



FACULDADE DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA INFORMÁTICA
2016/2017

Simulação e Computação Científica 2016/2017

Estudo do funcionamento dum sector de uma fábrica

Trabalho realizado por:
Christopher Jin Liu 2013150914

Introdução

No âmbito da cadeira de Simulação e Computação Científica foi pedido a realização de um projecto com vista a simular o funcionamento de um setor de uma fábrica de móveis onde chegam peças grandes e pequenas com tempos de chegada diferentes, que depois passam por 3 sub-secções que são as secções de perfuração, polimento e envernizamento.

Após a sua chegada, as peças de tipo A são perfuradas numa primeira secção constituída por uma única máquina, donde seguem para outra secção também com uma máquina para serem polidas. As peças de tipo B seguem um trajecto semelhante, mas passam por secções diferentes das anteriores, nomeadamente por uma secção de perfuração com uma máquina e por uma secção de polimento com duas máquinas idênticas. Posteriormente, ambos os tipos de peças são encaminhados para uma secção de envernizamento com duas máquinas.

Para a realização do projecto foi usado o código base em Java fornecido e depois adaptado para a situação que se pretende analisar.

Arquitetura do simulador e alterações

A arquitetura do simulador segue como base o fornecido pelo docente da cadeira onde é criado um Simulador do sistema que se pretende analisar com parâmetros que agora estão ligados a Interface, e onde as ações são geridas em forma de uma “lista de Eventos” de Chegada, Transição e Saída nos Serviços que ocorrem até ao instante pretendido, em termos da interface criada é necessário apenas executar o simulador com os valores por default ou alterar os valores e executar.

Classe	Método ,Constructor,Classe	Alteração	Descrição da alteração
Aleatorio	static double exponencial (double m, int stream)	Alterado	Foi alterado para usar o RandomGenerator e aceitar uma stream(seed)
Aleatorio	static double[] normal(double media, double desvio,int stream)	Novo	Retorna 2 números aleatórios de acordo com a distribuição Gaussiana de uma média e desvio fornecidos e uma stream
Chegada	Chegada (double i, Simulador s, Servico serv)	Alterado	Foi adicionado uma variável do tipo Servico para saber para onde inserir
Chegada	void executa ()	Alterado	Foi alterado de maneira a ver qual o tipo de peça para obter a média de chegada correspondente
Cliente		Inalterado	Inalterado
Evento		Inalterado	Inalterado
Interface		Novo	Contém o código para a interface.
ListaEventos		Inalterado	Inalterado

ProjectoScc	public static void main(String[] args)	Novo	Nova classe que serve apenas para a criação de um objecto do tipo Interface e mostrar
RandomGenerator		Inalterado	Inalterado
Saida	Saida (double i, Simulador s, Servico serv)	Alterado	Foi adicionado uma variável do tipo Servico para saber de onde retirar
Saida	void executa ()	Alterado	Em vez de receber como parâmetro o Servico de onde vai retirar o próprio construtor pede o Servico
Servico	public class Servico	Alterado	Foi adicionado vários parâmetros para os acomodar os novos valores da simulação
Servico	Servico (Simulador s, double media, double desvio,int stream, Servico next, int n, int gp)	Alterado	O método foi alterado para que pudesse refletir as alterações feitas na coluna anterior.
Servico	public void insereServico (Cliente c)	Alterado	Alterado para caso o do parâmetro next que é o próximo serviço ser diferente de Null em vez de se agendar uma Saida agenda uma Transicao
Servico	public void removeServico()	Alterado	Mesma alteração que a coluna anterior
Servico	public String relat ()	Alterado	Alterado de modo a retornar uma string em vez de fazer print no IDE

Servico	public int getTipo()	Novo	Retorna o tipo do objecto do serviço, usado para saber qual a média de chegada têm que ir buscar A ou B
Servico	public double getNormal()	Novo	Retorna o valor aleatório gerado pela Aleatorio.normal
Simulador	public class Simulador {	Alterado	Foram adicionadas novas variáveis para a Simulação pretendida
Simulador	public Simulador(...)	Alterado	Alterado para reflectir os as novas variáveis adicionadas na Classe
Simulador	private void act_stats()	Alterado	Alterado para atualizar os estados das 5 sub-seções
Simulador	public double getMedia_chegA()	Novo	Criado para retornar a média de chegada das peças do tipoA
Simulador	public double getMedia_chegB()	Novo	Criado para retornar a média de chegada das peças do tipoB
Transicao	Transicao(double i, Simulador s, Servico serv1, Servico serv2, Cliente c)	Novo	Nova Classe e Construtor para fazer a transição de um Serviço para outro
Transicao	void executa()	Novo	Método para remover de um serviço e inserir noutro

Nota: Todos os métodos não referidos na tabela acima estão inalterados.

