

**Uma introdução às técnicas de
simulação de filas de espera
para Directores Clínicos**

Ismael Bernardo

Ricardo Rosa

Rui Assis

2005

Programa



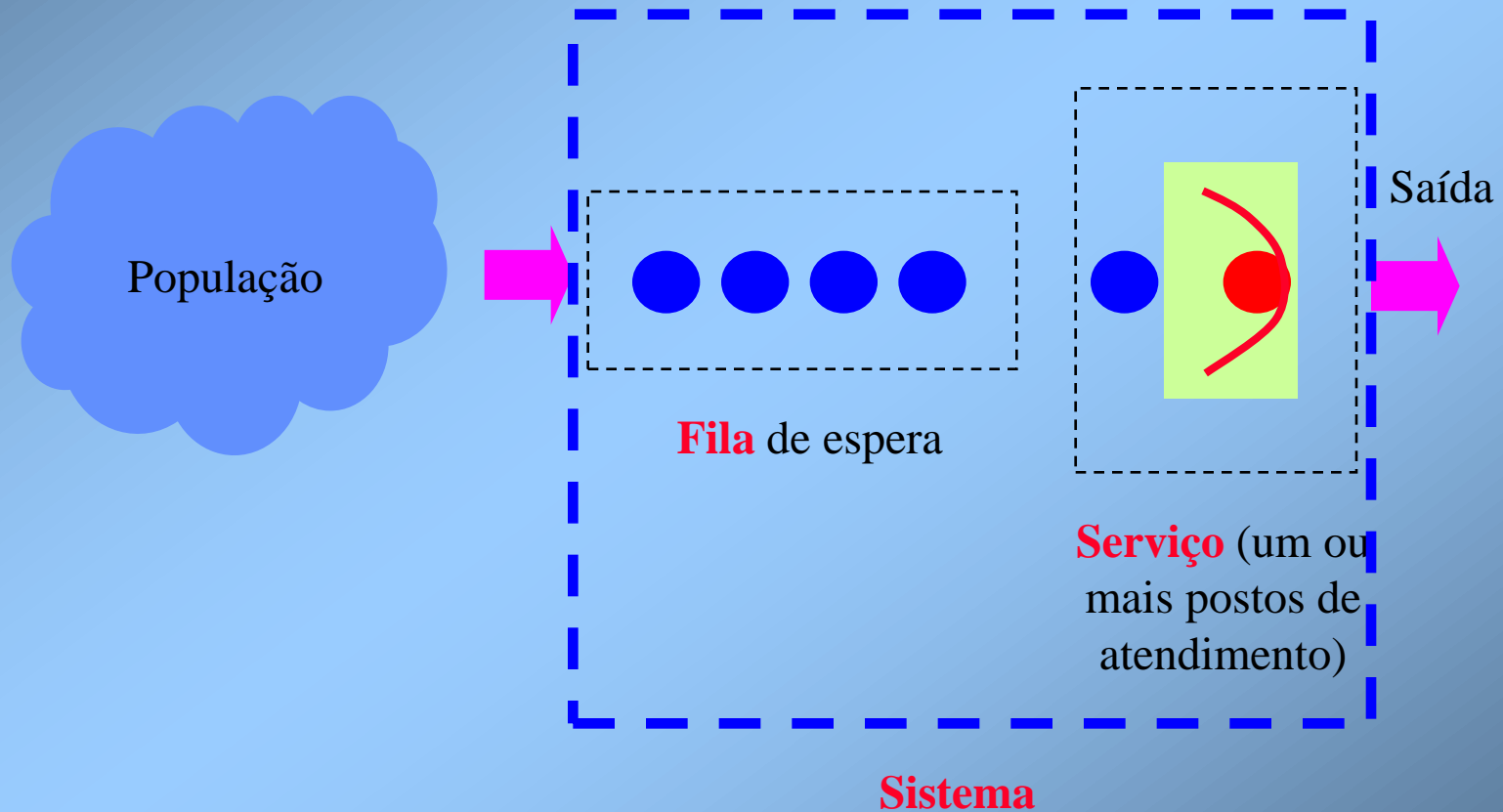
- **Projecção de dois casos** de filas de espera (*Bank e Supermarket*) para enquadramento no tema;
- **Estrutura** de uma fila de espera;
- **Demonstração breve dos resultados** conseguidos com o caso “asma” no *software Eterprise Dynamics (ED)*;
- **Demonstração dos “modelos introdutórios”** (um atendedor, dois atendedores, etc.) no ED;
- **Tipos** de filas de espera e **características** fundamentais;
- **Demonstração dos Modelos 1, 2, 3 e 4** no ED e confrontação dos resultados (comprimentos e tempos em fila de espera e taxas de ocupação) antes e depois de cada uma das inovações às regras de prioridade;
- Síntese, opiniões, conclusões e fecho.

