



Cap. 3 Simulação em Modelos de IO

aula 10

SIMO/MQDEE

MARIA CÂNDIDA MOURÃO

(cmourao@iseg.ulisboa.pt)



Cap. 3 Simulação em Modelos de IO

- 3.1. Simulação e Otimização
- 3.2. Geração de instâncias de problemas de otimização
- 3.3. Utilização de software

Bibliografia

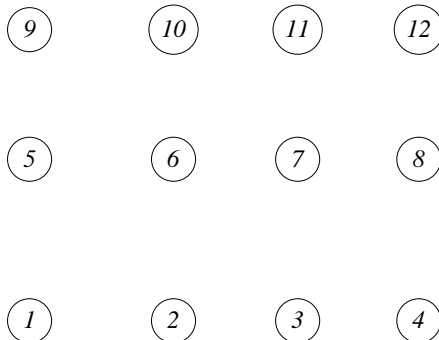
- F.S. Hillier; G.J. Lieberman, Introduction to Operations Research, 9th ed., McGraw-Hill, 2009.
- SIMUL8 Corporation, SIMUL8, Simulation Software, Users annual, www.SIMUL8.com, 2000

Cap. 3 Simulação em Modelos de IO

- Geração de Eventos - NPA's
- Simulação de Sistemas - Filas de Espera
- Geração de Instâncias de Problemas de Otimização
 - ✓ Redes Conexas
 - ✓ Planares; Esparsas; Densas; ...
 - ✓ Parâmetros
 - ✓ Nodos - ofertas / procuras / peso / ...
 - ✓ Arcos - custo / peso / capacidade / fiabilidade / procura / oferta / ...

} **NPAs**

Cap. 3 Simulação em Modelos de IO

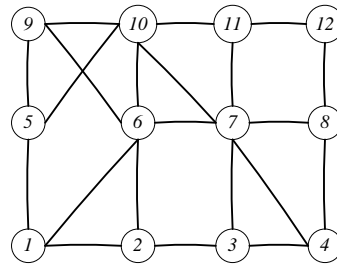


Cap. 3 Simulação em Modelos de IO

> Definir:

- ✓ Probabilidades de criar ligação
- ✓ Retirar os nodos de grau zero
- ✓ Parâmetros ...

> Verificar a conexidade da rede



EXEMPLO – Excel / VBA

Cap. 3 Simulação em Modelos de IO

Geração de Redes

0. Input: ncolunas; nlinhas; α ; β ; δ

1.// 1ª linha

linha \leftarrow 1; coluna \leftarrow 1; nodo \leftarrow 1

while (coluna < ncolunas) do

nodo \leftarrow nodo + 1; If (Rnd < α) then Cria_Aresta: aresta \leftarrow (nodo, nodo-1)

coluna \leftarrow coluna + 1

wend

2. linha \leftarrow linha + 1; coluna \leftarrow 1

3.// restantes linhas

while (linha <= nlinhas) do

while (coluna <= ncolunas) do

If (coluna = 1) then If (Rnd < β) then Cria_Aresta: aresta \leftarrow (nodo, nodo-ncolunas);

If (Rnd < δ) then Cria_Aresta: aresta \leftarrow (nodo, nodo-ncolunas+1);

Else If (Rnd < α) then Cria_Aresta: aresta \leftarrow (nodo, nodo-1);

If (Rnd < β) then Cria_Aresta: aresta \leftarrow (nodo, nodo-ncolunas);

If (Rnd < δ) then Cria_Aresta: aresta \leftarrow (nodo, nodo-ncolunas-1);

If (coluna < ncolunas) then

If (Rnd < δ) then Cria_Aresta: aresta \leftarrow (nodo, nodo-ncolunas+1);

coluna \leftarrow coluna + 1; nodo \leftarrow nodo + 1

wend

coluna \leftarrow 1; linha \leftarrow linha + 1

wend

Exemplo – Excel/VBA

Cap. 3 Simulação em Modelos de IO

Simulação

- ✓ Conceitos
- ✓ Modelações



SIMUL8

Simulação – imitar a realidade!

- ✓ Duplicar os voos num aeroporto!

Simulação - Introdução

Sistema – coleção de entidades individuais - **eventos**

Evento - situação que provoca uma alteração instantânea e relevante no sistema



Sistema:

- dividido em eventos que podem ser preditos
- considerar todas as possíveis interações entre os eventos
- altera-se com o decorrer do tempo - **relógio** → mecanismo de atualização do tempo (fixo ou até ao próximo evento)

Simulação - Introdução

Princípios:

- ✓ A analista constrói o modelo do sistema em estudo
- ✓ Identifica todos os eventos e possíveis interações
- ✓ Por computador simula o funcionamento do sistema adotando uma de várias estratégias de gestão possíveis
- ✓ Repetindo a simulação com diferentes estratégias de gestão fica apto a escolher a mais favorável

Simulação permite de forma simples responder a perguntas de tipo: “e se?”

Simulação - Exemplo

Um banco com um caixa a atender. Chega uma pessoa de 10 em 10 minutos.

Acabou de chegar uma pessoa e o servidor estava vazio. Os tempos de atendimento são os representados na tabela seguinte:

Cliente n.º	1	2	3	4	5	...
Tempo de atendimento (min)	22	8	2	5	10	...



