



Departamento de Engenharia Informática  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade de Coimbra  
2015/16

## Simulação e Computação Científica

### **Trabalho Final** **Estudo do funcionamento de uma estação de serviço**

<b>Grupo:</b>	
António Simões	Nº 2014198322
Diogo Bhovan	Nº 2011150857
José Cavaleiro	Nº 2010133388

## Introdução

O relatório que se segue foi realizado no âmbito do desenvolvimento do projecto final da unidade curricular de Simulação Científica.

Este trabalho consiste no desenvolvimento, validação e utilização de um simulador para uma estação de serviço, como forma de encontrar a solução mais eficiente de funcionamento da mesma.

Os clientes ao chegar à estação de serviço têm a opção de abastecer Gasóleo ou Gasolina assim como depois terão de efetuar o pagamento numa caixa da Loja. Estes três serviços serão controlados pelo nosso simulador.

Neste simulador conseguimos prever vários cenários, com o objetivo base de controlar as filas e o tempo de espera assim como a taxa de utilização de cada serviço, e consequentemente do sistema.

# Arquitectura do Simulador

## Abordagem escolhida para o Simulador

O simulador foi desenvolvido através da linguagem de programação JAVA não só por ser uma linguagem onde a maior parte dos membros do grupo possuem mais conhecimentos, como por ter uma vasta comunidade de apoio na internet, mas principalmente porque oferece maior simplicidade no desenvolvimento da interface gráfica requerida para este projeto.

O simulador segue uma abordagem por eventos pois esta é, a nosso ver, a mais adequada para o ambiente que estamos a simular. Neste ambiente, existe uma série de eventos encadeados desde o momento em que o cliente chega à estação de serviço, até ao momento em que o cliente parte.

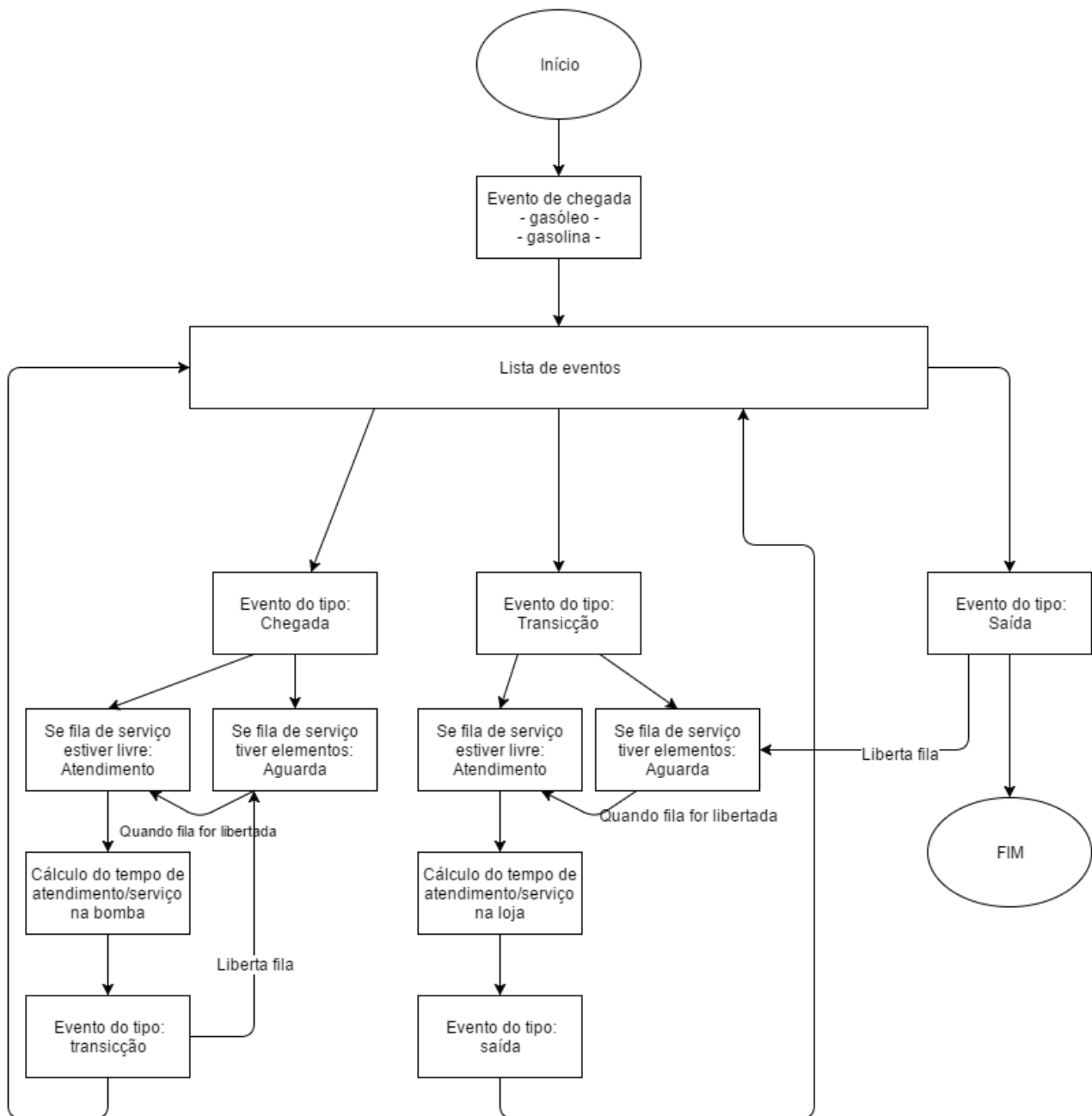
Para tal, utilizámos o “código base” fornecido pelos docentes da unidade curricular, sobre o qual efetuamos várias alterações que descreveremos de seguida.

## Descrição Técnica

O simulador que criámos apresenta o seguinte fluxo\*:

*\*o fluxo que apresentamos em seguida foi desenhado sem ter em conta as regras formais de desenho de fluxos. O mesmo serviu apenas para orientação durante o desenvolvimento do simulador pelo que deve ser lido enquanto um diagrama de fluxo informal.*

(vire a página s.f.f.)