Histórico e aplicações



- Bancos, correios, cafés, repartições, cinema, futebol, supermercados, portagens, urgência hospitalar...
- No século XX surgem ferramentas de modelação – **analítica** (*A.K.Erlang* com os telefones) e **simulação**;
- Clientes – pessoas, veículos, cartas, peças...
- Serviço prestado (qualidade de serviço).

Estrutura de uma fila de espera

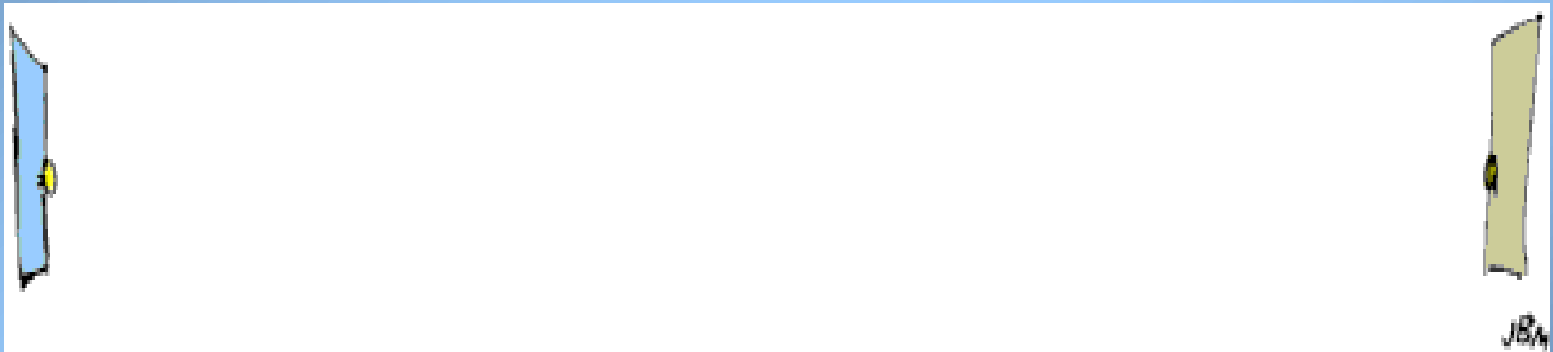


Objectivos gerais



- Tomar decisões sobre:
 - Configurar o sistema
 - Dimensionar o serviço (nº de atendedores)
- Optimizar (encontrar o equilíbrio entre dois extremos):
 - Congestionamento (taxas de ocupação $\cong 100\%$);
 - Rarefacção (ex. Bombeiros)
- Limiares de qualidade de serviço

Há objetivos e objetivos!!!



2ª feira

6ª feira

Objectivos específicos



1. Um doente **pode ver o seu grau de prioridade** (segundo a convenção de **Manchester**) **alterado** conforme se desloca no seu percurso de assistência;
2. Um doente com um grau de prioridade mais baixo (segundo a convenção de **Manchester**) **pode ser “puxado” para o início de uma fila**, se já se encontra em fila de espera há mais tempo do que um limite prefixado;
3. No caso de dois doentes numa fila de espera com igual grau de prioridade (segundo a convenção de **Manchester**), **o primeiro a ser atendido será aquele que puder prosseguir mais rapidamente e sair do sistema mais cedo**, tendo em conta as filas de espera existentes nos postos de atendimento a jusante de cada um dos seus percursos de assistência.

