



PUC Minas

LICAP

Laboratório de Inteligência Computacional Aplicada

# **PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE, MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS**

## **ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS**

Equipe MAD

# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

A modelagem matemática de um sistema computacional permite simular o desempenho do sistema para futuras cargas de trabalho, previamente estimadas. Também é possível simular atualizações de configuração, como troca de dispositivos e aumento de dispositivos, como storage.

O modelo matemático pode ser utilizado junto com o modelo de previsão de carga para estimar a vida útil do sistema a preveer o início da fase de super-utilização do sistema.

A modelagem deve ser iniciada quando for alcançado um correto escalonamento de serviços. Isso pelo fato dos modelos possuírem tantas equações como distintos tipos de processos sendo executados num determinado horário.

# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

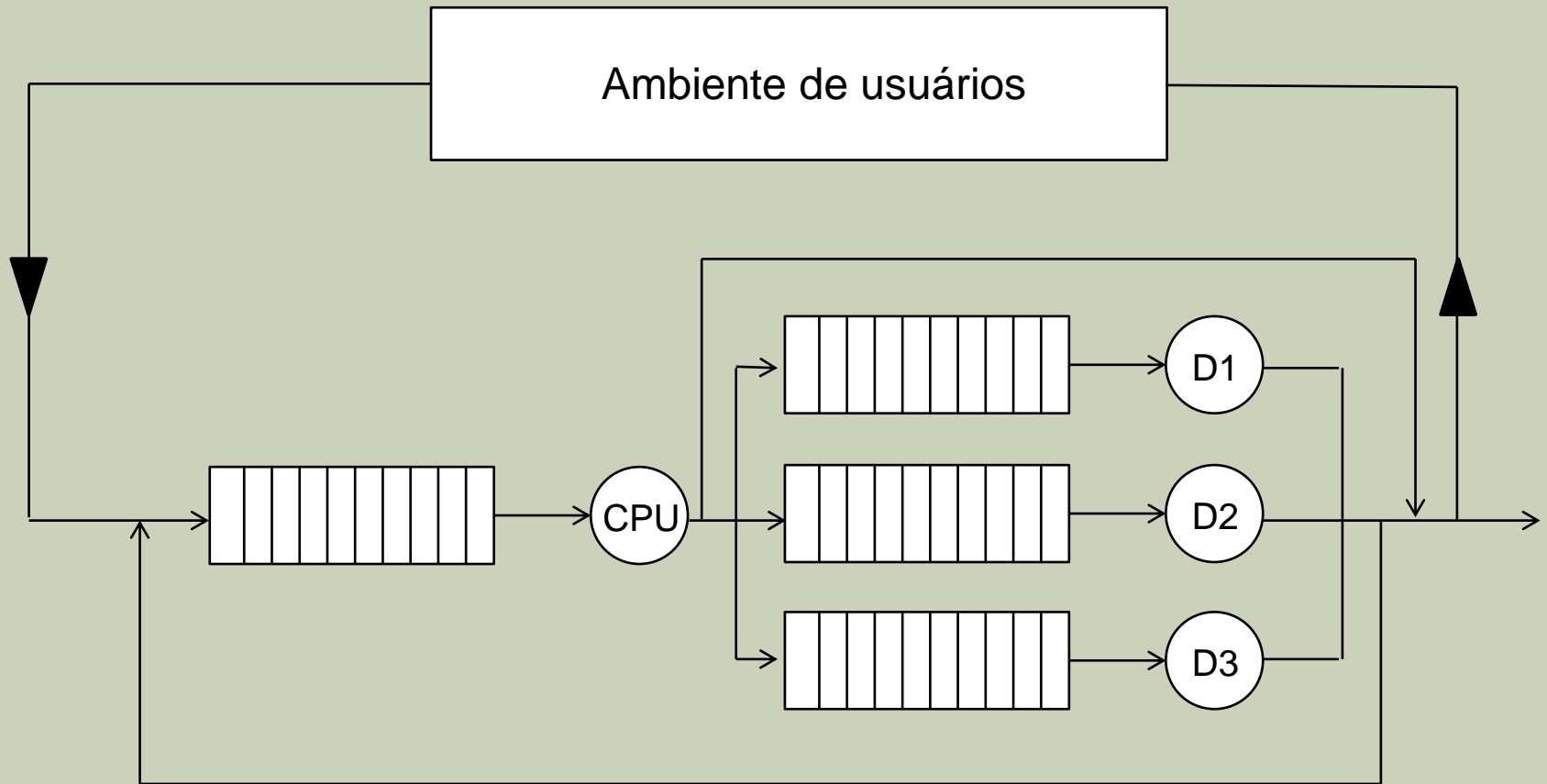
É importante ressaltar que o uso dos modelos para previsão somente é garantido se a natureza da carga for a mesma no futuro.