Para tal, criámos e modificámos as seguintes classes em JAVA:

- Simulador (editada)
  - Modificação do funcionamento base. Antes: por número de clientes. Depois: por tempo de simulação.
  - Adição das variáveis necessárias para o contexto a simular (p. ex: media\_cheg, media\_serv\_gasolina, n\_empregados\_loja, ...).
  - Criação de serviços (gasolina, gasóleo e loja) para cenário 1 e serviço self-service para cenário 2.

- Serviço (editada)
  - Criação dinâmica do número de bombas de gasolina/gasóleo, bem como do número de empregados na loja.
  - Agendamento de serviços segundo uma distribuição normal.
  - Implementação de filas para cada serviço.
  - Liberta a fila de espera de cada serviço.
  - Agendamento de eventos respeitantes a cada serviço.
- Aleatório (editada)
  - Implementação do método de Marsiglia para a distribuição normal a ser usado no tempo médio de serviços.
- Chegada (editada)
  - Agendamento da chegada de novos clientes através de uma distribuição exponencial negativa.
- Transicao (criada)
  - Classe criada com o objetivo de fazer a transição entre cada serviço.
- RandomGenerator (criada)
  - Gera um número aleatório para a distribuição normal da escolha entre o serviço de gasolina e gasóleo.

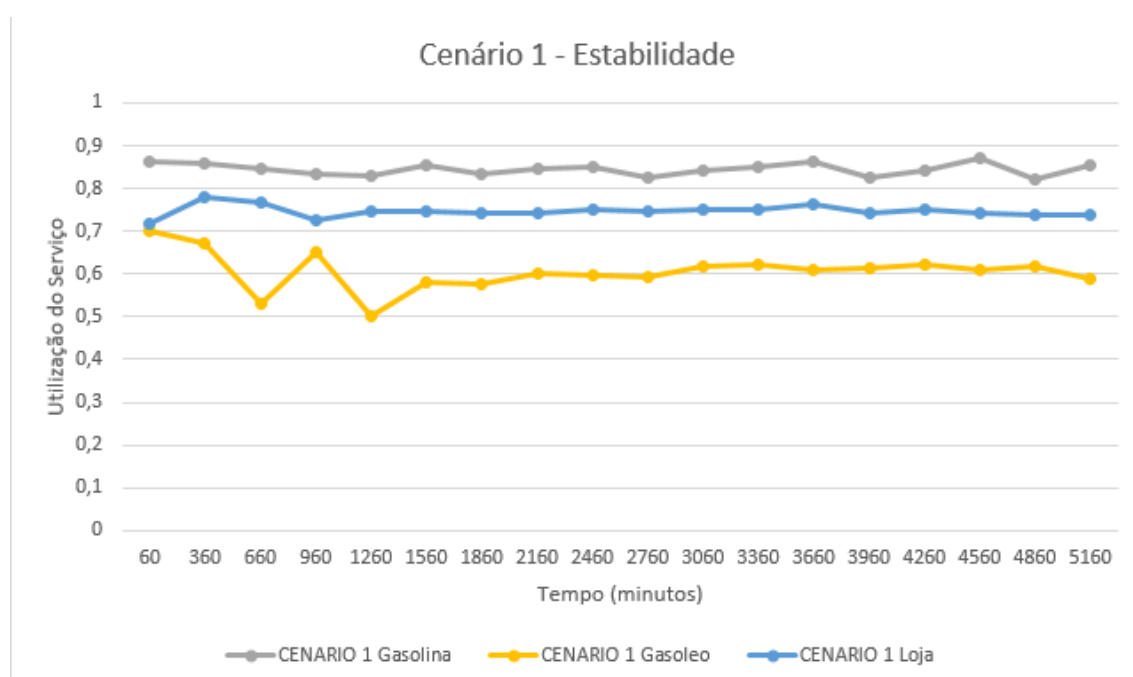
Além das classes anteriormente referidas, foram efetuadas pequenas alterações noutras classes fornecidas, mas dado que essas mesmas alterações foram muito reduzidas e quase irrelevantes optámos por não as incluir neste relatório.

## Validação do simulador

Efectuámos a validação do simulador desenvolvido, através de 2 métodos distintos: validação interna, análise de parâmetros e a sua coerência e comparação com o GPSS.

### Validação Interna

Testámos a estabilidade do simulador aumentando de 5 em 5 horas o tempo de simulação para se descobrir qual era o menor número em que os resultados eram estáveis (média de 10 resultados para cada serviço). Construímos um gráfico para nos permitir tirar uma melhor conclusão:



Concluimos a partir do gráfico que o sistema se encontra estável aproximadamente a partir das 31 horas (instante 1860).

## Análise de Parâmetros/ Comparação GPSS

Controlo (valores originais):

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1    Cenário 2

### CENARIO 1

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.2

- GASOLINA -

Tempo Medio de Servicio: 4

Desvio Padrao: 2.5

Nº Bombas: 2

- GASOLEO -

Tempo Medio de Servicio: 4

Desvio Padrao: 2.5

Nº Bombas: 1

- LOJA -

Tempo Medio de Servicio: 1

Desvio Padrao: 0.5

Nº Caixas: 1

SIMULAR

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 177,5998

Comp. medio da fila 119,2472

Utilizacao do servico 0,9961

Tempo de simulacao 1440,1931

Numero de clientes atendidos 729

Numero de clientes na fila 238

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 6,5453

Comp. medio da fila 1,1135

Utilizacao do servico 0,6848

Tempo de simulacao 1440,1931

Numero de clientes atendidos 245

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,3966

Comp. medio da fila 0,2680

Utilizacao do servico 0,6754

Tempo de simulacao 1440,1931

Numero de clientes atendidos 972

Numero de clientes na fila 1

OK

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 172,5598

Comp. medio da fila 114,9841

Utilizacao do servico 0,9999

Tempo de simulacao 1440,6986

Numero de clientes atendidos 726

Numero de clientes na fila 234

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 6,4206

Comp. medio da fila 1,1409

Utilizacao do servico 0,6894

Tempo de simulacao 1440,6986

Numero de clientes atendidos 256

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,4169

Comp. medio da fila 0,2842

Utilizacao do servico 0,6905

Tempo de simulacao 1440,6986

Numero de clientes atendidos 982

Numero de clientes na fila 0

OK

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 229,8178

Comp. medio da fila 166,8784

Utilizacao do servico 0,9998

Tempo de simulacao 1440,5064

Numero de clientes atendidos 718

Numero de clientes na fila 328

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 4,2839

Comp. medio da fila 0,7286

Utilizacao do servico 0,6833

Tempo de simulacao 1440,5064

Numero de clientes atendidos 243

Numero de clientes na fila 2

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,3446

Comp. medio da fila 0,2296

Utilizacao do servico 0,6692

Tempo de simulacao 1440,5064

Numero de clientes atendidos 960

Numero de clientes na fila 0

OK

Comparando os valores com os do GPSS (com os parâmetros originais também):

