

# **Otimização de Fluxo de Passageiros em Terminal Aeroportuário: O caso do Aeroporto Internacional da Madeira Cristiano Ronaldo**

(versão final após defesa)

**José Dinarte Fernandes Gonçalves**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Aeronáutica**  
(mestrado integrado)

Orientador: Prof. Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva

**janeiro de 2022**

**Folha em branco**

# Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãs.

**Folha em branco**

# Agradecimentos

Primeiramente começo por agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva por todo o apoio, paciência, profissionalismo e compreensão. Agradeço ainda à Maria Emília Baltazar por o apoio prestado durante o desenvolvimento do presente trabalho.

De seguida, agradeço ao Engenheiro Duarte Ferreira e ao Engenheiro Vasco Carvalho pela oportunidade que me deram em poder desenvolver este trabalho no aeroporto internacional da Madeira. À Dra. Sónia Fernandez pelo apoio incansável durante a minha permanência no aeroporto e por todos os dados e contactos estabelecidos, sem eles este trabalho não seria possível.

Aos meus colegas e amigos de curso, que me apoiaram e acompanharam ao longo do meu percurso académico. Em especial aos meus grandes amigos Daniel Carvalhais e Pedro Dias por todo o companheirismo.

Aos meus irmãos da Desertuna, agradeço pela segunda família e por todas as memórias.

À pessoa que me ajudou na reta final deste trabalho, com a sua motivação e apoio tornou possível a conclusão desta dissertação.

Por fim, ao meu pai, à minha mãe, às minhas irmãs, à minha avó, à minha madrinha, ao meu tio e à minha prima, (isto é: *Os Todos*) pelo apoio incondicional na conclusão de uma etapa tão importante da minha vida.

**Folha em branco**

# Resumo

O crescimento da procura por transporte aéreo aumentou os problemas de congestionamento nos terminais aeroportuários. Este estudo propõe otimizar o fluxo de passageiros no aeroporto Internacional da Madeira de modo a aumentar a eficiência aeroportuária.

Ao longo deste trabalho foram estudadas formas de aumentar a eficiência do fluxo de passageiros de um aeroporto. Algumas das formas para promover este aumento de eficiência passam por exemplo, por alterações do layout no terminal aeroportuário, ou mesmo por algumas alterações básicas da infraestrutura.

Existem duas abordagens específicas para atingir o objetivo deste estudo. Em primeiro lugar, analisamos o fluxo de passageiros no terminal do aeroporto para localizar os pontos de congestionamento. Em segundo lugar, através do software de simulação, o *MassMotion*, analisamos diferentes layouts do terminal do aeroporto, de modo a encontrar a configuração mais eficiente.

Este estudo otimiza o fluxo de passageiros na área do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira, tornando-o mais eficiente no encaminhamento de passageiros e, desta forma mantém o controlo dos níveis de congestionamento. Assim, as configurações propostas para as áreas de *check-in*, segurança, controlo de fronteira, portas de embarque, embarque, desembarque e recolha de bagagem permitem reduzir consideravelmente (ou mesmo eliminar) o congestionamento de passageiros nesses pontos críticos.

Um aeroporto é uma infraestrutura de transporte complexa e, portanto, qualquer alteração na sua estrutura física não deve ser feita aquando do período de maior afluência. As modificações estruturais propostas, sempre que possível, devem ser simuladas em software para que sejam validadas antes de serem implementadas; esta foi a opção do Aeroporto Internacional da Madeira, que procura assim soluções para controlar os níveis de congestionamento, aumentar a eficiência do terminal e o nível de satisfação dos passageiros.

Com estas simulações em software, houve uma redução bastante considerável principalmente no *check-in*, controlo de acesso à segurança e controlo de segurança. No *check-in* em época baixa, em média, houve uma redução do tempo de espera (percentil 90) de 32%, para a época alta esta redução foi de 26% e na semana de pico uma redução de 39%. Para o controlo de acesso à segurança a redução foi de 33% para passageiros com prioridade e 89% para os restantes passageiros. Já no controlo de segurança a redução foi de 45% para passageiros com mobilidade reduzida, 21% para passageiros com prioridade e 46% para os restantes passageiros, todos estes tempos são respetivos ao percentil 90.

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado entre Maio de 2018 e Junho de 2019, durante a operação normal do aeroporto num contexto pré-covid.

# Palavras-chave

Simulação; Fluxo de passageiros; Aeroporto Internacional da Madeira; Eficiência; *MassMotion*; Terminal Aeroportuário.

# Abstract

The increased demand for air transportation has enlarged congestion problems in the areas of Passenger Terminals. This study proposes how to optimize the flows of passengers at the airport of Madeira to increase airport efficiency.

There are two specific approaches to achieve this study objective. Firstly, we analyse the flow of passengers at the airport terminal to detect where are the most critical congestion points. Secondly, using simulation software (MassMotion) we analyse different layouts of the airport terminal, including ramp area, considering passengers flows of different typologies, to find the most efficient layout configuration.

This study optimizes the flow of passengers in the terminal area of the International Airport of Madeira, making it more efficient in routing passengers and thus maintaining control over congestion levels. Thus, the proposed configurations for Check-in, Security, Border Control, Boarding Gates, Embark, Disembark, and Luggage Claim areas allow to considerably reduce (or even eliminate) passenger congestion at these critical points.

An airport is a complex transport infrastructure, and therefore any change in its physical structure must be made during its period of operation. Structural modifications must be simulated in software to be validated before being implemented; this was the option of Madeira International Airport, which thus seeks solutions to keep congestion levels under control, increase the efficiency of the terminal, and raise the level of passenger satisfaction.

With these software simulations, there was a very considerable reduction mainly in check-in, security access and security control. At check-in in the low season, on average, there was a reduction in the waiting time (90th percentile) of 32%, for high season this reduction was 26% and in the peak week, the reduction was 39%. For security access, the reduction was 33% for passengers with priority and 89% for other passengers. In terms of security control, the reduction was 45% for passengers with reduced mobility, 21% for passengers with priority and 46% for other passengers, all these times correspond to the 90th percentile.

This work was developed between May 2018 and June 2019, during the normal operation of the airport in a pre-covid context.

## Keywords

Simulation; Passenger flow; Madeira International Airport; Efficiency; MassMotion; Airport Terminal.

**Folha em branco**

# Índice

<b>1.1</b>	<b>Motivação</b> .....	<b>1</b>
1.1.1	Panorama Internacional.....	1
1.1.2	Enquadramento do Caso Estudo.....	3
<b>1.2</b>	<b>Objeto e Objetivos</b> .....	<b>6</b>
1.2.1	Objeto.....	6
1.2.2	Objetivos.....	6
<b>1.3</b>	<b>Metodologia</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4</b>	<b>Estrutura da Dissertação</b> .....	<b>8</b>
CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE.....		9
<b>2.2</b>	<b>Layout de um Aeroporto</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Layout do Terminal Aeroportuário</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Fluxo de Passageiros</b> .....	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Congestionamento</b> .....	<b>21</b>
2.5.1	Implicações Práticas.....	21
2.5.2	Soluções Mitigadoras.....	22
<b>2.6</b>	<b>Simulação em Software</b> .....	<b>23</b>
2.6.1	Análise de Softwares de Simulação.....	24
2.6.2	Software de Simulação para o Caso de Estudo: <i>MassMotion</i> .....	27
	Overview e Validação.....	27
	Alguns Conceitos do <i>MassMotion</i> .....	27
	Cena.....	27
	Agentes.....	28
	Casos de Estudo Usando o <i>MassMotion</i> .....	30
<b>2.7</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>32</b>
CAPÍTULO 3 – CASO DE ESTUDO.....		33
<b>3.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Layout do aeroporto - 2017</b> .....	<b>33</b>
	Piso 0.....	34
	Piso 1.....	34
	Piso 2.....	35
	Piso 3.....	37
	REVIT.....	38
	Construção do Modelo de Simulação.....	42

<b>3.3</b>	<b>Fluxo de Passageiros – 2017</b> .....	<b>46</b>
<b>3.4</b>	<b>Congestionamento - 2017</b> .....	<b>62</b>
3.4.1	<i>Check-in</i> .....	62
3.4.2	Controlo de Segurança .....	88
3.4.3	Controlo de Fronteira .....	93
3.4.4	Embarque .....	96
3.4.5	Desembarque .....	100
3.4.6	Recolha de Bagagem.....	103
<b>3.5</b>	<b>Soluções Mitigadoras</b> .....	<b>105</b>
3.5.1	<i>Check-in</i> .....	105
3.5.2	Controlo de Segurança .....	144
3.5.3	Piso 2 – Alterações Propostas - Geral .....	148
3.5.4	Controlo de Fronteira .....	150
3.5.5	Embarque .....	154
3.5.6	Desembarque .....	156
3.5.7	Recolha de Bagagem.....	159
<b>3.6</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>162</b>
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE RESULTADOS.....		163
<b>4.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>163</b>
<b>4.2</b>	<b><i>Check-in</i></b> .....	<b>163</b>
<b>4.3</b>	<b>Controlo de Segurança</b> .....	<b>166</b>
<b>4.4</b>	<b>Controlo de Fronteira</b> .....	<b>167</b>
<b>4.5</b>	<b>Embarque e Desembarque</b> .....	<b>169</b>
<b>4.6</b>	<b>Recolha de Bagagem</b> .....	<b>170</b>
<b>4.7</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>171</b>
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES .....		172
<b>5.1</b>	<b>Síntese da Dissertação</b> .....	<b>172</b>
<b>5.2</b>	<b>Considerações Finais</b> .....	<b>173</b>
<b>5.3</b>	<b>Perspetivas de Investigação Futuras</b> .....	<b>174</b>
REFERÊNCIAS .....		175
APÊNDICE - ARTIGO PUBLICADO E ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO.....		178
<b>Artigo publicado</b> .....		<b>178</b>
<b>Artigo submetido</b> .....		<b>179</b>

# Lista de Figuras

Figura 1 – Previsão do número de movimentos de aeronaves até 2050 [1].....	1
Figura 2 – Tráfego total de passageiros: histórico e previsões [2]. .....	1
Figura 3 – Crescimento nas 10 principais regiões mundiais por grupo de rotas: 2012 vs. 2032 e 2012 vs. 2042 [2]. .....	2
Figura 4 – Movimento de passageiros nos aeroportos de Portugal entre 1997 e 2017 [3].....	3
Figura 5 – Movimento de passageiros no aeroporto da Madeira entre 1997 e 2017 [5]. .....	3
Figura 6 – Filas para o check-in. ....	4
Figura 7 – Filas para o controlo de segurança .....	4
Figura 8 – Esquema de embarque e desembarque Schengen e não Schengen [6].....	5
Figura 9 – Fluxograma da metodologia.....	7
Figura 10 – Componentes de um aeroporto, adaptado de: [9]. ....	10
Figura 11 – Ilustração do conceito linear [10].....	12
Figura 12 – Ilustração do conceito de <i>pier</i> [10].....	12
Figura 13 – Ilustração do conceito de satélite [10] .....	13
Figura 14 – Ilustração do conceito de <i>transporter</i> [10].....	14
Figura 15 – Ilustração de variação dos vários conceitos [10].....	15
Figura 16 – Esquema do terminal aeroportuário por pisos [7]. .....	16
Figura 17 - Diagrama de nível de serviço espaço-tempo. Adaptado de: [12] .....	18
Figura 18 – Procura e capacidade até 2040 [19] .....	22
Figura 19 – Elementos de cena no <i>MassMotion</i> . [42].....	28
Figura 20 – Agentes do <i>MassMotion</i> e as suas interações. [42] .....	29
Figura 21 – Mapa de densidade usado para identificar pontos de congestionamento no layout. [30] .....	31
Figura 22 - Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira em perspetiva .....	33
Figura 23 – Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira, fachada frontal .....	34
Figura 24 – Piso 0 do Aeroporto Internacional da Madeira .....	34
Figura 25 - Piso 1 do Aeroporto Internacional da Madeira .....	35
Figura 26 - Piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira .....	35
Figura 27 - Piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira, terminal aeroportuário.....	36
Figura 28 – Zona de embarque <i>Schengen</i> e não- <i>Schengen</i> .....	36
Figura 29 – Zona de desembarque <i>Schengen</i> e não- <i>Schengen</i> .....	37
Figura 30 – Vias de trânsito. ....	37
Figura 31 - Piso 3 do Aeroporto Internacional da Madeira .....	38
Figura 32 – Planta do piso 0 do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira .....	39
Figura 33 - Planta do piso 1 do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira .....	39
Figura 34 - Planta do piso 2 do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira .....	40
Figura 35 - Planta do piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira incluindo a placa .....	40
Figura 36 - Planta do piso 3 do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira .....	40
Figura 37 - Planta do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira, vista de corte .....	40
Figura 38 – Modelo 3D do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira construído no <i>Revit</i> .....	41
Figura 39 – Diferentes famílias do <i>Revit</i> .....	41
Figura 40 – Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira no <i>MassMotion</i> .....	42

Figura 41 – Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira no <i>MassMotion</i> . Vista dos pisos separados .....	42
Figura 42 - Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira no <i>MassMotion</i> com detalhe da placa. ....	43
Figura 43 – Piso 0 do Aeroporto Internacional da Madeira no <i>MassMotion</i> .....	43
Figura 44 - Piso 1 do Aeroporto Internacional da Madeira no <i>MassMotion</i> .....	44
Figura 45 - Piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira no <i>MassMotion</i> com detalhe da placa .....	44
Figura 46 - Piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira no <i>MassMotion</i> .....	45
Figura 47 - Piso 3 do Aeroporto Internacional da Madeira no <i>MassMotion</i> .....	45
Figura 48 – Total de passageiros movimentados em 2017 no Aeroporto Internacional da Madeira por mês .....	46
Figura 49 - Total de passageiros movimentados em 2017 no Aeroporto Internacional da Madeira por semana .....	46
Figura 50 – Total de passageiros numa semana de pico, alta e baixa .....	47
Figura 51 - Total de passageiros nas partidas numa semana de pico, alta e baixa .....	48
Figura 52 - Total de passageiros nas partidas numa semana de pico, alta e baixa .....	48
Figura 53 – Portas de entrada do piso 1 e balcões de <i>check-in</i> do Aeroporto Internacional da Madeira .....	49
Figura 54 – Piso 1: Porta de acesso para o piso 3. ....	52
Figura 55 – Piso 3: Controlo de acesso ao controlo de segurança .....	53
Figura 56 – Linhas de controlo de segurança .....	54
Figura 57 – Tabuleiros por passageiros ao longo do ano .....	56
Figura 58 – Piso 2: Controlo de fronteira das partidas .....	57
Figura 59 – Piso 2: Portas de embarque. Verde: Portas 1 à 8, Amarelo: Portas 9 à 12, Vermelho: Portas 13 à 17, Preto: Portas 18 e 19 .....	58
Figura 60 – Piso 2: Portas de desembarque <i>Schengen</i> e não- <i>Schengen</i> .....	60
Figura 61 – Piso 0: Tapetes de recolha de bagagem de porão. ....	62
Figura 62 – Balcões de <i>check-in</i> sem tapete de bagagem de porão .....	63
Figura 63 – Congestionamento ao sair do balcão de <i>check-in</i> .....	63
Figura 64 – Localização da casa de banho do piso 1. ....	64
Figura 65 – Portas de entrada do terminal com impedimentos no interior .....	65
Figura 66 – Porta de acesso ao piso 3 .....	65
Figura 67 – Filas para os balcões 25 ao 28 .....	66
Figura 68 – Filas dos balcões 29 ao 31 e corredor de acesso à porta para o piso 3. ....	66
Figura 69 – Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa – domingo. ....	67
Figura 70 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa – domingo .....	67
Figura 71 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - segunda-feira. ....	68
Figura 72 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa – segunda-feira .....	68
Figura 73 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - terça-feira .....	69
Figura 74 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - terça-feira .....	69
Figura 75 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - quarta-feira .....	70
Figura 76 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - quarta-feira .....	70
Figura 77 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - quinta-feira .....	71
Figura 78 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - quinta-feira .....	71
Figura 79 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - sexta-feira .....	72
Figura 80 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - sexta-feira .....	72
Figura 81 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - sábado. ....	73

Figura 82 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa – sábado. ....	73
Figura 83 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - domingo. ....	74
Figura 84 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - domingo. ....	74
Figura 85 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – segunda-feira ..	75
Figura 86 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – segunda-feira .....	75
Figura 87 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – terça-feira.....	76
Figura 88 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – terça-feira .....	76
Figura 89 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – quarta-feira .....	77
Figura 90 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – quarta-feira .....	77
Figura 91 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – quinta-feira.....	78
Figura 92 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – quinta-feira .....	78
Figura 93 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – sexta-feira .....	79
Figura 94 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – sexta-feira .....	79
Figura 95 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – sábado. ....	80
Figura 96 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Época alta – sábado.....	80
Figura 97 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Pico – domingo. ....	81
Figura 98 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Pico – domingo. ....	81
Figura 99 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Pico – segunda-feira .....	82
Figura 100 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Pico – segunda-feira .....	82
Figura 101 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Pico – terça-feira .....	83
Figura 102 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Pico – terça-feira .....	83
Figura 103 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Pico – quarta-feira .....	84
Figura 104 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Pico – quarta-feira.....	84
Figura 105 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Pico – quinta-feira .....	85
Figura 106 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Pico – quinta-feira .....	85
Figura 107 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Pico – sexta-feira .....	86
Figura 108 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Pico – sexta-feira .....	86
Figura 109 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> de 2017: Pico – sábado.....	87
Figura 110 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> de 2017: Pico – sábado.....	87
Figura 111 – Controlo de acesso para as filas de espera do controlo de segurança .....	88
Figura 112 - Filas para o controlo de acesso. ....	89
Figura 113 – Mapa de densidade experienciada. Piso 3: Controlo de acesso.....	89
Figura 114 - Mapa de densidade máxima. Piso 3: Controlo de acesso. ....	89
Figura 115 – Filas para o controlo de acesso e para o controlo de segurança.....	90
Figura 116 – Fila económica para o controlo de segurança .....	91
Figura 117 – Mapa de densidade experienciada. Piso 3: Filas para o controlo de segurança ....	92
Figura 118 - Mapa de densidade máxima. Piso 3: Filas para o controlo de segurança.....	92
Figura 119 – Áreas para as filas no controlo de fronteira – partidas .....	93
Figura 120 – Mapa de densidade experienciada. Piso 2: Filas para o controlo de fronteira – Partidas .....	93
Figura 121 - Mapa de densidade máxima. Piso 2: Filas para o controlo de fronteira - Partidas.	94
Figura 122 - Áreas para as filas no controlo de fronteira – chegadas .....	95
Figura 123 – Filas no controlo de fronteira das chegadas.....	95
Figura 124 - Mapa de densidade experienciada. Piso 2: Filas para o controlo de fronteira - Chegadas.....	96
Figura 125 - Mapa de densidade máxima. Piso 2: Filas para o controlo de fronteira - Chegadas. ....	96
Figura 126 – Portas de acesso à aeronave/autocarro com duas portas de embarque.....	97

Figura 127 – Embarque utilizando três portas de embarque e duas portas físicas para o mesmo voo .....	97
Figura 128 – Embarque de 4 voos utilizando 8 portas de embarque .....	98
Figura 129 – Vista de fora dos 4 embarques <i>Schengen</i> utilizando 8 portas de embarque.....	98
Figura 130 – Portas de embarque não- <i>Schengen</i> e <i>Schengen</i> .....	99
Figura 131 – Embarque de autocarro e desembarque a pé .....	100
Figura 132 – Desembarque <i>Schengen</i> a pé ou de autocarro.....	101
Figura 133 – Portas de sentido único de desembarque .....	102
Figura 134 – Mada de densidade máxima nas portas de desembarque <i>Schengen</i> e não- <i>Schengen</i> .....	102
Figura 135 – Recolha de bagagem.....	103
Figura 136 – Zona de saída no piso das chegadas .....	104
Figura 137 – Mapa de densidade máxima – Piso 0. ....	104
Figura 138 – Entradas para o piso 3 e nova casa de banho propostas – Piso 1. ....	105
Figura 139 - Portas de acesso ao piso 3 propostas.....	106
Figura 140 - Casa de banho e configuração da loja proposta.....	106
Figura 141 – Recuo dos balcões de <i>check-in</i> .....	107
Figura 142 – Zona de <i>check-in</i> e corredor de saída nos balcões de <i>check-in</i> .....	108
Figura 143 – Separação física entre zona comercial e zona de <i>check-in</i> proposta.....	108
Figura 144 – Áreas de <i>check-in</i> propostas .....	109
Figura 145 – Organização das filas para os balcões de <i>check-in</i> .....	109
Figura 146 – <i>Layout</i> proposto para domingo da época baixa.....	110
Figura 147 – Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época baixa – domingo. ....	110
Figura 148 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época baixa – domingo. ....	111
Figura 149 – <i>Layout</i> proposto para a manhã de segunda-feira da época baixa.....	111
Figura 150 – <i>Layout</i> proposto para a tarde de segunda-feira da época baixa .....	112
Figura 151 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - segunda-feira. ....	112
Figura 152 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época baixa – segunda-feira ....	112
Figura 153 - <i>Layout</i> proposto para terça-feira da época baixa.....	113
Figura 154 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - terça-feira. ....	113
Figura 155 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - terça-feira .....	114
Figura 156 - <i>Layout</i> proposto para quarta-feira da época baixa .....	114
Figura 157 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - quarta-feira. ....	115
Figura 158 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - quarta-feira.....	115
Figura 159 - <i>Layout</i> proposto para quinta-feira da época baixa.....	116
Figura 160 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - quinta-feira. ....	116
Figura 161 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - quinta-feira .....	116
Figura 162 - <i>Layout</i> proposto para sexta-feira da época baixa .....	117
Figura 163 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - sexta-feira. ....	117
Figura 164 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - sexta-feira .....	118
Figura 165 - <i>Layout</i> proposto para sábado da época baixa .....	118
Figura 166 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - sábado.....	119
Figura 167 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época baixa – sábado.....	119

