

Avaliação de Desempenho

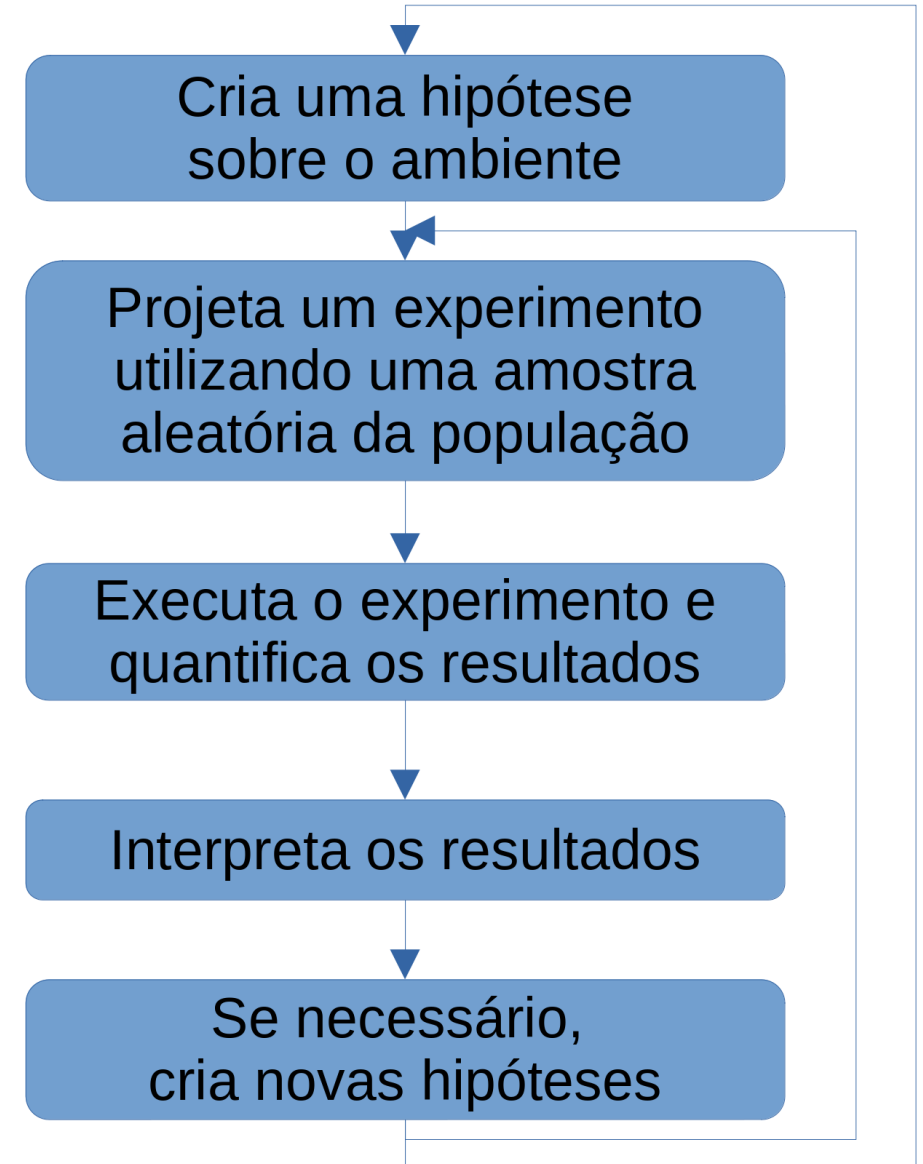
MO601 - Arquitetura de Computadores II

<http://www.ic.unicamp.br/~rodolfo/mo601>

Rodolfo Azevedo - rodolfo@ic.unicamp.br

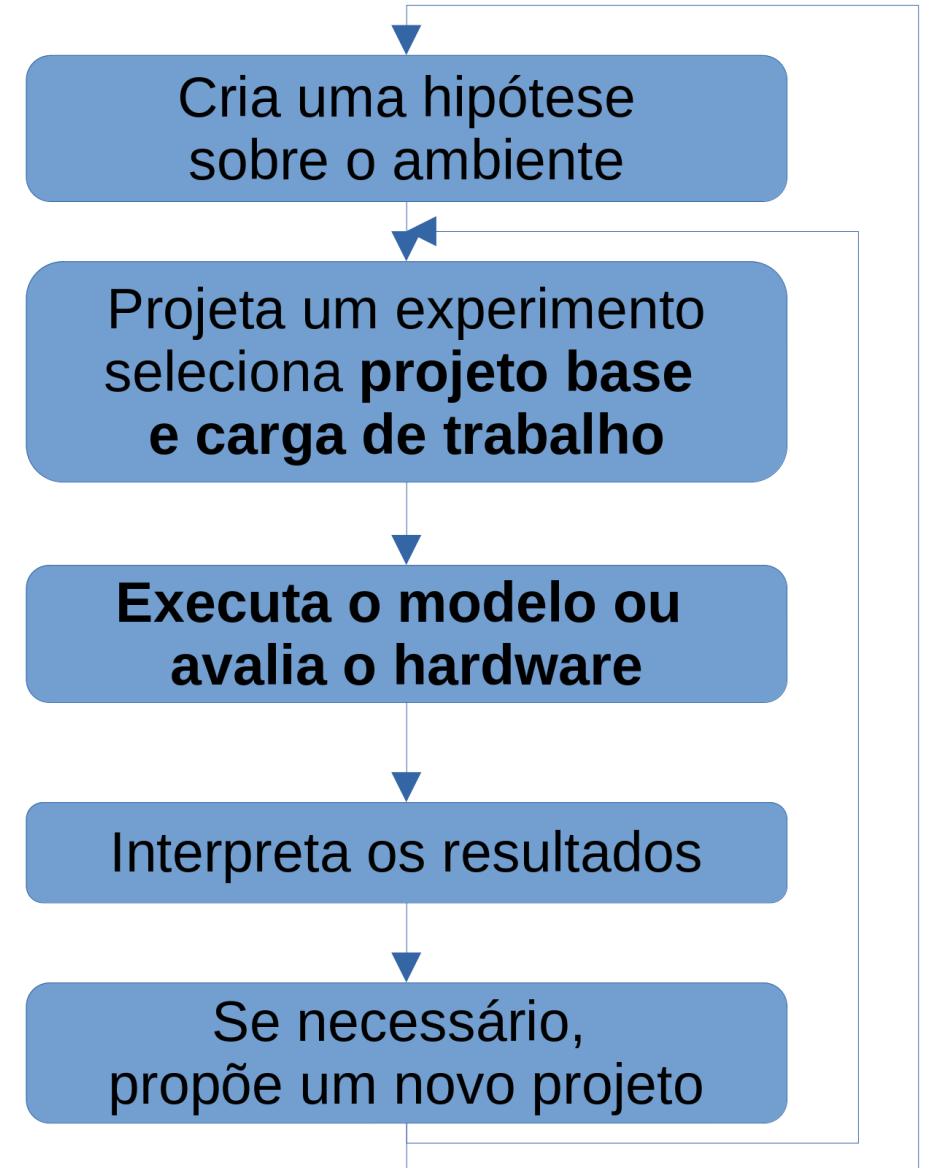
Pesquisa Científica

- Busca comprovar uma hipótese utilizando uma amostra aleatória da população
- Caso a hipótese não possa ser comprovada, outra hipótese deverá ser criada



Pesquisa em Sistemas Computacionais

- Também começa com uma hipótese
- Desenvolve um sistema para validar a hipótese, juntamente com os experimentos necessários
- Outros experimentos podem ser utilizados para coletar informações aprimoradas
- Deve tomar cuidado com a **subjetividade**



Importância da avaliação de sistemas

- Avaliação de desempenho é uma parte importante da pesquisa em sistemas computacionais
- Utilizar apenas a intuição pode levar a conclusões erradas
- Outras métricas são relevantes, em especial: consumo e eficiência energética, e confiabilidade
 - Felizmente a metodologia de desempenho também se aplica nas outras áreas

Passos relevantes para avaliação

- Escolha correta dos benchmarks (workload)
- Escolha do caso base (baseline)
- Metodologia de modelagem
- Metodologia de execução
- Forma de interpretação dos resultados
- Escolha das métricas necessárias

