

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

**Ismael Bernardo**

**Ricardo Rosa**

**Rui Assis**

**2005**

# Programa



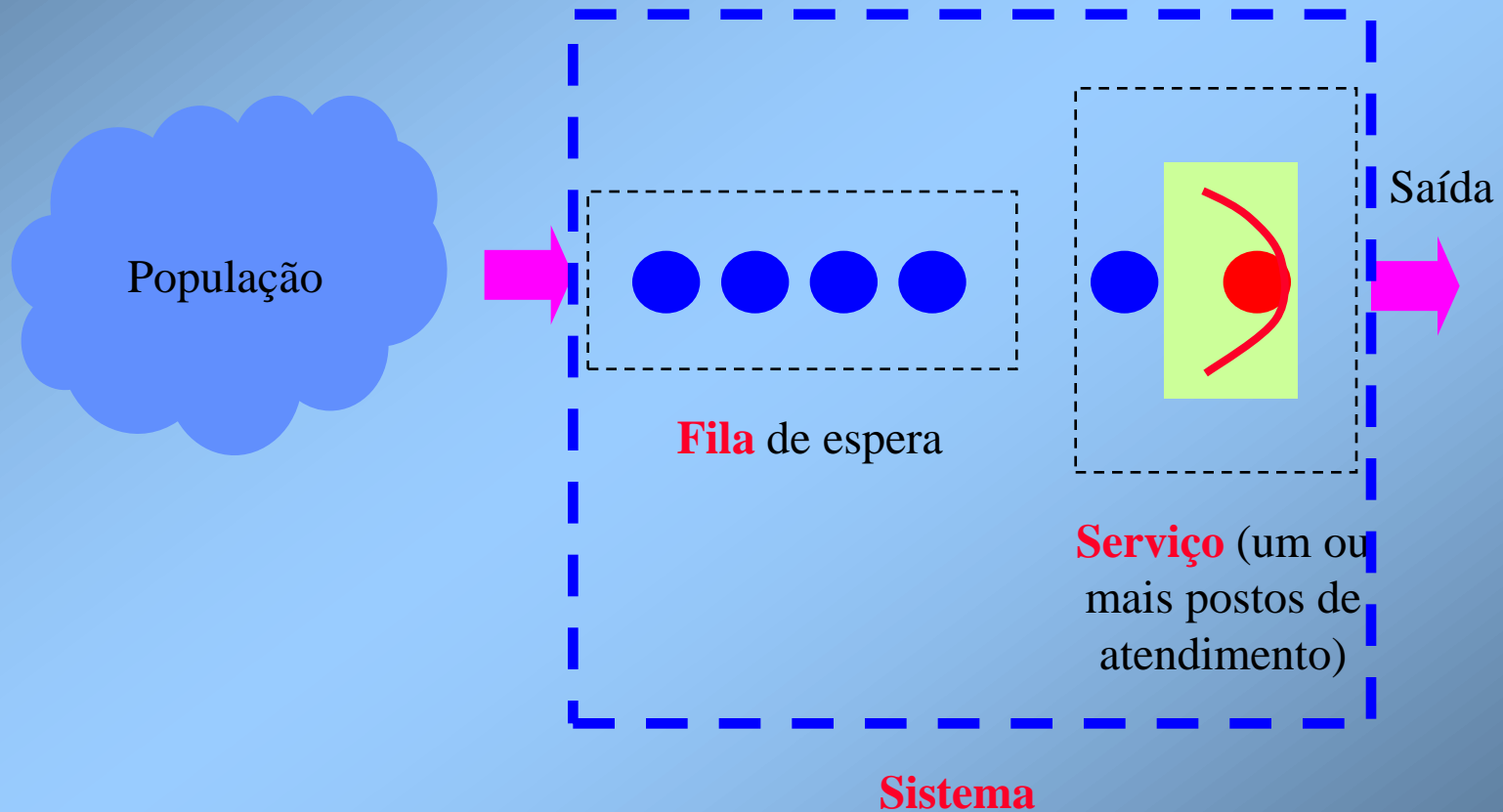
- **Projecção de dois casos** de filas de espera (*Bank e Supermarket*) para enquadramento no tema;
- **Estrutura** de uma fila de espera;
- **Demonstração breve dos resultados** conseguidos com o caso “asma” no *software Eterprise Dynamics (ED)*;
- **Demonstração dos “modelos introdutórios”** (um atendedor, 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