Figura 168 - <i>Layout</i> proposto para domingo da época alta .....	120
Figura 169 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época alta - domingo. ....	120
Figura 170 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época alta - domingo. ....	120
Figura 171 - <i>Layout</i> proposto para segunda-feira da época alta.....	121
Figura 172 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época alta – segunda-feira. .....	122
Figura 173 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época alta – segunda-feira .....	122
Figura 174 – Fila comum para os balcões 21 ao 28 – segunda-feira da época alta .....	122
Figura 175 - <i>Layout</i> proposto para terça-feira da época alta.....	123
Figura 176 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época alta – terça-feira ..	123
Figura 177 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época alta – terça-feira.....	124
Figura 178 - <i>Layout</i> proposto para quarta-feira da época alta .....	124
Figura 179 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época alta – quarta-feira. .....	125
Figura 180 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época alta – quarta-feira .....	125
Figura 181 – <i>Layout</i> proposto para a manhã de quinta-feira da época alta .....	126
Figura 182 – <i>Layout</i> proposto para a tarde de quinta-feira da época alta.....	126
Figura 183 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época alta - quinta-feira.	127
Figura 184 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época alta – quinta-feira.....	127
Figura 185 - <i>Layout</i> proposto para sexta-feira da época alta.....	128
Figura 186 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época alta – sexta-feira ..	128
Figura 187 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época alta – sexta-feira.....	128
Figura 188 - <i>Layout</i> proposto para sábado da época alta .....	129
Figura 189 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Época alta – sábado. ....	129
Figura 190 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Época alta – sábado. ....	130
Figura 191 - <i>Layout</i> proposto para domingo da semana de pico. ....	130
Figura 192 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – domingo. ....	131
Figura 193 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – domingo. ....	131
Figura 194 - <i>Layout</i> proposto para segunda-feira da semana de pico até às 10h45m .....	132
Figura 195 - <i>Layout</i> proposto para segunda-feira da semana de pico das 10h45m às 12h00m. .....	132
Figura 196 - <i>Layout</i> proposto para segunda-feira da semana de pico das 12h00m às 14h30m. .....	133
Figura 197 - <i>Layout</i> proposto para segunda-feira da semana de pico a partir das 14h30m.....	133
Figura 198 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – segunda-feira até às 12h00m .....	134
Figura 199 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – segunda-feira até às 12h00m .....	134
Figura 200 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – segunda-feira das 12h00m às 14h30m.....	135
Figura 201 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – segunda-feira das 12h00m às 14h30m.....	135
Figura 202 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – segunda-feira a partir das 14h30m.....	135
Figura 203 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – segunda-feira a partir das 14h30m .....	136
Figura 204 - <i>Layout</i> número 1 proposto para terça-feira da semana de pico.....	137
Figura 205 – <i>Layout</i> número 2 proposto para terça-feira da semana de pico.....	137

Figura 206 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – terça-feira .....	138
Figura 207 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – terça-feira .....	138
Figura 208 - <i>Layout</i> proposto para quarta-feira da semana de pico. ....	139
Figura 209 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – quarta-feira.....	139
Figura 210 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – quarta-feira .....	139
Figura 211 - <i>Layout</i> proposto para quinta-feira da semana de pico.....	140
Figura 212 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – quinta-feira .....	140
Figura 213 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – quinta-feira.....	141
Figura 214 - <i>Layout</i> proposto para sexta-feira da semana de pico. ....	141
Figura 215 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – sexta-feira .....	142
Figura 216 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – sexta-feira.....	142
Figura 217 - <i>Layout</i> proposto para sábado da semana de pico. ....	143
Figura 218 - Mapa de densidade experienciada – <i>Layout</i> proposto: Pico – sábado. ....	143
Figura 219 - Mapa de densidade máxima – <i>Layout</i> proposto: Pico – sábado. ....	143
Figura 220 – Proposta de controlo de acesso para as filas de espera do controlo de segurança. .....	144
Figura 221 - Mapa de densidade experienciada para o <i>layout</i> proposto. Piso 3: Controlo de acesso. ....	145
Figura 222 - Mapa de densidade máxima para o <i>layout</i> proposto. Piso 3: Controlo de acesso. .....	145
Figura 223 - Filas propostas para o controlo de acesso e para o controlo de segurança .....	146
Figura 224 – Filas para o controlo de segurança no <i>layout</i> proposto. ....	146
Figura 225 - Mapa de densidade experienciada. Piso 3: Filas do <i>layout</i> proposto para o controlo de segurança.....	147
Figura 226 - Mapa de densidade máxima. Piso 3: Filas do <i>layout</i> proposto para o controlo de segurança .....	147
Figura 227 – Principais alterações propostas para o piso 2.....	148
Figura 228 – Salas de embarque propostas no novo <i>layout</i> .....	149
Figura 229 – Corredores de desembarque <i>Schengen</i> e não- <i>Schengen</i> propostos .....	150
Figura 230 – Filas propostas para o controlo de fronteira - partidas .....	150
Figura 231 – Mapa de densidade experienciada. Piso 2: Filas do <i>layout</i> proposto para o controlo de fronteira .....	151
Figura 232 - Mapa de densidade máxima. Piso 2: Filas do <i>layout</i> proposto para o controlo de fronteira.....	151
Figura 233 – <i>Layout</i> proposto para as filas de espera no controlo de fronteira – chegadas.....	152
Figura 234 - Mapa de densidade experienciada. Piso 2: <i>Layout</i> proposto para o controlo de fronteira – Chegadas .....	152
Figura 235 - Mapa de densidade máxima. Piso 2: <i>Layout</i> proposto para o controlo de fronteira - Chegadas .....	153
Figura 236 – Novas portas de embarque sugeridas .....	154
Figura 237 – Balcões de embarque propostos com porta individual .....	154
Figura 238 – Salas de pré-embarque propostas .....	155
Figura 239 - Balcões de embarque propostos com utilização de várias portas.....	155
Figura 240 – Embarques com sala de pré-embarque e sem sala de pré-embarque .....	156
Figura 241 – Corredores de desembarque <i>Schengen</i> propostos.....	157
Figura 242 – Desembarque <i>Schengen</i> através do novo corredor de desembarque <i>Schengen</i> . 157	
Figura 243 – Desembarque não- <i>Schengen</i> e embarque não- <i>Schengen</i> .....	158

Figura 244 - Mada de densidade máxima nas portas de desembarque <i>Schengen</i> e não- <i>Schengen</i> para o novo layout – Piso 2.....	158
Figura 245 - Mada de densidade experienciada nas portas de desembarque <i>Schengen</i> e não- <i>Schengen</i> para o novo layout – Piso 2.....	159
Figura 246 - Área de não permanência nos tapetes de recolha de bagagem. ....	159
Figura 247 – Passageiros junto aos tapetes de recolha de bagagem de porão.....	160
Figura 248 – Saída dos passageiros do terminal aeroportuário. ....	160
Figura 249 – Pormenor da zona destinada a operadores turísticos.....	161
Figura 250 – Mapa de densidade máxima – Piso 0. ....	161
Figura 251 – Saída do terminal aeroportuário. ....	170

**Folha em branco**

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Padrões de nível de serviço. Adaptado de: [12] .....	18
Tabela 2 - <i>Standards</i> de espaço recomendado pela IATA ( <i>International Air Transport Association</i> ) para cada área de espera. Adaptado de: [12].....	19
Tabela 3 - <i>Standards</i> de tempo recomendados pela IATA para cada área de espera. Adaptado de: [12] .....	19
Tabela 4 – Tempos médios de <i>check-in</i> para os diferentes passageiros .....	50
Tabela 5 – Tempos médios de <i>check-in</i> por grupo de passageiros .....	50
Tabela 6 – Distribuição normal para cada tipo de passageiro.....	50
Tabela 7 – Utilização dos balcões de <i>check-in</i> .....	51
Tabela 8 – Passageiros com mala de porão.....	51
Tabela 9 – Passageiros com mala de porão por companhia aérea .....	52
Tabela 10 – Tipologia dos passageiros para o controlo de segurança .....	53
Tabela 11 – Tempos médios no controlo de segurança .....	54
Tabela 12 – Tabuleiros e passageiros nas linhas de segurança .....	55
Tabela 13 – Número de passageiros processados em cada sistema de controlo de fronteira - partidas .....	57
Tabela 14 – Tempo de processamento em cada sistema de controlo de fronteira - partidas....	57
Tabela 15 – Afluência de voos e passageiros nas partidas na semana de época alta em 2017 ..	59
Tabela 16 – Tempo de processamento no embarque.....	59
Tabela 17 - Afluência de voos e passageiros nas chegadas na semana de época alta em 2017.59	
Tabela 18 - Número de passageiros processados em cada sistema de controlo de fronteira - chegadas .....	61
Tabela 19 - Tempo de processamento em cada sistema de controlo de fronteira - chegadas...	61
Tabela 20 – Tempo de chegada das malas de porão.....	62
Tabela 21 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - domingo .....	68
Tabela 22 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa – segunda-feira .....	68
Tabela 23 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - terça-feira .....	69
Tabela 24 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - quarta-feira .....	70
Tabela 25 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - quinta-feira .....	71
Tabela 26 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - sexta-feira .....	72
Tabela 27 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época baixa - sábado.....	73
Tabela 28 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - domingo. ....	74
Tabela 29 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - segunda-feira.....	75
Tabela 30 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - terça-feira.....	76
Tabela 31 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - quarta-feira .....	77
Tabela 32 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - quinta-feira.....	78
Tabela 33 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - sexta-feira.....	79
Tabela 34 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Época alta - sábado. ....	80
Tabela 35 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Semana de pico - domingo.....	81
Tabela 36 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Semana de pico – segunda-feira .....	82
Tabela 37 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Semana de pico – terça-feira .....	83
Tabela 38 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Semana de pico – quarta-feira.....	84
Tabela 39 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Semana de pico – quinta-feira .....	85
Tabela 40 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Semana de pico – sexta-feira .....	86

Tabela 41 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> de 2017: Semana de pico – sábado.....	87
Tabela 42 - Tempos em fila de espera para o controlo de acesso.....	90
Tabela 43 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança.....	92
Tabela 44 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança no <i>layout</i> proposto.....	94
Tabela 45 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança no <i>layout</i> proposto.....	96
Tabela 46 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - domingo.....	111
Tabela 47 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época baixa – segunda-feira.....	113
Tabela 48 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - terça-feira.....	114
Tabela 49 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - quarta-feira.....	115
Tabela 50 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - quinta-feira.....	117
Tabela 51 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - sexta-feira.....	118
Tabela 52 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época baixa - sábado.....	119
Tabela 53 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época alta - domingo.....	121
Tabela 54 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época alta - segunda-feira.....	123
Tabela 55 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época alta - terça-feira.....	124
Tabela 56 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época alta - quarta-feira.....	125
Tabela 57 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época alta - quinta-feira.....	127
Tabela 58 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época alta - sexta-feira.....	129
Tabela 59 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Época alta - sábado.....	130
Tabela 60 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Semana de pico - domingo.....	131
Tabela 61 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Semana de pico – segunda-feira.....	136
Tabela 62 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Semana de pico – terça-feira.....	138
Tabela 63 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Semana de pico – quarta-feira.....	140
Tabela 64 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Semana de pico – quinta-feira.....	141
Tabela 65 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Semana de pico – sexta-feira.....	142
Tabela 66 – Tempos em fila de espera – <i>Layout</i> proposto: Semana de pico – sábado.....	144
Tabela 67 - Tempos em fila de espera para o controlo de acesso no <i>layout</i> proposto.....	145
Tabela 68 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança no <i>layout</i> proposto.....	148
Tabela 69 - Tempos em fila de espera para o controlo de fronteira no <i>layout</i> proposto - partidas.....	151
Tabela 70 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança no <i>layout</i> proposto - chegadas.....	153
Tabela 71 – Tempo médio de espera em fila para o <i>check-in</i> – semana de época baixa.....	163
Tabela 72 - Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> – percentil 90% - semana de época baixa.....	163
Tabela 73 - Tempo médio de espera em fila para o <i>check-in</i> – semana de época alta.....	164
Tabela 74 - Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> – percentil 90% - semana de época alta.....	164
Tabela 75 - Tempo médio de espera em fila para o <i>check-in</i> – semana de pico.....	165
Tabela 76 - Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> – percentil 90% - semana de pico. .....	165
Tabela 77 - Tempo médio de espera na fila para o controlo de acesso.....	166
Tabela 78 - Tempo máximo de espera na fila para o controlo de acesso – percentil 90%.....	166
Tabela 79 - Tempo médio de espera na fila para o controlo de segurança.....	166
Tabela 80 - Tempo máximo de espera na fila para o controlo de segurança – percentil 90%.....	167
Tabela 81 - Tempo médio de espera na fila nas partidas para o controlo de fronteira.....	167
Tabela 82 - Tempo máximo de espera na fila nas partidas para o controlo de segurança – percentil 90%.....	167

Tabela 83 - Tempo médio de espera na fila nas chegadas para o controlo de fronteira .....	168
Tabela 84 - Tempo máximo de espera na fila nas chegadas para o controlo de segurança – percentil 90% .....	168
Tabela 85 – Embarque de passageiros através de autocarros – dia com mais voos não- <i>Schengen</i> .....	169
Tabela 86 - Desembarque de passageiros através de autocarros – dia com mais voos não- <i>Schengen</i> .....	169
Tabela 87 - Embarque de passageiros através de autocarros – dia com mais voos <i>Schengen</i> .	169
Tabela 88 - Desembarque de passageiros através de autocarros – dia com mais voos <i>Schengen</i> . .....	169

**Folha em branco**

# Lista de Acrónimos

3D - 3 Dimensions

BIM - Building Information Model

IATA - International Air Transport Association

ICAO - International Civil Aviation Organization

IFC – Industry Foundation Classes

JFK - John Fitzgerald Kennedy

PAX – Passageiros

PMR – Passageiro com Mobilidade Reduzida

**Folha em branco**

# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1 Motivação

### 1.1.1 Panorama Internacional

O transporte aéreo tem crescido nas últimas décadas a um ritmo bastante acelerado, e a previsão segundo um estudo da EUROCONTROL [1] é que continue a crescer.



Figura 1 - Previsão do número de movimentos de aeronaves até 2050 [1].

Na Figura 1, podemos observar que segundo o cenário mais provável, em 2035 haverá aproximadamente mais 50% de voos relativamente aos que existem atualmente, e a previsão para 2050, indica que esse número duplicará face ao atual. Relativamente aos passageiros que estarão a voar nos próximos anos, podemos observar na Figura 2, que de acordo com o estudo feito pela ICAO (*International Civil Aviation Organization*) em 2016, este número também crescerá significativamente.

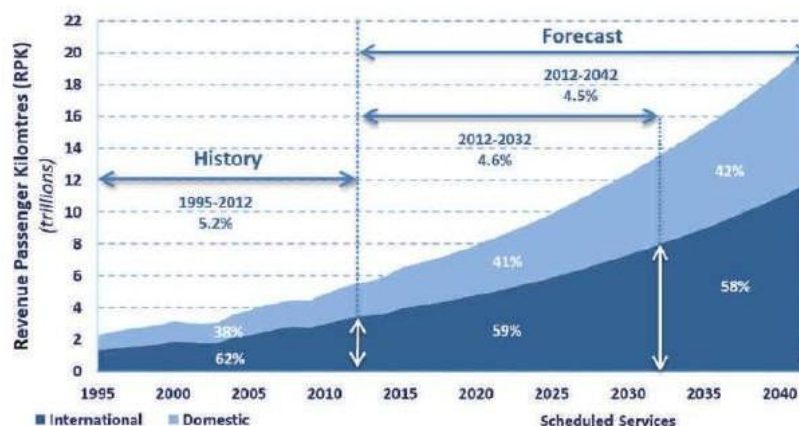


Figura 2 - Tráfego total de passageiros: histórico e previsões [2].

Na Figura 2 vemos a previsão do retorno do crescimento anual esperado para os próximos 20 e 30 anos, que de certo modo corresponderá ao número de passageiros esperados.

Podemos ver que, no período de 2012 a 2032, a previsão é de que o número de passageiros tenha um crescimento de 4,6% ao ano e no período de 2012 a 2042 esse crescimento seja de 4,5% ao ano.

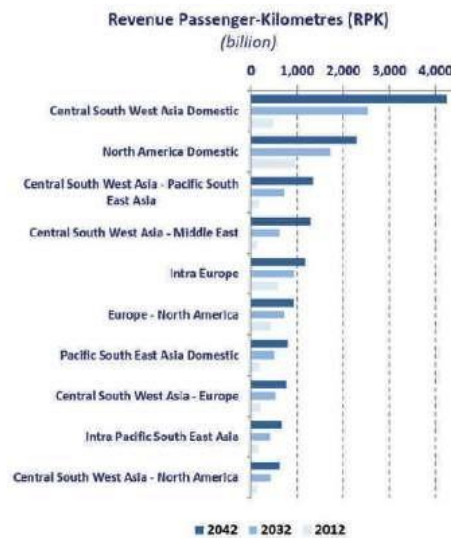


Figura 3 - Crescimento nas 10 principais regiões mundiais por grupo de rotas: 2012 vs. 2032 e 2012 vs. 2042 [2].

A Figura 3 mostra as 10 principais rotas mundiais e a projeção de crescimento para cada uma delas. O crescimento mais acentuado será no continente asiático, mais precisamente no sul da Ásia, onde é esperado um crescimento de cerca de 10% ao ano. Na Europa, o volume de passageiros também aumentará, mas a uma taxa de 2,1% ao ano. No entanto, este crescimento não é paralelo ao aumento da capacidade aeroportuária, o que leva ao congestionamento como uma questão importante.

O estudo da EUROCONTROL estima que em 2030, 1,9 milhões de voos não conseguirão ser acomodados/transportados. Até 2035, dentro dos planos que os aeroportos relataram, estima-se que 120 milhões de passageiros não conseguirão viajar. Em 2035, mais de 20 aeroportos estarão a operar a 80% ou mais da sua capacidade total, em 2012 eram apenas 3. Isto implica atrasar as operações do aeroporto o que era de cerca de 1 minuto por voo em 2012, para 5 a 6 minutos em 2035, fazendo com que passe de um problema menor ou intermitente, para um problema permanente no atraso dos voos.

Para dar resposta a este crescimento, é necessário que os aeroportos tomem medidas, visto que um maior número de voos trará mais passageiros para os aeroportos, havendo aeroportos em que a expansão é muito limitada; uma das soluções passa por aumentar a eficiência do aeroporto.

## 1.1.2 Enquadramento do Caso Estudo

Em Portugal o crescimento nos últimos anos também foi a um ritmo acelerado como podemos constatar na Figura 4, onde podemos observar o número de passageiros nos aeroportos de Portugal, mais precisamente, os aeroportos de Lisboa, Porto, Faro, Santa Maria, Ponta Delgada, Lajes, Horta, Flores, Graciosa, Pico, São Jorge, Corvo, Funchal e Porto Santo.

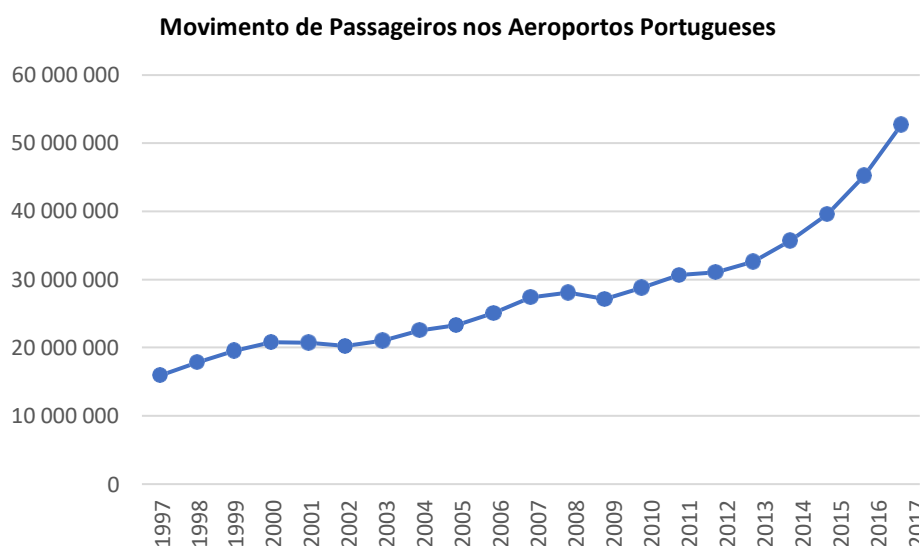


Figura 4 - Movimento de passageiros nos aeroportos de Portugal entre 1997 e 2017 [3].

Como podemos ver na Figura 4 desde 2012 que o número de passageiros cresce a um ritmo bastante acelerado, na ordem dos 12%, ultrapassando a tendência Europeia e Mundial.

No Aeroporto Internacional da Madeira o crescimento acompanha a tendência mundial, tendo atingido e ultrapassado o valor recorde de 3 milhões de passageiros em 2017 [4].

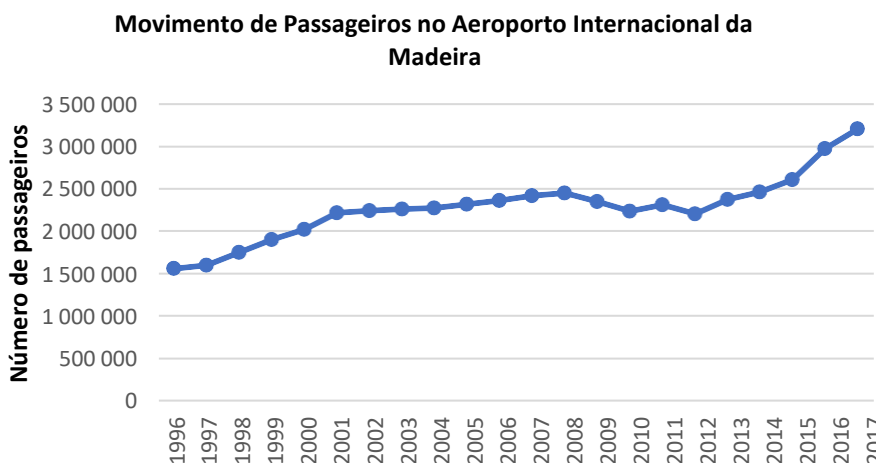


Figura 5 - Movimento de passageiros no aeroporto da Madeira entre 1997 e 2017 [5].

Como podemos observar na Figura 5, o crescimento nos últimos anos foi acentuado, havendo apenas uma quebra entre 2008 e 2012, podendo ser explicada com a crise mundial que se fez sentir nesse período.

Com o número de passageiros a aumentar no aeroporto, é normal haver um maior congestionamento no terminal aeroportuário.

No Aeroporto Internacional da Madeira foram encontrados alguns pontos onde à primeira vista poderia haver alguns problemas de congestionamento, como por exemplo, no check-in, nas filas de espera para o controlo de segurança e no embarque de passageiros Schengen e não Schengen simultaneamente.

No *check-in* o problema observado foi o espaço limitado para a organização de filas, como podemos observar na Figura 6, quando há uma grande afluência de passageiros para efetuar o check-in há dificuldade em organizar os passageiros no espaço existente.



Figura 6 - Filas para o check-in.

Nas filas de espera para o controlo de segurança, que vemos na Figura 7, foi observado que o espaço útil para as filas de espera, pode não estar a ser utilizado da maneira mais eficiente.