Medidas de desempenho



- **Nº médio** de clientes na fila;
- **Nº máximo** de clientes na fila;
- **Tempo médio** de espera na fila;
- **Tempo máximo** de espera na fila;
- **Taxa de ocupação** do serviço (ou de cada atendedor)

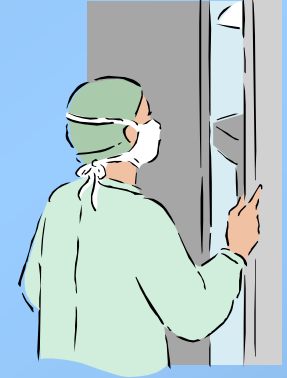
Simuladores

Fonte ou população



- **Dimensão da população:**
 - a) **Finita** ou b) **infinita**
- **Dimensão da chegada:**
 - a) **Simple**s ou b) **em grupo**
- **Controlo da chegada:**
 - a) **Controlável** ou b) **incontrolável**
- **Distribuição da chegada:**
 - a) **Constante** ou b) **aleatória**
- **Taxa de chegada:**
 - a) **Dependente do estado do sistema** ou b) **independente**
- **Atitude dos clientes:**
 - a) **Paciente** ou b) **impaciente**

Disciplina da fila



- **Número de filas:**
 - a) **Simplex** ou b) **múltipla**
- **Comprimento:**
 - a) **Finito** ou b) **infinito**
- **Disciplina:**
 - a) **FIFO** ou b) **prioridades (reservas, idade, emergência...)** c) **aleatória**

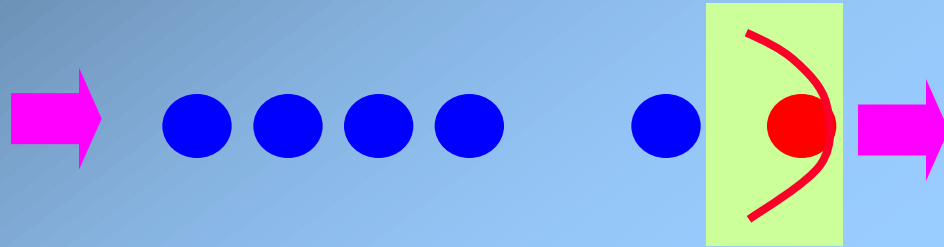
Serviço

- **Configuração:**
 - **a) Um atendedor, uma fase; b) um atendedor, múltiplas fases; c) múltiplos atendedores, uma fase; d) múltiplos atendedores, múltiplas fases; e) redes de filas de espera**

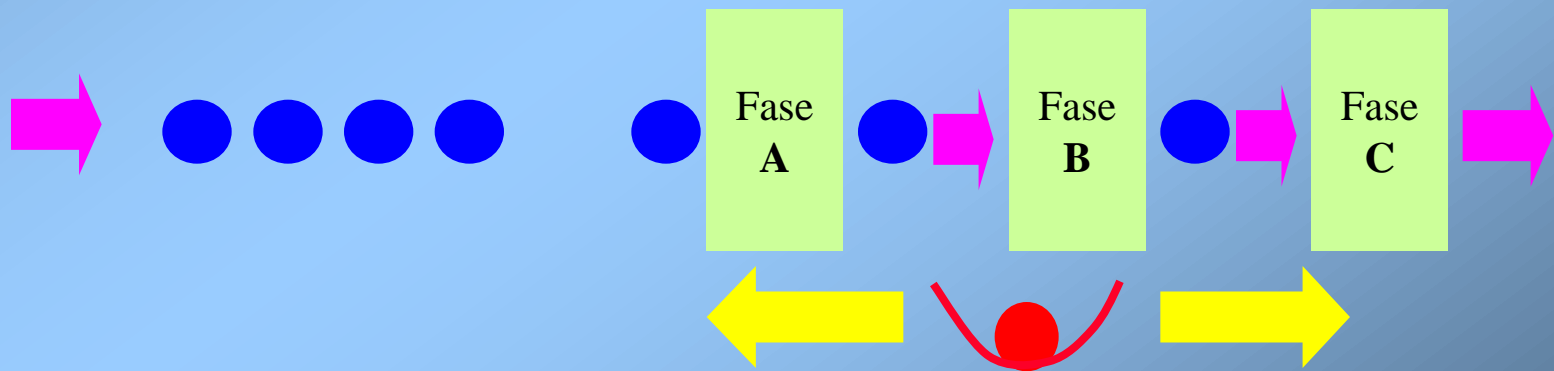


Configuração de uma fila de espera

Um atendedor, uma fase (monocanal, monofase)