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
GASOLINA	185	184	891	11	73.551	118.870	120.356	0
GASOLEO	6	0	220	87	0.649	4.245	7.022	0
CAIXA	4	0	924	420	0.356	0.555	1.017	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	0	0	2	707	1	1.985	0.993	0	184
GASOLEO	1	0	0	1	220	1	0.635	0.635	0	0
CAIXA	1	1	0	1	924	1	0.647	0.647	0	0

A taxa de utilização de serviço verifica uma semelhança de 95% para a da loja, 93% para o gasóleo e 99% na gasolina.

**Média de chegada +0,5:**

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1

Cenário 2

CENARIO 1

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.7

- GASOLINA -

- GASOLEO -

- LOJA -

Tempo Medio de Servico: 4

Tempo Medio de Servico: 4

Tempo Medio de Servico: 1

Desvio Padrao: 2.5

Desvio Padrao: 2.5

Desvio Padrao: 0.5

Nº Bombas: 2

Nº Bombas: 1

Nº Caixas: 1

SIMULAR

Resultados Cenario 1

Resultados Cenario 1

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 11,1331

Comp. medio da fila 5,1961

Utilizacao do servico 0,9233

Tempo de simulacao 1441,9519

Numero de clientes atendidos 673

Numero de clientes na fila 0

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 2,1469

Comp. medio da fila 0,2352

Utilizacao do servico 0,4359

Tempo de simulacao 1441,9519

Numero de clientes atendidos 158

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,2489

Comp. medio da fila 0,1433

Utilizacao do servico 0,5735

Tempo de simulacao 1441,9519

Numero de clientes atendidos 830

Numero de clientes na fila 0

OK

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 12,1704

Comp. medio da fila 5,6787

Utilizacao do servico 0,9221

Tempo de simulacao 1440,2195

Numero de clientes atendidos 670

Numero de clientes na fila 2

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 4,9002

Comp. medio da fila 0,6567

Utilizacao do servico 0,5229

Tempo de simulacao 1440,2195

Numero de clientes atendidos 192

Numero de clientes na fila 1

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,3205

Comp. medio da fila 0,1916

Utilizacao do servico 0,6033

Tempo de simulacao 1440,2195

Numero de clientes atendidos 861

Numero de clientes na fila 0

OK

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 9,1972

Comp. medio da fila 4,2661

Utilizacao do servico 0,9215

Tempo de simulacao 1440,1357

Numero de clientes atendidos 662

Numero de clientes na fila 6

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 2,0596

Comp. medio da fila 0,2417

Utilizacao do servico 0,4833

Tempo de simulacao 1440,1357

Numero de clientes atendidos 169

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,2541

Comp. medio da fila 0,1464

Utilizacao do servico 0,5837

Tempo de simulacao 1440,1357

Numero de clientes atendidos 830

Numero de clientes na fila 0

OK

**GPSS (Média chegada +0,5):**

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
GASOLINA	21	0	602	122	3.790	9.066	11.370	0
GASOLEO	3	0	163	84	0.294	2.596	5.356	0
CAIXA	4	0	764	423	0.234	0.442	0.990	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	1	0	2	602	1	1.717	0.859	0	0
GASOLEO	1	1	0	1	163	1	0.483	0.483	0	0
CAIXA	1	1	0	1	764	1	0.527	0.527	0	0



**Média de chegada -0,5:**

The figure displays three identical screenshots of a software window titled "Resultados Cenário 1". Each window shows simulation results for two scenarios: GASOLINA and GASOLEO. The metrics for each scenario are as follows:

Metric	GASOLINA	GASOLEO
Tempo medio de espera	383,5888	81,8319
Comp. medio da fila	418,1877	23,6954
Utilizacao do servico	1,0000	0,9867
Tempo de simulacao	1440,1055	1440,1055
Numero de clientes atendidos	726	354
Numero de clientes na fila	844	63

Below the metrics, there is an "OK" button. The three windows are arranged side-by-side, showing the same data for each scenario.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
GASOLINA	860	860	1556	2	405.752	375.503	375.987	0
GASOLEO	26	8	343	4	13.402	56.265	56.929	0
CAIXA	8	0	1028	394	0.557	0.780	1.265	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	0	0	2	696	1	2.000	1.000	0	860
GASOLEO	1	0	0	1	335	1	0.980	0.980	0	8
CAIXA	1	0	0	1	1028	1	0.703	0.703	0	0

Com a diminuição do intervalo de chegada dos clientes, mais frequentemente chegarão às bombas. Consequentemente, as filas dos serviços vão aumentar assim como o tempo médio de espera das bombas e da loja. No entanto, a maior sobrecarga será verificada nas bombas, com a taxa de utilização do gásóleo a disparar para os 98%, mantendo-se a gasolina nos quase 100%.