Figura 7 - Filas para o controlo de segurança.

No caso do embarque em situações de maior movimento, o desembarque e embarque de passageiros, é muito difícil que este seja feito sem que haja cruzamento entre passageiros de outras aeronaves, a situação ainda se torna mais complicada se houver aviões *Schengen* e não-*Schengen* ao mesmo tempo, visto não pode haver cruzamento de passageiros *Schengen* e não-*Schengen* em nenhuma ocasião. Para contornar um destes problemas, a solução que está implementada é, encaminhar a aeronave para perto da porta de desembarque Schengen, e fazer o desembarque a pé dos passageiros; mas para o embarque ser feito, tem que ser com autocarros, se houver passageiros não-*Schengen* a desembarcar, torna-se inevitável o cruzamento de passageiros. Tal deve-se às portas de embarque não permitirem que isso não aconteça. Podemos ver na Figura 8, um exemplo de como sucede o embarque e desembarque de passageiros mencionados acima.

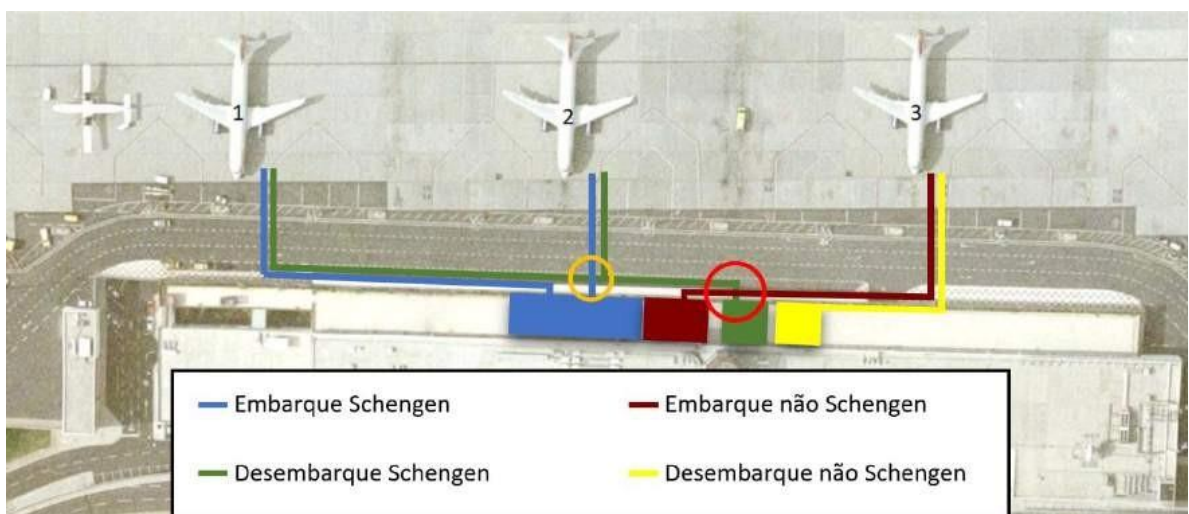


Figura 8 - Esquema de embarque e desembarque Schengen e não Schengen [6].

Um dos problemas está assinalado com um círculo amarelo, que é o caso em que, se a aeronave 1 estiver a desembarcar, a aeronave 2 não poderá embarcar até que o desembarque da aeronave 1 esteja terminado, isto se ambas forem feitas a pé; para contornar o problema o desembarque da aeronave 1 é feito de autocarro, mas com muitas aeronaves na placa, torna-se muito complicado coordenar tudo isso, e também o elevado número de autocarros próximo da porta de desembarque, causa algumas complicações. Outro problema está assinalado com um círculo a vermelho, que é o caso em que acontece cruzamento de passageiros *Schengen* com passageiros não-*Schengen*; para contornar este problema, a solução implementada atualmente é, efetuar o embarque dos passageiros não-*Schengen* de autocarro. Para o caso da Figura 8 a solução é válida, e resolve bem o problema, mas quando há mais de uma aeronave não-*Schengen*, esta solução fica mais exigente, tendo as entidades responsáveis que estar mais atentas e também fazer um maior esforço para que não haja cruzamentos, uma vez que a situação fica propícia ao cruzamento de passageiros.

Com o objetivo de aumentar a eficiência do aeroporto da Madeira, a nível de fluxo de passageiros, esta dissertação debruçar-se-á essencialmente em como diminuir o congestionamento dentro do terminal aeroportuário.

## 1.2 Objeto e Objetivos

### 1.2.1 Objeto

O objeto desta dissertação será o Aeroporto da Madeira e as possíveis soluções de como aumentar a eficiência de fluxo de passageiros, dentro do terminal aeroportuário, e também na placa.

### 1.2.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação será, procurar novos métodos e meios com o objetivo de aumentar a eficiência do fluxo de passageiros no Aeroporto da Madeira. Haverá diversos objetivos específicos neste estudo, o primeiro objetivo específico será analisar o fluxo de passageiros em cada fase, ou seja, será feita uma análise aquando do *check-in*, na transição do passageiro do lado-terra para o lado-ar, no controlo de fronteira, caso se aplique, no embarque e na forma como este se procede, de salientar que nesta fase teremos que analisar dois tipos de passageiros, os passageiros *Schengen* e os passageiros não-*Schengen*. Com esta análise será esperado que se entenda onde estão os pontos mais críticos em cada uma destas fases e onde o passageiro perde mais tempo. Posto isto, o segundo objetivo específico será tentar encontrar uma ou várias soluções alternativas; de modo que o fluxo fique mais eficiente, esta análise será feita recorrendo a simulação computadorizada, nestas simulações serão analisados vários *layouts* para cada uma das fases, e comparados os resultados com o desempenho atual do aeroporto; após a análise de cada um dos *layouts*, caso haja uma melhoria na eficiência do fluxo de passageiros, será recomendado o uso desse *layout* no aeroporto.

## 1.3 Metodologia

A metodologia usada nesta dissertação passará por analisar o estado da arte, nesta fase o objetivo será estudar em pormenor o fluxo de passageiros, os layouts aeroportuários e da placa, e os *softwares* de simulação que se adequam melhor ao caso de estudo. De seguida, estudar o caso do atual do aeroporto da Madeira, com medições de tempos e verificação de constrangimentos; depois desta fase, desenhar layouts alternativos com o objetivo de contornar os constrangimentos e usar o *software* para fazer as simulações, de modo a ver se o desenho é mais eficiente.

Na Figura 9, podemos ver a metodologia com um fluxograma. O fluxograma está dividido em cinco secções, que seguidamente serão explicadas mais detalhadamente.

A secção 1 do fluxograma corresponde à análise do estado da arte, onde cada um dos temas será estudado mais aprofundadamente.

Na secção 2 temos o caso de estudo, neste ponto, serão feitas medições de tempos que os passageiros em média demoram em cada uma das fases, desde que chegam ao aeroporto até entrar na aeronave. Também nesta secção serão analisados onde estão os maiores congestionamentos para que o fluxo de passageiros não se proceda da forma mais eficiente.

Na secção 3, é onde será feito o desenho de um layout alternativo, de acordo com os constrangimentos encontrados na secção 2; a solução passará por tentar encontrar uma configuração diferente para a movimentação dos passageiros, tendo em conta os tempos medidos na secção anterior, e depois de fazer o desenho, inseri-lo no *software* de simulação. De acordo com a simulação do *software*, verificar se o *layout* proposto é mais eficiente ou menos eficiente que o atual.

Na secção 4, é onde será feita a proposta alternativa tendo em conta todos os resultados obtidos na secção 3.

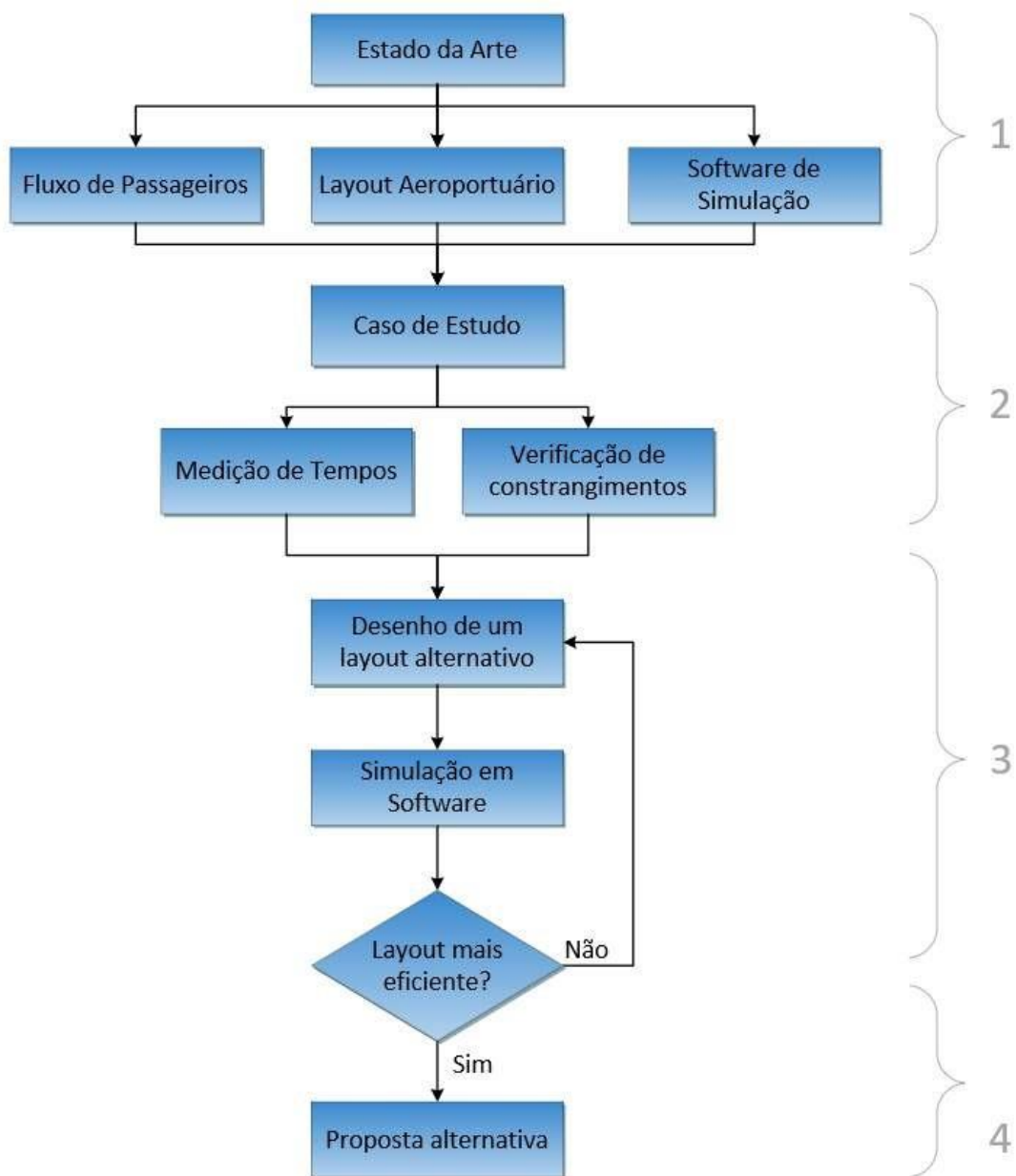


Figura 9 - Fluxograma da metodologia.

## 1.4 Estrutura da Dissertação

No primeiro capítulo temos a introdução, onde é apresentada a motivação para a redação desta dissertação, o objetivo principal e objetivos específicos propostos para este estudo, por fim está a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é apresentado o estado da arte, uma revisão sobre a eficiência aeroportuária será feita neste capítulo como também uma revisão sobre congestionamento e formas de ultrapassar este problema. Além da análise de fluxo de passageiros e congestionamento, serão também analisados *softwares* de simulação com vista a obter o que melhor se adequa ao caso de estudo.

No terceiro capítulo é apresentado o caso de estudo, são mostrados neste capítulo todos os resultados obtidos na observação dos congestionamentos no Aeroporto Internacional da Madeira bem como o *layout* utilizado em 2017; também neste capítulo observaremos onde foram encontrados os maiores congestionamentos recorrendo à observação de mapas obtidos com o *software* de simulação e finalmente serão ainda apresentadas as soluções mitigadores com a vista a reduzir o congestionamento e tempos de espera dos passageiros.

No quarto capítulo faz-se a análise de resultados; as discussões dos resultados obtidos estão presentes neste capítulo.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões, é feita a síntese da dissertação, considerações finais e perspectivas de investigações futuras nesta matéria.

# Capítulo 2 - Estado da Arte

## 2.1 Introdução

Este capítulo descreve o estado da arte relativamente a *layouts* aeroportuários, fluxos de passageiros, congestionamento e *softwares* de simulação.

Primeiramente analisaremos como é um *layout* de um aeroporto para percebermos como se projeta e algumas regras específicas a que devem obedecer. Seguidamente focaremos a nossa análise exclusivamente no terminal aeroportuário, onde iremos analisar os fluxos de passageiros, que tipo de fatores influenciam o fluxo e como este é medido para que esteja dentro de certos padrões.

Após percebermos bem o terminal aeroportuário veremos o que é o congestionamento e as suas implicações práticas para o caso específico de terminal aeroportuário. Analisaremos logo de seguida quais são as soluções para que o congestionamento possa ser anulado ou reduzido significativamente.

Por último, analisaremos diferentes *softwares* que nos ajudarão a fazer a simulação dos *layouts* a serem propostos. Veremos algumas características de cada um dos *softwares*, onde já foram implementados, e casos de estudo, sempre que possível.

## 2.2 *Layout* de um Aeroporto

O *layout* de um aeroporto depende muito do sítio onde este vai ser construído, segundo *Ashford* [7], não existem regras fixas que determinem o *layout* do aeroporto. O *layout* de um aeroporto, é dependente de uma série de fatores, em que alguns dos mais importantes são:

- Número de pistas e a sua orientação;
- Número de *taxiway*;
- Tamanho e a forma da placa;
- Área disponível para a sua construção;
- A topografia e as características do solo;
- Obstáculos que possam interferir com a navegação;
- Meteorologia;
- Dimensão e escala das instalações pretendidas.

As instalações principais que um aeroporto deve ter são:

- Pista para aterragem e descolagem;
- *Taxiways*;
- Torre de controlo;
- Placa;
- Terminal de passageiros e de carga;
- Instalações de apoio;

- Parques de estacionamento;
- Estradas de acesso;
- Transporte público.

O aeroporto é uma infraestrutura bastante complexa, o seu objetivo é servir aeronaves, passageiros, carga e veículos terrestres, em que cada um destes utilizadores é servido por diferentes componentes do aeroporto.

Normalmente um aeroporto é dividido em duas partes, o lado-ar e o lado-terra. O lado-ar é entendido como todo o conjunto de subsistemas associados ao movimento da aeronave, ou seja, desde que entra no espaço aéreo do aeroporto até que esteja aparcada na placa. O lado-terra são todos os subsistemas que estão relacionados com os serviços de movimentação de passageiros e de cargas entre o transporte terrestre e a aeronave [8]. Na Figura 10 podemos ver as componentes de um aeroporto.

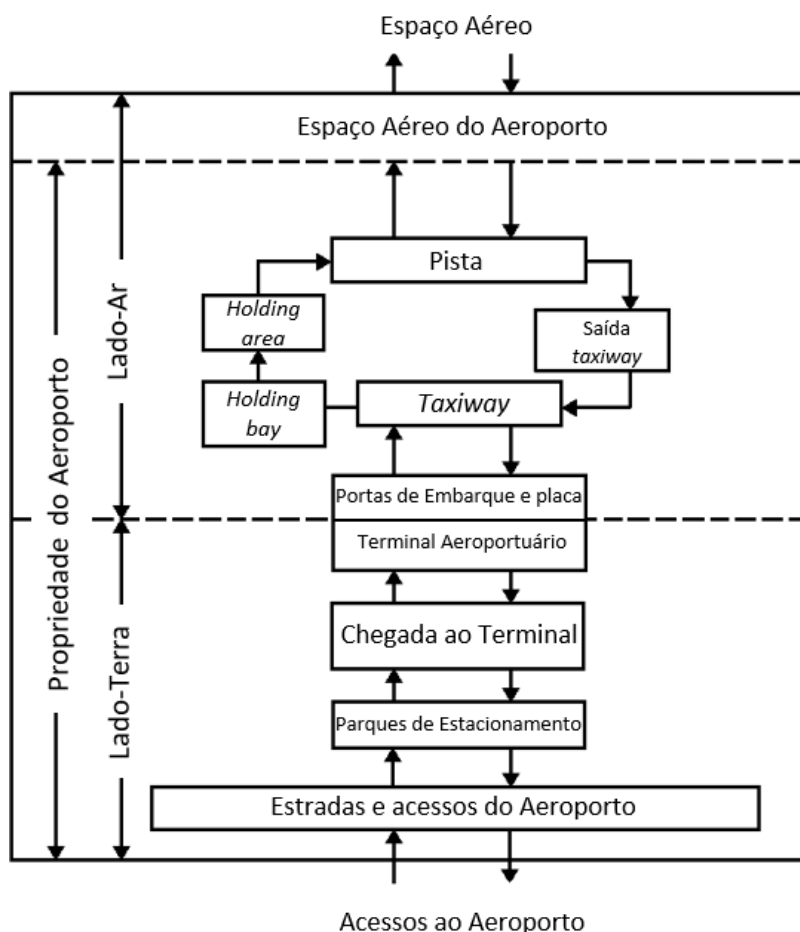


Figura 10 - Componentes de um aeroporto, adaptado de: [9].

## 2.3 Layout do Terminal Aeroportuário

O *layout* de um terminal aeroportuário pode ser centralizado ou descentralizado, dependendo do que se pretende do terminal, para tomar esta decisão é necessário ter em conta

o número de passageiros, aeronaves, se é um projeto novo ou remodelação de um terminal mais antigo, e o papel específico do terminal para o que se pretende.

Um terminal centralizado, como o próprio nome indica, é um único edifício que dá resposta a todos os passageiros e bagagens. Há muitas vantagens para uma operação centralizada, como por exemplo:

- Maximiza o uso das instalações e do pessoal, ou seja, não é necessário duplicar os serviços;
- Minimiza o tempo de conexões, porque todas as companhias operam no mesmo terminal;
- Maximiza os lucros, pois não é necessário duplicar os serviços, quer sejam no lado-ar como no lado-terra;
- Passageiros não se perdem com tanta facilidade, visto que só há um terminal;
- Flexibilidade na adaptação das companhias aéreas, um único terminal tem a vantagem de não ser preciso fazer grandes mudanças caso haja alterações de alianças entre companhias ou parcerias;
- Aumenta a flexibilidade e a utilização, os voos domésticos e internacionais usam o mesmo terminal, o que simplifica as conexões.

Por outro lado, um terminal descentralizado é composto por múltiplos edifícios no aeroporto. Cada terminal opera independentemente dos outros terminais, e é necessária haver uma duplicação de todos os serviços.

Um aeroporto também deve ter diferentes tipos de serviços, o que requer vários terminais. Um terminal doméstico, ou um terminal só para companhias *low-cost*, como também diferentes características e necessidades para voos internacionais. Todas estas características devem ser consideradas para a escolha de um conceito centralizado ou descentralizado.

A dada altura, o tamanho do terminal pode tornar-se tão grande, que deixa de poder ser considerado centralizado. Por exemplo, para manter as distâncias com limites aceitáveis, pode haver necessidade de haver mais do que um ponto de segurança, o que produz múltiplos fluxos de passageiros, o que requer uma duplicação dos serviços. Portanto o terminal pode ter características descentralizadas num único edifício.

Ao longo do tempo, quatro conceitos básicos de terminal foram reconhecidos pela indústria em geral, estes diferem na maneira como os passageiros chegam desde o terminal, até à porta da aeronave. Contudo, em alguns aeroportos, devido à complexidade do terminal, são combinados os quatro conceitos. Serão explicados separadamente.

**Conceito Linear** representado na Figura 11 [7], é o caso centralizado mais simples, em que os passageiros se dirigem para a aeronave atravessando diretamente a placa, ou diretamente do terminal. Neste tipo de configuração o comprimento do lado-ar é pequeno, relativamente ao tamanho do terminal.

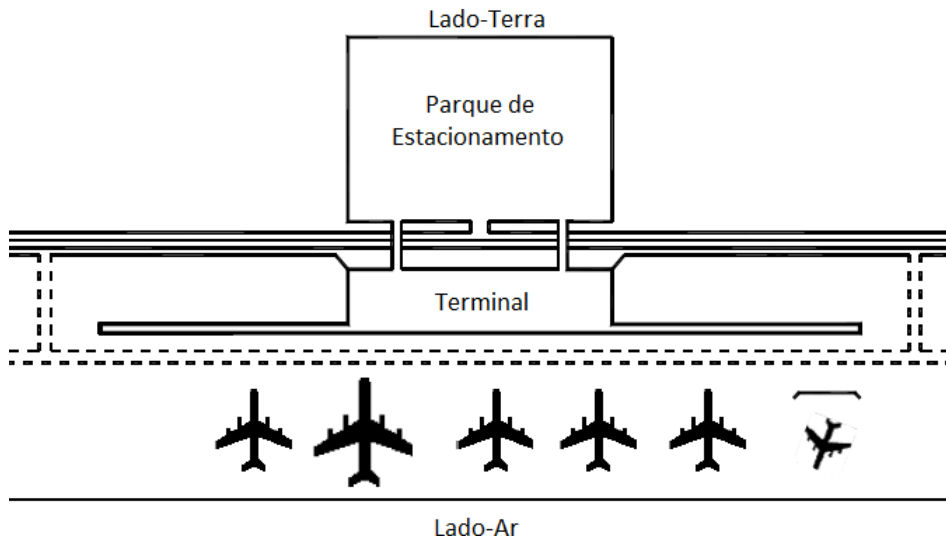


Figura 11 - Ilustração do conceito linear [10].

**Conceito de *Pier*** representado na Figura 12 [7], neste conceito, as aeronaves ficam aparcadas dos dois lados do *pier*, que se estende até ao terminal, aumentando significativamente o número de portas de embarque. Normalmente as aeronaves ficam aparcadas com o nariz de frente para o *pier*. O acesso ao terminal fica no início do *pier*, e os passageiros podem ter de percorrer grandes distâncias entre o *check-in* e a porta da aeronave.

Este conceito é bastante eficiente para aeroportos que tenham movimento de passageiros até 45 milhões por ano. Para movimentos superiores, o tamanho do terminal começa a dar problemas consideráveis, no que diz respeito aos passageiros que têm conexões com outros voos.