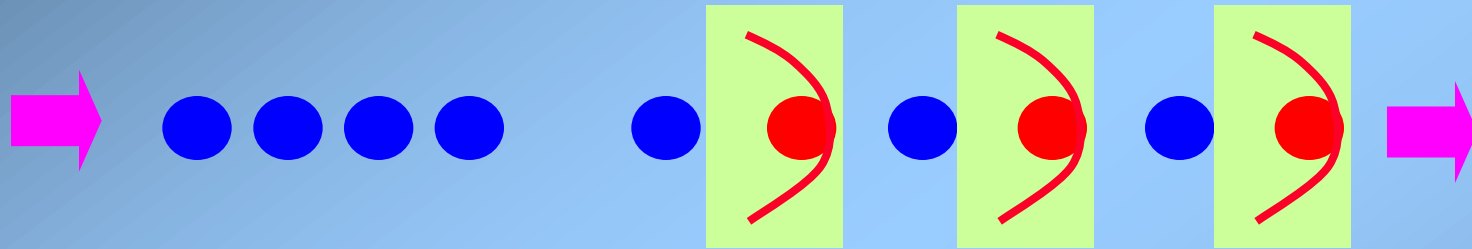


Um atendedor, múltiplas fases (monocanal, multifase)

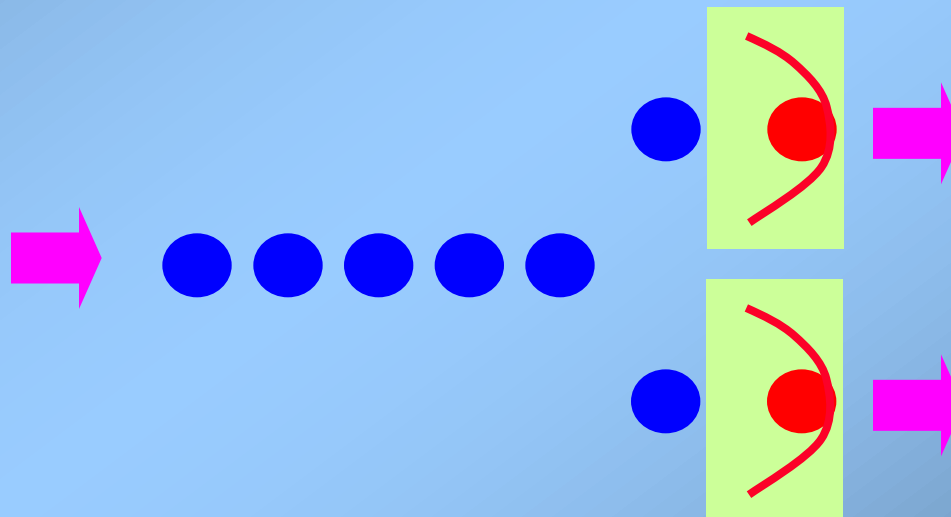


Configuração de uma fila de espera

Múltiplos atendedores, múltiplas fases (monocanal, multifase)

