de um projeto

# Avaliação de Desempenho

- Por quê se preocupar com isso?
- O que vem a ser isso?
- Quando se preocupar com o desempenho?
- Quem deve se preocupar com a avaliação?
- Como medir o desempenho? Quais técnicas utilizar?
- O que medir?
- Como confiar nas métricas obtidas?

# Avaliação de Desempenho

- Quem deve se preocupar com a avaliação de desempenho?
- Cada domínio implica em um profissional
- Exemplo: sistemas computacionais:
  - analista de sistemas;
  - gerente de sistemas;
  - engenheiro de sistemas;
  - projetista de hardware ou software;
  - programador;
  - etc.

# Avaliação de Desempenho

- Isso leva a três tipos básicos de avaliações:
  - avaliação e análise de sistemas existentes;
  - avaliação e análise de sistemas em desenvolvimento;
  - avaliação e análise para seleção de sistemas.
- Instante em que o desempenho é considerado:
  - durante a fase de projeto;
  - no dia a dia de um sistema;
  - na tomada de decisões (compras, por exemplo).

# Avaliação de Desempenho

- Por quê se preocupar com isso?
- O que vem a ser isso?
- Quando se preocupar com o desempenho?
- Quem deve se preocupar com a avaliação?
- **Como medir o desempenho? Quais técnicas utilizar?**
- O que medir?
- Como confiar nas métricas obtidas?

# Avaliação de Desempenho

- Como medir o desempenho?
- **Como escolher a técnica mais adequada?**
  - Deve deixar a análise isenta
  - Não deve ser um fator degenerador
  - Deve considerar o domínio da aplicação
  - Intrusões em sistemas já estabelecidos nem sempre são bem-vindas

# Avaliação de Desempenho

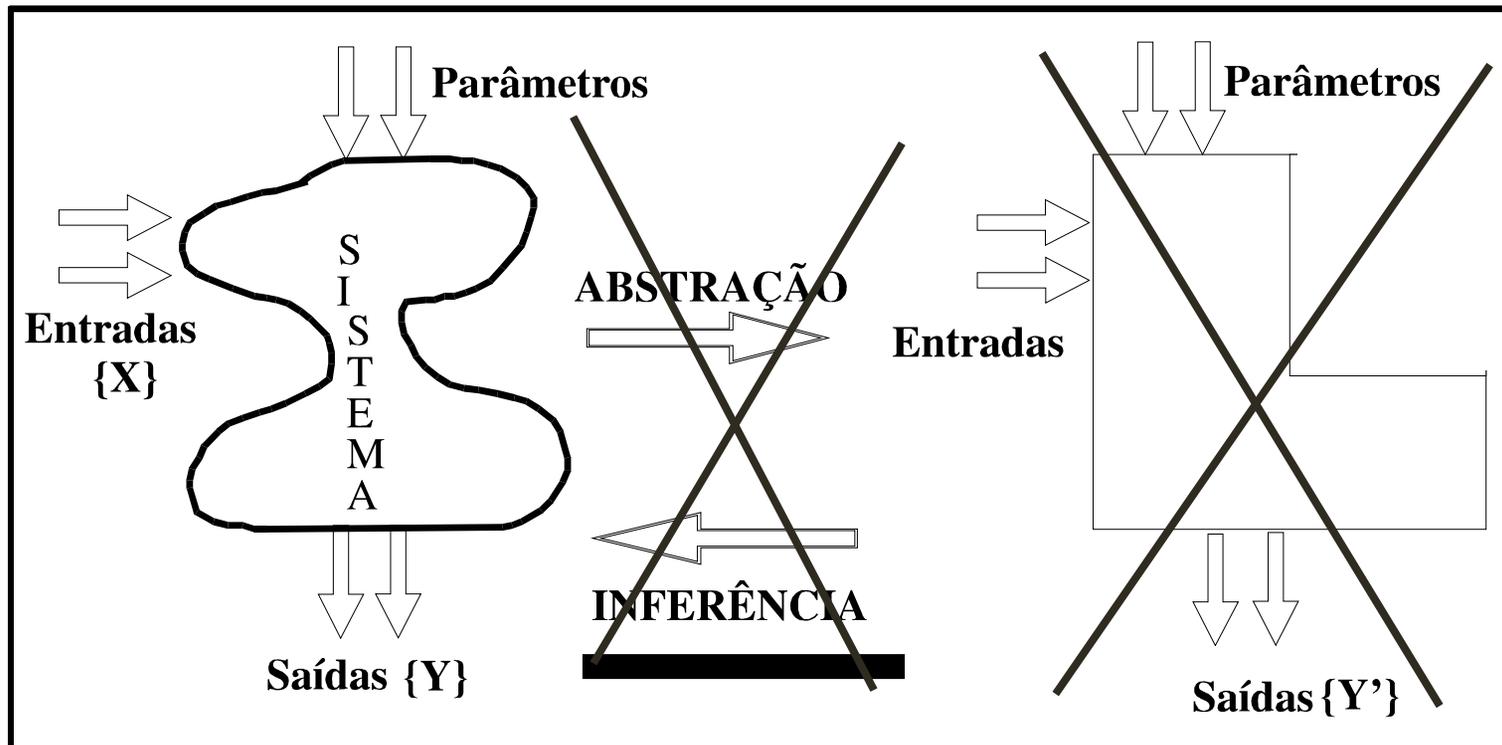
- Técnicas e Ferramentas
  - cada domínio tem seu instrumental próprio
  - ferramentas variam de acordo com o domínio e a técnica:
    - avaliar o desempenho de um automóvel é diferente do caso de uma impressora, ou de um servidor de arquivos;
    - porém, a essência da técnica pode ser a mesma: por exemplo modelagem, com solução analítica