Simulação - Exemplo

Relógio (min)	Evento	N.º Clientes	Instante da Próxima		Próximo Evento
			Chegada	Partida	
0					
--					

Simulação - Exemplo

Relógio (min)	Evento	N.º Clientes	Instante da Próxima		Próximo Evento
			Chegada	Partida	
0	Chega C1 Inic. Serviço C1	1	10	22	Chegada
10	Chega C2	2	20	22	Chegada
20	Chega C3	3	30	22	Partida
22	Parte C1 Inic. Serviço C2	2	30	$22+8=30$	Chegada Partida
30	Chega C4 Parte C2 Inic. Serviço C3	2	40	$30+2=32$	Partida
32	Parte C3 Inic. Serviço C4	1	40	$32+5=37$	Partida
37	Parte C4	0	40	–	Chegada
...					

Simulação - Introdução

Eventos – Gerados pela geração de **NPA's** (exemplo – instantes de chegada; tempos de serviço) tendo em conta as distribuições de probabilidade respetivas

NA's – Uma sequência de **Números Aleatórios** com distribuição **F** é qualquer sequência de valores que do ponto de vista estatístico possam ser considerados como resultados plausíveis da realização de experiências aleatórias e independentes cuja v.a. associada tem distribuição **F** (lançamento de um dado equilibrado)








NPA's – obtidos por métodos aritméticos de geração de números aleatórios; dado o 1º valor (**semente**) ficam todos conhecidos!

Excel: SIMUL8

SIMUL8

Objetos:

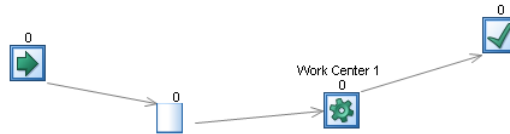
- ✓ Pontos de Entrada 
- ✓ Centros de Trabalho – onde é feito o trabalho/serviço  Work Center 1
- ✓ Filas de Espera – espera até ser possível passar para o objeto seguinte 
- ✓ Recursos – pessoas, ... – necessários nos centros de trabalho 
- ✓ Pontos de Saída 

SIMUL8

SIMUL8

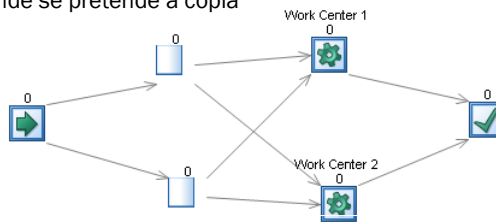
Setas de Fluxo de Trabalho:

- ✓ Indicam o caminho que será seguido pelos fluxos durante a simulação (SHIFT + movimentar o rato entre o objeto inicial e o final)



SIMUL8

- ✓ Copiar Objetos com as respetivas ligações: CTRL + seleccionar o objeto e “largar” no local onde se pretende a cópia



SIMUL8

Pontos de Entrada

Nome →

Help →

Δtempo entre 2 chegadas sucessivas →

Distribuições de probabilidade para NPA's →

Chegadas não automáticas! Lidas de ficheiros →

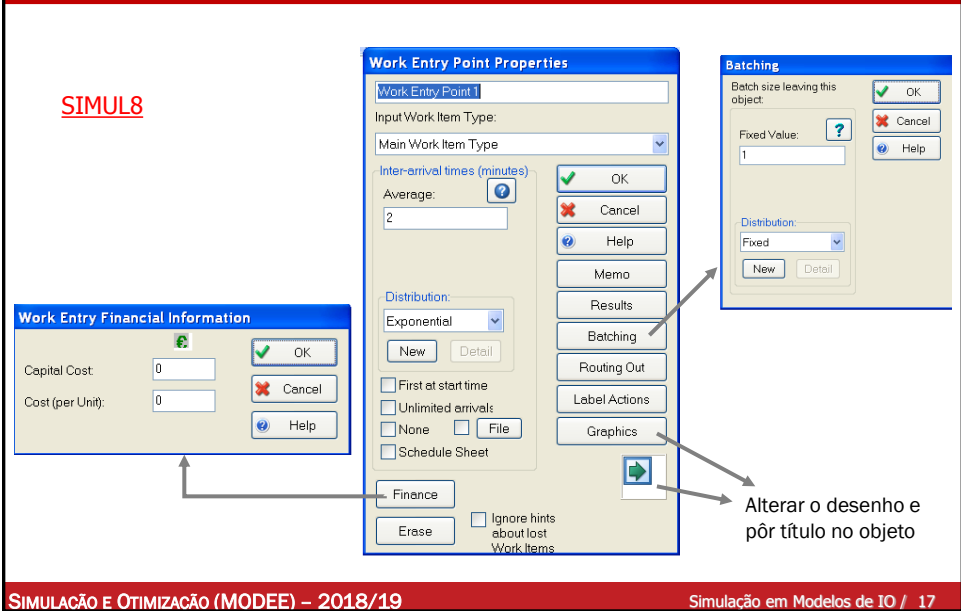
Alerta para possível perdas nas entradas!

Colocar/Tirar informação →

SIMUL8

Pontos de Entrada

SIMUL8



Work Entry Point Properties

Work Entry Point 1

Input Work Item Type:

Main Work Item Type

Inter-arrival times (minutes)

Average: 2

Distribution: Exponential

Buttons: OK, Cancel, Help, Memo, Results, Batching, Routing Out, Label Actions, Graphics, Finance, Erase, Ignore hints about lost Work Items