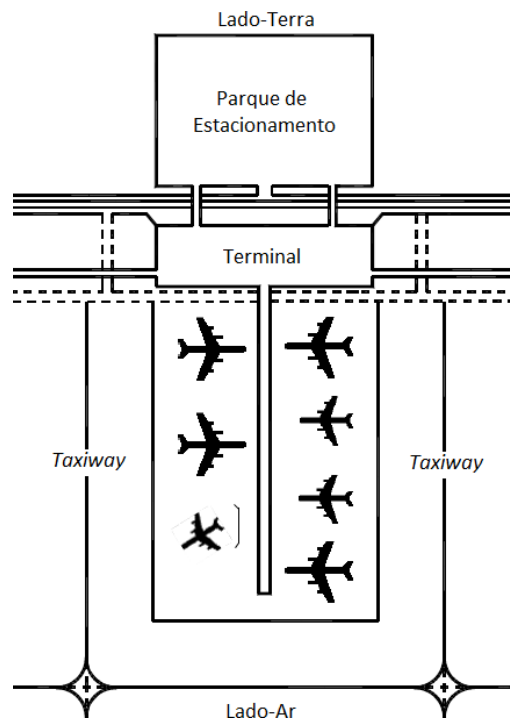


Figura 12 - Ilustração do conceito de *pier* [10].

**Conceito de satélite** representado na Figura 13 [7], este conceito representa já um movimento de descentralização do conceito de *pier*. Nos casos mais simples, os satélites fornecem aos passageiros salas de espera descentralizadas adjacentes à porta de embarque. Como é de esperar, esta modificação tem problemas similares ao conceito de *pier*, no que diz respeito às distâncias percorridas. À medida que os serviços nos satélites se tornam mais elaborados, este sistema tende a operar como uma série de terminais individuais.

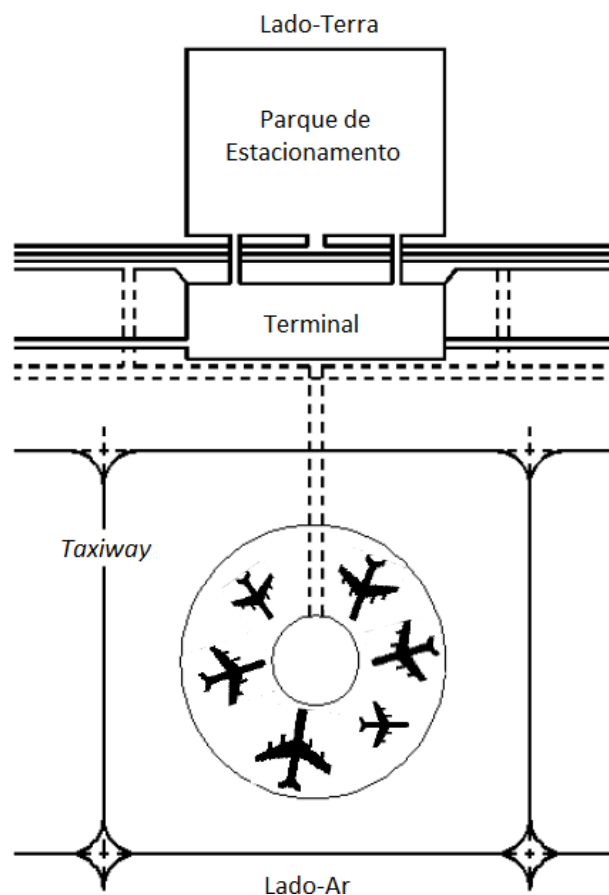


Figura 13 - Ilustração do conceito de satélite [10].

**Conceito de *transporter*** representado na Figura 14 [7], o conceito de *transporter* é diferenciado dos outros por usar *lounges* móveis ou autocarros, é um processo totalmente centralizado, e as portas de embarque normalmente não estão atribuídas a nenhuma companhia aérea específica. A principal vantagem deste conceito é a separação da aeronave com o terminal, dando maior flexibilidade no lado-ar para mudanças no tamanho e características da aeronave, além disso, o tempo de *taxiway* é mais reduzido. A principal desvantagem é a baixa qualidade prestada com os autocarros e os *lounges* móveis, que atrasa o embarque e o desembarque dos passageiros. Igualmente importante, são as dificuldades associadas à manobrabilidade dos *lounges* móveis e o aumento do tráfego na placa, causados pelas operações dos autocarros e dos *lounges* móveis. O conceito de *transporter*, é um conceito ultrapassado e

que as companhias não escolhem, pelo baixo serviço prestado aos passageiros, bem como pelo maior tempo de rotação.

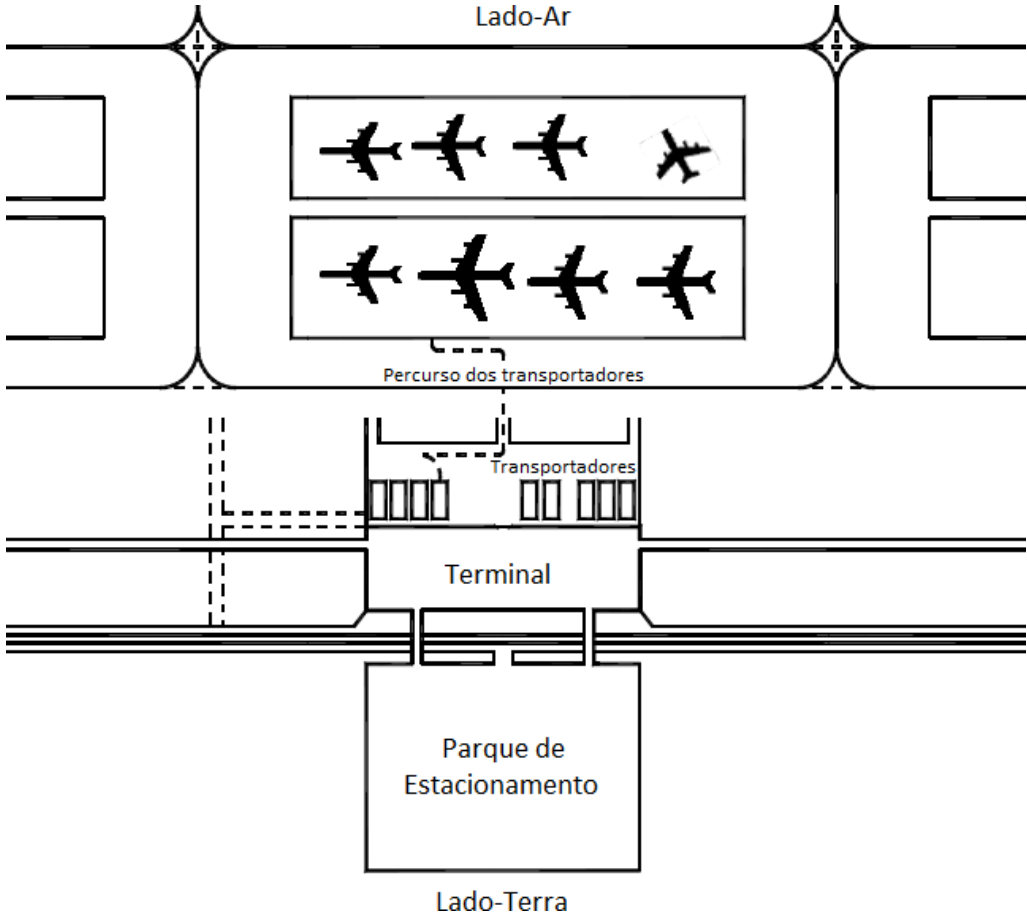
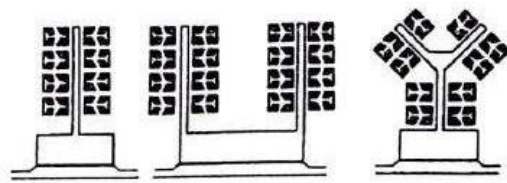
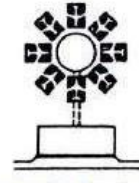


Figura 14 - Ilustração do conceito de *transporter* [10].

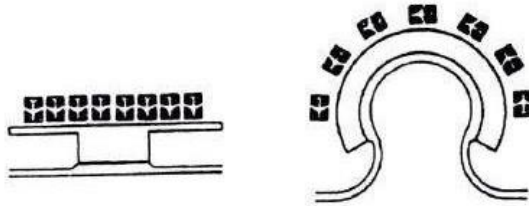
Temos também algumas variantes destes quatro conceitos apresentados anteriormente exemplificadas na Figura 15.



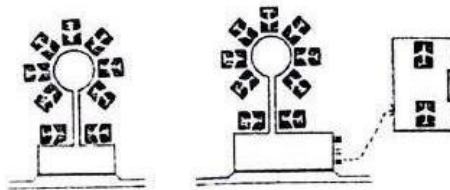
Variação do conceito de *pier*



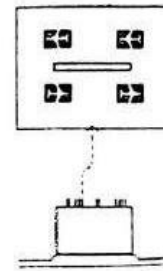
Variação do conceito de *satélite*



Variação do conceito *linear*



Combinação de conceitos



Conceito de *transporter*

Figura 15 - Ilustração de variação dos vários conceitos [10].

Em aeroportos com terminais pequenos, os passageiros e a bagagem podem ser acomodados no mesmo piso. Onde os fluxos de passageiros são relativamente pequenos e há poucos passageiros com conexões, um terminal com vários pisos não é necessário nestes casos. No entanto, com fluxos de tráfego maiores, os terminais com um só piso precisam de uma área bastante maior para atender ao fluxo de passageiros de maneira eficiente. Neste caso, pode ser necessária a construção de outro piso, para dar resposta a um maior tráfego.

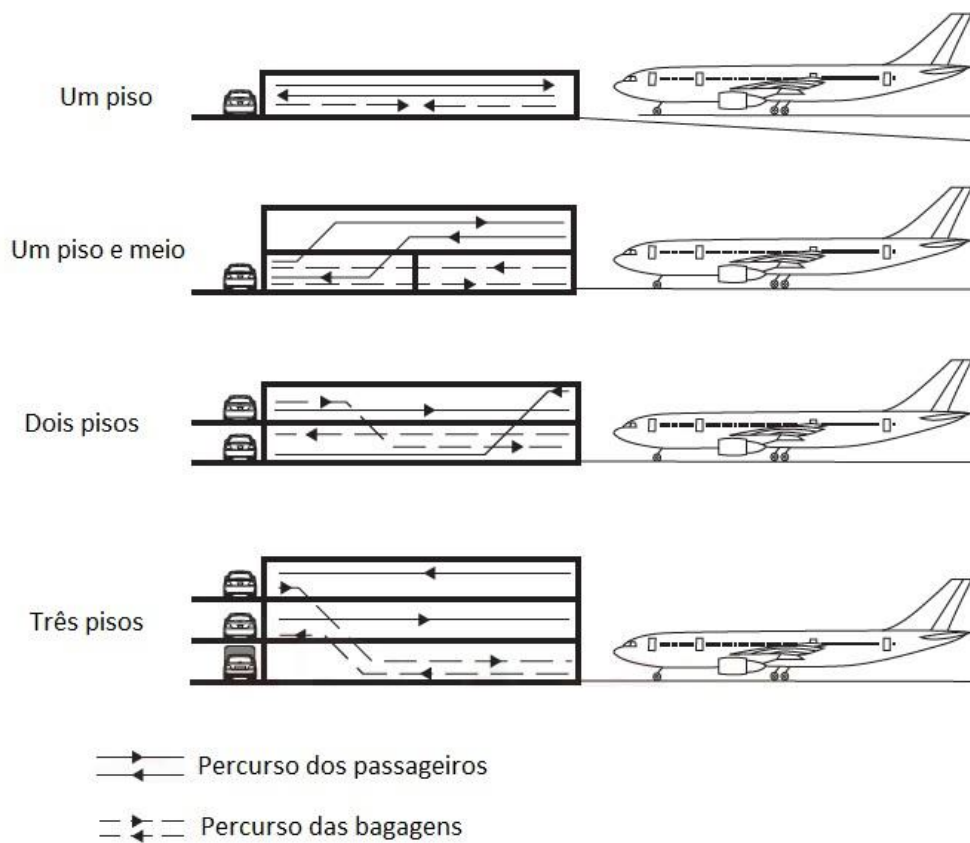


Figura 16 - Esquema do terminal aeroportuário por pisos [7].

A solução mais comum para separar fluxos de passageiros é, efetuar as operações em dois pisos (Figura 16). Tipicamente, os passageiros que vão embarcar vão para o piso superior, e os passageiros que desembarcam vão para o piso inferior. Também no lado-terra é comum haver separação entre as partidas e as chegadas, com dois pisos distintos para o acesso via terrestre. Os terminais com dois pisos, têm a vantagem de maximizar o espaço de utilização, e podem providenciar muito boas características de fluxos, com o mínimo de conflito entre fluxo de passageiros para um maior volume de tráfego.

Uma variação do terminal de dois pisos é o terminal de um piso e meio, este conceito pode trazer vantagens relativamente ao de dois pisos, mas os passageiros só mudam de piso depois de entrar no terminal. Relativamente ao terminal de um só piso, o conceito de um piso e meio presta um melhor serviço, mas pode haver conflitos entre fluxos de passageiros no lado-terra.

O terminal de um piso e meio funciona bem em aeroportos com baixo volume de tráfego, uma vez que os passageiros que vão embarcar utilizam mais serviços que os que desembarcam. Este conceito muitas vezes coloca os serviços de desembarque e de bagagem no piso inferior e os serviços de embarque no piso superior.

O terminal de três pisos, a separação por pisos normalmente é feita da seguinte forma: piso superior para partidas, piso médio para chegadas e o piso inferior para bagagens e carga.

Este conceito é o melhor para separar os fluxos sem haver conflito, no entanto, o custo de manter o terceiro piso pode não compensar mesmo para maiores fluxos.

## 2.4 Fluxo de Passageiros

O crescente número de movimentos de passageiros na aviação global, continua a impactar negativamente a eficiência dos aeroportos em todo o mundo, a nível de fluxo de passageiros, o que faz com que, uma das questões mais pertinentes seja, como aumentar a eficiência de um terminal aeroportuário, visto que na maioria dos aeroportos, a expansão não é uma alternativa.

Os diferentes fluxos de passageiros que se vêm num terminal aeroportuário, desde chegadas, partidas, fluxos misturados, assíncronos, são um desafio constante para a gestão do aeroporto, mesmo que tenhamos dados conhecidos e previsíveis de alguns fluxos. Muitas regras estão ligadas a padrões de chegadas, partidas, horários, rotinas dos trabalhadores, etc.

Os responsáveis dos aeroportos falam da importância de aspetos como a segurança, eficiência, pontos de congestionamento, nível de serviço, facilidade de uso por parte dos passageiros, sustentabilidade, gestão de custos, entre muitos outros a ter em conta para que a gestão possa ser feita da melhor maneira e mais eficientemente [11].

A principal razão, para que o fluxo de passageiros seja mais eficiente ou menos eficiente, está no *design* aeroportuário. Para perceber como o *design* pode influenciar o fluxo de passageiros, necessitamos perceber o que é Nível de Serviço, e como este está relacionado com a eficiência de fluxo de passageiros.

O conceito de nível de serviço é aplicado também de várias formas, no *design* de um novo layout aeroportuário, na expansão de um terminal ou mesmo na monitorização de um terminal aeroportuário existente. O Nível de Serviço, no contexto de um terminal aeroportuário, pode ser entendido como o serviço prestado em vários pontos do terminal, e é medido de uma forma quantitativa, como por exemplo, os tempos de espera e a eficiência dos processos, e também de forma qualitativa, como por exemplo, a explicação para as distâncias percorridas, informação dos fluxos, a qualidade do serviço prestado e a facilidade de se deslocar no terminal aeroportuário.

No *design* de um terminal aeroportuário ou na alteração das instalações existentes, deve estar sempre presente a ideia de que os passageiros visitam um aeroporto com o objetivo principal de apanhar um voo. Um aeroporto eficiente e de sucesso terá de ter um fluxo de passageiros natural e sem congestionamento entre as diferentes etapas, de fácil deslocação através do terminal e de forma simples.

A capacidade do aeroporto está diretamente relacionada com o nível de serviço que o aeroporto presta aos passageiros, então terá de ser feita uma análise em conjunto para que possamos ter um terminal aeroportuário o mais eficiente possível sem estar sobredimensionado ou subdimensionado, e é necessário encontrar o ponto de equilíbrio. Neste ponto de equilíbrio há uma relação também entre os vários processos dentro do terminal aeroportuário, é importante considerar todos os processos uma vez que se for resolvido um problema de

capacidade num dos processos, pode estar apenas a arrastar esse problema para um dos outros processos, como por exemplo, se num terminal aeroportuário houver um problema de capacidade no controlo de segurança do aeroporto e este for resolvido aumentando as linhas de rastreio, este aumento de capacidade pode levar a que a capacidade do controlo de fronteiras ou outro sistema fique seriamente afetada. As soluções têm de ser sempre vistas em todo o percurso do passageiro dentro do terminal aeroportuário.

O nível de serviço pode, no entanto, oscilar durante certas alturas do dia, da semana ou do mês, dependendo dos picos de tráfego. Quanto maiores forem os picos mais impacto estes terão no nível de serviço [12].

O nível de serviço é baseado em três padrões chave que estão definidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Padrões de nível de serviço. Adaptado de: [12]

Nível de Serviço	Espaço	Tempo
<i>Overdesign</i>	Excessivo ou espaços vazios	Excesso de serviços prestados
<i>Optimum</i>	Espaço suficiente para acomodar as funções necessárias num ambiente confortável.	Tempos de espera e de processamento aceitáveis.
<i>Suboptimum</i>	Congestionado e desconfortável	Tempos de espera e de processamento inaceitáveis.

As duas variáveis que mais influenciam e ditam o nível de serviço são, os tempos de espera e o espaço durante essa espera.

Na Figura 17 temos um diagrama espaço-tempo que nos ajuda a definir o nível de serviço que prevalecerá para um determinado espaço que seja desejado ou esteja a ser utilizado. No eixo do espaço temos definido o espaço disponível por ocupante, no eixo do tempo temos os tempos máximos que o passageiro estará sujeito durante a sua espera em fila. Os dois eixos são necessários para definir o nível de serviço.

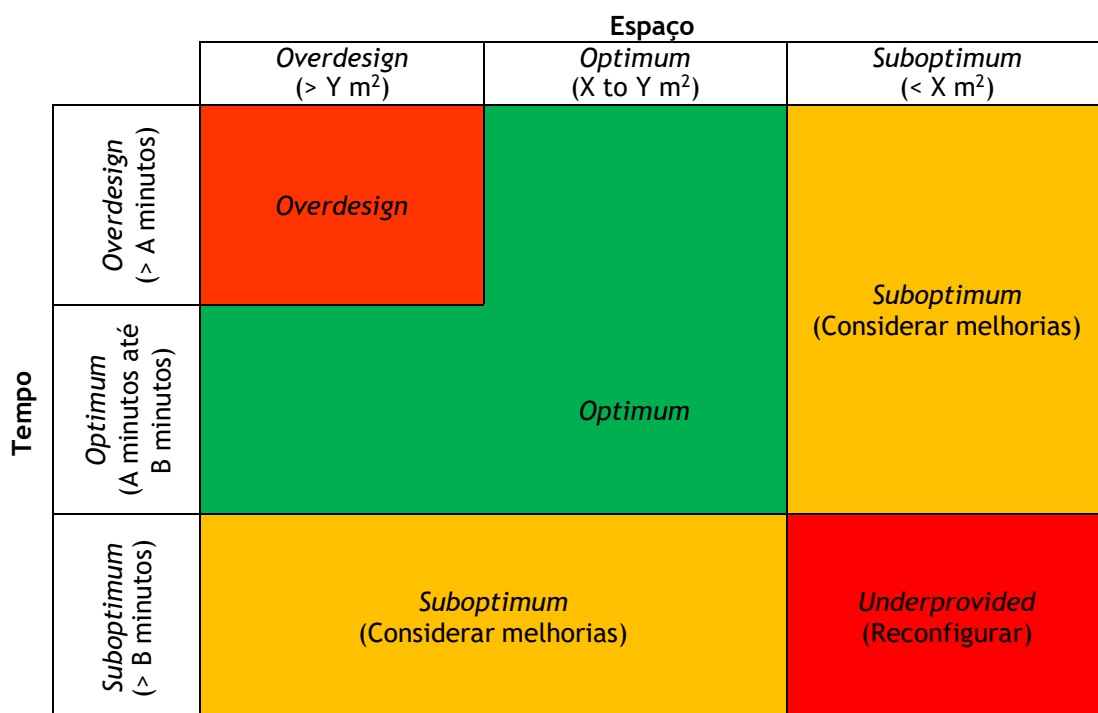


Figura 17 - Diagrama de nível de serviço espaço-tempo. Adaptado de: [12]

Quando os dois eixos mostram um nível de serviço *optimum*, então está a ser prestado um serviço aceitável. Para o caso de um dos eixos estar em *optimum* e o outro em *suboptimum* será necessário considerar melhorias ao tempo ou ao espaço, dependendo do eixo que esteja com o nível *suboptimum*.

Na Tabela 2 temos as áreas standard para cada zona do terminal aeroportuário. Estes valores estão compreendidos entre um intervalo para melhor se adaptar a cada caso específico.

Tabela 2 - Standards de espaço recomendado pela IATA (*International Air Transport Association*) para cada área de espera. Adaptado de: [12]

		Overdesign [m <sup>2</sup> ]	Optimum [m <sup>2</sup> ]	Suboptimum [m <sup>2</sup> ]
Embarque	Áreas Públicas das Partidas	> 2,3	2,0 a 2,3	< 2,0
	Check-in	> 1,8	1,3 a 1,8	< 1,3
	Controlo de segurança	> 1,2	1,0 a 1,2	< 1,0
	Controlo de Fronteiras (Partidas)	> 1,2	1,0 a 1,2	< 1,0
	Salas e Portas de Embarque	Sentados	> 1,7	1,5 a 1,7
De pé		> 1,2	1,0 a 1,2	< 1,0
Desembarque	Controlo de Fronteiras (Chegadas)	> 1,2	1,0 a 1,2	< 1,0
	Área de recolha de bagagem	> 1,7	1,5 a 1,7	< 1,5
	Áreas Públicas das Chegadas	> 1,7	1,2 a 1,7	< 1,2

Na Tabela 3 temos os tempos de espera *standard* para cada zona do terminal aeroportuário. Estes valores estão compreendidos entre um intervalo para melhor se adaptar a cada caso específico.