**Média Serviço gasolina (+0,5) e Desvio padrão associado (+0,5):**

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1

Cenário 2

CENARIO 1

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.2

- GASOLINA -

- GASOLEO -

- LOJA -

Tempo Medio de Servicio: 4.5Tempo Medio de Servicio: 4.5Tempo Medio de Servicio: 1

Desvio Padrao: 3Desvio Padrao: 2Desvio Padrao: 0.5

Nº Bombas: 2Nº Bombas: 1Nº Caixas: 1

SIMULAR

Resultados Cenario 1

Resultados Cenario 1

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---  
Tempo medio de espera 203,4183  
Comp. medio da fila 130,5254  
Utilizacao do servico 0,9989  
Tempo de simulacao 1440,0146  
Numero de clientes atendidos 644  
Numero de clientes na fila 280  
--- GASOLEO ---  
Tempo medio de espera 13,8114  
Comp. medio da fila 2,2731  
Utilizacao do servico 0,7345  
Tempo de simulacao 1440,0146  
Numero de clientes atendidos 237  
Numero de clientes na fila 0  
--- LOJA ---  
Tempo medio de espera 0,2817  
Comp. medio da fila 0,1722  
Utilizacao do servico 0,6111  
Tempo de simulacao 1440,0146  
Numero de clientes atendidos 880  
Numero de clientes na fila 0

OK

--- GASOLINA ---  
Tempo medio de espera 209,4238  
Comp. medio da fila 137,9857  
Utilizacao do servico 0,9996  
Tempo de simulacao 1440,3169  
Numero de clientes atendidos 653  
Numero de clientes na fila 296  
--- GASOLEO ---  
Tempo medio de espera 9,4342  
Comp. medio da fila 1,6572  
Utilizacao do servico 0,7906  
Tempo de simulacao 1440,3169  
Numero de clientes atendidos 253  
Numero de clientes na fila 0  
--- LOJA ---  
Tempo medio de espera 0,3284  
Comp. medio da fila 0,2064  
Utilizacao do servico 0,6344  
Tempo de simulacao 1440,3169  
Numero de clientes atendidos 905  
Numero de clientes na fila 0

OK

--- GASOLINA ---  
Tempo medio de espera 244,3387  
Comp. medio da fila 163,9030  
Utilizacao do servico 0,9949  
Tempo de simulacao 1440,0662  
Numero de clientes atendidos 641  
Numero de clientes na fila 325  
--- GASOLEO ---  
Tempo medio de espera 6,8296  
Comp. medio da fila 1,0623  
Utilizacao do servico 0,7165  
Tempo de simulacao 1440,0662  
Numero de clientes atendidos 224  
Numero de clientes na fila 0  
--- LOJA ---  
Tempo medio de espera 0,2893  
Comp. medio da fila 0,1736  
Utilizacao do servico 0,6048  
Tempo de simulacao 1440,0662  
Numero de clientes atendidos 864  
Numero de clientes na fila 0

OK

**GPSS (Média e desvio gasolina +0,5):**

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
GASOLINA	271	271	891	12	116.837	188.827	191.405	0
GASOLEO	7	0	220	74	0.811	5.307	7.997	0
CAIXA	4	0	837	392	0.318	0.547	1.028	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	0	0	2	620	1	1.988	0.994	0	271
GASOLEO	1	0	0	1	220	1	0.649	0.649	0	0
CAIXA	1	0	0	1	837	1	0.585	0.585	0	0

Com o aumento do tempo médio de serviço na estação de gasolina verifica-se um maior comprimento de fila neste serviço assim como o tempo médio de espera. A fila para o pagamento será menor pois o intervalo de chegada de 80% dos clientes à loja será maior, e esta também conseguirá despachar os clientes que vêm do gasóleo sem perturbar tanto a fila.

### Média Serviço gasolina (-0,5) e Desvio padrão associado (-0,5):

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1    Cenário 2

#### CENARIO 1

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.2

- GASOLINA -	- GASOLEO -	- LOJA -
Tempo Medio de Servicio: 3.5	Tempo Medio de Servicio: 4	Tempo Medio de Servicio: 1
Desvio Padrao: 2	Desvio Padrao: 2.5	Desvio Padrao: 0.5
Nº Bombas: 2	Nº Bombas: 1	Nº Caixas: 1

SIMULAR

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 87,3342

Comp. medio da fila 56,0949

Utilizacao do servico 0,9999

Tempo de simulacao 1440,1344

Numero de clientes atendidos 836

Numero de clientes na fila 89

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 6,4395

Comp. medio da fila 1,0642

Utilizacao do servico 0,6587

Tempo de simulacao 1440,1344

Numero de clientes atendidos 238

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,4646

Comp. medio da fila 0,3462

Utilizacao do servico 0,7467

Tempo de simulacao 1440,1344

Numero de clientes atendidos 1073

Numero de clientes na fila 0

OK

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 81,8237

Comp. medio da fila 51,6279

Utilizacao do servico 0,9980

Tempo de simulacao 1440,6505

Numero de clientes atendidos 829

Numero de clientes na fila 80

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 6,8703

Comp. medio da fila 1,1731

Utilizacao do servico 0,6839

Tempo de simulacao 1440,6505

Numero de clientes atendidos 246

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,4528

Comp. medio da fila 0,3376

Utilizacao do servico 0,7503

Tempo de simulacao 1440,6505

Numero de clientes atendidos 1074

Numero de clientes na fila 0

OK

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 146,7507

Comp. medio da fila 100,1679

Utilizacao do servico 0,9996

Tempo de simulacao 1440,1415

Numero de clientes atendidos 806

Numero de clientes na fila 177

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 3,6659

Comp. medio da fila 0,5676

Utilizacao do servico 0,6115

Tempo de simulacao 1440,1415

Numero de clientes atendidos 223

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,4046

Comp. medio da fila 0,2891

Utilizacao do servico 0,7183

Tempo de simulacao 1440,1415

Numero de clientes atendidos 1029

Numero de clientes na fila 0

OK

### GPSS (Média e desvio gasolina -0,5):

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
GASOLINA	103	101	891	30	34.597	55.914	57.862	0
GASOLEO	5	0	220	89	0.611	4.000	6.717	0
CAIXA	5	2	1008	432	0.452	0.646	1.130	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	0	0	2	790	1	1.950	0.975	0	101
GASOLEO	1	1	0	1	220	1	0.637	0.637	0	0
CAIXA	1	0	0	1	1006	1	0.695	0.695	0	2

A diminuição do tempo médio de serviço na gasolina fará com que haja menos fila e menos tempo de espera neste serviço, assim como mais clientes atendidos. A fila de pagamento no entanto vai aumentar visto que maior parte dos clientes são provenientes da gasolina e chegarão com mais frequência.

