

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
TCC00349 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

**Trabalho de simulação utilizando a
ferramenta Java Modelling Tools**

BEATRIZ DE OLIVEIRA PIEDADE

NITERÓI
2024

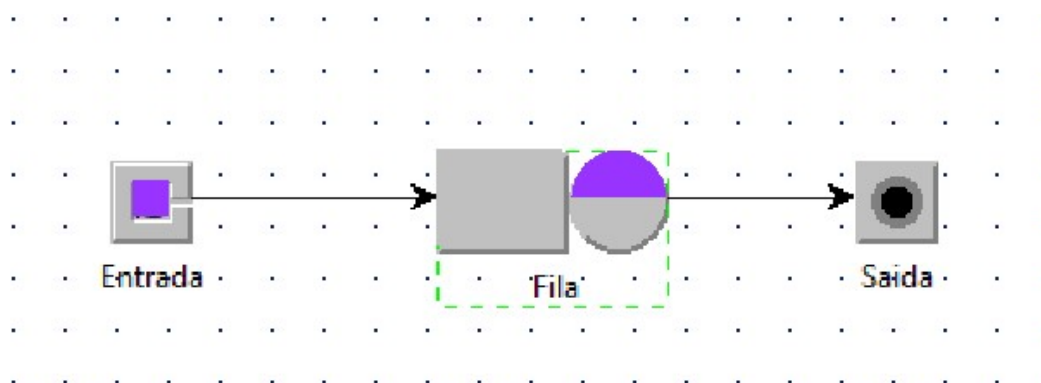
1 Modelo 1 - M/M/1

Tempo médio entre chegadas: 0.5 u.t, logo $\lambda = 2$ clientes por u.t.

Tempo de atendimento do servidor: $E[X] = \frac{1}{\mu} = 0.25$ u.t por cliente,
logo $\mu = 4$ clientes por u.t.

Capacidade: Ilimitada.

1.1 Topologia do sistema



1.2 Solução analítica

Fórmula de L :

$$\begin{aligned} L &= \lambda \cdot W \\ L &= \lambda \cdot \frac{1}{\mu - \lambda} \\ L &= 2 \cdot \frac{1}{4 - 2} \\ L &= \frac{2}{2} \\ L &= 1 \end{aligned}$$

Fórmula de W :

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{\mu - \lambda} \\ W &= \frac{1}{4 - 2} \\ W &= \frac{1}{2} \\ W &= 0.5 \end{aligned}$$

Fórmula de W_Q :

$$\begin{aligned}W_Q &= \frac{L_Q}{\lambda} \\W_Q &= \frac{\frac{\lambda^2}{\mu \cdot (\mu - \lambda)}}{\lambda} \\W_Q &= \frac{\lambda^2}{\lambda \cdot \mu \cdot (\mu - \lambda)} \\W_Q &= \frac{\lambda}{\mu \cdot (\mu - \lambda)} \\W_Q &= \frac{2}{4 \cdot (4 - 2)} \\W_Q &= \frac{1}{2 \cdot (2)} \\W_Q &= \frac{1}{4} \\W_Q &= 0.25\end{aligned}$$

1.3 Especificação das métricas da simulação

Class: Entrada

- λ : 2
- mean: 0.5

Queue Section: Fila

- Capacity: Infinite

Service Section: Atendimento

- Number of Servers: 1
- λ : 4
- mean: 0.25

Performance Indices: Valores a simular

- Number of customers
- Response Time
- Queue Time

1.4 Comparação

Métrica	Solução analítica	Valor simulado
Number of customers (L)	1	1.0219
Response Time (W)	0.5	0.5066
Queue Time (W_Q)	0.25	0.2535

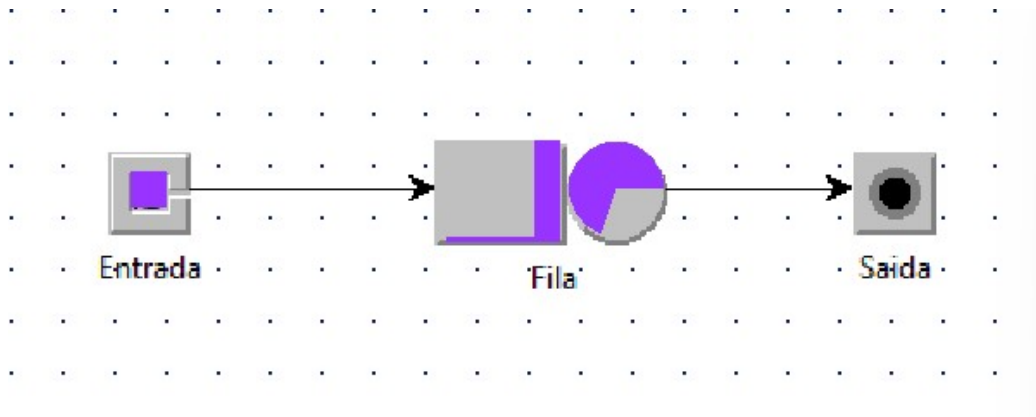
2 Modelo 2 - M/M/1/10

Tempo médio entre chegadas: 0.5 u.t, logo $\lambda = 2$ clientes por u.t.