Validação e verificação

Para validar o simulador desenvolvido foram usadas 2 tipos de validação diferentes sendo elas o Método de comparação entre simuladores e o Método de Análise de parâmetros(testes de sensibilidade).

Método de comparação entre simuladores

Para o método de comparação entre simuladores foi usado o GPSS World Student Version com 10000 e 100000 minutos com os valores por default, embaixo encontram-se os valores obtidos.

					Simulação para 10000 unidades de tempo						
			Código						GPSS		
	Perfuração A	Perfuração B	Polimento A	Polimento B	Envernizamento		Perfuração A	Perfuração B	Polimento A	Polimento B	Envernizamento
T medio de espe	0.847	0.566	8.852	532.9	0.0964	T medio de espe	0.731	0.526	6.367	451.265	0.093
C médio da fila	0.172	0.428	1.796	403.083	0.084	C médio da fila	0.145	0.391	1.264	335.064	0.08
Util de servico	0.408	0.569	0.817	0.999	0.607	Util de servico	0.396	0.552	0.782	0.998	0.604
T de simulacao	10000	10000	10000	10000	10000	T de simulacao	10000	10000	10000	10000	10000
Nºde pecas proc	2029	7566	2029	6683	8711	Nºde pecas proc	1986	7426	1978	6650	8625
Nºde pecas na fil	0	0	0	881	0	Nºde pecas na fil	0	4	8	775	0
					Simulação para 100000 unidades de tempo						
			Código						GPSS		
	Perfuração A	Perfuração B	Polimento A	Polimento B	Envernizamento		Perfuração A	Perfuração B	Polimento A	Polimento B	Envernizamento
T medio de espe	0.74	0.559	7.909	5773.959	0.093	Tempo medio de	0.725	0.547	7.289	5578.695	0.092
C médio da fila	0.146	0.423	1.566	4374.631	0.08	Comp médio da f	0.143	0.41	1.439	4183.631	0.08
Util de servico	0.397	0.568	0.792	0.999	0.604	Utilização de ser	0.394	0.562	0.79	1	0.605
T de simulacao	100000	100000	100000	100000	100000	Tempo de simula	100000	100000	100000	100000	100000
Nºde pecas proc	19801	75767	19801	66716	86516	Nºde pecas proc	19748	74993	19745	66754	86496
Nºde pecas na fil	0	0	0	9049	0	Nºde pecas na fil	0	0	3	8239	0

Ao analisar-se os valores obtidos, é possível concluir que os valores obtidos pelo simulador criado em Java estão muito próximos dos obtidos no GPSS, com algumas diferenças mínimas que provavelmente será devido ao gerador de números aleatórios dos 2 simuladores.

Método de análise de parâmetros(testes de sensibilidade)

Para os testes de sensibilidade de acordo com o pdf da Aula14 deveria ser usado 5 valores acima e abaixo do valor por default, mas devido ao número de parâmetros existentes será apenas feito um valor acima e um valor abaixo do default com o resto dos valores por default, em cada um dos 18 parâmetros existentes na simulação excepto os desvios, que depois serão comparados com os valores obtidos por default e analisados para ver se os resultados estão de acordo com a hipótese formulada para as secções afectadas pelas alterações.

Método de análise de parâmetros-Intervalo de chegadas A

Para um intervalo de chegada menor podemos esperar que as secções relacionadas com as peças do tipo A obtenham valores superiores em termos de tempo de espera, comprimento médio de fila e utilização de serviço, e o contrário para um intervalo de chegada maior.

A hipótese é comprovada através da análise dos resultados obtidos.