### Média Serviço gasoleo (+0,5) e Desvio padrão associado (+0,5):

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1 Cenário 2

#### CENARIO 1

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.2

- GASOLINA -	- GASOLEO -	- LOJA -
Tempo Medio de Servico: 4	Tempo Medio de Servico: 4.5	Tempo Medio de Servico: 1
Desvio Padrao: 2.5	Desvio Padrao: 3	Desvio Padrao: 0.5
Nº Bombas: 2	Nº Bombas: 1	Nº Caixas: 1

SIMULAR

Resultados Cenário 1	Resultados Cenário 1	Resultados Cenário 1
<p>--- GASOLINA ---</p> <p>Tempo medio de espera 180,7944</p> <p>Comp. medio da fila 119,0766</p> <p>Utilizacao do servico 0,9993</p> <p>Tempo de simulacao 1442,3889</p> <p>Numero de clientes atendidos 728</p> <p>Numero de clientes na fila 222</p> <p>--- GASOLEO ---</p> <p>Tempo medio de espera 12,6647</p> <p>Comp. medio da fila 2,1336</p> <p>Utilizacao do servico 0,7527</p> <p>Tempo de simulacao 1442,3889</p> <p>Numero de clientes atendidos 243</p> <p>Numero de clientes na fila 0</p> <p>--- LOJA ---</p> <p>Tempo medio de espera 0,3544</p> <p>Comp. medio da fila 0,2383</p> <p>Utilizacao do servico 0,6732</p> <p>Tempo de simulacao 1442,3889</p> <p>Numero de clientes atendidos 970</p> <p>Numero de clientes na fila 0</p> <p>OK</p>	<p>--- GASOLINA ---</p> <p>Tempo medio de espera 140,2654</p> <p>Comp. medio da fila 96,2254</p> <p>Utilizacao do servico 0,9991</p> <p>Tempo de simulacao 1440,1845</p> <p>Numero de clientes atendidos 727</p> <p>Numero de clientes na fila 261</p> <p>--- GASOLEO ---</p> <p>Tempo medio de espera 6,9531</p> <p>Comp. medio da fila 1,2601</p> <p>Utilizacao do servico 0,7965</p> <p>Tempo de simulacao 1440,1845</p> <p>Numero de clientes atendidos 261</p> <p>Numero de clientes na fila 0</p> <p>--- LOJA ---</p> <p>Tempo medio de espera 0,3998</p> <p>Comp. medio da fila 0,2743</p> <p>Utilizacao do servico 0,6946</p> <p>Tempo de simulacao 1440,1845</p> <p>Numero de clientes atendidos 988</p> <p>Numero de clientes na fila 0</p> <p>OK</p>	<p>--- GASOLINA ---</p> <p>Tempo medio de espera 215,1217</p> <p>Comp. medio da fila 148,9165</p> <p>Utilizacao do servico 0,9998</p> <p>Tempo de simulacao 1440,2451</p> <p>Numero de clientes atendidos 713</p> <p>Numero de clientes na fila 284</p> <p>--- GASOLEO ---</p> <p>Tempo medio de espera 5,3514</p> <p>Comp. medio da fila 0,8583</p> <p>Utilizacao do servico 0,7124</p> <p>Tempo de simulacao 1440,2451</p> <p>Numero de clientes atendidos 231</p> <p>Numero de clientes na fila 0</p> <p>--- LOJA ---</p> <p>Tempo medio de espera 0,3446</p> <p>Comp. medio da fila 0,2256</p> <p>Utilizacao do servico 0,6590</p> <p>Tempo de simulacao 1440,2451</p> <p>Numero de clientes atendidos 943</p> <p>Numero de clientes na fila 0</p> <p>OK</p>

### GPSS (Media e desvio gasóleo +0,5):

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
GASOLINA	186	185	891	11	76.793	124.109	125.661	0
GASOLEO	8	2	220	58	1.069	6.996	9.500	0
CAIXA	4	0	921	406	0.373	0.584	1.044	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	0	0	2	706	1	1.986	0.993	0	185
GASOLEO	1	0	0	1	218	1	0.737	0.737	0	2
CAIXA	1	0	0	1	921	1	0.638	0.638	0	0

Com o aumento do tempo médio de serviço no gasóleo verifica-se um aumento da taxa de utilização deste serviço assim como da fila e do tempo de espera neste. A fila da loja irá diminuir ligeiramente, não tanto como na diminuição da gasolina, visto que 20% dos clientes abastecem gasóleo.

## Média Serviço gasoleo (-0,5) e Desvio padrão associado (-0,5):

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1    Cenário 2

### CENARIO 1

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.2

- GASOLINA -	- GASOLEO -	- LOJA -
Tempo Medio de Servicio: 4	Tempo Medio de Servicio: 3.5	Tempo Medio de Servicio: 1
Desvio Padrao: 2.5	Desvio Padrao: 2	Desvio Padrao: 0.5
Nº Bombas: 2	Nº Bombas: 1	Nº Caixas: 1

