



REVISÃO PARA A PROVA 02 – MODELAGEM E SIMULAÇÃO
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
UNIVERSIDADE FRANCISCANA – UFN. 2025-02.
Peso:2,0.

PROFESSOR: André F. dos Santos.
Nome do aluno: José Otávio R. Baggio
Data: 02/10/2025

Instruções: Nas questões de múltipla escolha, destaque em **(amarelo)** apenas a correta, preencha o nome e data.

1) Um sistema de filas M/M/1 tem taxa média de chegada de $\lambda = 5$ clientes/minuto e taxa média de atendimento $\mu = 8$ clientes/minuto. Qual é a utilização do servidor (ρ)?

- a) 0,25
- b) 0,40
- c) 0,50
- d) 0,60**
- e) 0,75

$$\rho = \lambda / \mu = 5 / 8 = 0,6$$

2) Em filas M/M/1, se a taxa de chegada $\lambda \geq \mu$, o que acontece?

- a) O sistema entra em equilíbrio.
- b) O tamanho médio da fila se estabiliza.
- c) O servidor fica ocioso.
- d) O sistema se torna instável.**
- e) O tempo médio de espera tende a zero.

3) O modelo M/M/c refere-se

a:

- a) c clientes na fila por vez.
- b) c filas servindo 1 servidor.
- c) c servidores paralelos atendendo a mesma fila.**
- d) prioridade para c clientes selecionados.
- e) c tipos de chegadas.

4) Qual das alternativas não é hipótese do modelo M/M/1?

- a) Tempo entre chegadas segue distribuição exponencial.
- b) Tempo de serviço segue distribuição exponencial.
- c) Clientes chegam um a um.
- d) Há apenas um servidor.
- e) A disciplina de fila é LIFO.**

5) Um sistema M/M/1 tem $\lambda = 2/\text{min}$ e médio de clientes no sistema (L) é:

$\mu = 4/\text{min}$. O número

- a) 0,25
- b) 0,5
- c) 0,75
- ☒ d) 1
- e) 2

$$L = \rho / (1 - \rho)$$

$$0,5 / (1 - 0,5) = 0,5 / 0,5 = 1$$

6) Qual conceito está associado à "probabilidade de espera" em sistemas M/M/c?

- a) ρ
- b) P_0
- ☒ c) Erlang-C
- d) Little
- e) Distribuição de Poisson

7) Um sistema com múltiplos servidores (M/M/c) tem melhor desempenho em filas longas porque:

- a) Divide chegadas em várias filas.
- b) Os servidores são mais rápidos que em M/M/1.
- ☒ c) A carga se distribui entre os servidores.
- d) Usa disciplina LIFO para reduzir esperas.
- e) O tempo médio de serviço diminui.

8) Um call center recebe em média 1 cliente a cada 5 minutos. O tempo médio de atendimento é de 10 minutos por cliente.

- a) Modele o sistema inicialmente como M/M/1.

$$\Lambda = 0,2, \mu = 0,1$$

- b) Mostre se o sistema é estável nesse caso.

$$\text{condição } \lambda < \mu \rightarrow 0,2 < 0,1 ? \text{ Não } \rightarrow \text{ instável } (\lambda > \mu).$$

- c) Teste com mais atendentes (M/M/2, M/M/3, ...) até encontrar um número de atendentes que garanta estabilidade.

$$c = 2 \rightarrow \rho = 2/2 = 1 \rightarrow \text{limite (instável na prática)}.$$

$$c = 3 \rightarrow \rho = 2/3 \approx 0,6667 < 1 \rightarrow \text{estável}.$$

Portanto **mínimo c = 3** atendentes para garantir estabilidade ($\rho < 1$); com c=3 tem utilização $\approx 66,7\%$.

9) Um sistema de filas M/M/1 apresenta:

- Taxa média de chegada $\lambda = 0,15$ clientes/min (equivale a, em média, 1 cliente a cada 6,67 minutos).
- Taxa média de atendimento $\mu = 0,25$ clientes/min (equivale a, em média, 1 cliente atendido a cada 4 minutos).

- a) Calcule o número médio de clientes no sistema (L).

$$\rho = \lambda / \mu \quad 0,15 / 0,25 = 1$$

$$L = \rho / (1 - \rho) \quad 0,6 / (1 - 0,6) = 0,6 / 0,4 = 1,5 \text{ clientes}$$

b) Calcule o tempo médio no sistema (W).

$$W = 1 / (\mu - \lambda) \quad 1 / (0,25 - 0,15) = 1 / 0,10 = 10 \text{ minutos}$$

Questão em inglês (pode ser respondida em português ou inglês).

10) Explain how the M/M/c (multi-server) queuing model works. Discuss its stability condition, main performance measures, and how it differs from the M/M/1 model. Give at least one practical example.

O modelo **M/M/c** representa um sistema de filas onde:

As chegadas seguem um processo de **Poisson** (taxa λ).

Os tempos de serviço são **exponenciais** (média $1/\mu$ por servidor).

Existem **c servidores idênticos** atendendo uma **única fila** de clientes (disciplina FIFO).

O sistema é estável se a carga oferecida não exceder a capacidade total de atendimento:

$$\rho = \lambda / (c * \mu) < 1$$

Se $\rho \geq 1$, a fila cresce indefinidamente.

Principais Medidas de Desempenho

- **ρ (utilização):** ocupação média de cada servidor.
- **P(wait):** probabilidade de que um cliente precise esperar (fórmula de Erlang C).
- **Wq:** tempo médio de espera na fila.
- **Lq:** número médio de clientes na fila (via Little).
- **W:** tempo médio no sistema (Wq + tempo de serviço).
- **L:** número médio de clientes no sistema (via Little).

Diferença em relação ao M/M/1

- **M/M/1:** apenas **1 servidor** → se λ é próximo de μ , filas crescem rapidamente.
- **M/M/c:** permite **múltiplos servidores em paralelo**, reduzindo o tempo de espera e a probabilidade de filas longas, pois a carga se distribui entre os atendentes.
- Na prática, o **M/M/c é mais eficiente em sistemas de alto tráfego**, enquanto o M/M/1 é um caso mais simples.

Um **call center** com $\lambda = 120$ chamadas por hora e $\mu = 30$ chamadas/hora por atendente.

Com **1 atendente (M/M/1)** → $\rho = 120/30 = 4$ (instável, impossível de atender).

Com **5 atendentes (M/M/5)** → $\rho = 120 / (5 \times 30) = 0,8$ (estável, mas ainda com filas).

Com **7 atendentes (M/M/7)** → $\rho \approx 0,57$, resultando em muito menos espera.

Assim, o **M/M/c** é essencial em locais como **hospitais, bancos, call centers, supermercados**, onde vários servidores atendem uma mesma fila.