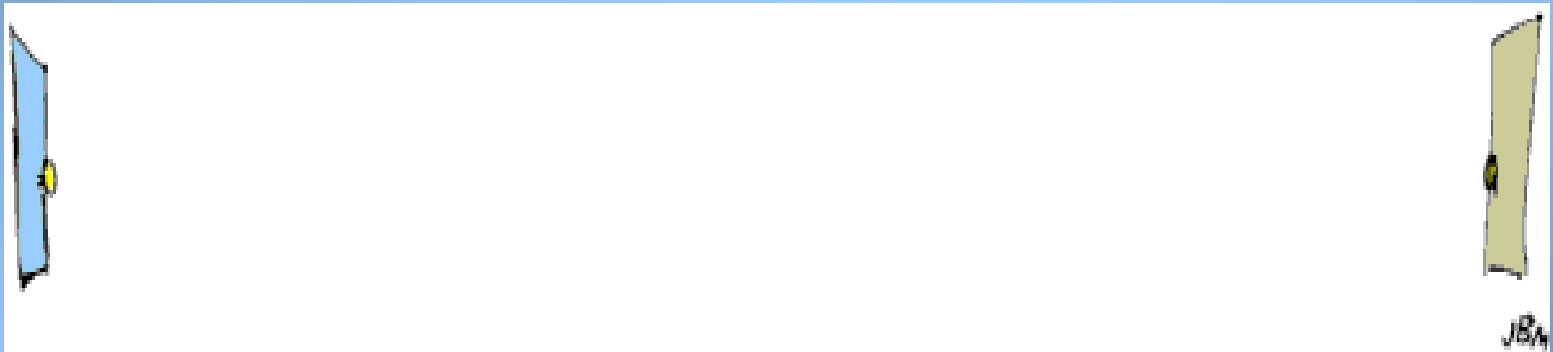


# Objectivos gerais



- 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)

