

# **Sistema de Atendimento em Lojas Usando Simulação de Filas**



**Aluno: Gabriel Frigo Petuco**

## Cenário

Estamos simulando o atendimento em uma rede de lojas com três áreas de serviço principais, onde os clientes podem circular entre diferentes setores ou sair do sistema após o atendimento. Cada setor tem uma capacidade limitada de clientes e diferentes tempos de atendimento.

**Objetivo:** Analisar o desempenho do sistema de filas, identificando possíveis gargalos e propondo melhorias para otimizar o atendimento, reduzir perdas e melhorar o tempo de resposta.

## Fila 1 (F1) - M/M/1/1

- **Descrição:** Fila com um único servidor e uma capacidade muito restrita de apenas 1 cliente.
- **Probabilidades:**
  - **Próxima fila:** 100% dos clientes vão diretamente para a Fila 2 após o atendimento.
  - **Mesma fila:** Não há retorno de clientes para essa fila após o atendimento (0%).
  - **Sair:** Não há saída direta dos clientes desta fila (0%).
- **Tempos:**
  - **Chegada:** Os clientes chegam em intervalos que variam entre 2 e 4 minutos.
  - **Saída:** O tempo de atendimento nesta fila é rápido, variando entre 1 e 2 minutos.

```
3  F1
4  ProxFila 1
5  MesmaFila 0
6  Sair 0
7  Servidores 1
8  Capacidade 1
9  Chegada 2..4
10 Saída 1..2
```

## Fila 2 (F2) - M/M/2/5

Fila com dois servidores e capacidade de até 5 clientes simultaneamente. Tem maior flexibilidade em relação à Fila 1.

### Probabilidades:

- **Próxima fila:** 30% dos clientes vão para outra fila (provavelmente a Fila 3) após o atendimento.
- **Mesma fila:** 50% dos clientes permanecem nesta fila, retornando para um novo ciclo de atendimento.
- **Sair:** 20% dos clientes deixam o sistema diretamente após serem atendidos.

### Tempos:

- **Chegada:** Clientes chegam em intervalos mais amplos, entre 4 e 8 minutos.
- **Saída:** O atendimento dura entre 4 e 8 minutos, mais longo que o da Fila 1.

```
F2
ProxFila 0.3
MesmaFila 0.5
Sair 0.2
Servidores 2
Capacidade 5
Chegada 4..8
Saida 4..8
```

## Fila 3 (F3) - M/M/2/10

**Descrição:** Fila com dois servidores e capacidade para até 10 clientes, sendo a fila com maior capacidade no sistema.

### Probabilidades:

- **Mesma fila:** 70% dos clientes retornam para esta mesma fila, continuando o atendimento.
- **Sair:** 30% dos clientes saem do sistema após serem atendidos.
- Não há roteamento para outras filas (Próxima fila = 0%).

### Tempos:

- **Chegada:** Intervalos de chegada são mais variáveis, entre 5 e 15 minutos.
- **Saída:** O tempo de atendimento também é mais longo, variando entre 5 e 15 minutos.

```
21  F3
22  ProxFila 0
23  MesmaFila 0.7
24  Sair 0.3
25  Servidores 2
26  Capacidade 10
27  Chegada 5..15
28  Saida 5..15
```

# Resultados F1

```
-----Fila F1-----  
Tempo acumulado ----> 10909.676935283858  
Estado 0: 2.0  
Estado 1: 3.25984000000000076  
Estado 2: 1.1183200000024454  
Estado 3: 1.0575240697126134  
Estado 4: 0.5906268855662322  
Estado 5: 0.39976911869213616  
Estado 6: 1.4546189229168753  
Estado 7: 0.9282664345906255  
Estado 8: 0.043196395195671755  
Estado 9: 4.8344478999024325  
Estado 10: 1083.7565349098622
```

Tempos

```
Fila F1:  
Estado 0: 0.18%  
Estado 1: 0.30%  
Estado 2: 0.10%  
Estado 3: 0.10%  
Estado 4: 0.05%  
Estado 5: 0.04%  
Estado 6: 0.13%  
Estado 7: 0.08%  
Estado 8: 0.00%  
Estado 9: 0.44%  
Estado 10: 98.57%  
Perdas: 97200
```

Distribuição e perdas

# Resultados F2

## Tempos

```
-----Fila F2-----  
Tempo acumulado ---> 4460.403394040402  
Estado 0: 9.63165023488462  
Estado 1: 27.501201578174616  
Estado 2: 73.35756860855635  
Estado 3: 151.247015698375  
Estado 4: 356.04863895375263  
Estado 5: 481.65029046699595
```

## Distribuição e perdas

```
Fila F2:  
Estado 0: 0.88%  
Estado 1: 2.50%  
Estado 2: 6.67%  
Estado 3: 13.76%  
Estado 4: 32.38%  
Estado 5: 43.81%  
Perdas: 76
```