Métricas de desempenho

- Workloads single-thread
- Workloads multi-thread
- Benchmarks
- Métricas
 - User Time
 - System Time
 - Real Time

Desempenho em single-thread

- Métrica de tempo

$$T = N \times CPI \times \frac{1}{f}$$

- T : Tempo de execução
- N : Número de instruções úteis
- CPI : Ciclos por instrução
- f : Frequência do clock

Origens do desempenho em single-thread

$$T = N \times CPI \times \frac{1}{f}$$

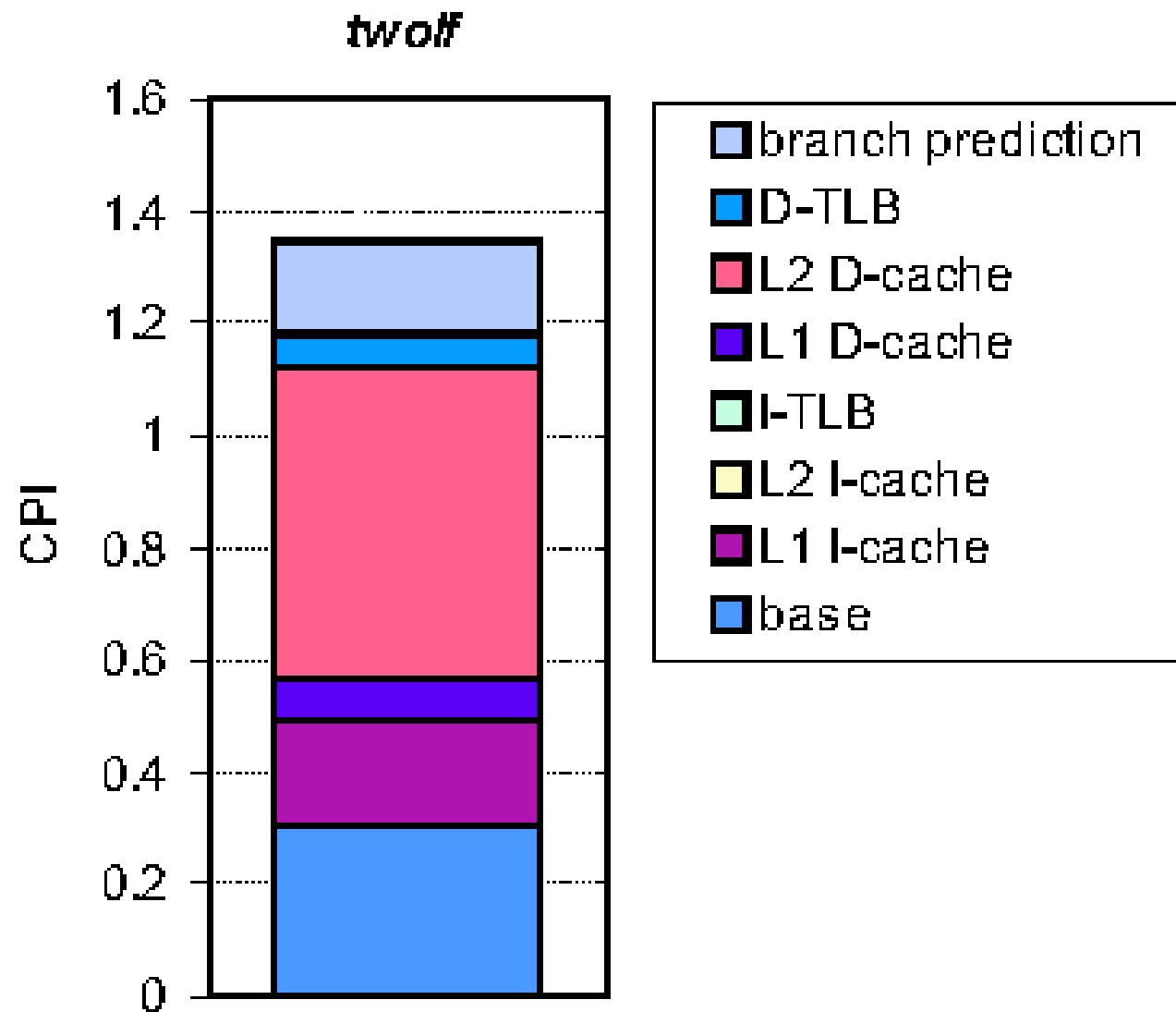
- Diminuir o número de instruções
- Aprimorar a microarquitetura para reduzir o CPI
- Melhorar a implementação para aumentar a frequência
- Exemplo: do ganho de 75x em 10 anos (1990-2000) do x85
 - 13x pelo aumento da frequência
 - 6x por melhorias de microarquitetura