Intervalo de chegada A:5 min(default)

-----Resultados Secção de Perfuracao A-----	-----Resultados Secção de Polimento A-----
Tempo medio de espera 0.8477173760076807 Comp. medio da fila 0.1720007917965966 Utilizacao do servico 0.40844719028800525 Tempo de simulacao 10000.06184828283 Numero de pecas processadas 2029 Numero de pecas na fila de espera 0	Tempo medio de espera 8.852201035604564 Comp. medio da fila 1.7961004815511086 Utilizacao do servico 0.8170115405363427 Tempo de simulacao 10000.06184828283 Numero de pecas processadas 2029 Numero de pecas na fila de espera 0

Intervalo de chegada A:3 min

Resultados Secção de Perfuracao A	Resultados Secção de Polimento A
Tempo medio de espera 2.2083320079800353 Comp. medio da fila 0.7194571228892332 Utilizacao do servico 0.6454428184354535 Tempo de simulacao 10000.242478809469 Numero de pecas processadas 3257 Numero de pecas na fila de espera 1	Tempo medio de espera 1126.5030764169705 Comp. medio da fila 366.7805080312732 Utilizacao do servico 0.999377747956517 Tempo de simulacao 10000.242478809469 Numero de pecas processadas 2481 Numero de pecas na fila de espera 775

Intervalo de chegada A:7 min

Resultados Secção de Perfuracao A	Resultados Secção de Polimento A
Tempo medio de espera 0.37583667434263396 Comp. medio da fila 0.053743158608759015 Utilizacao do servico 0.28471689985630083 Tempo de simulacao 10000.27646723343 Numero de pecas processadas 1430 Numero de pecas na fila de espera 0	Tempo medio de espera 2.281720796434088 Comp. medio da fila 0.32627705339864604 Utilizacao do servico 0.5678292016962602 Tempo de simulacao 10000.27646723343 Numero de pecas processadas 1430 Numero de pecas na fila de espera 0

Método de análise de parâmetros-Intervalo de chegadas B

Ao alterar-se os valores neste parâmetro é esperado ocorrer o que ocorre para quando se altera o intervalo de chegadas em A como se pode comprovar pelos resultados seguintes.

Intervalo de chegada B:1.33 min(default)

-----Resultados Secção de Perfuracao B-----	-----Resultados Secção de Polimento B-----
Tempo medio de espera 0.5660899842594352 Comp. medio da fila 0.4283010331223454 Utilizacao do servico 0.5698643183186658 Tempo de simulacao 10000.06184828283 Numero de pecas processadas 7566 Numero de pecas na fila de espera 0	Tempo medio de espera 532.9003970852641 Comp. medio da fila 403.083367353883 Utilizacao do servico 0.9998800592552773 Tempo de simulacao 10000.06184828283 Numero de pecas processadas 6683 Numero de pecas na fila de espera 881

Intervalo de chegada:0.33min

-----Resultados Secção de Perfuracao B-----	-----Resultados Secção de Polimento B-----
Tempo medio de espera 2809.961613722002 Comp. medio da fila 8562.777773005022 Utilizacao do servico 0.9999650487582707 Tempo de simulacao 10000.349476138865 Numero de pecas processadas 13312 Numero de pecas na fila de espera 17162	Tempo medio de espera 2487.3530762448363 Comp. medio da fila 3310.551248615089 Utilizacao do servico 0.9998885011356168 Tempo de simulacao 10000.349476138865 Numero de pecas processadas 6692 Numero de pecas na fila de espera 6618

Intervalo de chegada 2.33min

-----Resultados Secção de Perfuracao B-----	-----Resultados Secção de Polimento B-----
Tempo medio de espera 0.2059566881369205 Comp. medio da fila 0.08670702663370237 Utilizacao do servico 0.31689959069718304 Tempo de simulacao 10000.0852378371 Numero de pecas processadas 4210 Numero de pecas na fila de espera 0	Tempo medio de espera 1.0717927687123532 Comp. medio da fila 0.4511137311551565 Utilizacao do servico 0.634216362732032 Tempo de simulacao 10000.0852378371 Numero de pecas processadas 4209 Numero de pecas na fila de espera 0

Método de análise de parâmetros-Média de perfuração A

Ao alterarmos o valor de média da secção de perfuração A podemos é de esperar que o comprimento médio da fila nesta secção diminua e também o tempo médio de espera quando o valor seja menor que o do default e o contrário para quando se aumenta podendo acontecer ficar com peças na fila de espera.