Em teoria, a modelagem é uma etapa que somente tem efeito quando já transcorreu tempo no processo de otimização por escalonamento.

É importante notar que soluções devem ser dadas quando existe a evolução natural de surgimento de novas aplicações e serviços, o que poderia descaracterizar o modelo matemático.

# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

Exemplo de Sistema Computacional:



# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

Exemplo de Modelo:

$$R = \frac{D_{CPU}}{1 - U_{CPU}} + \frac{D_{D1}}{1 - U_{D1}} + \frac{D_{D2}}{1 - U_{D2}} + \frac{D_{D3}}{1 - U_{D3}} + \dots +$$

**R:** Tempo médio de resposta por requisição [s/req.]

**U<sub>i</sub>:** Utilização do dispositivo “i”

**D<sub>i</sub>:** Tempo médio total gasto por uma requisição no dispositivo “i”, sem considerar tempo de espera.

Com:  $D_i = \frac{U_i}{X_o}$  e  $X_o = \frac{C_o}{T_o}$

**X<sub>o</sub>:** throughput do sistema [req./s.]

**T<sub>o</sub>:** Tempo de observação do sistema [s.]

**C<sub>o</sub>:** número de requisições atendidas durante T<sub>o</sub>, [req.]

# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

Exemplo de Modelo:

$T_o = 1$  hora

$C_o = 7200$  req. Concluídas

$U_{cpu} = 60\%$  Como:  $D_i = \frac{U_i}{X_o}$  e  $X_o = \frac{C_o}{T_o}$

$U_{d1} = 50\%$

$U_{d2} = 80\%$

$U_{d3} = 90\%$

$$X_o = C_o/T_o = 2 \text{ req./s}$$

$$R = \frac{0,60/2}{1 - 0,60} + \frac{0,50/2}{1 - 0,50} + \frac{0,80/2}{1 - 0,80} + \frac{0,90/2}{1 - 0,90}$$

$$R = \frac{0,30}{0,40} + \frac{0,25}{0,50} + \frac{0,40}{0,20} + \frac{0,45}{0,10}$$

$$R = 0,75 + 0,50 + 2,00 + 4,50$$

$$R = 7,75 \text{ s/req.}$$

# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

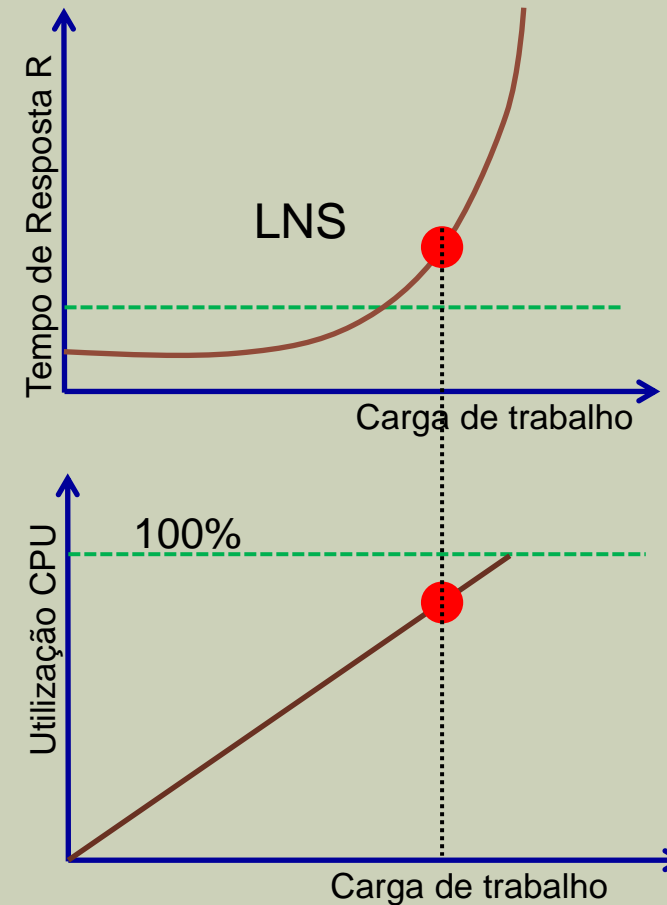
Aumentando a carga em 10%

$$R = \frac{0,30}{1 - 0,66} + \frac{0,25}{1 - 0,55} + \frac{0,40}{1 - 0,88} + \frac{0,45}{1 - 0,99}$$

$$R = \frac{0,30}{0,34} + \frac{0,25}{0,45} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{0,01}$$