Work Entry Financial Information

Capital Cost: 0

Cost (per Unit): 0

Buttons: OK, Cancel, Help

Batching

Batch size leaving this object: 1

Fixed Value: 1

Distribution: Fixed

Buttons: OK, Cancel, Help, New, Detail

Alterar o desenho e pôr título no objeto

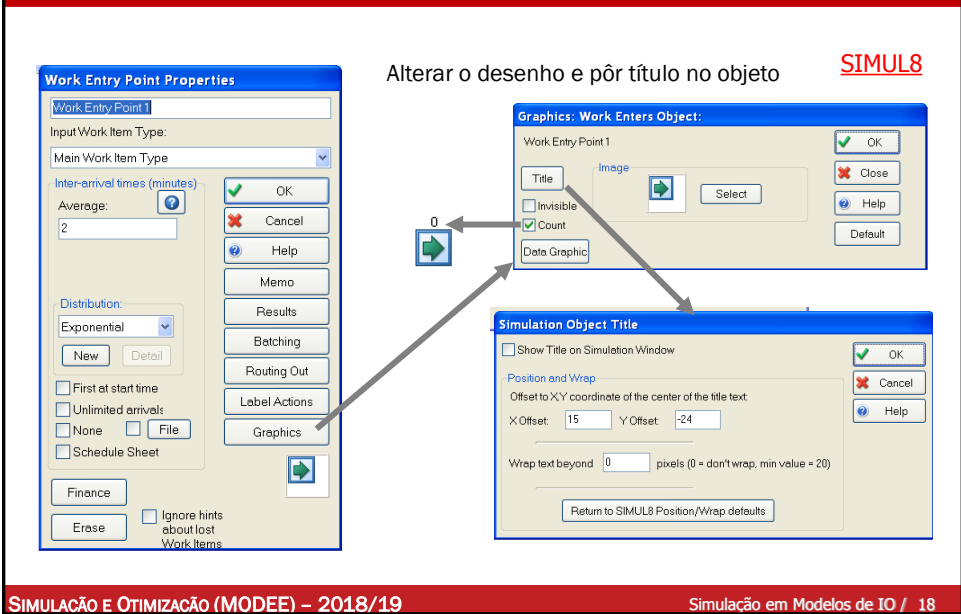
SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO (MODEE) – 2018/19

Simulação em Modelos de IO / 17

Pontos de Entrada

SIMUL8

Alterar o desenho e pôr título no objeto



Work Entry Point Properties

Work Entry Point 1

Input Work Item Type:

Main Work Item Type

Inter-arrival times (minutes)

Average: 2

Distribution: Exponential

Buttons: OK, Cancel, Help, Memo, Results, Batching, Routing Out, Label Actions, Graphics, Finance, Erase, Ignore hints about lost Work Items

Graphics: Work Enters Object:

Work Entry Point 1

Title

Image

Select

Buttons: OK, Close, Help, Default

Simulation Object Title

Show Title on Simulation Window

Position and Wrap

Offset to XY coordinate of the center of the title text:

X Offset: 15 Y Offset: -24

Wrap text beyond: 0 pixels (0 = don't wrap, min value = 20)

Return to SIMUL8 Position/Wrap defaults

Buttons: OK, Cancel, Help

SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO (MODEE) – 2018/19

Simulação em Modelos de IO / 18

Centros de Trabalho

Definição de recursos

Work Center Properties
 Work Center: 1
 Timing (minutes): Average: 10
 Distribution: Average
 High Volume:
 Finance, Erase, On State Change, OK, Cancel, Help, Memo, Results, Resources, Efficiency, Routing In, Out, Label Actions, Priority, Replicate = 1, Contents, Graphics, Shifts

Efficiency
 Auto (selected), Detailed
 Efficiency %: 100
 Average Repair time: ?
 OK, Cancel, Help

Routing Out From:
 Discipline: Ignore Blocked Routes, Circulate, Uniform, Percent, Priority, Label, Shortest Queue, Passive, Jobs Matrix, Cycle Matrix
 To: Add, Remove, 1: Work Complete 1
 OK, Cancel, Help, Travel, Place At, Batching, More >>

Centros de Trabalho

Controlar de onde chega o trabalho e como chega

Work Center Properties
 Work Center: 1
 Timing (minutes): Average: 10
 Distribution: Average
 High Volume:
 Finance, Erase, On State Change, OK, Cancel, Help, Memo, Results, Resources, Efficiency, Routing In, Out, Label Actions, Priority, Replicate = 1, Contents, Graphics, Shifts

Routing In To: Work Center 2
 Selection Method | Options | Change Over
 Add, Remove, Place At, OK, Close, Help
 1: Queue for Work Center 1
 Discipline: Priority, Collect, Passive
 More >>

Seleciona a entrada da 1ª possibilidade de onde exista trabalho para entrar neste centro

Centros de Trabalho

Work Center Properties

Work Center 1

Timing (minutes)

Average: 10

Distribution: Average

High Volume

Finance

Erase

On State Change

OK

Cancel

Help

Memo

Results

Resources

Efficiency

Routing In Out

Label Actions

Priority

Replicate = 1

Contents

Graphics

Shifts

Routing In To: Work Center 2

Selection Method | Options | Change Over

Add Remove Place At

1 Queue for Work Center 1

Discipline

Priority

Collect

Passive

Expired Only

Oldest

Youngest

Longest

Circulate

Locked

Cycle Matrix

Schedule

Do not collect until all available

Match

Assemble

More>>

Assembly time-in-system from:

First Collected

First in List

Youngest

Oldest

Set to Now

Point the mouse at any option to automatically see a help bubble.