-----Resultados Secção de Perfuracao A-----
Tempo medio de espera 0.6797855584379764 Comp. medio da fila 0.13561256143205572 Utilizacao do servico 0.39986067323145386 Tempo de simulacao 10000.343439890185 Numero de pecas processadas 1995 Numero de pecas na fila de espera 0

Média de perfuraçãoA:2min(Default)

Resultados Secção de Perfuracao A
Tempo medio de espera 0.2033165614341433 Comp. medio da fila 0.040947886015237016 Utilizacao do servico 0.2185771543201029 Tempo de simulacao 10000.016962438409 Numero de pecas processadas 2014 Numero de pecas na fila de espera 0

Média de perfuração A: 1 min

Resultados Secção de Perfuracao A
Tempo medio de espera 2.258380925739372 Comp. medio da fila 0.44579664618415216 Utilizacao do servico 0.591223640889171 Tempo de simulacao 10000.173813707801 Numero de pecas processadas 1973 Numero de pecas na fila de espera 1

Média de perfuração A: 3 min

Ao analisar-se os resultados podemos ver que acontece o esperado.

Método de análise de parâmetros-Média de polimento A

Igualmente ao que aconteceu na alteração da média de perfuração da secção A, o mesmo é esperado nesta secção.

Podemos comprovar isso com os resultados abaixo.

Resultados Secção de Polimento A
Tempo medio de espera 7.684426256440401 Comp. medio da fila 1.5230413903458755 Utilizacao do servico 0.7885385324060779 Tempo de simulacao 10000.078091644044 Numero de pecas processadas 1980 Numero de pecas na fila de espera 2

Média de Polimento A :4min(Default)

Resultados Secção de Polimento A
Tempo medio de espera 0.5426092904751203 Comp. medio da fila 0.10868155887487099 Utilizacao do servico 0.40735276411255716 Tempo de simulacao 10000.283581439899 Numero de pecas processadas 2003 Numero de pecas na fila de espera 0

Média de Polimento A: 2min

Resultados Secção de Polimento A
Tempo medio de espera 838.8978887757524
Comp. medio da fila 166.35099751183574
Utilizacao do servico 0.9988871754411165
Tempo de simulacao 10000.147509328628
Numero de pecas processadas 1651
Numero de pecas na fila de espera 332

Média de Polimento A:6 min

Método de análise de parâmetros-Média de perfuração B

Nesta secção podemos esperar o mesmo que aconteceu na secção A quando se alterou a média do tempo de perfuração.

Os resultados abaixo comprovam o esperado.

Resultados Secção de Perfuracao B
Tempo medio de espera 0.5360899842594352
Comp. medio da fila 0.4283010331223454
Utilizacao do servico 0.5698643183186658
Tempo de simulacao 10000.06184828283
Numero de pecas processadas 7566
Numero de pecas na fila de espera 0

Média de perfuração B:0.75(Default)

-----Resultados Secção de Perfuracao B-----

Tempo medio de espera 0.2011947032930973
Comp. medio da fila 0.15192093279267677
Utilizacao do servico 0.3850085966861318
Tempo de simulacao 10000.07817645134
Numero de pecas processadas 7551
Numero de pecas na fila de espera 0

Média de perfuração B: 0.5min

-----Resultados Secção de Perfuracao B-----

Tempo medio de espera 1.579469409461177
Comp. medio da fila 1.1766946203166446
Utilizacao do servico 0.7426940106878346
Tempo de simulacao 10000.085746392971
Numero de pecas processadas 7449
Numero de pecas na fila de espera 1

Média de perfuração B:1min

Método de análise de parâmetros-Média de polimento B

Mais uma vez igualmente ao que acontece nas seções anteriores pode-se esperar o mesmo tipo de resultados quando se altera os valores da média, como se pode ver pelos resultados obtidos.

Resultados Secção de Polimento B	
Tempo medio de espera	524.8992062981416
Comp. medio da fila	393.2950575943152
Utilizacao do servico	0.9988610044133182
Tempo de simulacao	10000.303021475916
Numero de pecas processadas	6689
Numero de pecas na fila de espera	804

Média de polimento B:3min (Default)

Resultados Secção de Polimento B	
Tempo medio de espera	524.8992062981416
Comp. medio da fila	393.2950575943152
Utilizacao do servico	0.9988610044133182
Tempo de simulacao	10000.303021475916
Numero de pecas processadas	6689
Numero de pecas na fila de espera	804

Média de polimento B:2min

-----Resultados Secção de Polimento B-----
Tempo medio de espera 1638.694893323578
Comp. medio da fila 1228.199939372673
Utilizacao do servico 0.9998088101884995
Tempo de simulacao 10000.015332791416
Numero de pecas processadas 5002
Numero de pecas na fila de espera 2493

Média de Polimento B:4min

Método de análise de parâmetros-Média de Envernizamento

Analogamente ao que aconteceu nas secções anteriores podemos esperar que aconteça o mesmo nesta secção.