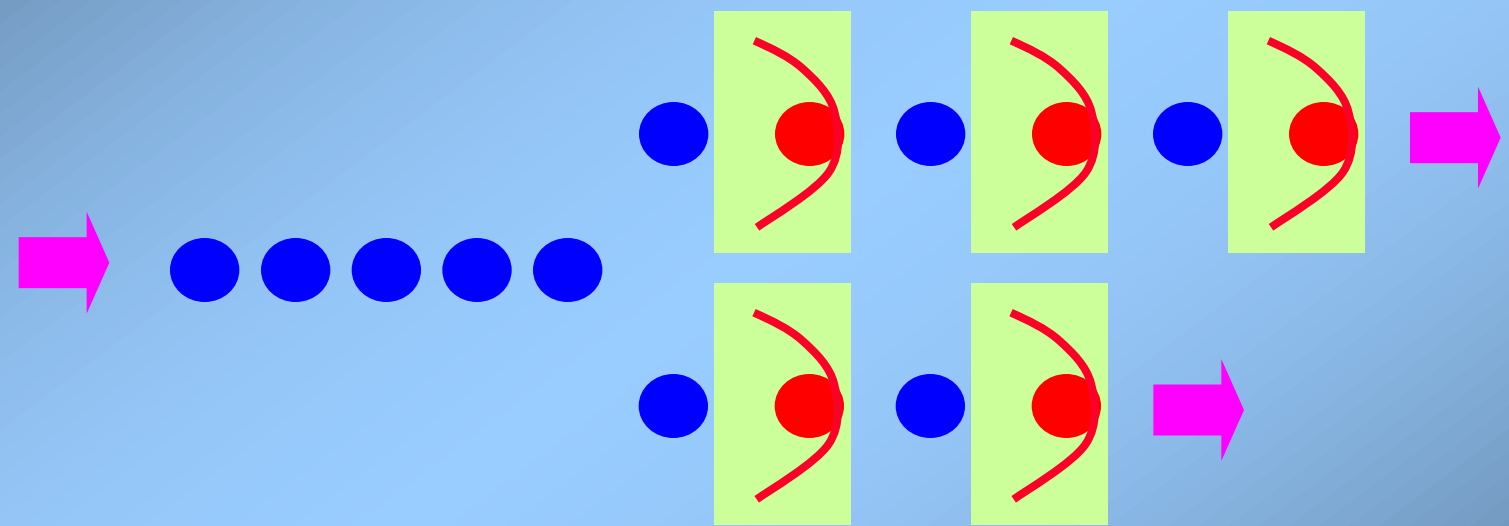


Múltiplos atendedores, uma fase (multicanal, monofase)