$$R = 0,88 + 0,55 + 3,33 + 45,0$$

$$R = 49,76 \text{ s/req.}$$



# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

Melhorando o código em 10%

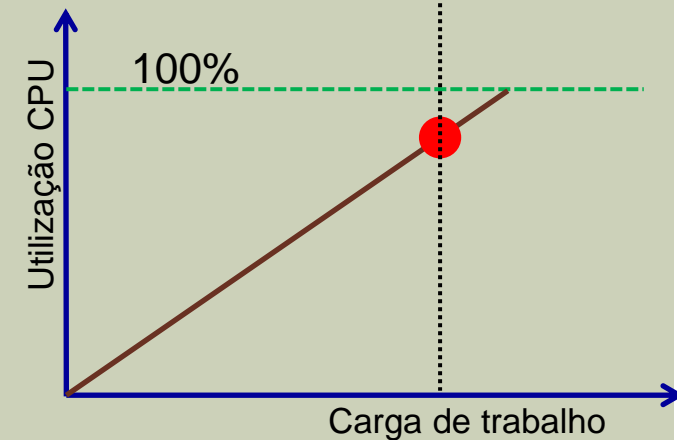
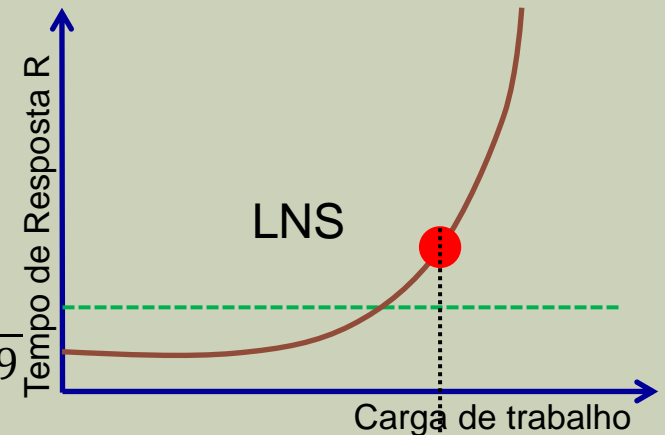
$$R = \frac{0,30}{1 - 0,66} + \frac{0,25}{1 - 0,55} + \frac{0,40}{1 - 0,88} + \frac{0,45}{1 - 0,99}$$

$$R = \frac{0,30 * 0,90}{1 - 0,66 * 0,90} + \frac{0,25}{1 - 0,55} + \frac{0,40}{1 - 0,88} + \frac{0,45}{1 - 0,99}$$

$$R = \frac{0,27}{0,41} + \frac{0,25}{0,45} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{0,01}$$

$$R = 0,66 + 0,55 + 3,33 + 45,0$$

$$R = 49,54 \text{ s/req.}$$





# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

Aumentando o storage

$$R = \frac{0,27}{0,41} + \frac{0,25}{0,45} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{1 - 0,99}$$

$$R = \frac{0,27}{0,41} + \frac{0,25}{0,45} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{1 - 0,50} + \frac{0,45}{1 - 0,50}$$

$$R = 0,66 + 0,55 + 3,33 + 0,90 + 0,90$$

$$R = 6,34 \text{ s/req.}$$

# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

**Exercício:**

**To = 1 hora**

**Co = 5400 req. Concluídas**

**Ucpu = 40% Como:**  $D_i = \frac{U_i}{X_o}$  e  $X_o = \frac{C_o}{T_o}$

**Ud1 = 80%**

**Ud2 = 80%**

**Ud3 = 90%**

$$X_o = C_o / T_o = 1,5 \text{ req./s}$$

$$R = \frac{0,40/2}{1 - 0,40} + \frac{0,80/2}{1 - 0,80} + \frac{0,80/2}{1 - 0,80} + \frac{0,90/2}{1 - 0,90}$$

$$R = \frac{0,20}{0,60} + \frac{0,40}{0,20} + \frac{0,40}{0,20} + \frac{0,45}{0,10}$$

$$R = 0,33 + 2,00 + 2,00 + 4,50$$

$$R = 8,83 \text{ s/req.}$$

# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

Aumentando a carga em 10%

$$R = \frac{0,40/2}{1 - 0,44} + \frac{0,80/2}{1 - 0,88} + \frac{0,80/2}{1 - 0,88} + \frac{0,90/2}{1 - 0,99}$$

$$R = \frac{0,20}{0,56} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{0,01}$$

$$R = 0,36 + 3,33 + 3,33 + 45,0$$

$$R = 52,02 \text{ s/req.}$$

# ETAPA 8: MODELAGEM MATEMÁTICA

**Aumentando o storage**

$$R = \frac{0,20}{0,56} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{1 - 0,50} + \frac{0,45}{1 - 0,50}$$

$$R = 0,36 + 3,33 + 3,33 + 0,90 + 0,90$$

$$R = 8,82 \text{ s/req.}$$

**Tempo mínimo que pode ser alcançado:**

$$R = 0,20 + 0,40 + 0,40 + 0,45 + 0,45$$

$$R = 1,90 \text{ s/req.}$$