Exemplo 3 – Simulação de uma fila

- A sequência de eventos é interpretada de acordo com um **relógio** (tempo de simulação) que define os instantes da ocorrência dos eventos.
- A aleatoriedade para imitar a vida real é implementada através do uso de números aleatórios
- Assume-se que o primeiro elemento (cliente) chega no instante *0* (do relógio). Isto dispara o relógio.
- O segundo tempo de interesse é o tempo de serviço.

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

Tempos entre chegadas *(minutos)*	*Probabilidade*
1	*0,125*
2	*0,125*
3	*0,125*
4	*0,125*
5	*0,125*
6	*0,125*
7	*0,125*
8	*0,125*

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

Tempo de Serviço (minutos)	*Probabilidade*
1	*0,10*
2	*0,20*
3	*0,30*
4	*0,25*
5	*0,10*
6	*0,05*

Clientes	*Aleatorio 1*	*TEC (minutos)*	*Aleatorio2*	*TS (minu tos)*
1	-	-	*84*	*4*
2	*913*	*8*	*10*	*1*
3	*727*	*6*	*74*	*4*
4	*15*	*1*	*53*	*3*
5	*948*	*8*	*17*	*2*
6	*309*	*3*	*79*	*4*
7	*922*	*8*	*91*	*5*
8	*752*	*7*	*67*	*4*
9	*353*	*2*	*89*	*5*
10	*302*	*3*	*38*	*3*
11	*109*	*1*	*32*	*3*
12	*93*	*1*	*94*	*5*
13	*607*	*5*	*79*	*4*
14	*738*	*6*	*5*	*1*
15	*359*	*3*	*79*	*5*
16	*888*	*8*	*84*	*4*
17	*106*	*1*	*52*	*3*
18	*212*	*2*	*55*	*3*
19	*493*	*4*	*30*	*2*
20	*535*	*5*	*50*	*3*

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

- Da simulação podemos encontrar:
  - O tempo médio de espera para os clientes:

Tempo médio de espera = Tempo total que os clientes esperam na fila (minutos) = 56 = 2,8 minutos (minutos/cliente)

  - A probabilidade que o cliente tem de esperar na fila:

Probabilidade (espera) = Número de clientes que ficam na fila de espera = 13 = 0,65 do número total de clientes

  - A proporção de tempo disponível do servidor:

Ociosidade = Tempo tolal em serviço serviço= 18 min

= 0,21 disponível Tempo total de simulação (86 min)

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

- Experimento:

Cliente	Numero aleat. 1	Tempo entre chegadas	Numero aleat. 2	Tempo de atendim.	Hora chegada	Hora atedim.	Hora saida	Tempo na Fila	Tempo no Sistema
1									
2									
3									
4									
5									
...									

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

- Comparação com a solução analítica
  - Prob. sistema ocupado $\rho = \dfrac{\lambda}{\mu}$
  - Prob. Sistema ocioso $P_0 = 1 - \dfrac{\lambda}{\mu}$
  - Tempo médio de espera na fila $W_q = \dfrac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

Das tabelas de tempos

Tempo médio entre chegadas

$= \sum t.p_t$

$=1x0{,}125 + 2x0{,}125 + 3x0{,}125$

$+ 4x0{,}125 + 5x0{,}125 + 6x0{,}125$

$+ 7x0{,}125 + 8x0{,}125$

$= 4{,}5$ min

Tempos entre chegadas *(minutos)*	*Probabilidade*
1	*0,125*
2	*0,125*
3	*0,125*
4	*0,125*
5	*0,125*
6	*0,125*
7	*0,125*
8	*0,125*

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

Tempo médio de atendimento

$= \sum t.p_t$

$=1x0,10 + 2x0,20 + 3x0,30$

$+ 4x0,25 + 5x0,10 + 6x0,05$

$= 3,2$ min

Tempo de Serviço (minutos)	*Probabilidade*
1	*0,10*
2	*0,20*
3	*0,30*
4	*0,25*
5	*0,10*
6	*0,05*

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

- As tabelas nos fornecem os tempos (minutos por cliente)
- Mas
  - λ = **Taxa** de chegada (clientes por minuto)
  - μ = **Taxa** de atendimento (clientes por minuto)
- Assim
  - $\lambda = 1 / 4{,}5 = 0{,}22$ clientes/min = 13,3 clientes/h
  - $\mu = 1 / 3{,}2 = 0{,}31$ clientes/nim = 18,7 clientes/h

Exemplo 3 – Simulação de uma fila

- E

$\rho = 13{,}3/18{,}7 = 0{,}71$

$$Wq = \frac{13{,}3}{18{,}7.(18{,}7 - 13{,}3)} = 0{,}13$$

Exemplo 4 – Fila com dois atendentes

Tempo entre chegadas	*Probabilidade*	*Probabilidade acum.*	*Etiquetas*
1	*0,25*	*0,25*	*01-25*
2	*0,40*	*0,65*	*26-65*
3	*0,20*	*0,85*	*66-85*
4	*0,15*	*1,00*	*86-100*

João

Tempo de serviço	*Probabilidade*	*Probabilidade acum.*	*Etiquetas*
2	*0,30*	*0,30*	*01-30*
3	*0,28*	*0,58*	*31-58*
4	*0,25*	*0,83*	*59-83*
5	*0,17*	*1,00*	*84-100*

José

Tempo de serviço	*Probabilidade*	*Probabilidade acum.*	*Etiquetas*
3	*0,35*	*0,35*	*01-35*
4	*0,25*	*0,60*	*36-60*
5	*0,20*	*0,80*	*61-80*
6	*0,20*	*1,00*	*81-100*