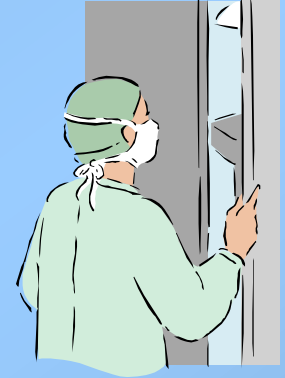
**Simuladores**

# 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**

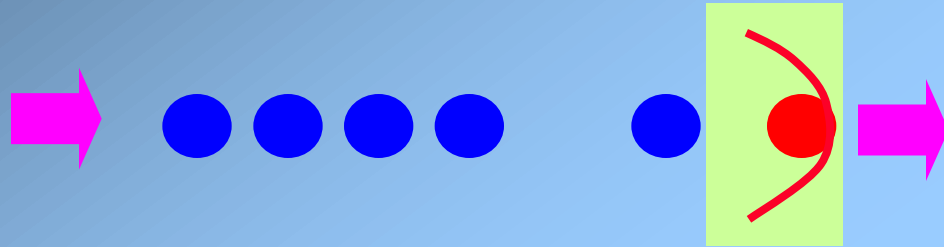
# Serviço

- **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

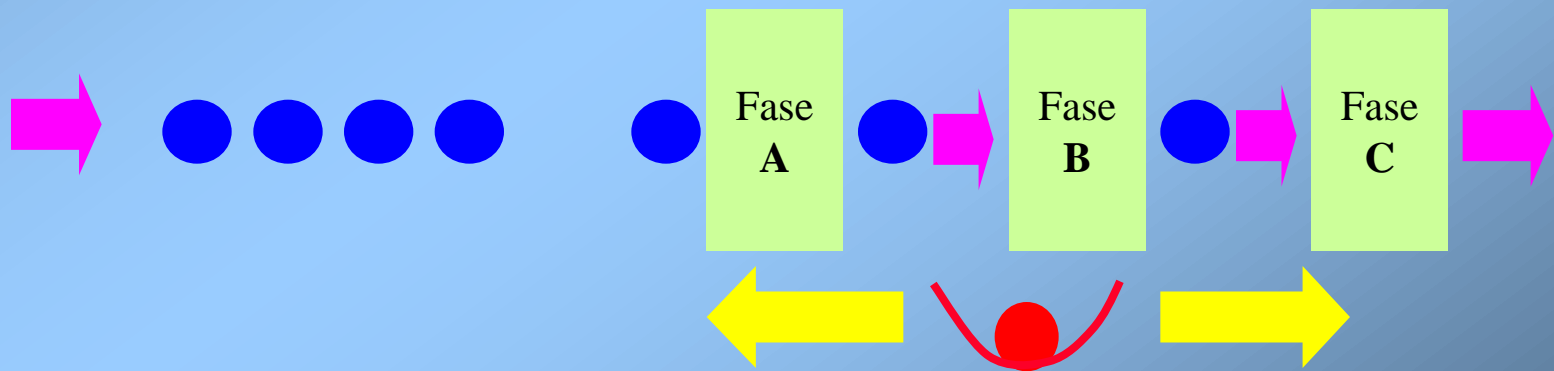


# Configuração de uma fila de espera

**Um atendedor, uma fase (monocanal, monofase)**

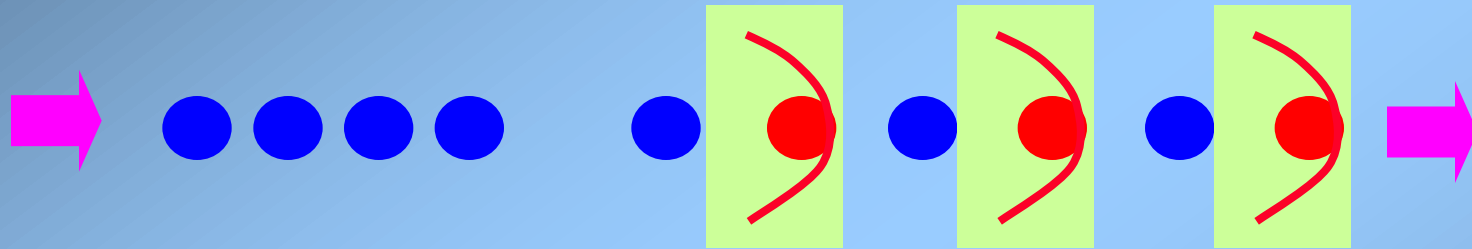