Tabela 3 - Standards de tempo recomendados pela IATA para cada área de espera. Adaptado de: [12]

			Overdesign [minutos]		Optimum [minutos]		Suboptimum [minutos]	
			Classe Eco.	1 <sup>a</sup> Classe	Classe Eco.	1 <sup>a</sup> Classe	Classe Eco.	1 <sup>a</sup> Classe
Embarque	Check-in	Self-Service	< 1	1 a 2	> 2	< 1	1 a 2	> 2
		Balcão Bag Drop	< 1	1 a 5	> 5	< 1	1 a 3	> 3
		Balcão de Check-in	< 10	10 a 20	> 20	< 3	3 a 5	> 5
	Controlo de segurança		< 5	5 a 10	> 10	< 1	1 a 3	> 3
	Controlo de Fronteiras (Partidas)		< 5	5 a 10	> 2	< 1	1 a 3	> 3
Desembarque	Controlo de Fronteiras (Chegadas)		< 5	5 a 10	> 10	< 1	1 a 5	> 5
	Área de recolha de bagagem	Narrow Body	< 1	1 a 15	> 15	< 1	1 a 2	> 2
		Wide Body	< 1	1 a 25	> 25	< 1	1 a 15	> 15

Uma pesquisa recente para o ACRP Projeto 03-05 [13], mostrou que os passageiros, tendem a seguir para áreas menos movimentadas quando a densidade aumenta além do seu nível de conforto. Ou seja, os passageiros evitarão áreas com nível de conforto abaixo de *suboptimum*, a menos que sejam obrigados a tal. Esta pesquisa é consistente com as observações feitas em filas, que dizem que o passageiro não se aproxima necessariamente do passageiro à sua frente, só porque a fila atrás de si ultrapassou o limite.

Quando uma fila ultrapassa o limite imposto, pode levar a que bloqueie a circulação adjacente, fazendo com que baixe de nível. No pior dos casos pode levar a um congestionamento e pôr em causa a segurança dos passageiros.

Seguidamente vamos referir vários fatores que influenciam o aparecimento de filas e o Nível de Serviço [13].

**Padrões de chegada de passageiros.** Saber apenas quantos passageiros vão chegar não é suficiente para determinar o aparecimento de filas, Nível de Serviço ou acumulação de passageiros. Em vez disso, é preciso saber num curto espaço de tempo quantos passageiros são esperados em cada ponto do terminal. Esta informação pode ser obtida através de uma distribuição de chegadas, saída dos passageiros do ponto anterior do terminal, velocidade de caminhada, etc.

**Variação do número de pessoas a trabalhar.** Saber quantas pessoas estão a trabalhar e o momento em que começam e acabam de atender os passageiros tem impacto no Nível de Serviço na maior parte dos pontos do terminal aeroportuário.

**Fluxos cruzados e misturados.** Os terminais não podem ser estruturas em que cada área esteja designada para um só propósito ao mesmo tempo, pois seria muito dispendioso. Por isso, os espaços têm de ser dinâmicos de modo que o mesmo espaço consiga lidar com diferentes grupos de passageiros, muitas vezes em velocidades e/ou direções diferentes. Temos de ter isso em atenção para criar espaços dinâmicos e que proporcionem um Nível de Serviço razoável.

**Localização dos espaços.** Cada área do aeroporto não pode nem deve ser tratado como um processo separado, tem de ter em conta as atividades que precedem. O aeroporto deve ser considerado como um sistema, onde o Nível de Serviço prestado numa secção afeta as próximas. Pode acontecer que, duas áreas em que os passageiros são atendidos com a mesma velocidade média gerem filas diferentes, dependendo apenas da localização das mesmas.

**Tempo livre.** É o tempo que os passageiros passam no terminal quando não estão a ser “processados”. As variações deste tempo podem alterar os padrões de chegada e o Nível de Serviço.

**Taxas de utilização.** Em algumas secções do terminal, o passageiro tem opção de escolha no serviço que quer usar, por exemplo, no check-in pode usar os quiosques de self-service ou então ser atendido por um funcionário num balcão. Deve-se pressupor que os passageiros usem estes serviços. As variações da utilização destes serviços podem gerar filas localizadas em vários sítios, o que pode afetar os serviços anteriores.

**Velocidade de processamento.** Para calcular a velocidade de processamento, têm que se observar e medir tempos. Para um cálculo mais teórico, usam-se tempos médios de dois

minutos por passageiros, em cálculos de simulação computadorizada, é usada uma distribuição normal. Independentemente do modelo utilizado, a velocidade de processamento pode resultar numa mudança significativa do Nível de Serviço.

**Associação passageiro-bagagem.** É importante saber quanto tempo o passageiro demora em cada fase do terminal, e ter em conta o tempo que a bagagem demora a chegar até ao passageiro, seja na segurança ou na recolha de bagagem, para que possamos relacionar estes dois tempos de modo a nenhum deles atrasar o outro.

## 2.5 Congestionamento

Como já vimos o transporte aéreo enfrentará um crescimento bastante acentuado nos próximos anos. Este crescimento trará mais passageiros para os aeroportos, aumentando assim o congestionamento no terminal aeroportuário. Neste subcapítulo, analisaremos algumas implicações práticas deste crescimento e como os aeroportos serão afetados. Para tentar solucionar o problema do congestionamento, iremos debruçar-nos sobre as soluções mitigadoras estudadas ao longo dos anos, para que eventualmente possam ser aplicadas, tornando este crescimento do número de passageiros nos aeroportos um problema menor.

### 2.5.1 Implicações Práticas

O congestionamento é um problema significativo para milhares de passageiros que passam todos os dias pelos diversos aeroportos no mundo inteiro. Com uma maior procura pelo transporte aéreo o congestionamento aumentará, o que fará com que os atrasos se tornem mais regulares. Os atrasos podem levar a que os terminais aeroportuários fiquem mais congestionados, no entanto, o congestionamento do terminal aeroportuário também pode resultar em atrasos para o transporte aéreo. Os atrasos e os terminais aeroportuários congestionados resultam num ambiente pouco eficiente [14] [15].

A principal razão para o congestionamento nos terminais aeroportuários muitas das vezes deve-se a horas de pico, tipicamente de manhã e por volta do meio-dia. Estes picos da manhã podem resultar num efeito dominó para o resto do dia, levando a atrasos durante todo o dia, e este problema é agravado quando estão envolvidos voos de ligação [16].

Um maior número de passageiros nos terminais aeroportuários resultará em mais atrasos nos balcões de *check-in*, controlo de segurança, controlo de fronteiras e no embarque para a aeronave. Estes atrasos no terminal aeroportuário podem ser atribuídos a vários fatores, como por exemplo, áreas de espera pequenas, número insuficiente de balcões de *check-in* abertos ou disponíveis, atendimento lento ou erros de processamento [17].

Adicionalmente, a capacidade dos aeroportos ficará também muito próxima do limite ou mesmo no limite em alguns casos. É esperada uma maior capacidade a longo prazo para os aeroportos, no entanto esta capacidade quando relacionada com o aumento de passageiros,

não será suficiente para responder à procura [15] [18]. De acordo com a EUROCONTROL até 2040 haverá 1,5 milhões de voos que não conseguirão realizar-se devido à incapacidade de serem acomodados, o que corresponde a 8% do total, *Regulation and Growth* (Figura 17), o que corresponde a 160 milhões de passageiros [19].

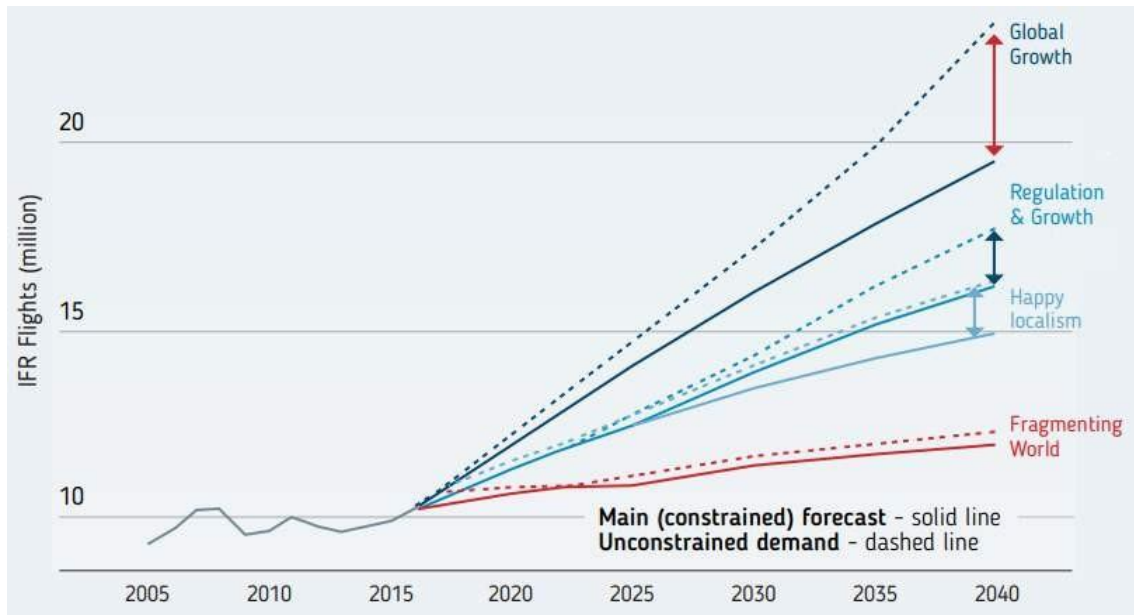


Figura 18 - Procura e capacidade até 2040 [19].

## 2.5.2 Soluções Mitigadoras

Para solucionar o problema do congestionamento há várias abordagens que podem ser feitas, umas de implementação mais fácil e rápida e outras mais morosas e com um custo financeiro muito elevado.

A solução que à primeira vista pode resolver o problema do congestionamento, será expandir as instalações aeroportuárias e criar mais pontos de processamento de passageiros, seja no *check-in*, controlo de segurança, controlo de fronteiras ou mesmo no próprio embarque. No entanto, esta é uma solução financeiramente mais exigente e nem sempre é possível tal expansão, seja por limitação de espaço ou por limitação financeira, e é a solução que demorará mais tempo até que se obtenha o resultado desejado, devido ao tempo necessário até que a infraestrutura esteja completamente operacional [14].

Outra das soluções que pode ajudar a resolver o problema do congestionamento pode passar por aumentar as taxas em horas de pico, assim levaria algumas companhias a optarem por outras horas para voar para o respetivo aeroporto, no entanto este método pode trazer o efeito indesejado de afastar algumas operadoras pela impossibilidade de voar nas horas de menor custo. O *slot* também é uma das técnicas usadas para que uma determinada companhia tenha permissão para usar o aeroporto num determinado intervalo de tempo [18] [20].

A solução que não passa por aumento de capacidade ou de taxas, é o uso da infraestrutura de maneira mais eficiente, e esta é uma das soluções a curto prazo [16]. O operador aeroportuário deve tentar encontrar soluções de modo que possa usar a infraestrutura já existente da maneira mais eficiente possível. Estas soluções passam por adotar práticas que melhorem o uso dos espaços, com a ajuda de simulação é possível prever como determinado espaço se irá comportar durante um certo período de tempo, ajudando assim a que se evite à priori algum congestionamento, alterando por exemplo as filas de *check-in* para um *layout* mais eficiente, ou mesmo sugerir um determinado número de balcões de *check-in* para que não haja atrasos de maior relevância [14].

Com modelos de simulação é possível obter um grau de detalhe bastante elevado, percebendo rapidamente onde são os pontos que poderão causar algum congestionamento. O objetivo principal desta dissertação passará por analisar simulações feitas para vários períodos, e tentar solucionar os congestionamentos observados nos *layouts* existentes [21].

As filas de espera são um dos pontos que, no caso de não haver uma área muito grande para as formar, podem ser uma das causas principais de congestionamento. Para que as filas tenham um menor impacto no congestionamento é necessário perceber o tempo que os passageiros ficam em média em fila de espera, este tempo estará diretamente relacionado com a capacidade dos operadores que tratam do *check-in*, controlo de segurança, controlo de fronteira e embarque conseguirem escoar um certo número de passageiros [22] - [24]. Com a simulação em *software* é muito mais intuitivo e perceptível visualmente como estas filas se irão comportar em determinado intervalo de tempo para um número de passageiros esperado.

Com a simulação também é possível percebermos a que nível de serviço irá estar sujeito o passageiro, podendo ser alterado o layout de determinada área para que o passageiro não esteja sujeito a níveis de serviço inaceitáveis [25] [26].

## 2.6 Simulação em *Software*

Não existe uma definição de simulação que seja evidente e clara, para que a possamos entender como a sua definição. No entanto, podemos dizer que uma simulação é a construção de um modelo, que retrata uma situação específica de um sistema, de modo a que este modelo nos dê uma melhor compreensão do comportamento do sistema, ou seja, é a criação de um modelo para estudar um determinado ambiente [27].

A simulação é usada quando não é possível recriar o modelo que pretendemos na realidade. Pode não ser possível recriá-lo porque, pode ser demasiado perigoso, pode ser inconcebível, ou o sistema pode simplesmente não existir. Para contornar estes problemas, um *software* imitará os cenários e processos que possa haver no mundo real [28].

Algumas das vantagens do uso da simulação passam por, conseguirmos controlar a velocidade com que a simulação decorre, termos a capacidade de testar todos os aspetos de uma mudança proposta sem ter que usar recursos adicionais, diagnosticar problemas através da compreensão da interação entre variáveis de sistemas complexos, preparar mudanças no

sistema tendo em conta o que poderá acontecer, e o facto de o custo de um estudo de simulação ser bem menor que alterar um sistema, entre muitas outras vantagens.

Vamos agora analisar alguns dos *softwares* existentes no mercado e escolher o que melhor se adapta às necessidades deste trabalho.

### 2.6.1 Análise de *Softwares* de Simulação

***MassMotion***, [29] desenvolvido pela empresa Britânica *Oasys Limited*, este *software* foca-se na simulação de fluxos de pessoas.

Este *software* já foi aplicado [30]:

- Aeroporto de Pequim, tendo um papel crucial no *design* e planeamento do terminal aeroportuário, com a simulação no *MassMotion* foi possível evitar maiores congestionamentos no terminal, prevendo detalhadamente onde haveria mais pontos de congestionamento;
- Aeroporto de *JFK (John Fitzgerald Kennedy)* em Nova Iorque, teve um papel importante aquando do desenvolvimento do terminal da *JetBlue*, com o *MassMotion* foi possível assegurar que os passageiros estariam confortáveis no novo espaço e também que este estaria a operar da forma mais eficiente com o novo *design*;
- *Union Station* no Canadá, é a estação mais movimentada de Toronto, o *MassMotion* conseguiu resolver alguns problemas de fluxos de passageiros desta estação histórica, antes das modificações físicas serem feitas;
- Centro comercial na Irlanda, o *MassMotion* foi usado para mostrar às autoridades o efeito que uma porta de emergência bloqueada durante um incêndio poderia originar;
- Evacuação de um estádio em caso de incêndio, o *MassMotion* com a sua capacidade de ter agentes inteligentes, conseguiu fazer uma simulação precisa do percurso a escolher em cada uma das saídas;
- Metro de *Liverpool*, o *MassMotion* foi usado para aumentar a eficiência de algumas estações, prevendo pontos de congestionamento em algumas zonas, e com estes dados foram feitas propostas de melhoria.

***PathFinder***, [31] desenvolvido pela empresa Americana *Thunderhead Engineering Consultants, Inc.*, e foca-se na simulação de fluxos de pessoas.

Este *software* já foi aplicado [32]:

- Hospital Universitário Campus Biomédico de Roma, com o *PathFinder* foi possível identificar vários problemas de acessos no hospital;

- Centro comercial na Suíça, o *PathFinder* foi usado para uma simulação de evacuação em caso de incêndio, dando dados cruciais sobre o tempo e percursos;
- Evacuação em túneis rodoviários em caso de incêndio.

*Pedestrian Dynamics*, [33] desenvolvido pela empresa *Incontrol Simulation Solutions*, e foca-se na simulação de fluxo de pessoas.

Este *software* já foi aplicado [34]:

- Aeroporto de *Schiphol* em Amesterdão, o *Pedestrian Dynamics* foi usado para otimizar o fluxo de passageiros com conexões;
- Aeroporto de *Birsbane* na Austrália, o *Pedestrian Dynamics* teve um papel importante em escolher qual o melhor *design* para o aeroporto;
- Terminal de transportes públicos em Utrecht na Holanda, o *Pedestrian Dynamics* foi usado para perceber qual seria o melhor *design* para o terminal.

*AnyLogic*, [35] desenvolvido pela empresa *The AnyLogic Company*, que faz simulações para qualquer tipo de indústria, como por exemplo, transporte, indústria mineira, saúde, operações de logística, terminal de passageiros, etc. É um *software* de simulação muito geral.

Este *software* já foi aplicado [36]:

- Aeroporto de *Frankfurt* na Alemanha, o *AnyLogic* conseguiu resolver problemas relacionados com fluxos de passageiros, aumentando a eficiência do aeroporto e também a capacidade;
- Torre *Eiffel* em França, com o *AnyLogic* foi possível perceber como as multidões se comportam, e com isso foi possível movimentar as pessoas mais eficientemente e aumentar o número de visitantes;
- Estações de comboios durante os jogos olímpicos de Inverno, utilizando o *AnyLogic* foi possível perceber como os passageiros se comportavam, e diminuir o intervalo de tempo entre cada comboio, fazendo com que fossem transportados mais passageiros e em segurança;
- Armazém de uma empresa de logística, depois de várias simulações com o *AnyLogic*, foi possível descobrir qual o melhor layout dentro do armazém, para que este funcionasse da maneira mais eficiente.

*FlexSim*, [37] desenvolvido pela empresa Americana *FlexSim Software Inc.*; é um *software* que simula qualquer tipo de indústria, desde fluxo de passageiros, simulação de um terminal de carga de um porto, empacotamento de encomenda numa fábrica, simulação de fabricação em série, etc. É um *software* de simulação muito geral.

Este *software* já foi aplicado [38]:

- Empresa de manufatura em *Dallas*, usando o *FlexSim* foi possível descobrir o ponto de congestionamento da empresa e propor melhorias para que a empresa funcionasse de maneira mais eficiente;
- *Bastian Solutions* em Madrid, com o *FlexSim* a empresa conseguiu fazer com que a disposição dos seus produtos fosse posta da maneira mais eficiente, para que os produtos escoassem mais rapidamente;
- *Skarnes, Inc.* no *Minnesota*, com a ajuda do *FlexSim* foi possível criar um modelo que validasse as alterações propostas à empresa, resultando num aumento da eficiência.

*Cast Simulation*, [39] desenvolvido pela empresa Alemã *Airport Research Center*; este *software* é composto por vários *softwares* específicos que estão descritos abaixo:

- *Cast Terminal*, simula o fluxo de passageiros dentro de terminal aeroportuário;
- *Cast Aircraft*, simula o tráfego aéreo desde que as aeronaves aterram até descolarem;
- *Cast Vehicle*, simula a movimentação dos veículos terrestres no lado-ar do aeroporto.

Este *software* já foi aplicado em inúmeros aeroportos internacionais em todos os aspetos referidos [40], desde aumento de eficiência, simulação de fluxos, análise da capacidade do terminal, simulação dos processos de *handling*, etc.

Após analisar os seis *softwares* descritos anteriormente, a escolha do *software* teve como base a sua aplicabilidade ao caso específico deste estudo. Embora fosse possível utilizar qualquer um dos seis *softwares* descritos, o *software* mais adequado para este estudo, tendo em conta os casos de estudo e o seu foco principal, é o *MassMotion*. Todos os *softwares*, à exceção do *Cast Simulation*, disponibilizaram uma licença académica para fosse possível usar o *software* livremente, assim qualquer *software* de *Cast Simulation* foi descartado da escolha do *software*.

No próximo subcapítulo iremos aprofundar as características e funcionalidades do *software* escolhido, o *MassMotion*.

## 2.6.2 Software de Simulação para o Caso de Estudo: *MassMotion*

### Overview e Validação

O *MassMotion* é uma plataforma de *software* de simulação para multidões, desenvolvido pela *Arup*. O *MassMotion* replica espaços e pessoas em 3 Dimensões utilizando uma série de avatares (agentes) que interagem entre si e com o ambiente à sua volta de modo que seja possível criar diferentes cenários de simulação de multidões. O *MassMotion* é capaz de simular centenas de milhares de pessoas numa questão de horas.

Assim, o *MassMotion* baseia-se na construção de perfis comportamentais para os agentes e na construção de um ambiente a 3 Dimensões para ser ocupado por esses agentes. Cada agente tem uma origem e um destino determinado pelo utilizador no início da simulação, e ao longo do percurso o agente faz uma série de escolhas para poder chegar ao destino tendo sempre em conta o seu perfil comportamental. Os agentes têm a capacidade de reconhecer congestionamentos e assim que detetam um congestionamento consideram rotas alternativas com base no seu conhecimento do ambiente à sua volta e adaptando-se às condições atuais.

Vários componentes do *MassMotion* foram validados através de um variado leque de testes, como por exemplo, as larguras dos corredores, portas, escadas e escadas rolantes. Estes testes identificam variáveis independentes para verificar um ajuste comparável entre a entrada e saída do modelo. Foram realizados outros testes para validar o *MassMotion* para cenários de multidão no período de pico. Para uma informação mais detalhada sobre a validação do *software* é recomendada uma leitura do manual de validação do *MassMotion* (*The Verification and Validation of MassMotion for Evacuation Modelling*) [41].

### Alguns Conceitos do *MassMotion*

#### Cena

Vejamos alguns dos objetos básicos, na Figura 19, para percebermos melhor de que maneira se moverão os agentes na cena.

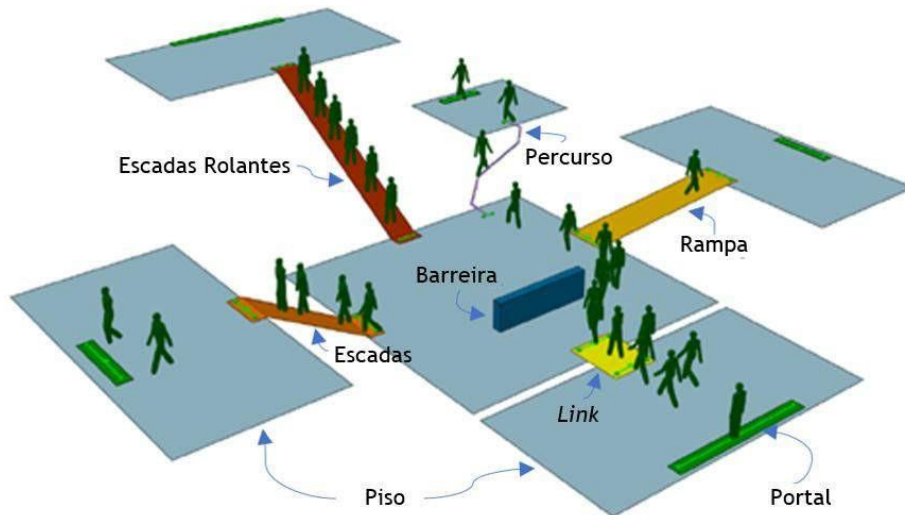


Figura 19 - Elementos de cena no *MassMotion*. [42]

**Pisos:** O piso é o objeto fundamental na cena, estes representam os espaços onde os agentes poderão circular, os limites de movimento são definidos pelos limites do piso. Pode haver vários pisos na mesma cena.