# Técnicas para Avaliação de Desempenho

- Técnicas de Aferição:
  - **Realizam experimentação no sistema**
    - Construção de Protótipos;
    - Coleta de Dados;
    - Benchmarks
- Técnicas de Modelagem:
  - **Criam abstrações desse sistema**
    - Desenvolvimento de um Modelo
    - Solução do Modelo

# Técnicas para Avaliação de Desempenho

- Técnicas de Aferição

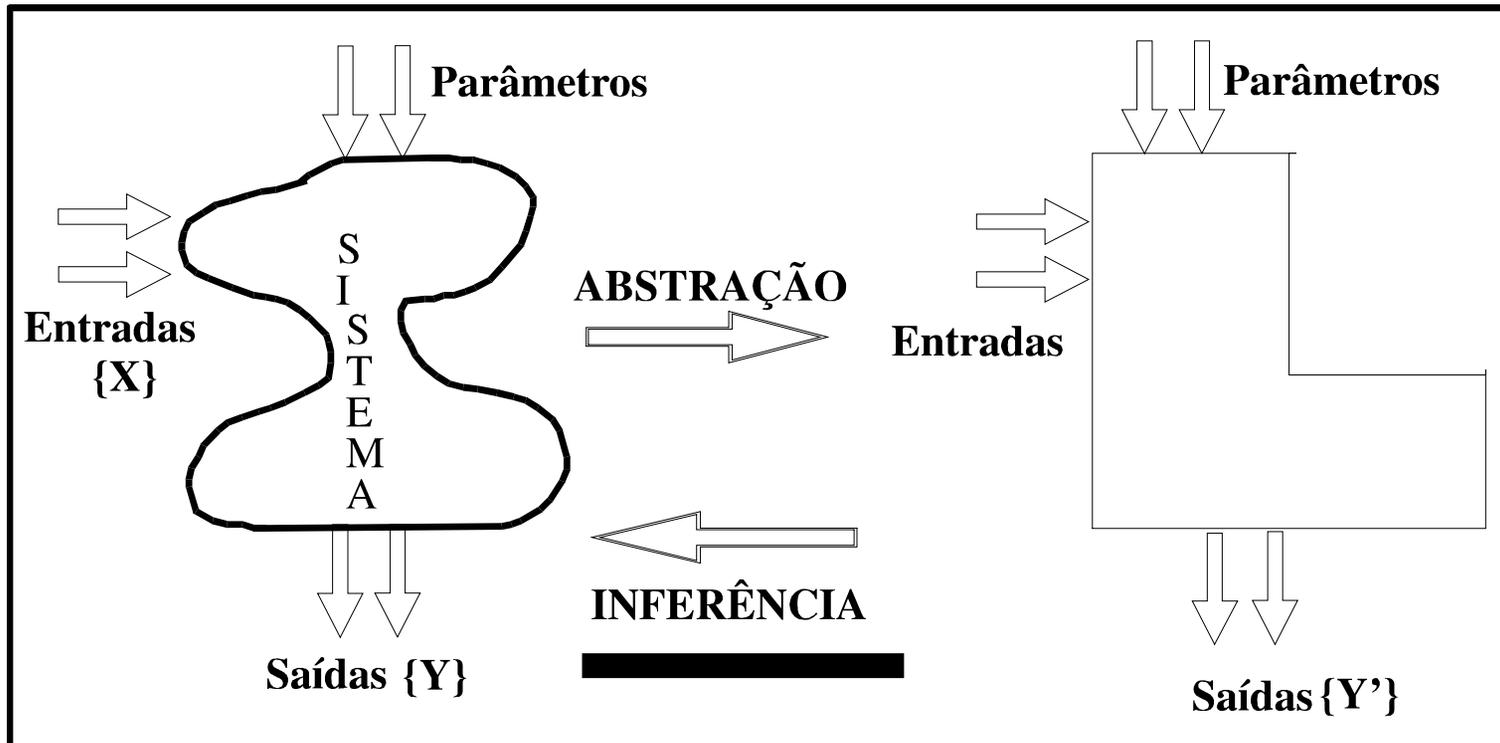


# Técnicas para Avaliação de Desempenho

- Técnicas de Aferição
  - Fornecem resultados precisos
  - Requerem a disponibilidade do sistema
  - Dificuldade em experimentar o sistema sem influenciar no seu comportamento
  - Falta flexibilidade para verificar diferentes alternativas
  - Altos custos

# Técnicas para Avaliação de Desempenho

- Técnicas de Modelagem



# Técnicas para Avaliação de Desempenho

- Técnicas de Modelagem
  - Fornecem resultados estocásticos
  - Não necessita-se do sistema
  - Alta flexibilidade para verificar diferentes alternativas
  - Custo baixo
  - Necessidade de validação do modelo

# Avaliação de Desempenho

- Por quê se preocupar com isso?
- O que vem a ser isso?
- Quando se preocupar com o desempenho?
- Quem deve se preocupar com a avaliação?
- Como medir o desempenho? Quais técnicas utilizar?
- **O que medir?**
- Como confiar nas métricas obtidas?

# Avaliação de Desempenho

- O que medir?
  - ter informações o mais fiéis possíveis sobre o comportamento de um sistema e com isso poder otimizar:
    - seu desenvolvimento;
    - sua implementação;
    - sua utilização;
    - sua evolução;
    - sua desativação.

# Avaliação de Desempenho

- Medidas de desempenho computacionais
  - Tempo de Resposta (visão do usuário)
    - velocidade de execução de uma tarefa (condições ?);
    - carga de trabalho do sistema;
    - tempo de espera por um trabalho;
    - comprimento de uma fila por um recurso;
    - tempo de processamento;