Label values from:

Highest

Lowest

Selected

OK

Close

Help

Outras disciplinas

aceita trabalhos que tenham excedido a "shelf life" na FILA

SIMUL8

SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO (MODEE) – 2018/19

21

Centros de Trabalho

Work Center Properties

Work Center 1

Timing (minutes)

Average: 10

Distribution: Average

High Volume

Finance

Erase

On State Change

OK

Cancel

Help

Memo

Results

Resources

Efficiency

Routing In Out

Label Actions

Priority

Replicate = 1

Contents

Graphics

Shifts

Timing Orientation

How is work time calculated

Standard (Recommended for most simulations)

Zero, use time for interval to next job

Use Jobs Matrix View

Use Cycle Matrix View

From Sub Process starting:

OK

Cancel

Help

Set Time Scale

Routing In To: Work Center 1

Selection Method | Options | Change Over

Add Remove Place At

Special Options

Interruptible

Use Label Batching Detail

Batch by type Detail

Wait until exit clear

Reuse Resources

Visual Logic

Before Selecting

Alter Loading Work

OK

Close

Help

Só aceita trabalho quando a saída deste centro já for possível!

SIMUL8

SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO (MODEE) – 2018/19

Simulação em Modelos de IO / 22

Filas

Storage Bin Properties

Properties | Visual Logic

Queue for Work Center: Queue for Work Center 1

Capacity: Finite Infinite

Shelf Life: Finite None

Min Wait Time: (minutes)

Prioritize

LIFO

High Volume

Segregate Results

Finance Erase

OK Cancel Help Memo Results Start-Up Contents Graphics

Storage - Initial Conditions

Number of items in storage: 1

Work Item Type: Main Work Item Type

OK Cancel Help Label Actions

Nº máximo de itens

Tempo máximo e mínimo que é permitido ficar na fila

Disciplina da Fila se diferente de FIFO

Juntamente com o "Expired Only" no Centro de Trabalho controla o tempo que um item pode ficar numa Fila

Pontos de Saída

Work Complete Properties

Work Complete 1

OK Cancel Help Memo Results Graphics

Finance Erase

Halt Simulation at Limit 10000

Segregate Results

High Volume

File

Limite ao nº de tarefas a processar

Exemplo 1

Num posto clínico existe um único oftalmologista para atender os doentes. A chegada destes ao posto segue uma distribuição Poisson de média 3 por hora. O oftalmologista consegue ver, em média, 5 doentes por hora, podendo o tempo que cada doente leva a ser atendido ser aproximado por uma v.a. Exponencial.

Utilizando o **SIMUL8**, simule o funcionamento do sistema até terem sido vistos 20 doentes, de forma a saber:

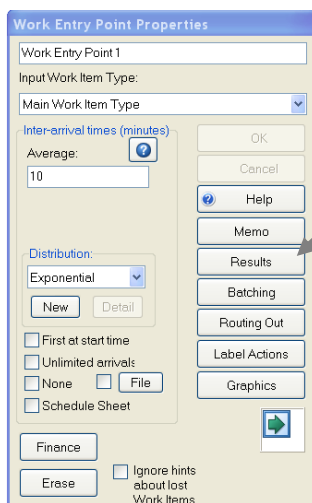
- a) o tempo médio de espera dos doentes;
- b) o tempo durante o qual o médico não terá doentes para ver.

Suponha que parte de um instante inicial no qual não há doentes no posto.

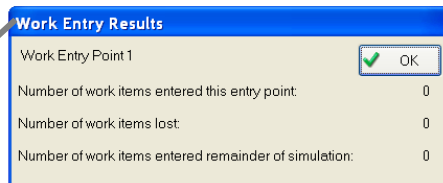


SIMUL8

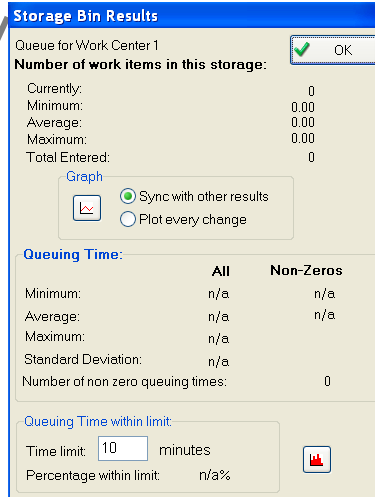
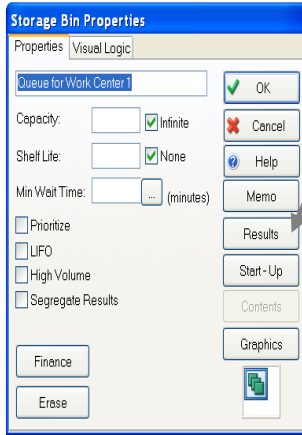
Resultados das Entradas



SIMUL8

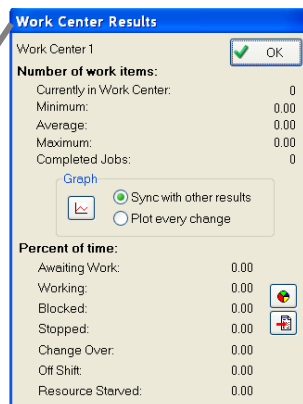
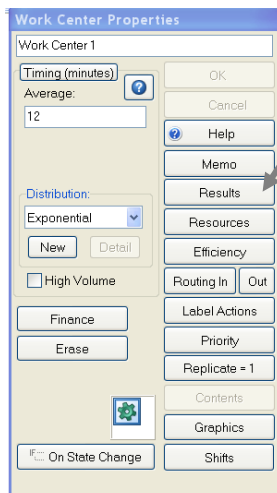