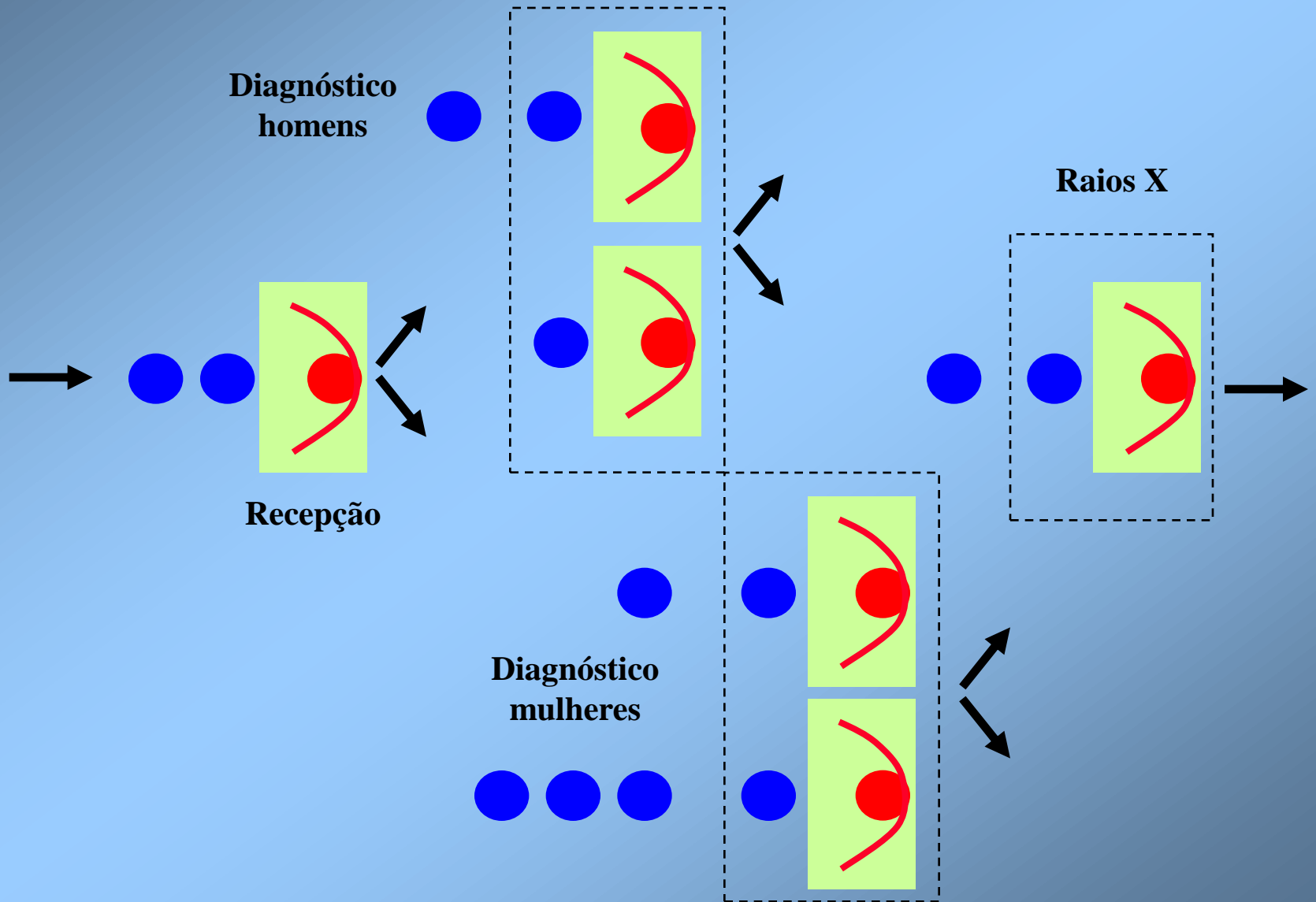


Configuração de uma fila de espera

Múltiplos atendedores, múltiplas fases (multicanal, multifase)