**Um atendedor, múltiplas fases (monocanal, multifase)**

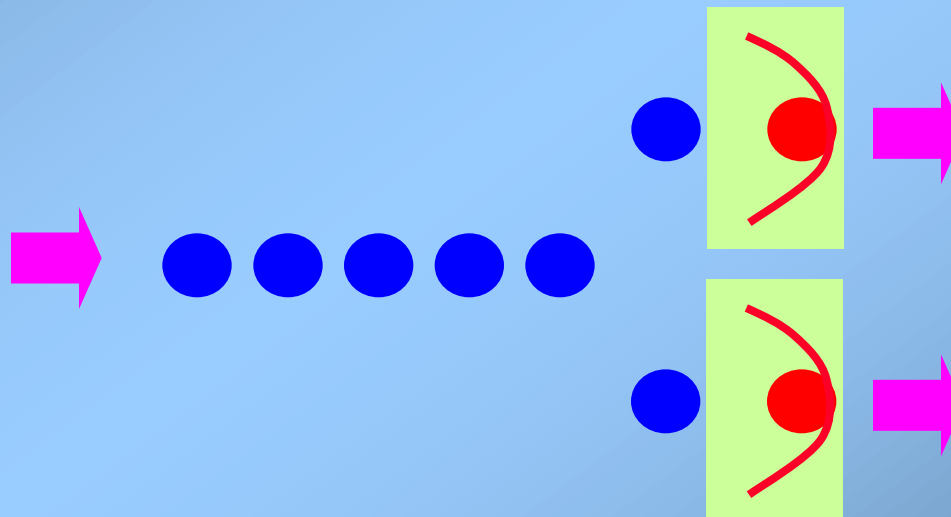


# Configuração de uma fila de espera

**Múltiplos atendedores, múltiplas fases** (monocanal, multifase)

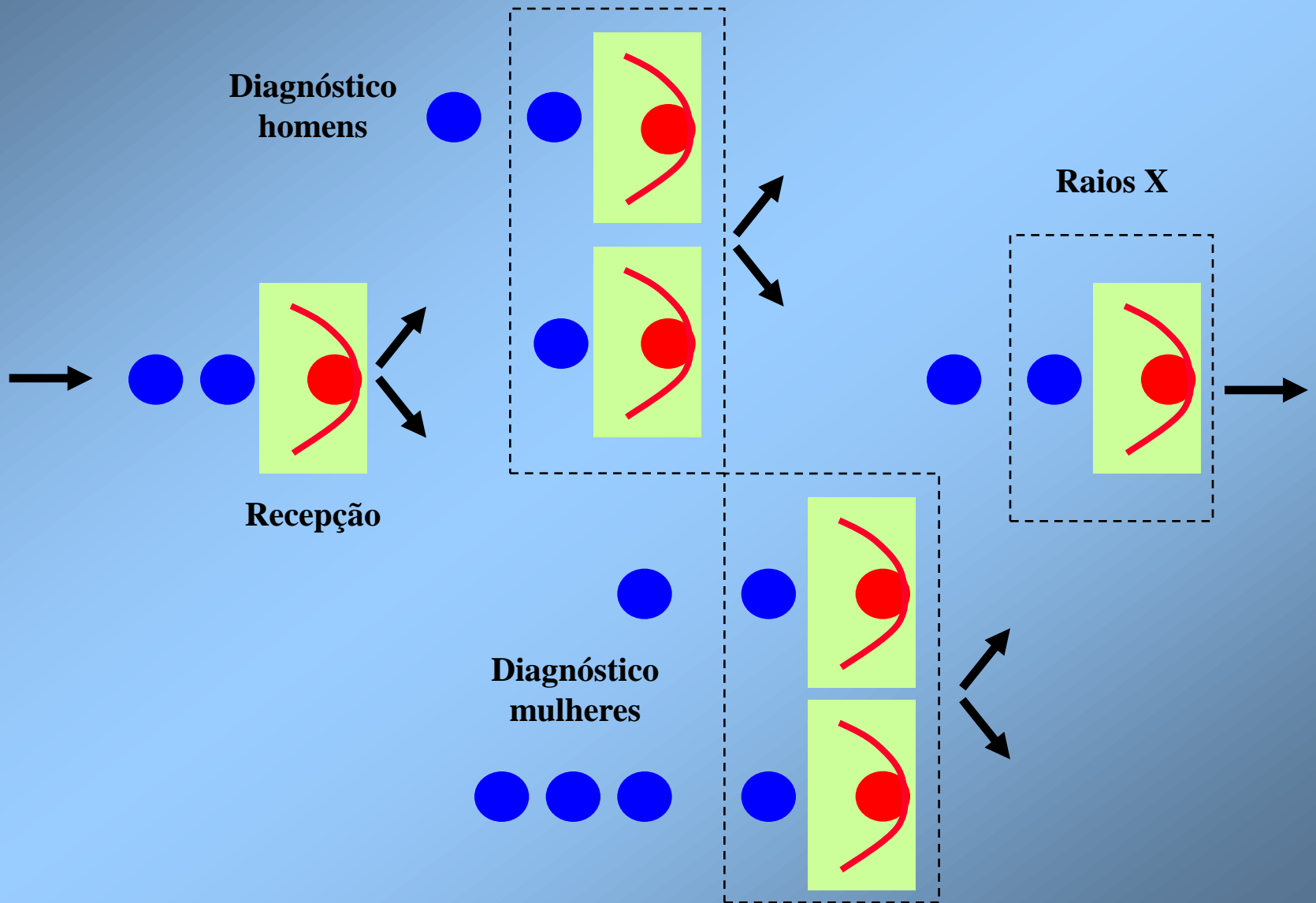


**Múltiplos atendedores, uma fase** (multicanal, monofase)





# Redes de filas de espera

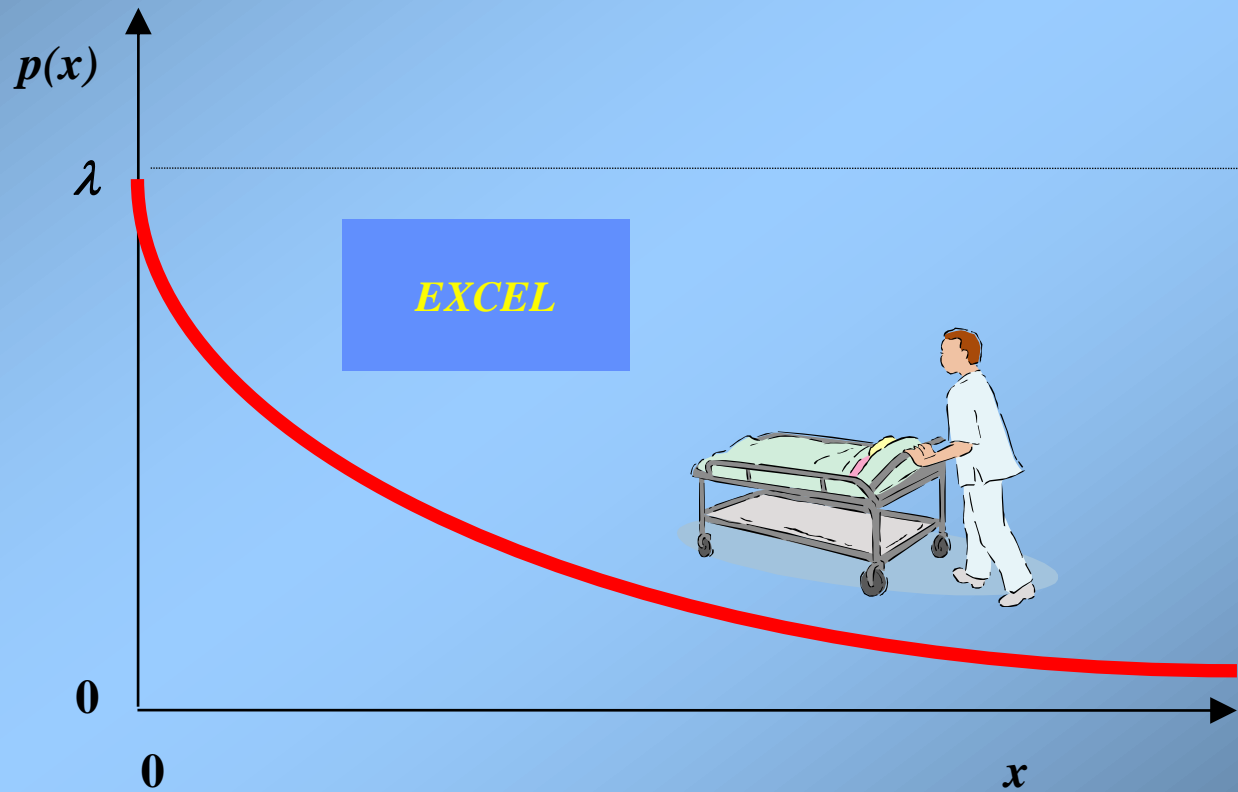