-----Resultados Secção de Envernizamento-----
Tempo medio de espera 0.09260794314988251
Comp. medio da fila 0.08080750258846393
Utilizacao do servico 0.612302796977526
Tempo de simulacao 10000.270841698288
Numero de pecas processadas 8726
Numero de pecas na fila de espera 0

Média de Envernizamento 1.4min(Default)

Resultados Secção de Envernizamento
Tempo medio de espera 0.030859750002294076
Comp. medio da fila 0.026718227364797245
Utilizacao do servico 0.43350474728688365
Tempo de simulacao 10000.053965851475
Numero de pecas processadas 8658
Numero de pecas na fila de espera 0

Média de envernizamento: 1min

Resultados Secção de Envernizamento
Tempo medio de espera 0.2687943224871663
Comp. medio da fila 0.23246215840470139
Utilizacao do servico 0.7788730883489228
Tempo de simulacao 10000.776518405088
Numero de pecas processadas 8648
Numero de pecas na fila de espera 1

Média de envernizamento 1.8min

Método de análise de parâmetros-Número de máquinas

Ao alterarmos este parâmetro podemos esperar que se aumentar o número de máquinas o tempo médio de espera, comprimento da fila, utilização de serviço, e o número de peças na fila de espera decresçam e o contrário para quando se baixa o número de máquinas.

Podemos comprovar a hipótese com os resultados obtidos.

Resultados Secção de Envernizamento
Tempo medio de espera 0.08993083774679153
Comp. medio da fila 0.07748140039167464
Utilizacao do servico 0.6013272187417914
Tempo de simulacao 10000.388404306805
Numero de pecas processadas 8616
Numero de pecas na fila de espera 0

Nº de máquinas de
envernizamento: 2Máquinas(Default)

-----Resultados Secção de Envernizamento-----
Tempo medio de espera 876.8122296766846
Comp. medio da fila 758.3353076441115
Utilizacao do servico 0.9996781114279525
Tempo de simulacao 10000.258326403315
Numero de pecas processadas 7139
Numero de pecas na fila de espera 1510

Nº de máquinas de

envernizamento:1Máquina

-----Resultados Secção de Envernizamento-----
Tempo medio de espera 0.002853746092006485
Comp. medio da fila 0.0024723527222464386
Utilizacao do servico 0.40528420926729686
Tempo de simulacao 10000.537511766765
Numero de pecas processadas 8664
Numero de pecas na fila de espera 0

Nº de máquinas de

envernizamento:3 Máquinas

Conclusão da validação e verificação

Através dos métodos de verificação e validação usado podemos confirmar que o simulador se encontra a funcionar correctamente pois no método em que se comparou com o GPSS obtivemos resultados muito similares, e no método de análise de sensibilidade todas as hipóteses se comprovaram.

Análise do sistema atual e propostas de alteração

Para analisarmos o sistema actual iremos usar os parâmetros por default do simulador à excepção do tempo onde iremos simular com o tempo de 1 mês de trabalho, que de acordo com o enunciado é de 8 horas por dia, 20 dias por mês.

Sendo assim o valor que teremos que inserir no tempo será, 60 minutos * 8 horas * 20 dias que será de 9600 minutos por mês.

The screenshot shows a simulation software interface with the following components:

- Input Parameters (Left Panel):**
 - Intervalo de chegada A: 5
 - Intervalo de chegada B: 1.33
 - Media Perfuracao A: 2
 - Desvio Perfuracao A: 0.7
 - Media Polimento A: 4
 - Desvio Polimento A: 1.2
 - Media Perfuracao B: 0.75
 - Desvio Perfuracao B: 0.3
 - Media Poliment...: 3
 - Desvio Polimento B: 1
 - Media Envernizamento: 1.4
 - Desvio Envernizam...: 0.3
 - Maquinas Perfuracao A: 1
 - Maquinas Polime...: 1
 - Maquinas Perfuracao B: 1
 - Maquinas Polime...: 2
 - Maqs Envernizamento: 3
 - Tempo de Simulacao: 9600
- Results Section A (Top Row):**
 - Resultados Secção de Perfuracao A:**
 - Tempo medio de espera: 0.6752863800347587
 - Comp. medio da fila: 0.13343793583285368
 - Utilizacao do servico: 0.39548571387158277
 - Tempo de simulacao: 9600.105509205116
 - Numero de pecas processadas: 1897
 - Numero de pecas na fila de espera: 0
 - Resultados Secção de Polimento A:**
 - Tempo medio de espera: 7.818833402799905
 - Comp. medio da fila: 1.5442026254288619
 - Utilizacao do servico: 0.7816487664078057
 - Tempo de simulacao: 9600.105509205116
 - Numero de pecas processadas: 1890
 - Numero de pecas na fila de espera: 6
 - Resultados Secção de Envernizamento:**
 - Tempo medio de espera: 0.0022506388963735614
 - Comp. medio da fila: 0.0019383414460782695
 - Utilizacao do servico: 0.402068251157575
 - Tempo de simulacao: 9600.105509205116
 - Numero de pecas processadas: 8268
 - Numero de pecas na fila de espera: 0
- Results Section B (Bottom Row):**
 - Resultados Secção de Perfuracao B:**
 - Tempo medio de espera: 0.5393719821906516
 - Comp. medio da fila: 0.3996365358321744
 - Utilizacao do servico: 0.5540391029752189
 - Tempo de simulacao: 9600.105509205116
 - Numero de pecas processadas: 7113
 - Numero de pecas na fila de espera: 0
 - Resultados Secção de Polimento B:**
 - Tempo medio de espera: 444.9637546175143
 - Comp. medio da fila: 329.5940087378408
 - Utilizacao do servico: 0.9997581736095374
 - Tempo de simulacao: 9600.105509205116
 - Numero de pecas processadas: 6379
 - Numero de pecas na fila de espera: 732
- Execution Button:** Executar

Resultados para 1 mês de trabalho.

Ao observarmos os resultados obtidos podemos ver que na secção de polimento das peças do tipo B existe um tempo de espera, comprimento de fila muito elevados e uma taxa de utilização do serviço quase máxima, e no fim da simulação existem sempre um número elevado de peças por processar.

Podemos concluir assim que existe um problema neste sistema que é o facto de a secção de polimento das peças do tipo B não estar a conseguir “escoar” suficientemente rápido o número de peças que provêm da secção de perfuração afetando assim a produtividade do sistema.

Para se ultrapassar este problema iremos testar ambas as soluções fornecidas pelo enunciado e iremos analisar os resultados obtidos de maneira a escolher a solução mais apropriada para este problema.

i) Aumento do número de máquinas para 3 máquinas

	Intervalo de chegada A	Intervalo de chegada B	Media Perfuracao A	Desvio Perfuracao A	Media Polimento A	Desvio Polimento A	Media Perfuracao B	Desvio Perfuracao B	Media Poliment...	Desvio Polimento B	Media Envernizamento	Desvio Envernizam...	Maquinas Perfuracao A	Maquinas Polime...	Maquinas Perfuracao B	Maquinas Polime...	Maqs Envernizamento	Tempo de Simulacao	
	5	1.33	2	0.7	4	1.2	0.75	0.3	3	1	1.4	0.3	1	1	1	3	2	9600	
<div> <div> <h4>Resultados Secção de Perfuracao A</h4> <p>Tempo medio de espera 0.6744200661249211 Comp. medio da fila 0.1352315469666965 Utilizacao do servico 0.4022154244489567 Tempo de simulacao 9600.26455668806 Numero de pecas processadas 1925 Numero de pecas na fila de espera 0</p> </div> <div> <h4>Resultados Secção de Polimento A</h4> <p>Tempo medio de espera 7.18098864253431 Comp. medio da fila 1.4391501470249473 Utilizacao do servico 0.8033521769545644 Tempo de simulacao 9600.26455668806 Numero de pecas processadas 1924 Numero de pecas na fila de espera 0</p> </div> <div> <h4>Resultados Secção de Envernizamento</h4> <p>Tempo medio de espera 0.2163266417225488 Comp. medio da fila 0.2063834491057353 Utilizacao do servico 0.6649201753231273 Tempo de simulacao 9600.26455668806 Numero de pecas processadas 9159 Numero de pecas na fila de espera 0</p> </div> </div>																			
<div> <div> <h4>Resultados Secção de Perfuracao B</h4> <p>Tempo medio de espera 0.5256196489105152 Comp. medio da fila 0.3962843936591242 Utilizacao do servico 0.5657783020335955 Tempo de simulacao 9600.26455668806 Numero de pecas processadas 7238 Numero de pecas na fila de espera 0</p> </div> <div> <h4>Resultados Secção de Polimento B</h4> <p>Tempo medio de espera 1.0610586484011655 Comp. medio da fila 0.7997509167059413 Utilizacao do servico 0.7579249353691111 Tempo de simulacao 9600.26455668806 Numero de pecas processadas 7236 Numero de pecas na fila de espera 0</p> </div> </div>																			
																			Executar

ii) 2 máquinas mais rápidas mas mais caras que a solução anterior (média de processamento 1.7 minutos)