CPI vs IPC

- Tratam-se de simétricos
 - $CPI = \frac{1}{IPC}$
- IPC é mais fácil de entender (Instruções por ciclo)
 - Quanto maior melhor
- CPI é mais fácil de calcular (Ciclos por instrução)
 - Permite montar as pilhas de IPC adicionando o impacto de cada componente microarquitetural no processo

CPI Stack

- A figura ao lado indica como cada parte do processador impacta no CPI final
- Uma vez que alguns componentes aumentam o tempo de execução, o impacto deles pode ser calculado por instrução e adicionado ao CPI stack



Desempenho em multi-thread

- É preciso considerar
 - Relação entre múltiplas threads concorrentes (locks, spin-locks, sequenciamento)
 - Efeitos de compartilhamento das caches
 - Efeitos de outras aplicações sendo executadas
 - Sistema Operacional
- Efeitos das métricas
 - O desempenho de um programa pode ser afetado em até 65% por efeitos externos da hierarquia de memória

Duas visões de desempenho

- Ponto de vista do usuário
 - Tempo de execução
 - Throughput
 - Tempo para completar uma única execução
- Ponto de vista do sistema
 - Tempo de resposta
 - Throughput
 - Quantas execuções ele completa por unidade de tempo

Throughput

- Progresso normalizado (normalmente menor que 1)

$$NP_i = \frac{T_i^{SP}}{T_i^{MP}}$$

- NP_i : Normalized Progress
- T_i^{SP} : Tempo de execução em single-thread
- T_i^{MP} : Tempo de execução em multi-thread

Exemplo: NP de 0,7 indica que o programa realiza 70% do trabalho de single thread quando executado em multithread. *Não estamos falando de paralelismo mas de interferência.*

System Throughput

- Throughput do sistema (esperado que seja maior que 1)

$$STP = \sum_{i=1}^n NP_i = \sum_{i=1}^n \frac{T_i^{SP}}{T_i^{MP}}$$

Aqui já se tem a soma de todo o progresso de um sistema multiprogramado.

Average Normalized Turnaround Time

- Normalize Turnaround Time

$$NTT_i = \frac{T_i^{SP}}{T_i^{MP}}$$

- Average Normalized Turnaround Time

$$ANTT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n NTT_i = \sum_{i=1}^n \frac{T_i^{SP}}{T_i^{MP}}$$

- NTT_i : Normalized Turnaround Time
- T_i^{SP} : Tempo de execução em single-thread
- T_i^{MP} : Tempo de execução em multi-thread

As múltiplas médias

- Se a métrica é obtida dividindo A por B
 - Se A é dividido igualmente por todos os benchmarks
 - Média Harmônica
 - Se B é dividido igualmente por todos os benchmarks
 - Média Aritmética
- Média Geométrica
 - Distribuição log-normal
 - Agregação de efeitos multiplicativos
 - Utilizado pelo SPEC

Média Harmônica

$$H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$$

- x_i : Valor de cada benchmark
- n : Número de benchmarks

Exemplo: Utilizar uma amostra de 100 milhões de instruções para cada programa do benchmark. Ao calcular o IPC médio, deve-se utilizar a média harmônica. Vale para MIPS também.

Média Aritmética

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- x_i : Valor de cada benchmark
- n : Número de benchmarks

Exemplo: Utilizar uma amostra de 100 milhões de instruções para cada programa do benchmark. Ao calcular o CPI médio, deve-se utilizar a média aritmética.

Média Geométrica

$$G = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}$$

- x_i : Valor de cada benchmark
- n : Número de benchmarks