# Serviço

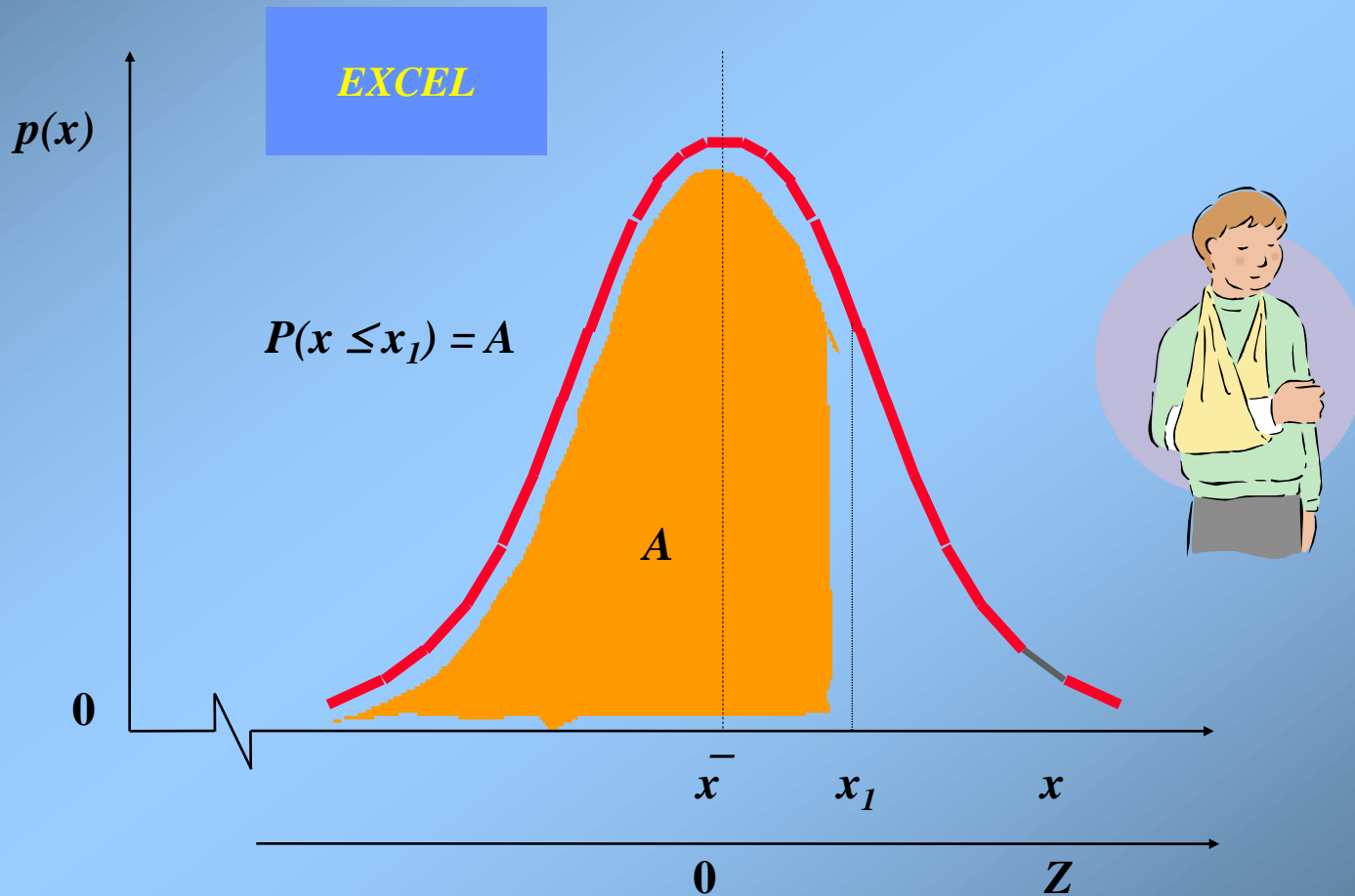
- **Configuração:**
  - a) Um atendedor, uma fase; b) um atendedor, fases múltiplas; c) múltiplos atendedores, uma fase; d) múltiplos atendedores, múltiplas fases; e) redes de filas de espera
- **Dimensão do serviço**
  - a) simples ou b) em grupo
- **Distribuição do serviço**
  - a) constante ou b)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