SIMULAR

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 172,6007

Comp. medio da fila 112,7897

Utilizacao do servico 0,9992

Tempo de simulacao 1440,0017

Numero de clientes atendidos 732

Numero de clientes na fila 209

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 2,7622

Comp. medio da fila 0,4585

Utilizacao do servico 0,5814

Tempo de simulacao 1440,0017

Numero de clientes atendidos 238

Numero de clientes na fila 1

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,3814

Comp. medio da fila 0,2567

Utilizacao do servico 0,6737

Tempo de simulacao 1440,0017

Numero de clientes atendidos 969

Numero de clientes na fila 0

OK

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 145,5828

Comp. medio da fila 93,8417

Utilizacao do servico 1,0000

Tempo de simulacao 1441,2179

Numero de clientes atendidos 734

Numero de clientes na fila 195

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 3,9462

Comp. medio da fila 0,6791

Utilizacao do servico 0,6049

Tempo de simulacao 1441,2179

Numero de clientes atendidos 248

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,3980

Comp. medio da fila 0,2709

Utilizacao do servico 0,6887

Tempo de simulacao 1441,2179

Numero de clientes atendidos 981

Numero de clientes na fila 0

OK

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 182,3789

Comp. medio da fila 119,7972

Utilizacao do servico 0,9992

Tempo de simulacao 1440,1878

Numero de clientes atendidos 715

Numero de clientes na fila 231

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 1,9324

Comp. medio da fila 0,2912

Utilizacao do servico 0,5366

Tempo de simulacao 1440,1878

Numero de clientes atendidos 217

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,3486

Comp. medio da fila 0,2256

Utilizacao do servico 0,6523

Tempo de simulacao 1440,1878

Numero de clientes atendidos 932

Numero de clientes na fila 0

OK

## GPSS (Media e desvio gasóleo -0,5):

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
GASOLINA	170	169	891	14	65.300	105.536	107.220	0
GASOLEO	4	0	220	100	0.470	3.076	5.639	0
CAIXA	6	1	939	400	0.462	0.708	1.233	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	0	0	2	722	1	1.979	0.990	0	169
GASOLEO	1	0	0	1	220	1	0.555	0.555	0	0
CAIXA	1	0	0	1	938	1	0.665	0.665	0	1

A diminuição de tempo médio de serviço na bomba de gásóleo faz com que a fila deste diminua assim como o tempo de espera associado. A utilização da loja e a sua fila irá ser afetada ligeiramente, aumentando, visto que chegarão clientes vindos do gásóleo com mais frequência.

**Média Serviço Loja (+0,5) e Desvio padrão associado (+0,1):**

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1

Cenário 2

CENARIO 1

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.2

- GASOLINA -

- GASOLEO -

- LOJA -

Tempo Medio de Servicio: 4

Tempo Medio de Servicio: 4

Tempo Medio de Servicio: 1.5

Desvio Padrao: 2.5

Desvio Padrao: 2.5

Desvio Padrao: 0.6

Nº Bombas: 2

Nº Bombas: 1

Nº Caixas: 1

SIMULAR

Resultados Cenario 1

Resultados Cenario 1

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 157,3210

Comp. medio da fila 99,4121

Utilizacao do servico 0,9972

Tempo de simulacao 1440,0872

Numero de clientes atendidos 730

Numero de clientes na fila 180

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 3,8264

Comp. medio da fila 0,6271

Utilizacao do servico 0,6558

Tempo de simulacao 1440,0872

Numero de clientes atendidos 236

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 15,4653

Comp. medio da fila 10,3633

Utilizacao do servico 0,9766

Tempo de simulacao 1440,0872

Numero de clientes atendidos 938

Numero de clientes na fila 27

OK

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 143,8348

Comp. medio da fila 93,4734

Utilizacao do servico 0,9998

Tempo de simulacao 1440,2960

Numero de clientes atendidos 733

Numero de clientes na fila 203

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 10,3981

Comp. medio da fila 1,7976

Utilizacao do servico 0,7044

Tempo de simulacao 1440,2960

Numero de clientes atendidos 249

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 30,7021

Comp. medio da fila 20,9115

Utilizacao do servico 0,9913

Tempo de simulacao 1440,2960

Numero de clientes atendidos 944

Numero de clientes na fila 37

OK

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 204,4493

Comp. medio da fila 145,3374

Utilizacao do servico 0,9972

Tempo de simulacao 1440,4830

Numero de clientes atendidos 716

Numero de clientes na fila 308

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 4,5763

Comp. medio da fila 0,7529

Utilizacao do servico 0,6770

Tempo de simulacao 1440,4830

Numero de clientes atendidos 236

Numero de clientes na fila 1

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 10,7847

Comp. medio da fila 7,1200

Utilizacao do servico 0,9821

Tempo de simulacao 1440,4830

Numero de clientes atendidos 935

Numero de clientes na fila 16

OK

**GPSS (Media (+0,5) e desvio (+0,1) Loja):**

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
GASOLINA	185	182	891	10	77.026	124.487	125.900	0
GASOLEO	7	1	220	89	0.723	4.733	7.949	0
CAIXA	14	3	925	56	3.871	6.027	6.415	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	0	0	2	709	1	1.980	0.990	0	182
GASOLEO	1	0	0	1	219	1	0.635	0.635	0	1
CAIXA	1	0	0	1	922	1	0.951	0.951	0	3



Com o aumento do tempo médio de serviço neste último posto da nossa estação, verifica-se uma sobrecarga neste posto com uma taxa de utilização a rondar os 100%. A fila e o tempo de espera serão bastante maiores.

### Média Serviço Loja (-0,5) e Desvio padrão associado (-0,1):

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1    Cenário 2

#### CENARIO 1

Tempo de Simulacao:

Intervalo de chegada dos clientes:

- GASOLINA -	- GASOLEO -	- LOJA -
Tempo Medio de Servicio: <input type="text" value="4"/>	Tempo Medio de Servicio: <input type="text" value="4"/>	Tempo Medio de Servicio: <input type="text" value="0.5"/>
Desvio Padrao: <input type="text" value="2.5"/>	Desvio Padrao: <input type="text" value="2.5"/>	Desvio Padrao: <input type="text" value="0.4"/>
Nº Bombas: <input type="text" value="2"/>	Nº Bombas: <input type="text" value="1"/>	Nº Caixas: <input type="text" value="1"/>