    - valores médios/máximos/mínimos/distribuições.

# Avaliação de Desempenho

- Medidas de desempenho computacionais
  - Capacidade de Trabalho/Utilização
    - Capacidade de trabalho: número médio de pedidos processados por unidade de tempo (*throughput*);
    - Utilização:
      - relação entre o serviço útil executado e a carga máxima suportada pelo sistema (processador por exemplo):
      - avalia quão bem os vários elementos do sistema estão sendo utilizados;
    - Relação entre utilização e tempo de resposta;
    - Capacidade e utilização são medidas orientadas ao sistema.

# Avaliação de Desempenho

- Medidas de desempenho computacionais
  - Disponibilidade do Sistema
    - pode ser utilizada como uma medida de desempenho, apesar de medir aspectos de confiabilidade;
    - algumas medidas úteis:
      - tempo de vida;
      - intervalo de disponibilidade;
      - MTTF (mean time to failure);
      - MTTR (mean time to repair);
      - MTBF (mean time between failures).

# Avaliação de Desempenho

- Medidas de desempenho computacionais
  - Produtividade do Sistema
    - indica como o usuário pode submeter o seu trabalho;
    - o grau de facilidade oferecido pelo sistema;
    - aspectos de manutenção do sistema;
    - existe certa dificuldade para quantificar esse item.

# Avaliação de Desempenho

- Qual ou quais das medidas citadas devem ser consideradas?
- Depende da aplicação (do tipo do sistema):
  - Uso Geral
    - tempo de resposta e utilização  $\Rightarrow$  desempenho;
    - disponibilidade  $\Rightarrow$  confiabilidade.
  - Alta Disponibilidade (bancos, res. aéreas, etc.)
    - tempo de resposta, disponibilidade e produtividade  $\Rightarrow$  desempenho.
  - Tolerantes a Falhas
    - Disponibilidade e recuperação  $\Rightarrow$  desempenho
  - Tempo Real
    - tempo de resposta e carga de trabalho  $\Rightarrow$  desempenho.

# Avaliação de Desempenho

- Tem que tomar cuidado!!!