**Conexões entre pisos:** Os agentes podem circular entre pisos, mas para que isso seja possível tem de haver uma ligação entre eles, este tipo de ligações podem ser, escadas, escadas rolantes, rampas, percursos ou *links*, os *links* representam portas ou *turnstiles*. Os *links* são também objetos de decisão para o agente, por exemplo, se estiverem demasiados agentes para entrar numa porta e outra porta próxima ao lado estiver vazia, ou agentes dividem-se para tornar a entrada mais fluida.

**Entradas e saídas:** As entradas são portais por onde os agentes entram na cena e também são utilizados como destino final, para onde o agente deve-se dirigir para completar o seu percurso, pode ser definido um portal específico para onde o agente deverá dirigir-se.

**Obstáculos/barreiras:** As barreiras representam paredes, pilares, mesas, e tudo o que possa ser um constrangimento no percurso do agente no piso.

## Agentes

Cada pessoa na simulação é um agente autónomo e cada agente tem a capacidade de analisar e reagir ao ambiente que o rodeia de acordo com as suas características e objetivos. Estes agentes são criados e postos na cena através de eventos. As características e personalidade de cada agente são definidos por um perfil escolhido pelo utilizador.

É possível também atribuir determinadas tarefas aos agentes para que estes as executem, como por exemplo, dirigir-se para uma determinada área da cena ou ir para uma determinada fila. Estas tarefas serão essenciais para a simulação, uma vez que teremos diferentes passageiros na simulação para voos diferentes e com diferentes perfis, como por exemplo, passageiros com necessidade de assistência, e passageiros em classe executiva terão que dirigir-se para um determinado balcão enquanto os de classe económica terão que dirigir-

se para outros; todas estas possibilidades são possíveis de realizar com o auxílio de tarefas específicas dadas aos agentes para quando estes entrarem na cena terem um objetivo bem definido.

A navegação dos agentes entre dois pontos definidos pelo utilizador será na grande maioria das vezes o caminho mais curto entre os dois pontos, no entanto se houver duas opções onde ambos os caminhos são praticamente iguais, apenas com uma ligeira diferença, os agentes têm um pequeno fator de probabilidade aleatória; para que os agentes não escolham todos o mesmo percurso, este fator é utilizado em duas opções, na personalidade do agente e na variabilidade de escolha.

O movimento do agente para encontrar o seu objetivo é realizado fazendo várias medições instantâneas de qual é a melhor opção para o agente escolher, e esta decisão é tomada seguindo a direção mais curta para o objetivo. Cada agente tem a capacidade de observar a sua vizinhança e perceber se há outros agentes dentro de um intervalo específico, este intervalo depende da velocidade do agente e a densidade local, e estes agentes são chamados de vizinhos e o agente que os deteta sabe a sua localização, velocidade e tamanho. A velocidade do agente é determinada tendo em conta a presença de vizinhos, a localização de obstáculos e o alvo que o agente pretende atingir; estas forças são somadas e usadas para calcular a aceleração do agente, como vemos na Figura 20. Deve-se referir que os obstáculos não possuem força repulsiva própria, são apenas utilizados para restringir outras forças, de modo que o agente não seja empurrado para um obstáculo.

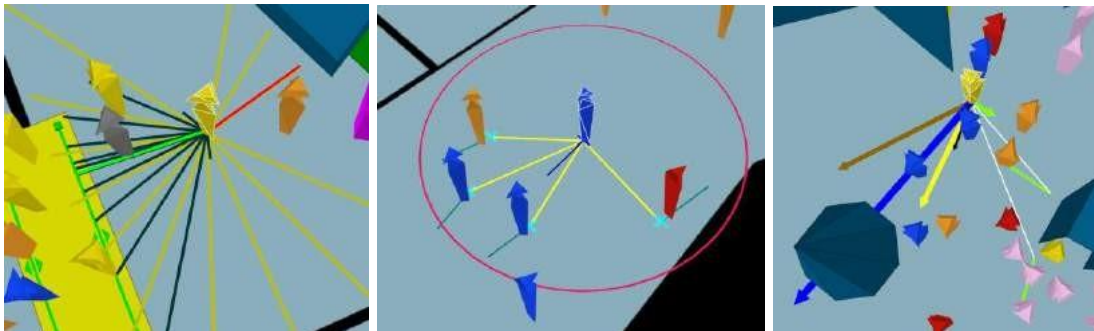


Figura 20 - Agentes do *MassMotion* e as suas interações. [42]

A velocidade do agente desejada é a velocidade onde o agente se move livremente sem qualquer congestionamento, esta velocidade é definida quando o agente é criado tendo em conta o seu perfil. No entanto, a velocidade é influenciada por diversos fatores, como por exemplo, a densidade do objeto e como o agente se move. A densidade faz com que a velocidade do agente diminua, no caso de um agente se mover numas escadas rolantes, a sua velocidade é sincronizada à velocidade a que as escadas rolantes se movem, o agente fica parado relativamente às escadas, numa rampa ou numas escadas normais a velocidade do agente dependerá da direção em que este se move, se estiver a subir a sua velocidade diminuirá e para o caso de estar a descer aumentará. Num *path* ou numa fila, a velocidade do agente

quando imediatamente atrás de outro agente, a sua velocidade será reduzida de maneira que seja sincronizada com a velocidade do agente que está à sua frente.

### Casos de Estudo Usando o *MassMotion*

Vamos ver agora alguns exemplos de casos de estudo onde o *MassMotion* foi a ferramenta utilizada para a análise de multidões.

O *MassMotion* foi utilizado em diversas áreas e nos mais diversos projetos, no *Beijing Daxing International Airport*, no terminal 5 do *JFK International Airport* em Nova Iorque, no *New York's Fulton Center*, na *Union Station* em Toronto, na construção de projetos urbanos, no uso de realidade virtual para analisar a performance do fluxo de pessoas de um hospital; estes são alguns dos exemplos onde o *MassMotion* foi usado para a análise de multidões e fluxos, na ajuda de desenvolvimentos de infraestruturas, em evacuações, etc. Os dois casos de estudo que são os mais aproximados ao caso de estudo analisado nesta dissertação, foram o do *Beijing Daxing International Airport* e o do terminal 5 do *JFK International Airport* em Nova Iorque.

No desenvolvimento do projeto do *Beijing Daxing International Airport*, com a ajuda do *MassMotion* foi possível analisar detalhadamente onde poderia haver futuros problemas de fluxo de passageiros. Este foi o primeiro projeto na China onde a simulação de fluxo de passageiros foi um dos componentes críticos no desenvolvimento do projeto, tendo recebido uma atenção sem precedentes por parte dos acionistas. A construção do modelo foi feita no *Simio 3D* (3 dimensões), foram analisados movimentos para o aeroporto em 2019 que se situa em 45 milhões de passageiros anuais, e para 2025 onde são esperados 72 milhões de passageiros anuais, ambos foram analisados e otimizados, tendo em especial atenção aos processos de *check-in*, controlo de segurança e embarque. O *MassMotion* conseguiu mostrar informação detalhada de potenciais *bottlenecks*, também foi possível com os dados de fluxo de passageiros desenvolver chegadas de passageiros em maior detalhe de modo a ajudar a diminuir o congestionamento no terminal. A análise dos resultados obtidos como *MassMotion* no desenvolvimento do *Beijing Daxing International Airport* tornou possível que o *design* do aeroporto fosse alterado numa fase inicial do projeto, evitando assim custos acrescidos futuramente; algumas das alterações mais significativas foi ajustar a localização dos elevadores e adicionar mais algumas escadas rolantes de modo a tornar o terminal mais eficiente.

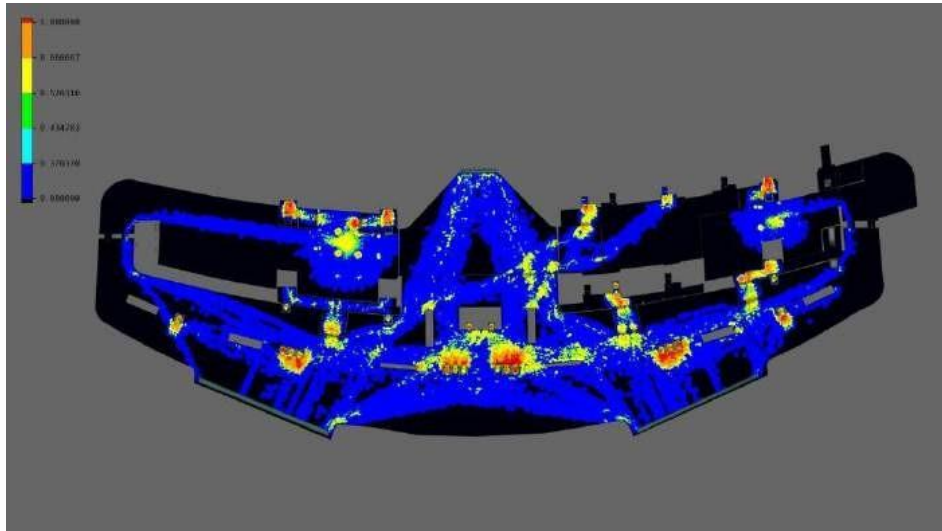


Figura 21 - Mapa de densidade usado para identificar pontos de congestionamento no layout. [30]

No terminal 5 do *JFK International Airport* em Nova Iorque, Figura 21, durante a sua fase de *design* a *JetBlue* estava particularmente preocupada com a qualidade do movimento e comodidade na área central de concessões do projeto. O *MassMotion* foi utilizado para fornecer com mais detalhe o movimento dos passageiros de e para as portas de embarque, e também nas zonas de restauração e de comércio. No modelo foi simulado um dia de atividade completa para mostrar se o *design* do terminal estava de acordo com os padrões definidos pela *JetBlue* a nível de conforto e fluidez relativamente ao fluxo de passageiros. O *MassMotion* foi essencial para que a *JetBlue* conseguisse demonstrar que o projeto estava de acordo com os seus padrões relativamente ao *design*, o que fez com que o projeto seguisse em frente e fosse aprovado.

## 2.7 Conclusões

Para diminuir o congestionamento no terminal aeroportuário há várias abordagens que podem ser tidas em conta, como a expansão da infraestrutura, o aumento de taxas em horas de pico, o aumento da eficiência através de novos layouts, entre outras.

O layout de um aeroporto influencia muito significativamente a sua operação, deste modo, quando não é possível efetuar alterações significativas na infraestrutura, a solução passa por usar a infraestrutura já existente da maneira mais eficiente possível.

O nível de serviço a que o passageiro está sujeito é um dos fatores importante a ter em conta aquando da análise de novos layouts para otimizar o fluxo no terminal aeroportuário. Há níveis de serviço específicos para cada uma das zonas por onde o passageiro terá de passar que têm de ser respeitados, para proporcionar ao passageiro uma experiência mais agradável.

*Softwares* de simulação são ferramentas bastante poderosas para esta análise, e com este tipo de ferramentas, conseguimos muito rapidamente perceber a que níveis de serviço está o passageiro sujeito, também conseguimos ver se o *layout* que está a ser simulado é mais eficiente, comparativamente com o layout anterior. O grau de confiança destas simulações depende sempre do *software* que será usado, no entanto, há *softwares* que apresentam graus de confiança bastante bons, como é o caso do *MassMotion*.

# Capítulo 3 - Caso de Estudo

## 3.1 Introdução

Este capítulo descreverá inicialmente o *layout* do Aeroporto Internacional da Madeira, onde será abordado cada piso individualmente descrevendo cada um deles detalhadamente no que diz respeito ao percurso dos passageiros. Seguidamente veremos também como é efetuado o percurso dos passageiros desde a sua chegada ao aeroporto até estes entrarem na respetiva aeronave, serão também mostrados todos os dados recolhidos no Aeroporto Internacional da Madeira durante alguns meses de 2018. Será também abordado o congestionamento observado nos anos de 2017 e 2018 no Aeroporto Internacional da Madeira em cada uma das fases do percurso dos passageiros e seguidamente serão apresentadas as soluções propostas para a diminuição do congestionamento e aumento da eficiência no fluxo de passageiros.

Como vimos no capítulo 1 o número de passageiros tem vindo a aumentar significativamente nos aeroportos e de modo a poder aumentar a eficiência destes e a diminuir o congestionamento recorreremos a um *software* de simulação para analisar os *layouts* propostos.

Serão apresentadas várias simulações sendo que estas estarão divididas em 3 partes principais, época alta, época baixa e pico.

## 3.2 *Layout* do aeroporto - 2017

O Aeroporto Internacional da Madeira é composto por 4 pisos, sendo o piso 0 para as chegadas e recolha de bagagem, o piso 1 é o piso das partidas onde se é realizado o *check-in*, no piso 2 é onde se encontra o controlo de fronteira das partidas e das chegadas, neste piso é realizado também o embarque e desembarque e por fim o piso 3, que é onde se realiza o controlo de segurança e onde está também a grande maioria da zona comercial. Seguidamente vamos analisar cada um destes pisos com maior detalhe.

Como já vimos o Aeroporto Internacional da Madeira é composto por 4 pisos como podemos observar na Figura 22 e na Figura 23.

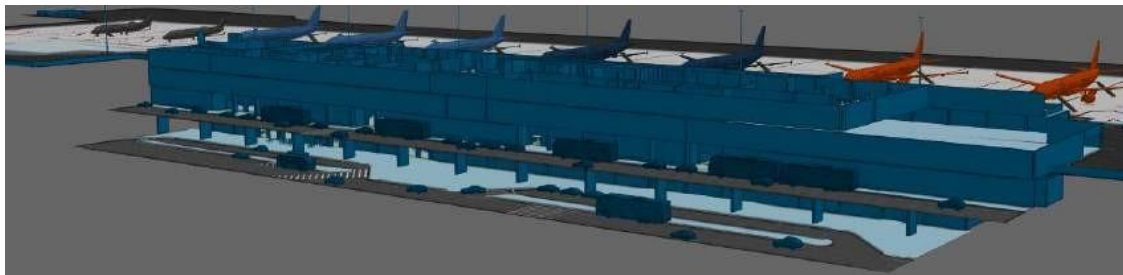


Figura 22 - Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira em perspetiva.

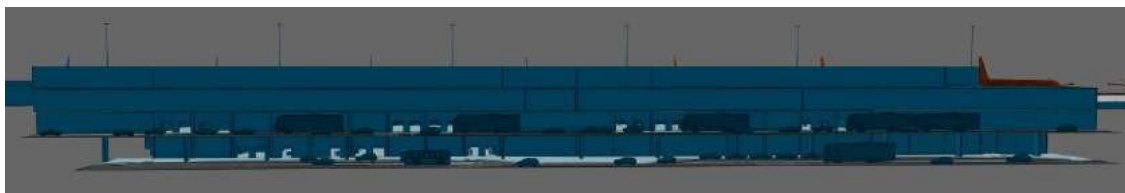


Figura 23 - Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira, fachada frontal.

Vamos agora analisar cada um destes pisos individualmente de modo que seja possível perceber com maior detalha cada um deles.

## Piso 0

Na Figura 24 vemos o piso 0, na zona assinalada com o contorno vermelho é a zona onde os passageiros recolhem a sua bagagem de porão e também onde está a alfândega. Na zona assinalada com o contorno verde é a zona onde estão localizadas as *rent-a-car*, acolhimento de passageiros e outros serviços. Após sair do terminal os passageiros podem optar por se dirigir para o seu destino final por transportes públicos ou por transporte próprio.

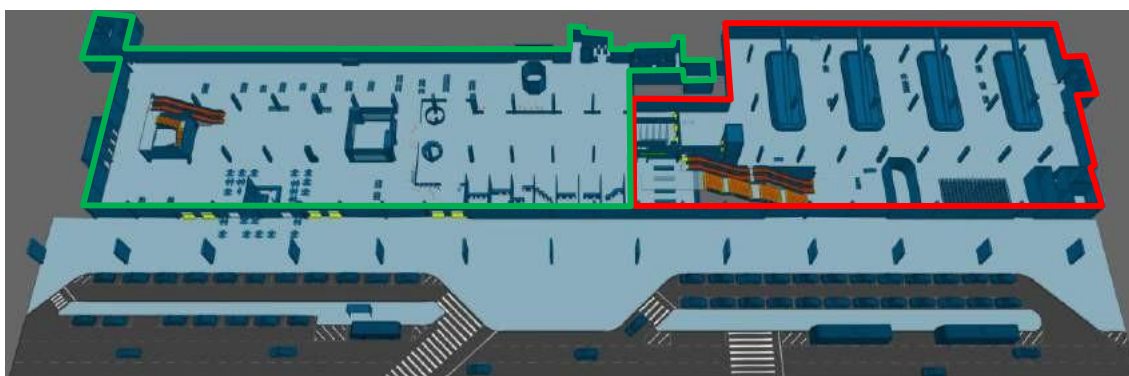


Figura 24 - Piso 0 do Aeroporto Internacional da Madeira.

## Piso 1

Na Figura 25 podemos ver o piso 1, é neste piso que se realiza o *check-in*, o aeroporto Internacional da Madeira tem 38 balcões de *check-in* que estão assinalados com um contorno vermelho. Neste piso podemos encontrar também os balcões de atendimento dos *handlers*, atendimento para passageiros com mobilidade reduzida, entrega de bagagem fora de formato e outros serviços, também há neste piso algum comércio. A entrada dos passageiros no terminal pode ser efetuada em 4 zonas distintas, que podemos ver assinaladas a branco.

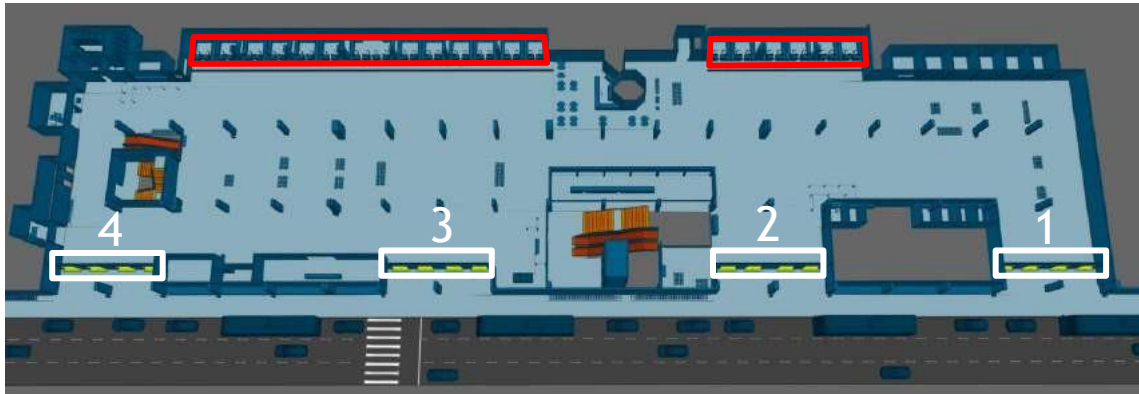


Figura 25 - Piso 1 do Aeroporto Internacional da Madeira.

## Piso 2

Na Figura 26 está representado o piso 2, é neste piso que está localizada a placa de estacionamento das aeronaves, neste piso é efetuado o embarque e desembarque de passageiros *Schengen* e não-*Schengen*.

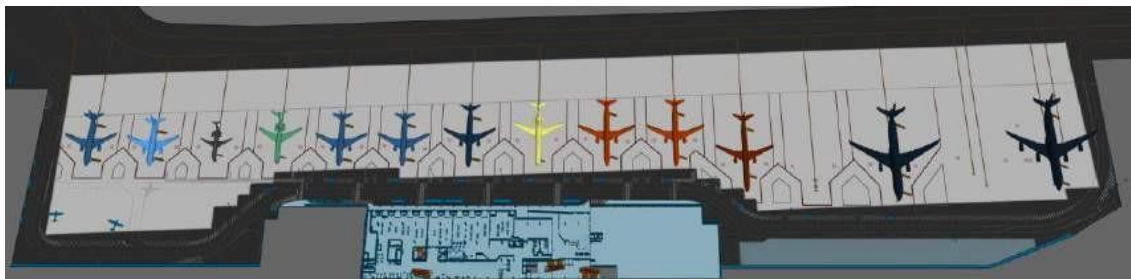


Figura 26 - Piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira.

Na Figura 27 vemos em pormenor o piso 2 do terminal aeroportuário. Vamos dividir o terminal em duas zonas principais, a zona das partidas e a zona das chegadas, para entendermos melhor a sua disposição. A zona com contorno vermelho é a zona das partidas, a zona assinalada com contorno amarelo é a zona das chegadas.

Os balcões e portas de embarque estão assinalados a verde, os controlos de fronteira das partidas e das chegadas estão assinalados com um círculo branco e com um círculo preto, respetivamente.



Figura 27 - Piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira, terminal aeroportuário.

Vamos ver com maior detalhe cada uma destas zonas separadamente, para percebermos como estão dispostas as áreas de embarque e desembarque de passageiros *Schengen* e não-*Schengen*.

Na zona de embarque temos duas zonas principais, que podemos ver na Figura 28, a zona *Schengen*, assinalada a verde, onde qualquer passageiro pode estar, e a zona não-*Schengen*, assinalada a vermelho, que é a zona onde apenas devem estar os passageiros para embarcar em voos não-*Schengen*.



Figura 28 - Zona de embarque *Schengen* e não-*Schengen*.

Na Figura 28 podemos ver ainda outras duas áreas, a área amarela que é uma zona mista, podendo ser isolada do lado *Schengen* ou do lado não-*Schengen*, nesta zona podem ser realizados embarques *Schengen* ou não-*Schengen*, dependendo da quantidade de cada um destes passageiros no terminal. A zona assinalada a laranja é uma sala reservada a passageiros em trânsito, na ausência de passageiros em trânsito esta sala pode ser utilizada para embarques não-*Schengen*.

Na zona de desembarque, Figura 29, temos igualmente duas zonas principais, a zona de desembarque *Schengen* que está assinalada a verde, e a zona de desembarque não-*Schengen* que está assinalada a vermelho. Após os passageiros passarem o controlo de fronteira seguem juntamente com os passageiros *Schengen* para a recolha de bagagem localizada no piso 0, Figura 24.