Tempo de atendimento do servidor: $E[X] = \frac{1}{\mu} = 0.35$ u.t por cliente,
logo $\mu = 2.857$ clientes por u.t.

Capacidade: Limitada a $K = 10$ clientes (1 cliente atendido e 9 na fila).

2.1 Topologia do sistema



2.2 Solução analítica

Fórmula de L :

$$L = \frac{\rho}{1 - \rho} - \frac{(K + 1) \cdot \rho^{K+1}}{1 - \rho^{K+1}}$$

$$L = \frac{\frac{\lambda}{\mu}}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} - \frac{(K + 1) \cdot \frac{\lambda}{\mu}^{K+1}}{1 - \frac{\lambda}{\mu}^{K+1}}$$

$$L = \frac{\frac{2}{2.857}}{1 - \frac{2}{2.857}} - \frac{(10 + 1) \cdot \frac{2}{2.857}^{10+1}}{1 - \frac{2}{2.857}^{10+1}}$$

$$L = \frac{0.7}{1 - 0.7} - \frac{11 \cdot 0.7^{11}}{1 - 0.7^{11}}$$

$$L = \frac{0.7}{0.3} - \frac{11 \cdot 0.019}{1 - 0.019}$$

$$L = 2.333 - \frac{0.209}{0.981}$$

$$L = 2.333 - 0.213$$

$$L = 2,12$$

Fórmula de W :

$$W = \frac{L}{\lambda}$$
$$W = \frac{2.12}{2}$$
$$W = 1.06$$

2.3 Especificação das métricas da simulação

Class: Entrada

- λ : 2
- mean: 0.5

Queue Section: Fila

- Capacity: Finite 10

Service Section: Atendimento

- Number of Servers: 1
- λ : 2.857
- mean: 0.35

Performance Indices: Valores a simular

- Number of customers
- Response Time
- Queue Time
- Drop Rate

2.4 Comparação

Métrica	Solução analítica	Valor simulado
Number of customers (L)	2.12	2.1456
Response Time (W)	1.06	1.0795
Queue Time (W_Q)	-	0.7279
Drop Rate	-	0.0174

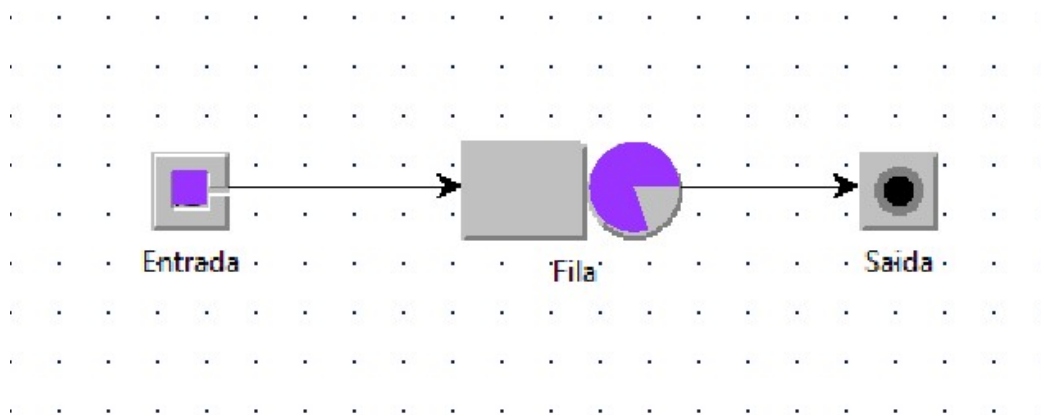
3 Modelo 3 - M/M/5

Tempo médio entre chegadas: 0.25 u.t, logo $\lambda = 4$ clientes por u.t.

Tempo de atendimento do servidor: $E[X] = \frac{1}{\mu} = 1$ u.t por cliente, logo $\mu = 1$ cliente por u.t.

Capacidade: Ilimitada.