Resultados das Filas



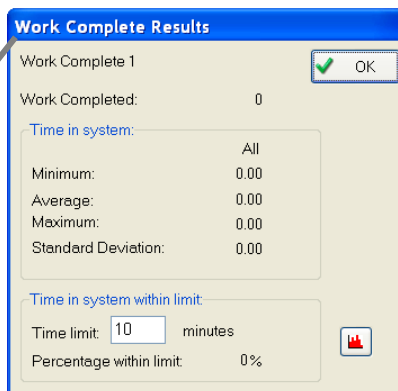
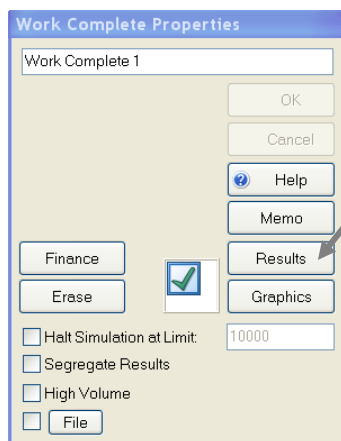
SIMUL8

Resultados dos Serviços



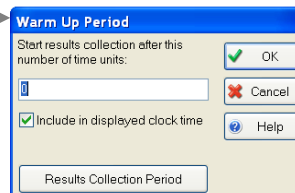
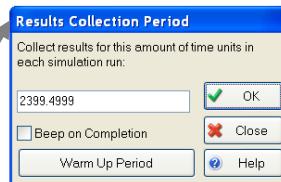
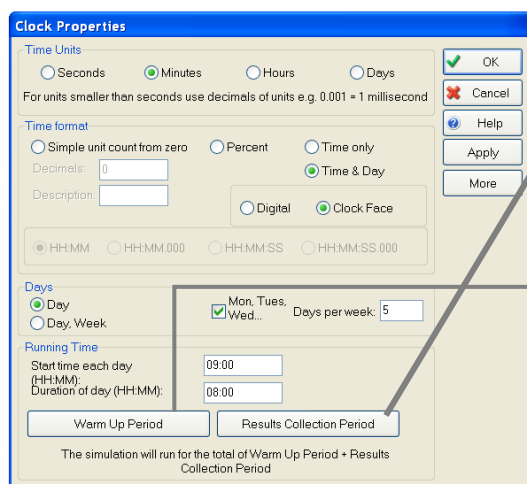
SIMUL8

Resultados das Saídas



SIMUL8

Relógio



SIMUL8

➤ Velocidade!

Exemplo 2

Num centro de saúde existem dois médicos de clínica geral para atender os doentes. A chegada destes ao posto segue uma distribuição Poisson de média 10 por hora. Um dos médicos consegue ver, em média, 5 doentes por hora, enquanto o outro apenas vê, em média, 3 doentes por hora, podendo o tempo que cada doente leva a ser atendido por cada um dos médicos ser aproximado por uma v.a. Exponencial. Os doentes são vistos por um qualquer dos médicos.

Suponha que parte de um instante inicial no qual não há doentes no centro e utilize o **SIMUL8**, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, de forma a saber:

- a) o tempo médio de espera dos doentes;
- b) o tempo durante o qual os médicos não terão doentes para ver;
- c) se será preciso contratar mais médicos
- d) Repita o problema mas supondo que o valor médio das chegadas baixa para 6 por hora



Cap. 3 Simulação em Modelos de IO

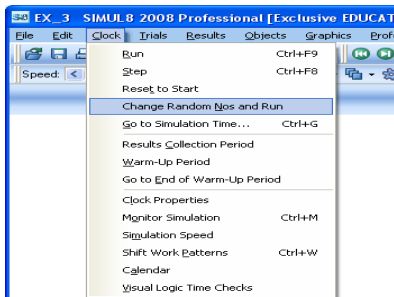
aula 11

SIMO/MQDEE

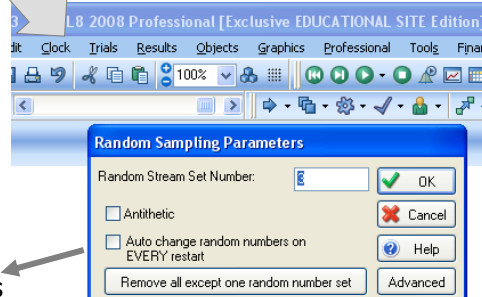
MARIA CÂNDIDA MOURÃO

(cmourao@iseg.ulisboa.pt)

NPA's



Para utilizar NPA's diferentes em diferentes simulações



Nota: Por defeito, em 2 corridas diferentes são utilizados os mesmos NPA's – **Comparar estratégias!**

Para utilizar NPA's diferentes em cada nova "corrida"

Simulação

Exemplo 3

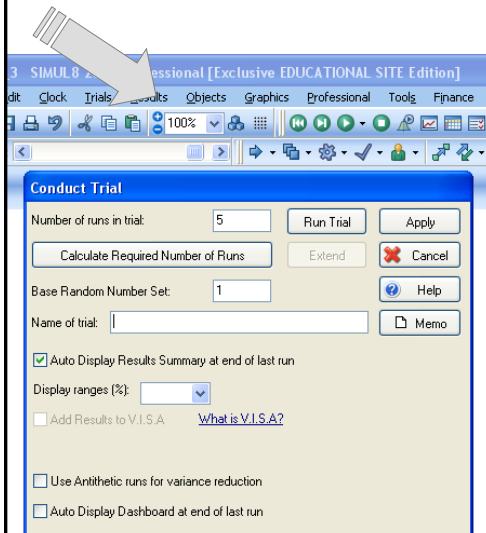
Num dos serviços de Loja do Cidadão existem 3 balcões para atender os clientes. A chegada destes segue uma distribuição Poisson de média 20 por hora, contudo, 10% desistem ao entrar na loja. O tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões é idêntico, podendo ser aproximado por uma v.a. Exponencial de média 15 minutos por cliente.