---

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 166,5032

Comp. medio da fila 109,3816

Utilizacao do servico 0,9973

Tempo de simulacao 1440,0237

Numero de clientes atendidos 728

Numero de clientes na fila 218

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 6,4197

Comp. medio da fila 1,0699

Utilizacao do servico 0,6659

Tempo de simulacao 1440,0237

Numero de clientes atendidos 240

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,0650

Comp. medio da fila 0,0437

Utilizacao do servico 0,3366

Tempo de simulacao 1440,0237

Numero de clientes atendidos 968

Numero de clientes na fila 0

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 150,6867

Comp. medio da fila 99,0701

Utilizacao do servico 0,9992

Tempo de simulacao 1440,3978

Numero de clientes atendidos 727

Numero de clientes na fila 220

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 9,2550

Comp. medio da fila 1,6256

Utilizacao do servico 0,6889

Tempo de simulacao 1440,3978

Numero de clientes atendidos 253

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,0804

Comp. medio da fila 0,0547

Utilizacao do servico 0,3464

Tempo de simulacao 1440,3978

Numero de clientes atendidos 980

Numero de clientes na fila 0

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 204,6548

Comp. medio da fila 138,1469

Utilizacao do servico 0,9963

Tempo de simulacao 1441,4303

Numero de clientes atendidos 713

Numero de clientes na fila 260

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 3,4034

Comp. medio da fila 0,5289

Utilizacao do servico 0,6306

Tempo de simulacao 1441,4303

Numero de clientes atendidos 224

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,0697

Comp. medio da fila 0,0453

Utilizacao do servico 0,3292

Tempo de simulacao 1441,4303

Numero de clientes atendidos 937

Numero de clientes na fila 0



### GPSS (Media e desvio Loja -0,5):

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
GASOLINA	201	200	891	12	81.908	132.376	134.183	0
GASOLEO	7	0	220	82	0.764	5.004	7.977	0
CAIXA	3	0	908	652	0.089	0.141	0.498	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	2	0	0	2	691	1	1.984	0.992	0	200
GASOLEO	1	0	0	1	220	1	0.638	0.638	0	0
CAIXA	1	1	0	1	908	1	0.341	0.341	0	0

A diminuição do tempo de pagamento fará com que a espera na loja seja quase nula, todos os clientes que saíam das bombas serão atendidos a tempo. Vai ser um valor baixo o suficiente para colmatar a grande frequência com que chegam das bombas quer de gasolina quer de gasóleo. A utilização da loja descera para cerca de metade.

## Simulação do modelo actual

Uma análise dos resultados do modelo actual permite-nos identificar uma clara sobrecarga nas bombas de gasolina, esta que é visivelmente identificável a partir da taxa de utilização de serviço (a rondar os 100%), do tempo médio de espera e do comprimento médio da fila. Apesar de haver 2 postos de gasolina, como 80% dos clientes destinam-se aqui e a margem entre o intervalo de chegada de novos clientes e o tempo médio de serviço nestes postos é grande faz com que a sobrecarga persista.

A bomba de gasóleo tem uma taxa de utilização de serviço que ronda os 65%, que é aceitável tendo em conta a percentagem de clientes que aqui abastecem. O tempo médio de serviço na loja é curto em comparação com o dos serviços de abastecimento e com a fila de espera gerada na bomba de gasolina (onde passam maior parte dos clientes) faz com que não exista uma sobrecarga neste último serviço do sistema (taxa a rondar os 65%).

# Propostas de alterações

## Alínea c) – 3 Bombas de Gasolina

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1 Cenário 2

### CENARIO 1

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.2

- GASOLINA -

Tempo Medio de Servico: 4

Desvio Padrao: 2.5

Nº Bombas: 3

- GASOLEO -

Tempo Medio de Servico: 4

Desvio Padrao: 2.5

Nº Bombas: 1

- LOJA -

Tempo Medio de Servico: 1

Desvio Padrao: 0.5

Nº Caixas: 1

SIMULAR

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 5,2879

Comp. medio da fila 3,4555

Utilizacao do servico 0,8614

Tempo de simulacao 1440,0027

Numero de clientes atendidos 933

Numero de clientes na fila 8

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 5,3353

Comp. medio da fila 0,8892

Utilizacao do servico 0,6583

Tempo de simulacao 1440,0027

Numero de clientes atendidos 238

Numero de clientes na fila 2

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 0,9902

Comp. medio da fila 0,8053

Utilizacao do servico 0,8137

Tempo de simulacao 1440,0027

Numero de clientes atendidos 1171

Numero de clientes na fila 0

OK

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 3,8669

Comp. medio da fila 2,5073

Utilizacao do servico 0,8558

Tempo de simulacao 1440,4588

Numero de clientes atendidos 934

Numero de clientes na fila 0

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 13,9598

Comp. medio da fila 2,4228

Utilizacao do servico 0,7311

Tempo de simulacao 1440,4588

Numero de clientes atendidos 250

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 1,0938

Comp. medio da fila 0,8983

Utilizacao do servico 0,8292

Tempo de simulacao 1440,4588

Numero de clientes atendidos 1182

Numero de clientes na fila 1

OK

Resultados Cenario 1

--- GASOLINA ---

Tempo medio de espera 8,4768

Comp. medio da fila 6,0456

Utilizacao do servico 0,9504

Tempo de simulacao 1440,0051

Numero de clientes atendidos 1017

Numero de clientes na fila 10

--- GASOLEO ---

Tempo medio de espera 2,2787

Comp. medio da fila 0,3703

Utilizacao do servico 0,6470

Tempo de simulacao 1440,0051

Numero de clientes atendidos 234

Numero de clientes na fila 0

--- LOJA ---

Tempo medio de espera 1,1336

Comp. medio da fila 0,9841

Utilizacao do servico 0,8672

Tempo de simulacao 1440,0051

Numero de clientes atendidos 1249

Numero de clientes na fila 1

OK

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
GASOLINA	16	2	891	233	2.639	4.265	5.775	0
GASOLEO	7	2	220	70	0.819	5.362	7.864	0
CAIXA	8	1	1103	294	0.939	1.225	1.671	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
GASOLINA	3	0	0	3	889	1	2.538	0.846	0	2
GASOLEO	1	0	0	1	218	1	0.654	0.654	0	2
CAIXA	1	0	0	1	1102	1	0.754	0.754	0	1

Dado que o sistema atual se encontra sobrecarregado no setor da gasolina, é essencial a redução de tempo médio de serviço de gasolina ou aumentar o intervalo de chegada de clientes ou acrescentar um novo posto de gasolina.

A proposta de acrescentar mais um posto de gasolina é benéfica para o sistema, permite reduzir a carga demasiado alta da gasolina, anteriormente, passando a utilização deste serviço para cerca de 85%. Em contrapartida, aumenta a fila e o tempo de espera da loja, subindo a taxa deste serviço deste para 85% também.