Parameter	Value	Section	Tempo medio de espera	Comp. medio da fila	Utilizacao do servico	Tempo de simulacao	Numero de pecas processadas	Numero de pecas na fila de espera
Intervalo de chegada A	5	Perforacao A	0.7444474643557197	0.1471832149718046	0.3948281578142228	9600.016466672729	1898	0
Intervalo de chegada B	1.33	Perforacao B	0.5219683451092685	0.39180181699844724	0.564266962717163	9600.016466672729	7206	0
Media Perfuracao A	2	Polimento A	9.06904019300705	1.7920770558945822	0.784411602970096	9600.016466672729	1897	0
Desvio Perfuracao A	0.7	Polimento B	0.5304980694938449	0.3981491702615697	0.6533915927174281	9600.016466672729	7205	0
Media Polimento A	4	Envernizamento	0.290126496228353	0.2750152694887057	0.6635302774297596	9600.016466672729	9099	1
Desvio Polimento A	1.2							
Media Perfuracao B	0.75							
Desvio Perfuracao B	0.3							
Media Poliment...	1.7							
Desvio Polimento B	1							
Media Envernizamento	1.4							
Desvio Envernizam...	0.3							
Maquinas Perfuracao A	1							
Maquinas Polime...	1							
Maquinas Perfuracao B	1							
Maquinas Polime...	2							
Maqs Envernizamento	2							
Tempo de Simulacao	9600							

Executar

Conclusão da análise ao sistema

Ao analisarmos os resultados obtidos podemos concluir que tanto ao aumentarmos o número de máquinas, como substituir as máquinas existentes por 2 máquinas mais rápidas resolvem o problema de congestionamento que existia anteriormente, com a diferença que a segunda solução apresenta uma taxa de utilização, tempo médio de espera e um comprimento médio de fila menor do que a primeira solução.

Mas tendo em conta que ambas as soluções resolvem o problema que existia e processam o mesmo número de peças, será preferível optar pela primeira solução dado que esta têm um custo menor do que a segunda solução.

Aumento de capacidade produtiva do sistema

Para simular um aumento da capacidade produtiva do sistema será necessário que a média de chegada de peças de ambos tipos fosse maior, mas como o problema da alínea anterior acontecia apenas na secção B iremos apenas aumentar a média de chegada de peças na alínea B para simular um aumento de produtividade do sistema. Nos cálculos que depois serão realizados será considerado apenas as peças do tipo do tipo B acabadas para a amortização. Para efeitos de simulação irá ser usado um tempo de simulação de 1 mês como foi feito na alínea anterior e uma média de chegada de peças do tipo B de 1.15 minutos.

i) Aumento do número de máquinas

Parameter	Value	Section	Result
Intervalo de chegada A	5	Perforacao A	Tempo medio de espera 0.6725140651019871 Comp. medio da fila 0.1308546381789048 Utilizacao do servico 0.38620905980140396 Tempo de simulacao 9600.39545478667 Numero de pecas processadas 1868 Numero de pecas na fila de espera 0
Intervalo de chegada B	1.15	Polimento A	Tempo medio de espera 8.579761662452094 Comp. medio da fila 1.668516166780549 Utilizacao do servico 0.7877207391121891 Tempo de simulacao 9600.39545478667 Numero de pecas processadas 1867 Numero de pecas na fila de espera 0
Media Perfuracao A	2	Envernizamento	Tempo medio de espera 0.3083649664679134 Comp. medio da fila 0.3291018022445043 Utilizacao do servico 0.7492271065106041 Tempo de simulacao 9600.39545478667 Numero de pecas processadas 10246 Numero de pecas na fila de espera 0
Desvio Perfuracao A	0.7	Perforacao B	Tempo medio de espera 0.8015506153618837 Comp. medio da fila 0.7004929843315126 Utilizacao do servico 0.6593929246245488 Tempo de simulacao 9600.39545478667 Numero de pecas processadas 8384 Numero de pecas na fila de espera 6
Media Polimento A	4	Polimento B	Tempo medio de espera 2.403720969109151 Comp. medio da fila 2.098412043230926 Utilizacao do servico 0.8700691733445431 Tempo de simulacao 9600.39545478667 Numero de pecas processadas 8381 Numero de pecas na fila de espera 0
Desvio Polimento A	1.2		
Media Perfuracao B	0.75		
Desvio Perfuracao B	0.3		
Media Poliment...	3		
Desvio Polimento B	1		
Media Envernizamento	1.4		
Desvio Envernizam...	0.3		
Maquinas Perfuracao A	1		
Maquinas Polime...	1		
Maquinas Perfuracao B	1		
Maquinas Polime...	3		
Maqs Envernizamento	2		
Tempo de Simulacao	9600		