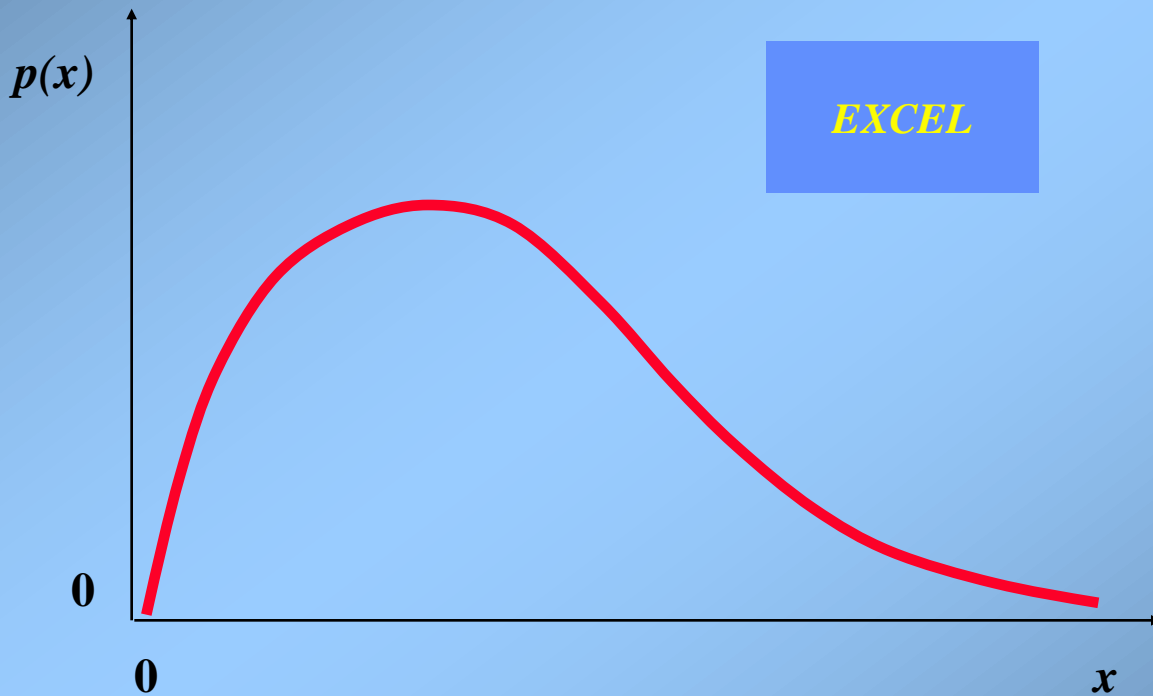
# Distribuição de probabilidade exponencial negativa



# 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, Colecção 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