Suponha que parte de um instante inicial no qual não há clientes na Loja e utilize o **SIMUL8**, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, de forma a saber:

- o tempo médio de espera dos clientes;
- o tempo durante o qual não haverá clientes no sistema;
- se será preciso pôr mais balcões a funcionar
- Repita o problema mas supondo que o valor médio das chegadas baixa para 10 por hora



Experiências



- Ao simular o funcionamento durante uma semana não sabemos se é uma semana média; boa ou má!
- **Experiência!**

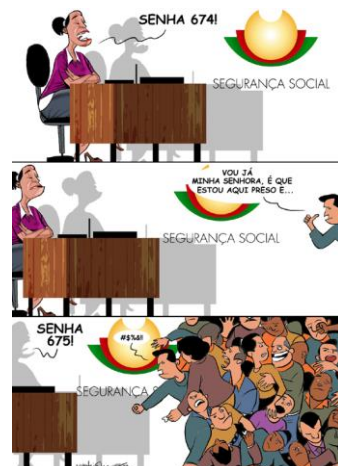
Simulação

Exemplo 3 (cont.)

Analisar os resultados do exemplo 3 com base na realização de uma experiência com 30 “corridas”.



Nota – Os resultados que temos visto são os resultados de uma só corrida. Estamos interessados nos resultados de diversas corridas – ou seja, de uma **experiência** (várias semanas)!



Exemplo 3 (cont.)

The screenshot shows the 'Work Center Properties' dialog for 'Balcão 2' with an average timing of 15 minutes. A 'Work Center Results' dialog is open for 'Balcão 2', displaying the following data:

Number of work items:	
Currently in Work Center:	1
Minimum:	0.00
Average:	0.65
Maximum:	1.00
Completed Jobs:	102

Graph options: Sync with other results, Plot every change.

Percent of time:	
Awaiting Work:	34.05
Working:	65.95
Blocked:	0.00
Stopped:	0.00
Change Over:	0.00
Off Shift:	0.00
Resource Starved:	0.00

A yellow callout box points to the 'OK' button in the 'Work Center Results' dialog, stating: 'Click Right on any value that shows the "results cursor" to add it to the results summary window.'

Exemplo 3 (cont.)

The 'SIMUL8 Results Summary' window displays the following data table:

		Low 95% Range	Average Result	High 95% Range
Work Complete 1	Average Time in System	20.34	20.88	21.42
Queue for Work Center 1	Average Queuing Time	3.95	4.45	4.95
	St Dev of Queuing Time	6.31	6.93	7.54
Balcão 1	Working %	66.47	68.02	69.57
Balcão 2	Working %	65.83	67.31	68.80
Balcão 3	Working %	65.22	66.63	68.04
Desitem	Average Time in System	0.65	0.65	0.65

EX_3 SIMUL8 2008 [Exclusive EDUCATIONAL SITE Edition]

File Edit Clock Trials Results Objects Graphics Professional Tools Finance Window Help

Speed: 100%

SIMUL8 Results Summary

Results

ex2 [Low 95% Range](#) [Average Result](#) [High 95% Range](#)

Work SIMUL8 Compare

		exp3 1 Average	ex1 Average	ex2 Average
Balcão	Work Complete 1	20.98635	20.94954	20.87709
Balcão	verage Time in System	0	0	4.44865
Balcão	Queue for Work Center	0	0	6.92597
Balcão	verage Queuing Time	0	0	68.02282
Balcão	Queue for Work Center	0	0	67.31494
Balcão	Dev of Queuing Time	0	0	66.63325
Balcão 1	Working %	0	0	0.65299
Balcão 2	Working %			
Balcão 3	Working %			
Desitem	verage Time in System			

Work Entry Points

Storage Bins

Work Centres

Work Exit Points

Simul8 de 10 / 39

SIMUL8 Result Manager

Results Manager

KPIs KPI History All Object Results Custom Reports

- All Objects
 - Work Entry Points
 - Storage Bins
 - Work Centres
 - Work Exit Points

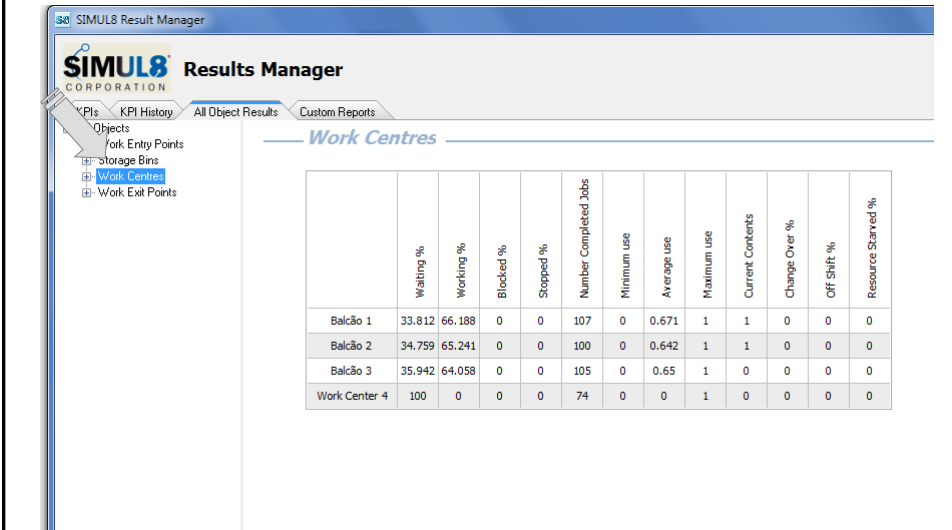
Work Entry Points

	Number Entered	Number Lost	Net Number Entered
Work Entry Point 1	388	0	388

Storage Bins

	Minimum queue size	Average queue size	Maximum queue size	Minimum Queuing Time	Minimum (non-zero) Queuing Time	Average Queuing Time	Average (non-zero) Queuing Time	Maximum Queuing Time	Number of non zero queuing times	% Queued less than time limit	"Queued less than" time	Std Dev of Queuing Time	Current Contents	Items Entered
Queue for Work Center 1	0	0.461	6	0	0.284	3.436	8.843	29.507	122	86.306	10	5.845	0	314