Redes de filas de espera

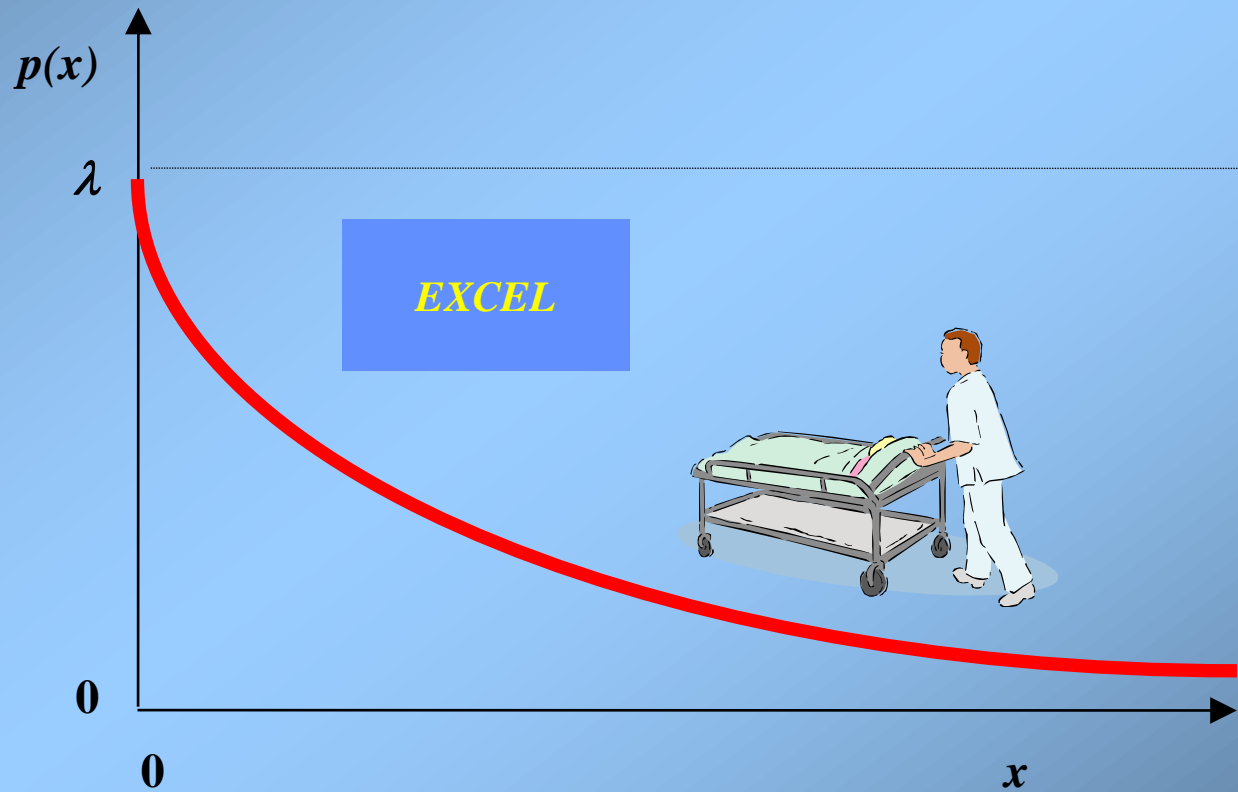


Serviço

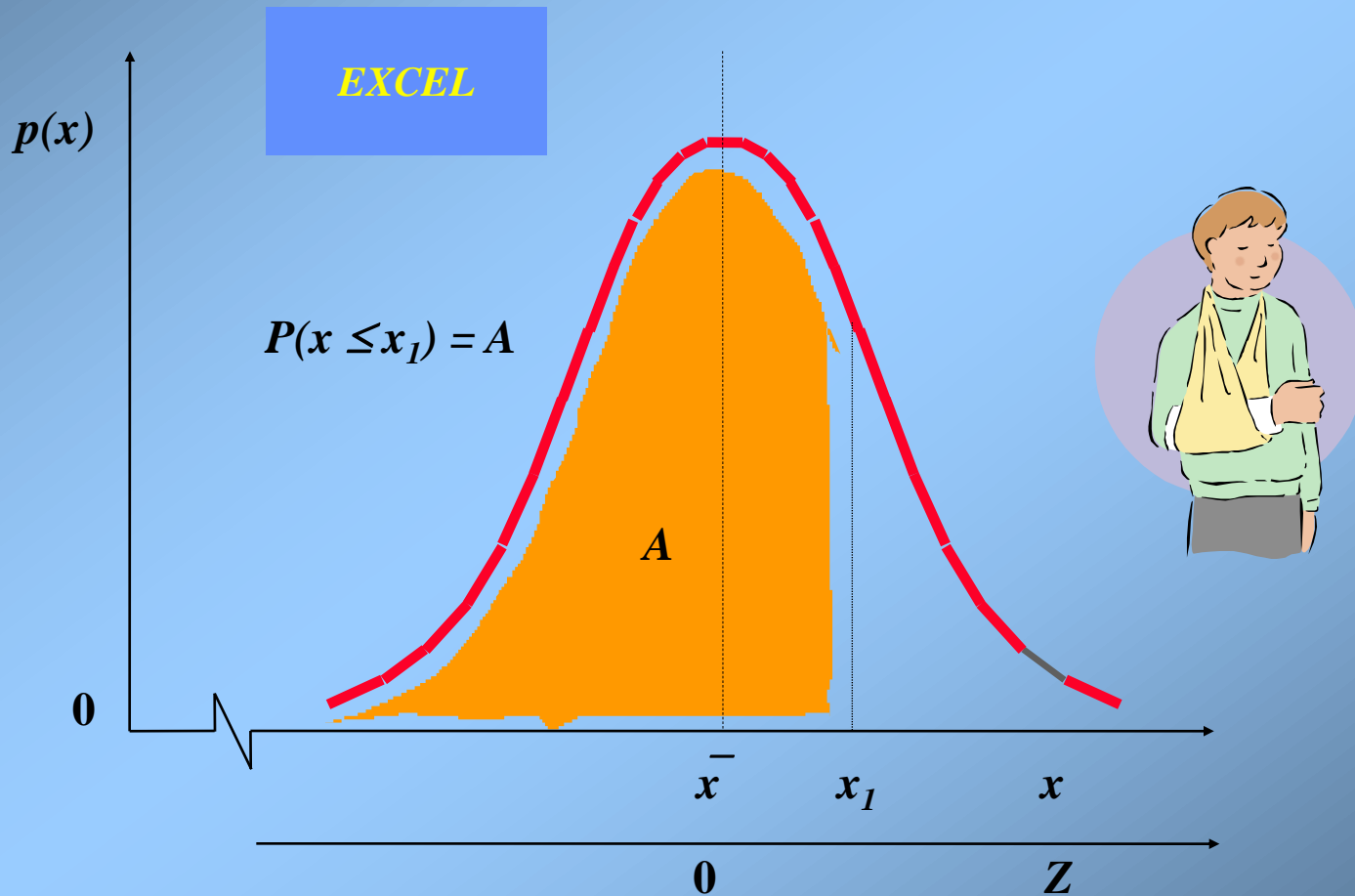
- **Configuração:**
 - a) Um atendedor, uma fase; b) um atendedor, fases múltiplas; c) múltiplos atendedores, uma fase; d) múltiplos atendedores, múltiplas fases; e) redes de filas de espera
- **Dimensão do serviço**
 - a) simples ou b) em grupo
- **Distribuição do serviço**
 - a) constante ou b) aleatória (Exponencial negativa, Erlang...)
- **Taxa de serviço**
 - a) dependente do estado do sistema ou b) independente