3.1 Topologia do sistema



3.2 Especificação das métricas da simulação

Class: Entrada

- λ : 4
- mean: 0.25

Queue Section: Fila

- Capacity: Infinite

Service Section: Atendimento

- Number of Servers: 5
- λ : 1
- mean: 1

Performance Indices: Valores a simular

- Number of customers

- Response Time
- Queue Time

3.3 Comparação

Métrica	Solução analítica	Valor simulado
Number of customers (L)	-	6.2073
Response Time (W)	-	1.5519
Queue Time (W_Q)	-	0.5499

4 Modelo 4 - M/M/1 → M/M/1

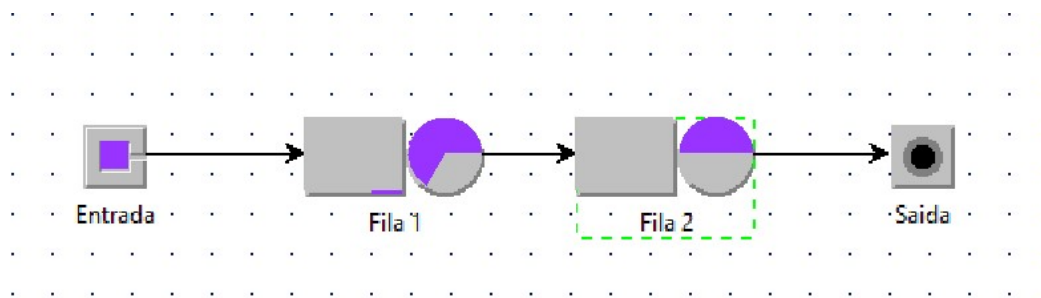
Tempo médio entre chegadas: 0.5 u.t, logo $\lambda = 2$ clientes por u.t.

Tempo de atendimento do servidor 1: $E[X] = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{3}$ u.t por cliente,
logo $\mu = 3$ clientes por u.t.

Tempo de atendimento do servidor 2: $E[X] = \frac{1}{\mu} = 0.25$ u.t por cliente,
logo $\mu = 4$ clientes por u.t.

Capacidade: Ilimitada.

4.1 Topologia do sistema



4.2 Solução analítica

Fórmula de L_1 :

$$L_1 = \lambda_{inicial} \cdot E[W]_1$$

$$L_1 = \lambda_{inicial} \cdot \frac{E[X]_1}{1 - \lambda_{inicial} \cdot E[X]_1}$$

$$L_1 = 2 \cdot \frac{\frac{1}{3}}{1 - 2 \cdot \frac{1}{3}}$$

$$L_1 = 2 \cdot \frac{0.333}{1 - 2 \cdot 0.333}$$

$$L_1 = \frac{0.666}{1 - 0.666}$$

$$L_1 = \frac{0.666}{0.334}$$

$$L_1 = 1.994$$

Fórmula de L_2 :

$$\begin{aligned}L_2 &= \lambda_1 \cdot E[W]_2 \\L_2 &= \lambda_1 \cdot \frac{E[X]_2}{1 - \lambda_1 \cdot E[X]_2} \\L_2 &= 2 \cdot \frac{0.25}{1 - 2 \cdot 0.25} \\L_2 &= \frac{0.5}{1 - 0.5} \\L_2 &= \frac{0.5}{0.5} \\L_2 &= 1\end{aligned}$$

Fórmula de $L_{sistema}$:

$$\begin{aligned}L_{sistema} &= L_1 + L_2 \\L_{sistema} &= 1.994 + 1 \\L_{sistema} &= 2.994\end{aligned}$$

Fórmula de W_1 :

$$\begin{aligned}W_1 &= \frac{L_1}{\lambda_{inicial}} \\W_1 &= \frac{1.994}{2} \\W_1 &= 0.997\end{aligned}$$

Fórmula de W_2 :

$$\begin{aligned}W_2 &= \frac{L_2}{\lambda_1} \\W_2 &= \frac{1}{2} \\W_2 &= 0.5\end{aligned}$$

Fórmula de $W_{sistema}$:

$$\begin{aligned}W_{sistema} &= W_1 + W_2 \\W_{sistema} &= 0.997 + 0.5 \\W_{sistema} &= 1.497\end{aligned}$$

4.3 Especificação das métricas da simulação

Class: Entrada

- λ : 2
- mean: 0.5

Queue Section: Fila 1

- Capacity: Infinite

Service Section: Atendimento da fila 1

- Number of Servers: 1
- λ : 3
- mean: $1/3$

Queue Section: Fila 2

- Capacity: Infinite

Service Section: Atendimento da fila 2

- Number of Servers: 1
- λ : 4
- mean: 0.25

Performance Indices: Valores a simular

- Number of customers
- Response Time

4.4 Comparação

Métrica	Solução analítica	Valor simulado
Number of customers (L)	2.994	2.9770
Response Time (W)	1.497	1.4919