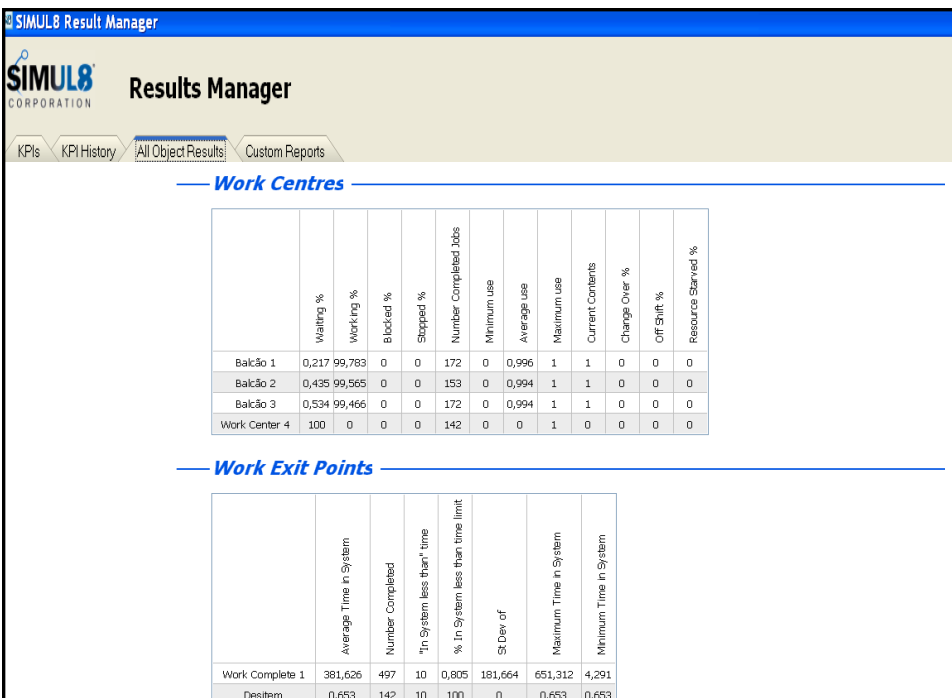
Work Centres



SIMUL8 Results Manager

Work Centres

	Waiting %	Working %	Blocked %	Stopped %	Number Completed Jobs	Minimum use	Average use	Maximum use	Current Contents	Change Over %	Off Shift %	Resource Starved %
Balcão 1	33.812	66.188	0	0	107	0	0.671	1	1	0	0	0
Balcão 2	34.759	65.241	0	0	100	0	0.642	1	1	0	0	0
Balcão 3	35.942	64.058	0	0	105	0	0.65	1	0	0	0	0
Work Center 4	100	0	0	0	74	0	0	1	0	0	0	0



SIMUL8 Results Manager

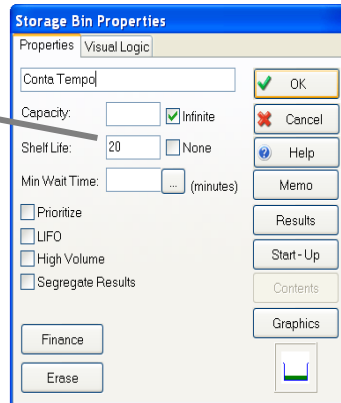
Work Exit Points

	Average Time in System	Number Completed	% In System less than time limit	% In System less than time limit	St Dev of	Maximum Time in System	Minimum Time in System
Work Complete 1	381,626	497	10	0,805	181,664	651,312	4,291
Desitem	0,653	142	10	100	0	0,653	0,653

Desistências por Tempo

- 20% dos clientes que estão à espera há mais de 20 min desistem!

Criar uma fila com tempo de espera limitado

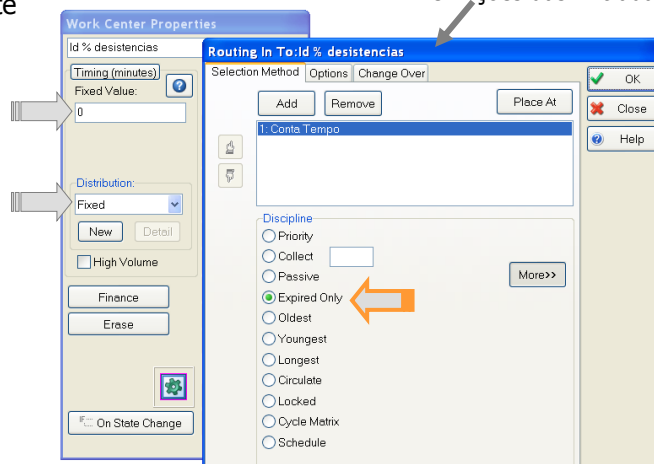


Criar um centro de trabalho que aceite os trabalhos que excederam o tempo máximo!