Figura 29 - Zona de desembarque Schengen e não-Schengen.

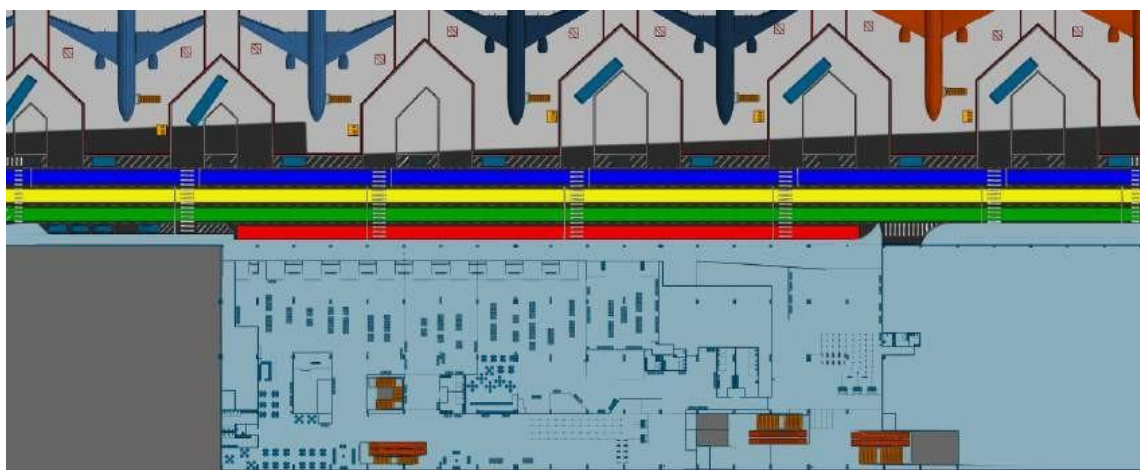


Figura 30 - Vias de trânsito.

Na Figura 30 podemos ver as vias de trânsito que existem para a circulação de viaturas na zona entre o terminal e placa. A zona vermelha representa a zona onde os autocarros estacionam para recolher os passageiros que embarcam de autocarro para depois serem encaminhados para a respetiva aeronave. As zonas verde e amarela são duas faixas de rodagem da esquerda para a direita e a zona azul uma faixa de rodagem da direita para a esquerda.

### Piso 3

Na Figura 31 vemos o piso 3, é neste piso que se encontra o controlo de segurança, assinalado com a cor vermelha, a grande parte da zona comercial também está localizada neste piso, assinalada com a cor verde, há também uma varanda acessível aos passageiros que estão no lado ar que está assinalada com a cor amarela. A preto está assinalada a zona aberta ao público em geral com acesso à varanda, esta zona é lado terra e é apenas acessível a partir do piso 0 ou do piso 1.



Figura 31 - Piso 3 do Aeroporto Internacional da Madeira.

## REVIT

Para a construção dos *layouts* atuais do Aeroporto Internacional da Madeira foi utilizado o *software Revit*. Vamos ver agora que tipo de *software* é o *Revit* e o porquê da sua escolha.

O *Revit* é um *software* de arquitetura e engenharia, que pertence à *Autodesk*. O *Revit* tem uma tecnologia BIM (*Building Information Model*) o que permite a construção de projetos muito mais completos e de uma forma rápida. Outra mais valia é que é construído um modelo 3D ao mesmo tempo que é construído em 2D, o que permite uma otimização de tempo de trabalho.

O *Revit* possui famílias, que são grupos de elementos com um conjunto comum de propriedades de parâmetros e uma representação gráfica relacionada.

Temos 3 tipos de família principais no *Revit*:

1. As famílias do sistema: As famílias do sistema contêm tipos de família que são utilizados para criar elementos básicos de construção, como paredes, pisos, tetos e escadas nos seus modelos de construção.
2. Famílias carregáveis: como o próprio nome indica, esta família do *Revit* pode ser carregada a partir de arquivos externos ou criados do zero. No segundo caso, é possível definir os parâmetros, criando uma família no *Revit* personalizada. As famílias carregáveis são criadas em arquivos RFA externos e importadas para o projeto. Alguns exemplos destes arquivos são, janelas, portas, componentes de escritório, mobiliário, vegetação, etc. ou seja, elementos mais personalizados e pormenorizados.
3. Famílias no local: são elementos únicos onde é possível criar de acordo com a necessidade do projeto. Estes elementos costumam ser utilizados em situações específicas, como por exemplo, na criação de rodapés, molduras em gesso, etc.

Cada elemento pode ser editado com facilidade, e uma vez atualizado todas essas informações são automaticamente atualizadas em todo o projeto. Assim, sempre que for necessário alterar um elemento que esteja em grande quantidade no projeto, basta alterar na família e temos a opção de alterar todos os elementos dessa família para os novos parâmetros.

Para o caso de ser uma alteração única, também há a opção de alterar um único elemento, preservando os parâmetros dos outros elementos da família.

Outro aspeto importante deste *software* é a capacidade de exportar facilmente todos os dados BIM para IFC (*Industry Foundation Classes*), esta valência será bastante útil para quando for necessário importar o projeto para o *MassMotion*. O formato IFC fornece uma solução de interoperabilidade entre diferentes *softwares*, este formato estabelece padrões internacionais para importar e exportar objetos de construção e as suas propriedades; deste modo, quando o projeto for importado pelo *MassMotion* neste formato, permitirá a identificação de cada objeto que consta no projeto.

Vamos observar alguns passos para a construção do projeto. Através das plantas em 2D do aeroporto, disponibilizadas pela área técnica do aeroporto da Madeira, foi possível então construir um modelo preciso e o mais realista possível. Apenas as áreas públicas estão representadas neste projeto.

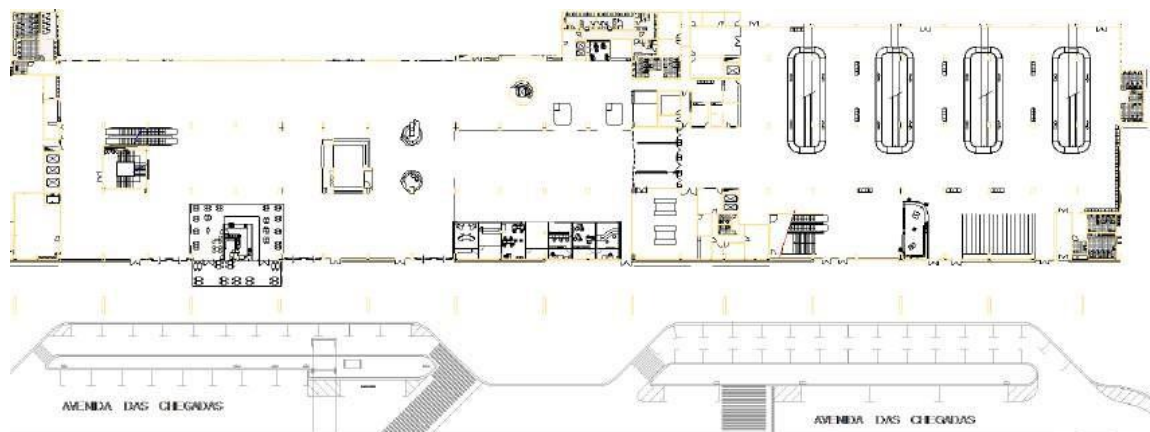


Figura 32 - Planta do piso 0 do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira.

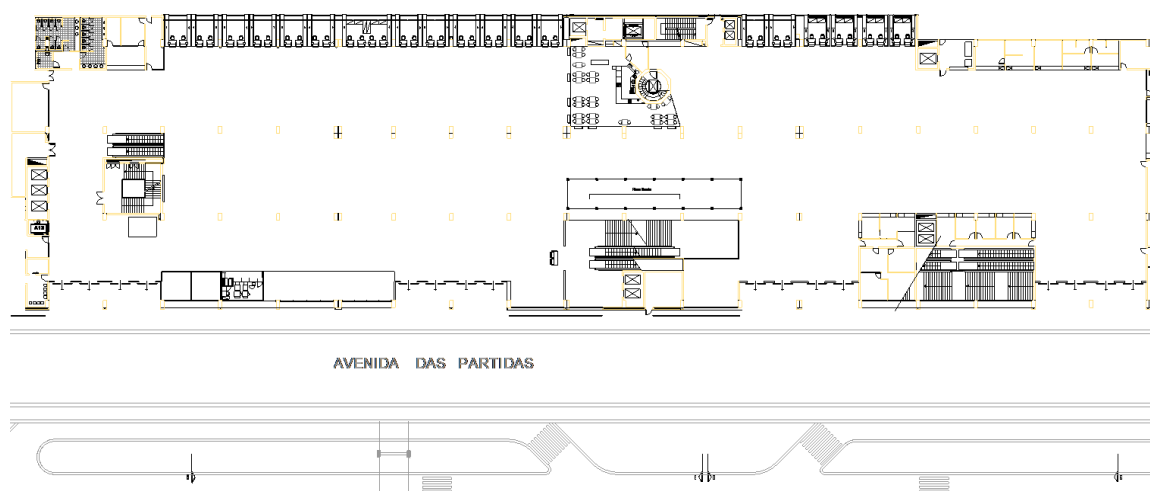


Figura 33 - Planta do piso 1 do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira.

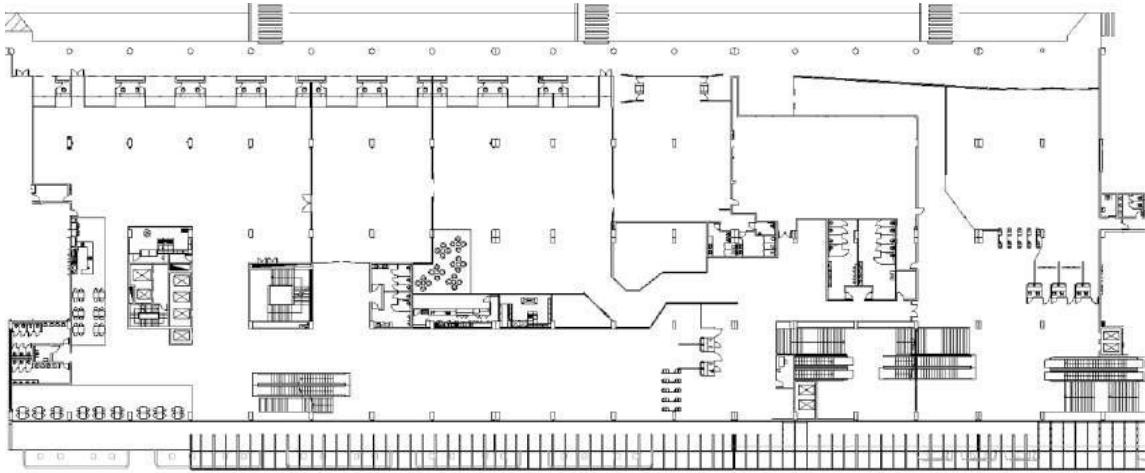


Figura 34 - Planta do piso 2 do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira.

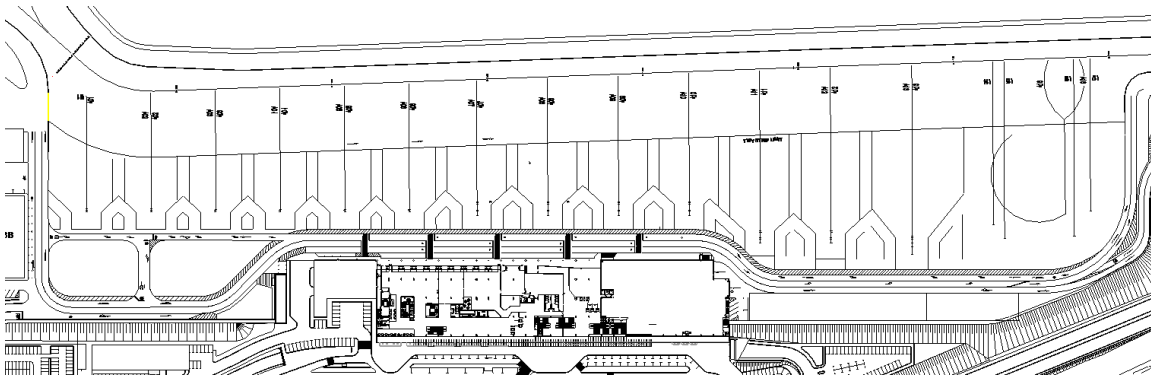


Figura 35 - Planta do piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira incluindo a placa.

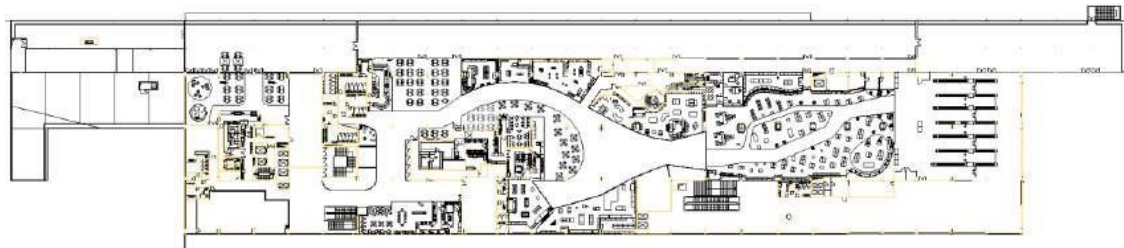


Figura 36 - Planta do piso 3 do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira.



Figura 37 - Planta do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira, vista de corte.

Como podemos observar nas Figura 32 à Figura 37, temos todos os pisos do aeroporto da Madeira onde os passageiros se deslocam durante todo o processo. Através destas imagens é possível então fazer o modelo 3D no *Revit*.

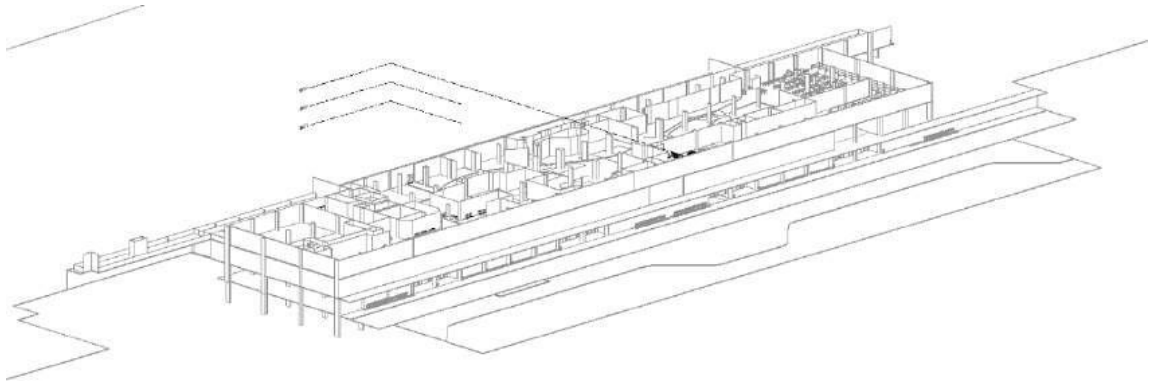


Figura 38 - Modelo 3D do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira construído no *Revit*.

Após desenhar cada um dos pisos individualmente, obtemos o resultado que está na Figura 38.

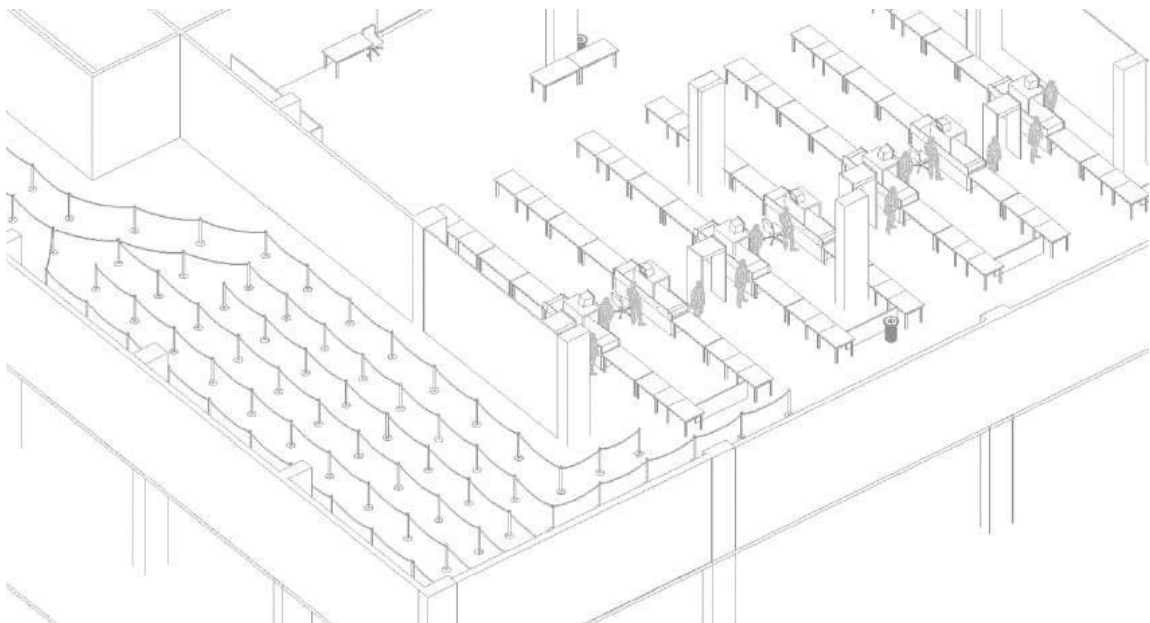


Figura 39 - Diferentes famílias do *Revit*.

Na Figura 39 temos alguns exemplos de elementos que pertencem a diferentes famílias. As paredes, pilares e o piso são exemplos de elementos que pertencem à família do sistema, as mesas, máquinas de raio-x, pórtico de detetor de metais, cadeiras, prumos e baldes do lixo são exemplos de elementos que pertencem a famílias carregáveis. As famílias locais neste projeto não foram utilizadas.

Após a construção do modelo é necessário exportar o projeto para o formato IFC. Uma vez que o projeto tem um tamanho bastante grande, dividiremos o projeto por pisos, ficando então com 4 ficheiros IFC correspondentes a cada um dos pisos.

## Construção do Modelo de Simulação

Vamos agora ver como fica o projeto construído no *Revit* no *MassMotion*. Como já vimos anteriormente, o ficheiro IFC é uma mais-valia, pois com este tipo de ficheiro o *MassMotion* consegue identificar e transformar automaticamente a grande maioria dos elementos do projeto para elementos do *MassMotion*. Após importar cada um dos ficheiros para o *MassMotion* ficamos com o modelo que vemos nas próximas figuras.



Figura 40 - Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira no *MassMotion*.

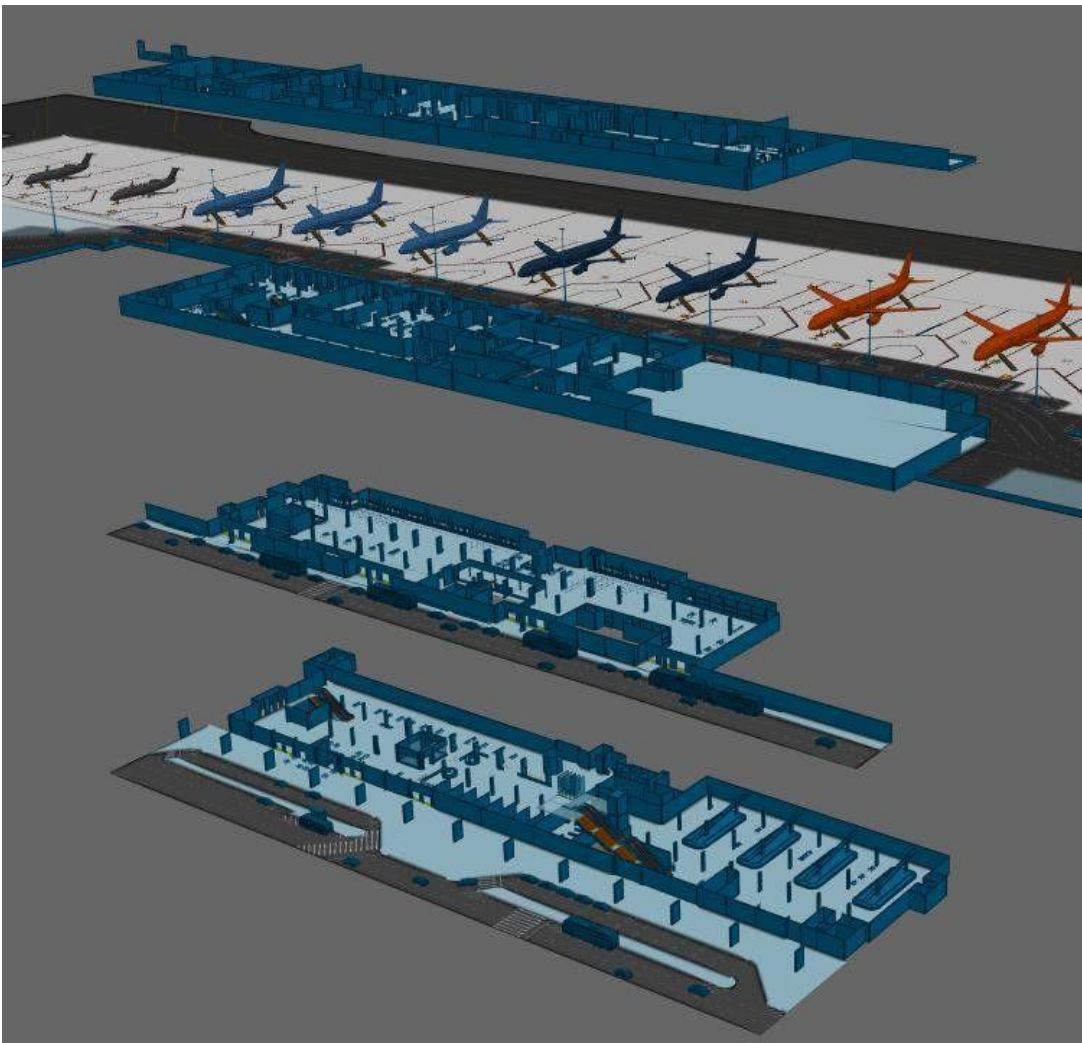


Figura 41 - Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira no *MassMotion*. Vista dos pisos separados.