Executar

ii)

Intervalo de chegada A		Resultados Secção de Perfuração A		Resultados Secção de Polimento A		Resultados Secção de Envernizamento	
Intervalo de chegada A	5	Tempo medio de espera 0.8232007580965368 Comp. medio da fila 0.16781201517271133 Utilizacao do servico 0.4116859023246566 Tempo de simulacao 9600.05087798323 Numero de pecas processadas 1957 Numero de pecas na fila de espera 0		Tempo medio de espera 8.825011749057811 Comp. medio da fila 1.7980866143892151 Utilizacao do servico 0.8203942168693915 Tempo de simulacao 9600.05087798323 Numero de pecas processadas 1953 Numero de pecas na fila de espera 3		Tempo medio de espera 0.45652840379171117 Comp. medio da fila 0.4854392966388951 Utilizacao do servico 0.7467581305041565 Tempo de simulacao 9600.05087798323 Numero de pecas processadas 10208 Numero de pecas na fila de espera 0	
Intervalo de chegada B	1.15						
Media Perfuracao A	2						
Desvio Perfuracao A	0.7						
Media Polimento A	4						
Desvio Polimento A	1.2						
Media Perfuracao B	0.75						
Desvio Perfuracao B	0.3						
Media Poliment...	1.7						
Desvio Polimento B	1						
Media Envernizamento	1.4	Tempo medio de espera 0.8127433348550062 Comp. medio da fila 0.6994635255498477 Utilizacao do servico 0.6461148090168556 Tempo de simulacao 9600.05087798323 Numero de pecas processadas 8260 Numero de pecas na fila de espera 2		Tempo medio de espera 1.0419165541753617 Comp. medio da fila 0.8962605525469557 Utilizacao do servico 0.7485368549313847 Tempo de simulacao 9600.05087798323 Numero de pecas processadas 8257 Numero de pecas na fila de espera 1			
Desvio Envernizam...	0.3						
Maquinas Perfuracao A	1						
Maquinas Polime...	1						
Maquinas Perfuracao B	1						
Maquinas Polime...	2						
Maqs Envernizamento	2						
Tempo de Simulacao	9600						
<input type="button" value="Executar"/>							

Conclusão do aumento da produtividade do sistema

Para calcularmos ao fim de quanto tempo a segunda solução seria mais rentável foram realizados os seguintes cálculos para os resultados obtidos assumindo que ambas as soluções conseguem processar 8257 peças por mês, pois devido ao facto de o gerador de números aleatórios gerar sempre números diferentes os valores obtidos nas peças processadas serão sempre diferentes sendo assim que será usado como base o valor obtido na simulação ii.

$$8257 \times 0.05 = 412.85 \text{ euros/mês}$$

Sabemos assim que ao fim de um mês é amortizado 412.85 euros.

Falta agora saber ao fim de quanto tempo irá ser amortizado o custo total de ambas soluções.

i) $5000 \text{ euros} / 412.85 \text{ euros} = 12,11 \text{ meses}$

ii) $5800 \text{ euros} / 412.85 \text{ euros} = 14.04 \text{ meses}$

Podemos assim ver que a segunda solução seria apenas mais rentável passado 14.04 meses enquanto que a primeira solução seria mais rentável passado 12.11 meses.

Nota: Como foi pedido um aumento de produtividade mas mantendo a eficiência do sistema o valor de 1.15 minutos de intervalo de chegada das peças do tipo B foi usado pois quando se baixava mais do que esse valor a eficiência do sistema não se mantinha .

Notas relevantes:

Todo o código de Java e GPSS , e os resultados das simulações exceptuando os testes de sensibilidade estarão anexados no zip.