Alínea d) 4 Postos de Self-Service (Gasolina/Gasóleo mais Loja em conjunto)

Simulador Bombas de Gasolina

Cenário 1

Cenário 2

CENARIO 2

Tempo de Simulacao: 1440

Intervalo de chegada dos clientes: 1.2

- SELF-SERVICE -

Tempo Medio de Servicio: 4.5

Desvio Padrao: 2

Nº Postos: 4

SIMULAR

Resultados Cenario 2

--- SELF ---

Tempo medio de espera 24,9146

Comp. medio da fila 21,6878

Utilizacao do servico 0,9800

Tempo de simulacao 1441,7246

Numero de clientes atendidos 1239

Numero de clientes na fila 16

OK

Resultados Cenario 2

--- SELF ---

Tempo medio de espera 5,8339

Comp. medio da fila 4,8922

Utilizacao do servico 0,9436

Tempo de simulacao 1440,5182

Numero de clientes atendidos 1207

Numero de clientes na fila 1

OK

Resultados Cenario 2

--- SELF ---

Tempo medio de espera 10,1424

Comp. medio da fila 8,5992

Utilizacao do servico 0,9553

Tempo de simulacao 1440,1231

Numero de clientes atendidos 1221

Numero de clientes na fila 0

OK

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
SELFSERVICE	21	9	1180	207	4.628	5.647	6.849	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE. C.	UTIL.	RETRY	DELAY
SELFSERVICE	4	0	0	4	1171	1	3.697	0.924	0	9

A proposta de 4 postos de self-service permite atender mais clientes com uma carga na utilização do sistema de cerca de 95%. Exige menos empregados por dia ao mesmo tempo que se consegue um menor tempo de espera.

Verifica-se a seguinte condição:

$TesperaGasolina \text{ (ou Gasoleo)} + TesperaLoja < TesperaSelfService$   
Pelo que o cenário 2 é melhor em todos os aspetos.

## Lucro: alínea c) vs alínea d)

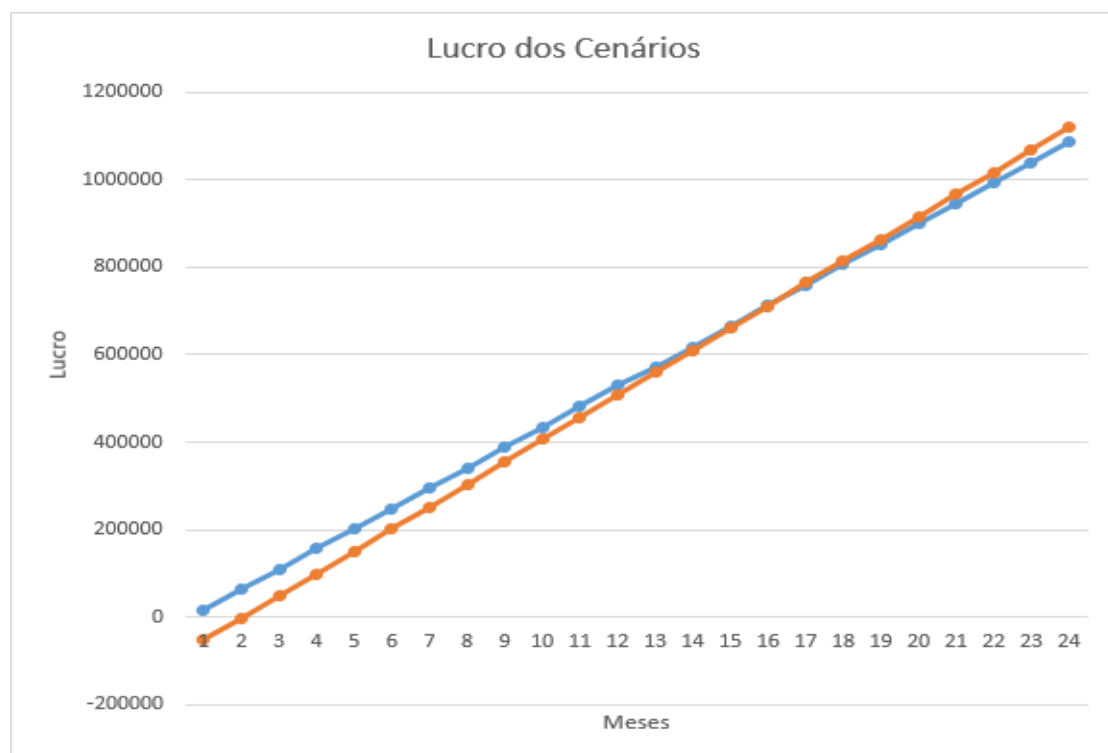
No cenário da alínea c): Investimento de 30000€; trabalham 15 empregados por dia (em 3 turnos, 3 na gasolina, 1 no gasóleo e 1 na loja em cada turno); 15 empregados \* 500€ (Salário) = 7500€ por mês em empregados.

Despesa total = 30000€ + (Nº de Meses)\*7500

Receita total = Nº de clientes atendidos no Nº de meses \* 1,5€  
(Amortização)

Receita Total – Despesa Total = LUCRO do cenário

Para descobrirmos ao fim de quantos meses o cenário 2 torna-se mais rentável que o cenário 1, registamos numa folha excel os lucros de cada cenário mês a mês com um gráfico para facilitar o acompanhamento. A partir do momento em que as duas séries se cruzassem seria esse o mês de início de lucro.



Verifica-se que a partir dos 17 meses o cenário 2 é mais lucrativo que o cenário 1.

## **Divisão de trabalhos**

António Simões: Coordenação e desenvolvimento do simulador e interface gráfica, GPSS na validação do simulador e relatório.

Diogo Bhovan: Desenvolvimento de algumas componentes do simulador, validação do mesmo e relatório.

José Cavaleiro: Desenvolvimento da interface gráfica, validação do simulador e relatório.

## Conclusão

Chegando ao fim do trabalho, cremos que este nos ajudou a perceber como uma simulação funciona de forma bastante completa. Na interface gráfica ficou a faltar a possibilidade de alterar a “seed” para a geração de números aleatórios, assim como a percentagem de clientes que se destinam a cada tipo de Bomba. Seriam dados úteis para uma validação mais completa do nosso simulador.