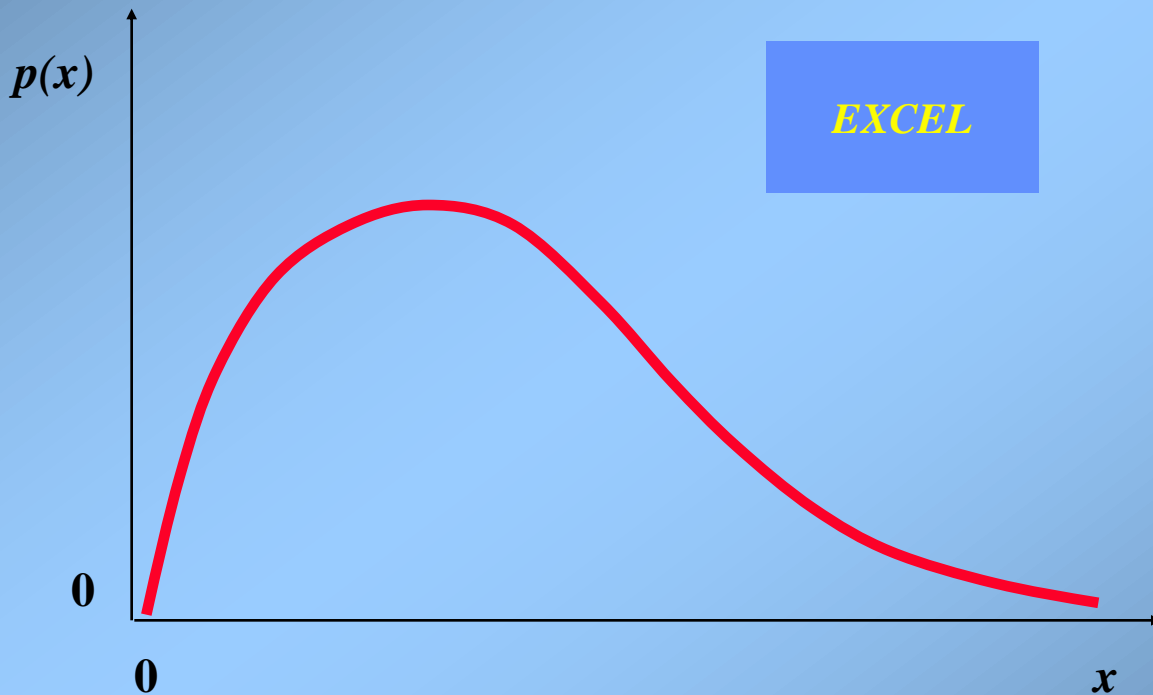
Distribuição de probabilidade exponencial negativa



Distribuição de probabilidade Normal



Distribuição de probabilidade Normal Logarítmica



Exemplos de filas de espera elementares

- **Monocanal monofase** com chegada de acordo com uma distribuição **Exponencial negativa** e atendimento segundo uma distribuição **Normal**

EXCEL

- **Monocanal monofase** com chegada e atendimento de acordo com distribuições **empíricas**

EXCEL

Bibliografia relacionada

- **ASSIS**, Rui, – *Simulação de Sistemas Industriais*, Lisboa, Coleção Modulform, Edições IEFP/ISQ, 2002
- **AVERILL** M. Law *et al.*, *Simulation Modeling and Analysis*, Boston, Mc Graw-Hill, 2000
- **BANKS**, Jerry and John S. Carson, *Discrete Event System Simulation*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1984
- **BULGREN**, William A., *Discrete System Simulation*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1982
- **EVANS**, James R. *et al.*, *Introduction to Simulation and Risk Analysis*, Prentice Hall, New Jersey, 1998