Avião	DC para Paris	Velocidade
Boeing 747	6,5 horas	610 mph
BAD/Sud Concorde	3 horas	1350 mph



# Avaliação de Desempenho

<b>Avião</b>	<b>DC para Paris</b>	<b>Velocidade</b>	<b># Passageiros</b>	<b><i>Throughput</i> (<i>p*mph</i>)</b>
<b>Boeing 747</b>	6,5 horas	610 mph	470	286.700
<b>BAD/Sud Concorde</b>	3 horas	1350 mph	132	178.200

# Avaliação de Desempenho

Avião	DC para Paris	Velocidade	# Passageiros	<i>Throughput</i> ( $p * mph$ )
Boeing 747	6,5 horas	610 mph	470	286.700
BAD/Sud Concorde	3 horas	1350 mph	132	178.200

- Tempo para executar a tarefa
  - Tempo de resposta, latência
- Tarefas por dia, por hora, etc
  - *Throughput, bandwidth*

# Avaliação de Desempenho

- Por quê se preocupar com isso?
- O que vem a ser isso?
- Quando se preocupar com o desempenho?
- Quem deve se preocupar com a avaliação?
- Como medir o desempenho? Quais técnicas utilizar?
- O que medir?
- **Como confiar nas métricas obtidas?**

# Avaliação de Desempenho

- Como confiar nas métricas obtidas?
- **Avaliação versus Análise**
  - Qual a diferença?
  - Avaliar : *obter, produzir, levantar dados a respeito de uma entidade*
    - exemplo: determinar o consumo de um automóvel  $\Rightarrow$  usar alguma técnica para medir a distância percorrida e o volume de combustível consumido;
  - Analisar: *verificar a precisão, a validade, o significado da grandeza produzida durante a avaliação*
    - exemplo: se a avaliação do automóvel levou a 20 Km/litro de gasolina, então a análise se preocupa em se certificar que:
      - a metodologia utilizada foi correta;
      - que os números levantados são suficientemente precisos;
      - e, então, conclui se o desempenho avaliado é bom, ruim, etc.

# Avaliação de Desempenho

- Como analisar as métricas obtidas?
- Exemplo: Tempo de Resposta em dois sistemas A e B

Sistema	Carga 1	Carga 2
A	20	10
B	12	16

**Qual o  
melhor  
sistema?**

Será que estes valores são válidos?

Qual a carga usual do sistema?

Qual o objetivo desta avaliação?

# Pontos importantes para a Avaliação de Desempenho

1. Entendimento completo do sistema, dos problemas e dos objetivos da avaliação
2. Abordagem sistemática
3. Não devem ser considerados parâmetros, cargas, métricas, etc. arbitrários.
4. Definição de uma carga de trabalho característica
5. Definição da metodologia mais apropriada
6. Definição do nível de detalhamento
7. Análise dos resultados
8. Considerar os limites, suposições e margem de erro

# Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
  - Motivação
  - Introdução à Avaliação de Desempenho
  - **Etapas de um Experimento**
  - Planejamento do Experimento
    - Conceitos Básicos
    - Carga de trabalho
    - Modelos para Planejamento de Experimento
2. Técnicas para Avaliação de Desempenho
3. Análise de resultado

# Etapas a serem consideradas na Avaliação de Desempenho

1. Estudar o sistema e definir os objetivos
2. Determinar os serviços oferecidos pelo sistema
3. Selecionar métricas de avaliação
4. Determinar os parâmetros que afetam o desempenho do sistema
5. Determinar o nível de detalhamento da análise
6. Determinar a Técnica de Avaliação apropriada
7. Determinar a carga de trabalho característica
8. Realizar a avaliação e obter os resultados
9. Analisar e interpretar os resultados
10. Apresentar os resultados

**As etapas apresentadas nem sempre são executadas linearmente como apresentado nesta lista**

# Etapas a serem consideradas na Avaliação de Desempenho

1. Estudar o sistema e definir os objetivos
2. Determinar os serviços oferecidos pelo sistema
3. Selecionar métricas de avaliação
4. Determinar os parâmetros que afetam o desempenho do sistema
5. Determinar o nível de detalhamento da análise
6. Determinar a Técnica de Avaliação apropriada
7. Determinar a carga de trabalho característica
8. Realizar a avaliação e obter os resultados
9. Analisar e interpretar os resultados
10. Apresentar os resultados

Planejamento  
de  
Experimentos

Técnica de  
Avaliação

Análise dos  
Resultados

# Conteúdo

## 1. Planejamento de Experimentos

- Motivação
- Introdução à Avaliação de Desempenho
- Etapas de um Experimento
- **Planejamento do Experimento**
  - **Conceitos Básicos**
  - **Carga de trabalho**
  - **Modelos para Planejamento de Experimento**

## 2. Técnicas para Avaliação de Desempenho

## 3. Análise de resultado