# Resultados F3

```
-----Fila F3-----  
Tempo acumulado ---> 10161.991770615688  
Estado 0: 25.32851811818894  
Estado 1: 6.591583495192783  
Estado 2: 19.62577042907773  
Estado 3: 10.361305224934974  
Estado 4: 2.744525000780733  
Estado 5: 15.447221074531015  
Estado 6: 9.629895766590238  
Estado 7: 10.334678974352016  
Estado 8: 15.589840072393741  
Estado 9: 4.913790916630276  
Estado 10: 969.7785558962928
```

Tempos

```
Fila F3:  
Estado 0: 2.32%  
Estado 1: 0.60%  
Estado 2: 1.80%  
Estado 3: 0.95%  
Estado 4: 0.25%  
Estado 5: 1.42%  
Estado 6: 0.88%  
Estado 7: 0.95%  
Estado 8: 1.43%  
Estado 9: 0.45%  
Estado 10: 88.94%  
Perdas: 105
```

Distribuição e perdas



# Análise

## Distribuição dos Estados (Probabilidades):

- **Fila 1:** Capacidade limitada, alta probabilidade de estar ocupada.
- **Fila 2:** Distribuição variável entre os estados, mas maior ocupação devido ao retorno de clientes.
- **Fila 3:** Maior flexibilidade de atendimento, mas com probabilidade significativa de estar parcialmente ocupada.

## Perdas:

- **Fila 1:** Perdas significativas devido à baixa capacidade.
- **Fila 2:** Moderadas perdas observadas.
- **Fila 3:** Poucas perdas devido à alta capacidade.

# Índices de Desempenho

## População Média (L):

- Fila 1: Baixa, devido à capacidade limitada.
- Fila 2: Média-alta, refletindo o ciclo de clientes retornando.
- Fila 3: Moderada, com capacidade suficiente para acomodar a demanda.

## Vazão ( $\lambda$ ):

- Fila 1: Alta, devido à rápida saída para a Fila 2.
- Fila 2: Média, com maior tempo de atendimento e probabilidades de roteamento.
- Fila 3: Menor, devido ao tempo de atendimento maior e poucas saídas.

## Utilização ( $\rho$ ):

- Fila 1: Muito alta, próxima da capacidade máxima.
- Fila 2: Alta, devido ao fluxo de clientes retornando.
- Fila 3: Moderada, com maior flexibilidade no atendimento.

## Tempo Médio de Resposta (W):

- Fila 1: Curto, devido à baixa capacidade e rápido atendimento.
- Fila 2: Médio, com variações dependendo da fila anterior.
- Fila 3: Mais longo, devido ao tempo maior de atendimento.

# Proposta de Melhoria

## Problemas Identificados:

- **Fila 1** tem capacidade muito baixa, resultando em muitas perdas.
- **Fila 2** tem alta probabilidade de retorno, o que pode gerar congestionamento.
- **Fila 3** apresenta tempos de atendimento longos, que podem ser otimizados.

## Melhorias Propostas:

- **Fila 1:** Aumentar a capacidade para 2 clientes, reduzindo perdas.
- **Fila 2:** Reduzir a probabilidade de retorno para a mesma fila (de 50% para 40%).
- **Fila 3:** Melhorar a eficiência do atendimento, reduzindo o tempo máximo de saída de 15 para 12 minutos.

# Comparação dos Resultados

## **Modelo Atual:**

- Alta perda de clientes na Fila 1.
- Congestionamento na Fila 2.
- Tempo de resposta elevado na Fila 3.

## **Modelo Melhorado:**

- Redução significativa de perdas na Fila 1.
- Menos retorno de clientes na Fila 2, diminuindo o congestionamento.
- Redução no tempo médio de atendimento na Fila 3, melhorando o tempo de resposta.

# Conclusão

A simulação do sistema de atendimento em lojas revelou pontos críticos no fluxo de clientes entre as três filas analisadas. O principal desafio foi identificado na **Fila 1**, que apresentou uma alta taxa de perdas devido à sua capacidade limitada. A **Fila 2** demonstrou congestionamento, causado principalmente pela alta probabilidade de retorno dos clientes, enquanto a **Fila 3** apresentou um tempo de atendimento elevado, impactando o tempo de resposta global do sistema.

Com as melhorias propostas, como o aumento da capacidade da Fila 1, a redução da probabilidade de retorno na Fila 2 e a otimização do tempo de atendimento na Fila 3, observamos uma redução nas perdas, melhor equilíbrio entre as filas e uma diminuição no tempo médio de resposta.

Essas mudanças mostraram que, ao ajustar pequenos parâmetros no modelo de filas, é possível otimizar o desempenho geral do sistema de atendimento, oferecendo uma experiência mais ágil e eficiente para os clientes. Assim, a análise e a simulação são ferramentas fundamentais para identificar gargalos e promover melhorias práticas no fluxo de atendimento em lojas ou em outros contextos semelhantes.