Desistências por Tempo

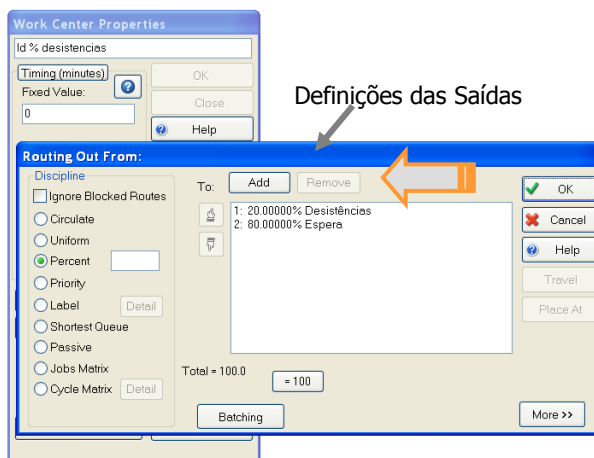
Centro de Trabalho Fictício que aceita e reencaminha os "fora de prazo", que excedem o tempo limite

Definições das Entradas



Desistências por Tempo

Centro de Trabalho Fictício que aceita e reencaminha os "fora de prazo"



Simulação

Exemplo 4

As chegadas de clientes à loja do cidadão segue uma distribuição Poisson de média 30 por hora. Destes, 5% desistem, 50% pretendem tirar o cartão único, 30% o passaporte e os restantes dirigem-se a outros serviços.

Nos serviços do cartão único existem 3 balcões de atendimento. O tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões é idêntico, podendo ser aproximado por uma v.a. Exponencial de média 20 minutos. Neste serviço, 10% dos clientes abandonam a fila ao fim de 30 min de espera. Existem ainda 30% destes clientes que se dirigem ao serviço correspondente para pedir um novo passaporte, depois de tratarem do pedido do cartão único.

Nos serviços do passaporte existem 2 balcões de atendimento, sendo o tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões idêntico, com uma taxa média de 15 minutos.

Quanto aos restantes clientes, pode assumir-se um tempo médio de atendimento igual a 25 min.

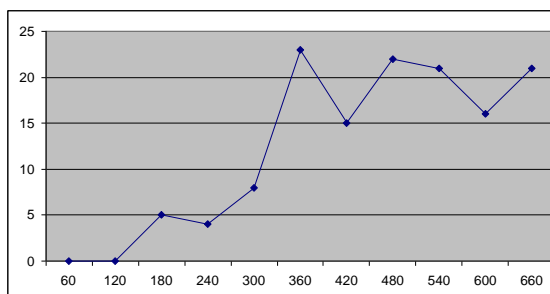
Utilize o SIMUL8, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, e comente os resultados obtidos. Proponha estratégias para o funcionamento da Loja do Cidadão.

Validação do modelo

- **Verificação** – o modelo representa o sistema real?
 - Se o sistema (ou parte) já existe, trabalhar com dados reais e analisar o comportamento do sistema simulado face ao real
 - Se o sistema é novo, validar o comportamento face ao esperado, para os dados considerados!
- **Exploração visual**
 - mostrar ao cliente o modelo criado e explorá-lo!
 - Adequar o tempo de simulação com o cliente, em função das medidas de performance pretendidas

Validação do modelo

- **Tempo de Aquecimento** – para simular sistemas que estão sempre a funcionar (Hospital; fábrica), não reiniciam diariamente (como numa loja; aeroporto); durante este período os resultados não são contabilizados
- Como escolher este tempo?
 - Fixar um período menor que o a simular (ex. 60 min numa simulação de 1 semana)
 - Correr durante esse período por repetidas vezes, contabilizando a diferença entre as saídas do sistema
 - Até parecer mais estável!



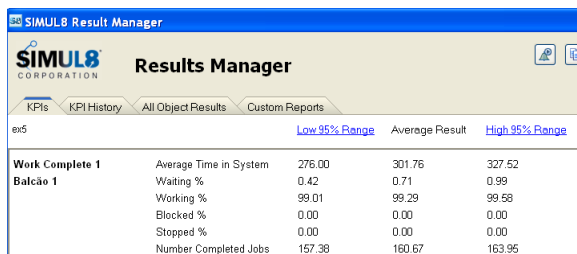
360 min!

Validação do modelo

- Validade dos Resultados

- Correr o modelo com vários conjuntos de NPAs
- Média e Desvio padrão inversamente proporcionais à raiz quadrada do nº de resultados obtidos
- Calcular o intervalo de confiança para a média a 95%

- Escolher entre alternativas (mesmas sequências de NPAs) - se há intersecção dos IC, fazer mais corridas!



		Low 95% Range			Average Result	High 95% Range
Work Complete 1	Average Time in System	276.00	301.76	327.52		
Balcao 1	Waiting %	0.42	0.71	0.99		
	Working %	99.01	99.29	99.58		
	Blocked %	0.00	0.00	0.00		
	Stopped %	0.00	0.00	0.00		
	Number Completed Jobs	157.38	160.67	163.95		

Simulação

Trabalho Final 2018/19

Descreva o fluxo de utentes num certo organismo, com pelo menos dois serviços, identificando-os. Simule o funcionamento do sistema recorrendo ao SIMUL8. Na descrição do problema deverá:

- definir métricas para o bom funcionamento do sistema;
 - caracterizar as diferentes v.a. consideradas;
 - identificar os fluxos: quais as possíveis sequências de circuito dos utentes nos diferentes serviços e as respetivas probabilidades de ocorrência, admitindo a desistência de certos utentes quer no início quer ao fim de um certo tempo em espera (pelo menos em certos serviços).
 - referir os atendimentos: serviços considerados, e taxas de ocupação;
 - avaliar o sistema no que diz respeito aos tempos de espera nos diferentes pontos.
- Com base em simulações semanais, proponha um serviço que funcione bem e proponha estratégias para melhorar o seu funcionamento, em caso de necessidade.
 - Critique o sistema simulado, assinalando as hipóteses/simplificações consideradas que podem viciar as conclusões do estudo.