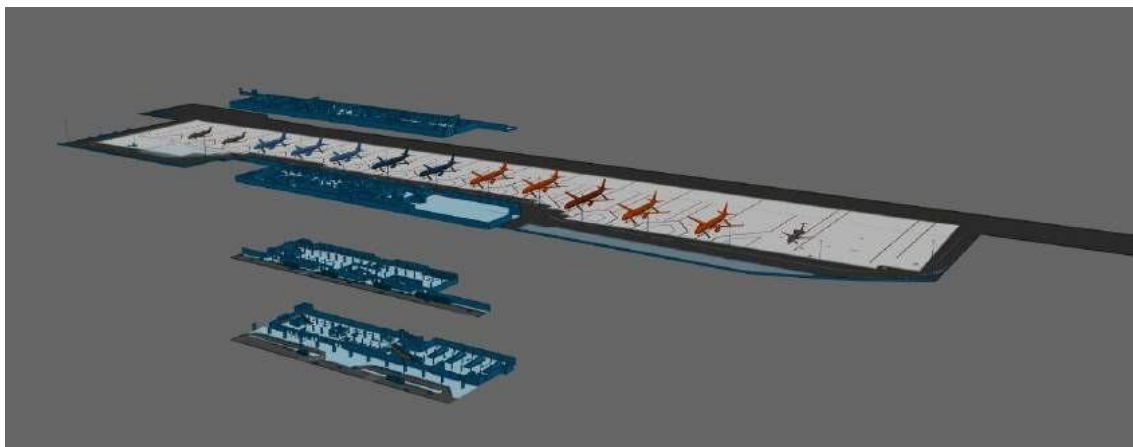


Figura 42 - Pisos do Aeroporto Internacional da Madeira no *MassMotion* com detalhe da placa.

Como podemos ver na Figura 40, Figura 41 e Figura 42, já temos o modelo pronto para podermos começar a construir a simulação. O *layout* representado nas imagens é o *layout* que estava implementado no Aeroporto Internacional da Madeira em 2017. Cada um dos pisos será analisado individualmente devido ao elevado tamanho do modelo, e assim torna-se mais rápida cada uma das simulações. Sendo assim temos:

Piso 0 (Chegadas), (Figura 42):

- Recolha de bagagem
- *Rent-a-car*
- Recolha de passageiros



Figura 43 - Piso 0 do Aeroporto Internacional da Madeira no *MassMotion*.

Piso 1 (Partidas), (Figura 43):

- *Check-in*

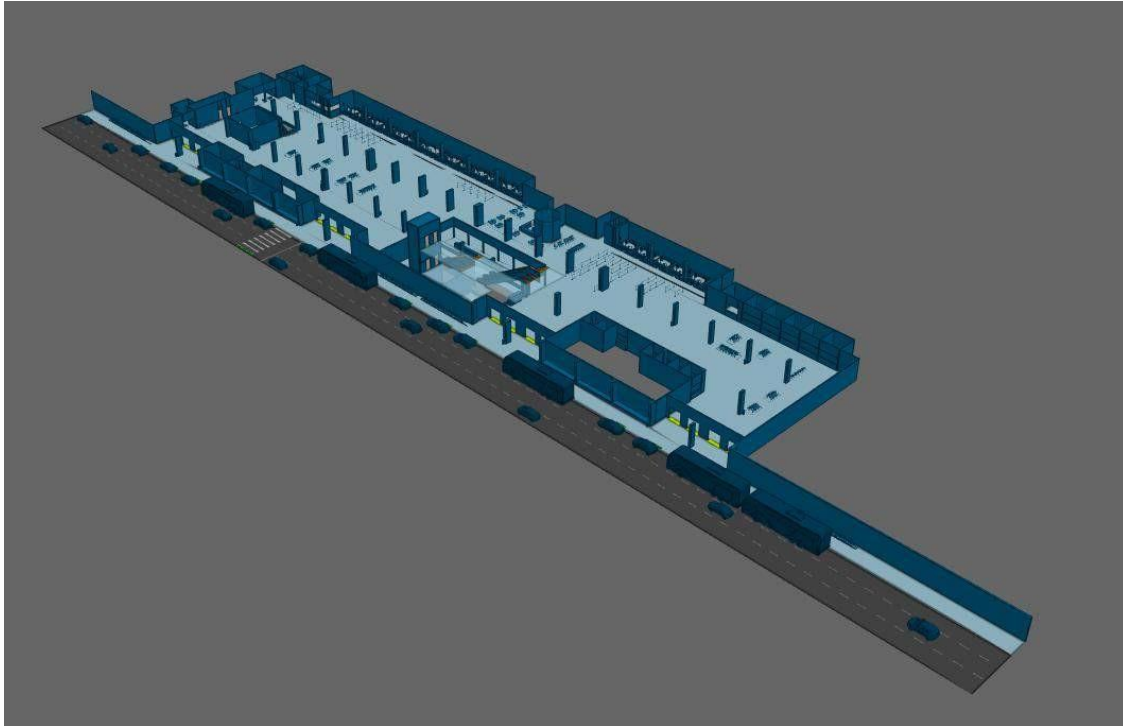


Figura 44 - Piso 1 do Aeroporto Internacional da Madeira no *MassMotion*.

Piso 2, (Figuras 44 e 45):

- Controlo fronteira (partidas)
- Embarque
- Desembarque
- Controlo de fronteira (chegadas)



Figura 45 - Piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira no *MassMotion* com detalhe da placa.

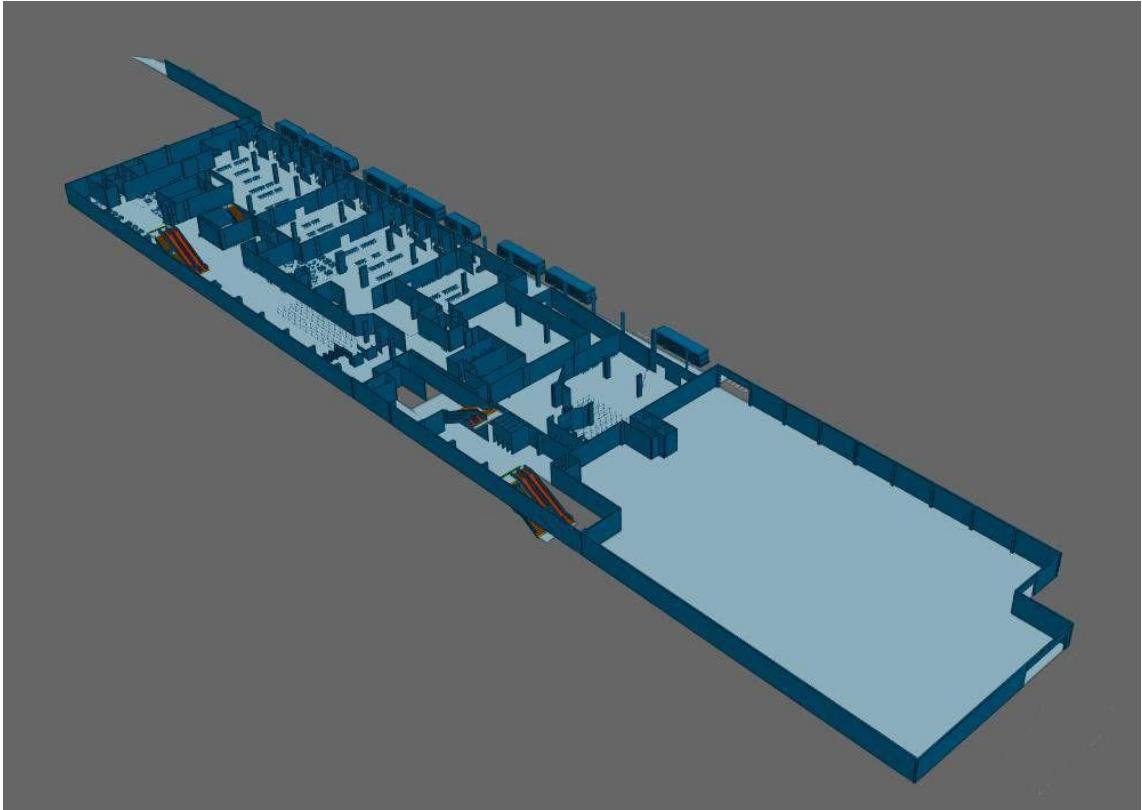


Figura 46 - Piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira no *MassMotion*.

Piso 3, (Figura 46):

- Controlo de segurança

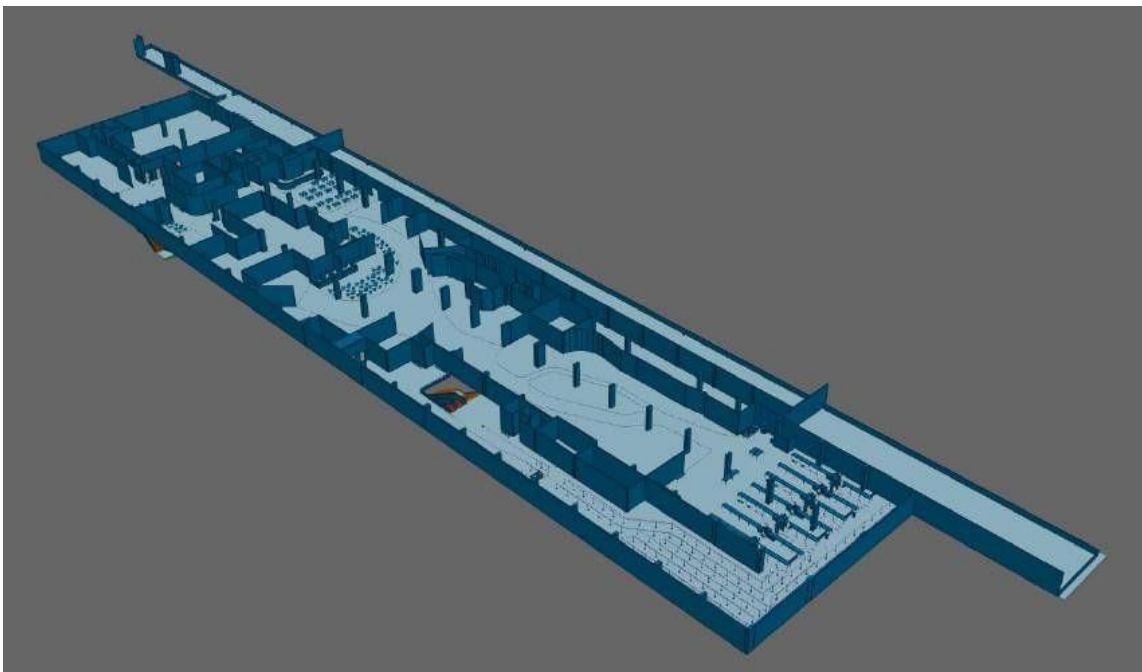


Figura 47 - Piso 3 do Aeroporto Internacional da Madeira no *MassMotion*.

### 3.3 Fluxo de Passageiros - 2017

O ano de 2017 foi o ano em que o Aeroporto Internacional da Madeira ultrapassou pela primeira vez os 3 milhões de passageiros, contabilizando no final do ano mais de 3 200 000 passageiros movimentados. Vamos ver mais detalhadamente estes números.

Na Figura 48 vemos o número de passageiros movimentados no Aeroporto Internacional da Madeira em 2017 divididos por mês.

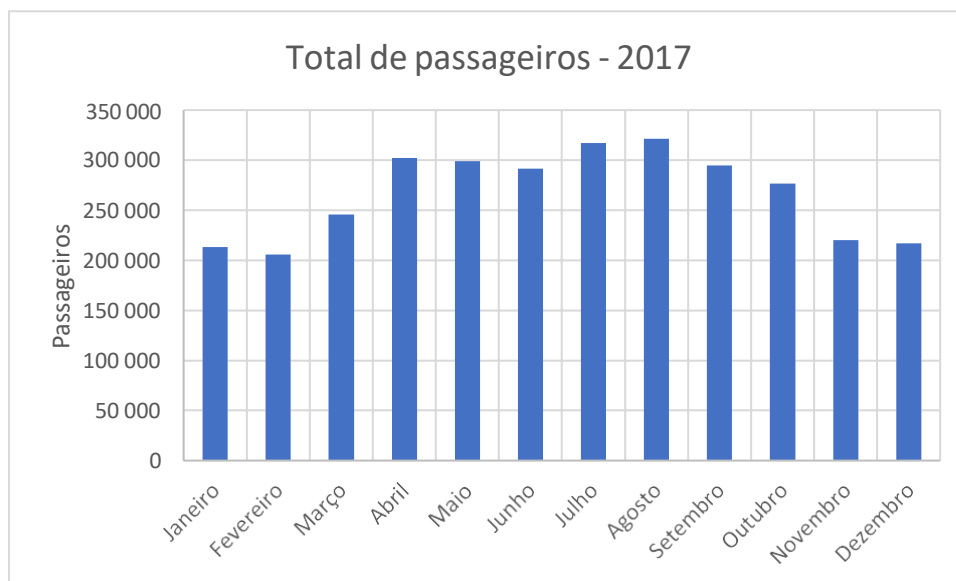


Figura 48 - Total de passageiros movimentados em 2017 no Aeroporto Internacional da Madeira por mês.

Para podermos analisar mais detalhadamente o número de passageiros vamos dividir estes números por semanas. Temos então representado na Figura 49 o número de passageiros em cada semana do ano de 2017.

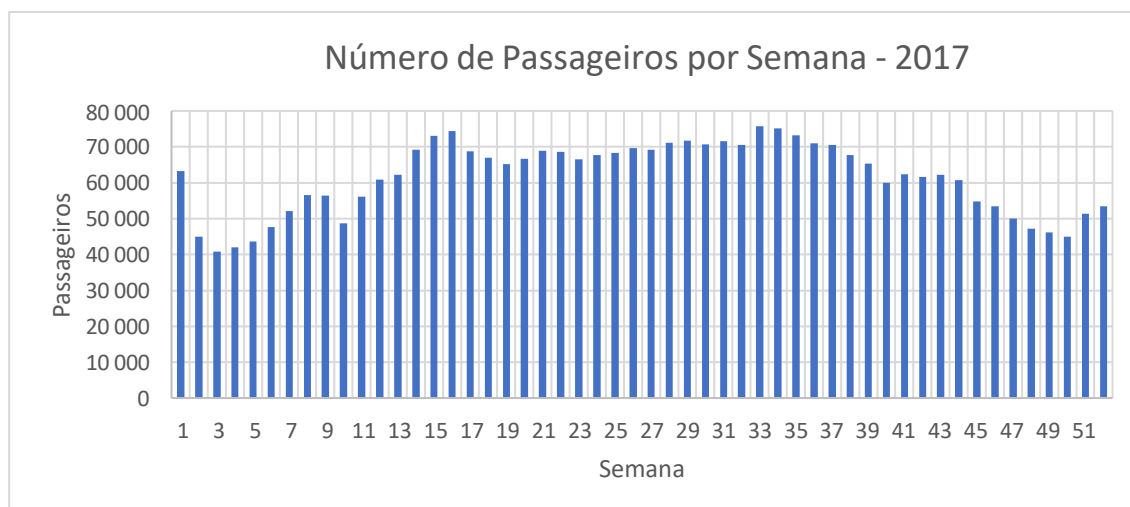


Figura 49 - Total de passageiros movimentados em 2017 no Aeroporto Internacional da Madeira por semana.

Na Figura 49 observamos facilmente onde estão localizadas as épocas altas e baixas do ano de 2017, também conseguimos ver que na primeira semana está localizado o pico de 2017. Vamos agora observar com maior detalhe uma destas semanas para cada uma das épocas. No caso da semana de pico será a primeira semana de 2017, a semana de época alta e semana de época baixa que iremos analisar serão as semanas 34 e 51 respetivamente.

Vamos observar agora os dados das épocas supracitadas com maior detalhe, veremos o total de passageiros no terminal, os passageiros das partidas e os passageiros das chegadas.

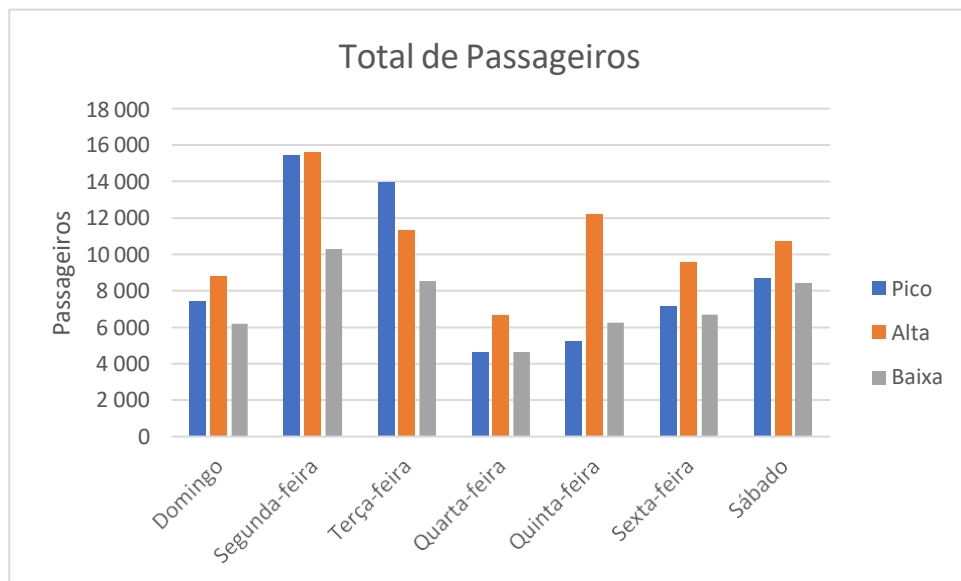


Figura 50 - Total de passageiros numa semana de pico, alta e baixa.

Na Figura 50 vemos com maior detalhe a distribuição dos passageiros pelos dias da semana. Observamos que a segunda-feira é o dia com mais movimento em qualquer uma das épocas e a quarta-feira o dia menos movimento. Na semana de pico, o pico máximo aconteceu na segunda-feira com a movimentação de 15 485 passageiros entre partidas e chegadas. Na semana de época alta o máximo também foi na segunda-feira com 15 618 passageiros. O dia menos movimentado teve 4 643 passageiros que corresponde à quarta-feira da semana de pico.

Estes dados dizem respeito aos passageiros nas partidas e nas chegadas. Vamos agora analisar para o caso das partidas e chegadas isoladamente.

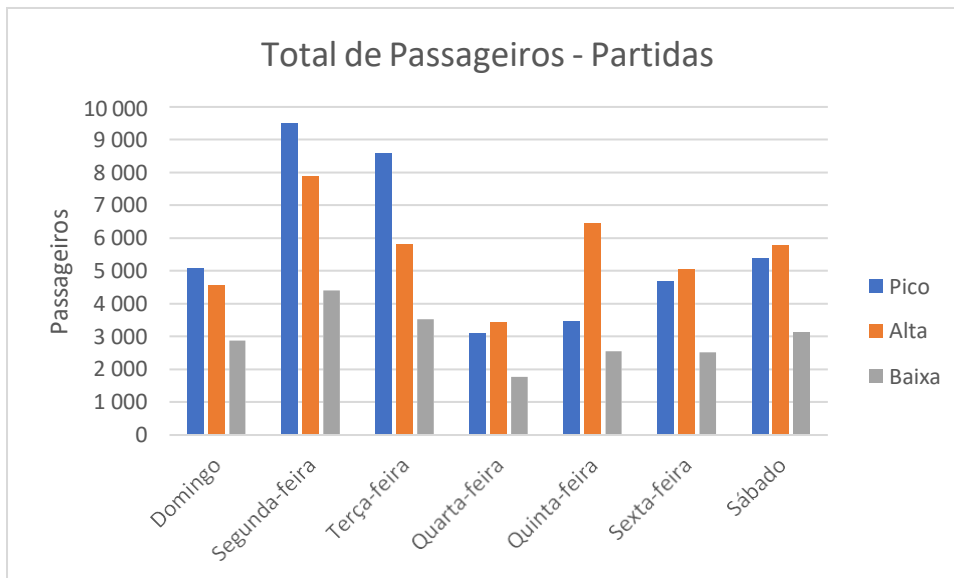


Figura 51 - Total de passageiros nas partidas numa semana de pico, alta e baixa.

Na Figura 51 temos o número de passageiros movimentados nas partidas para cada uma das épocas.

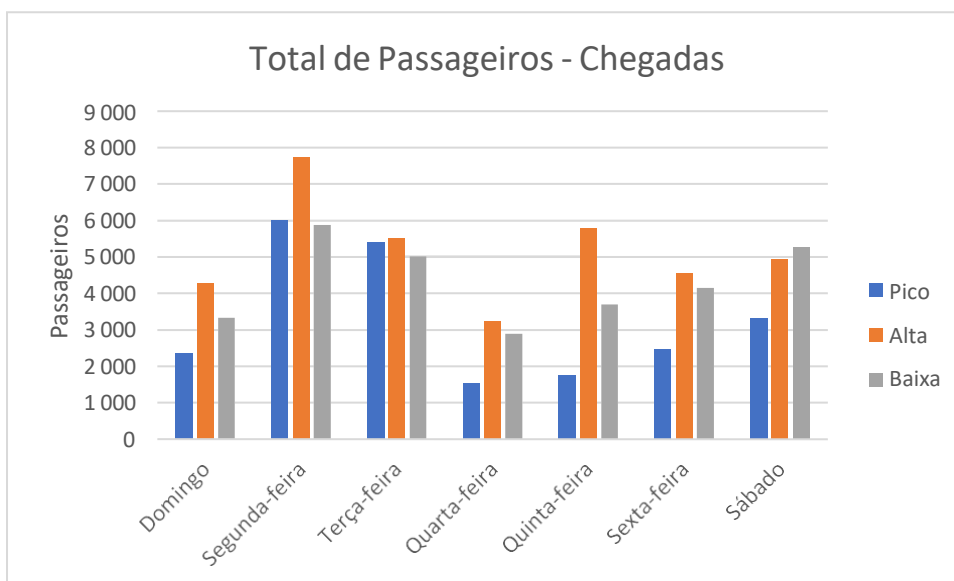


Figura 52 - Total de passageiros nas partidas numa semana de pico, alta e baixa.

Na Figura 52 temos o número de passageiros movimentados nas chegadas para cada uma das épocas.

Comparando a Figura 51 e a Figura 52, observamos claramente que é nas partidas que a semana de pico é muito mais evidente, atingindo o máximo de 9 494 passageiros movimentados na segunda-feira. A semana de pico é na primeira semana de janeiro, sendo os dias mais movimentados os dias 2 e 3, tal movimentação deve-se às festas de fim de ano da Ilha da Madeira que atrai muitas pessoas, e como o Aeroporto Internacional da Madeira é a

principal porta para a ilha, faz com que haja uma grande movimentação num curto espaço de tempo.

Na época alta reparamos que a movimentação tanto nas partidas como nas chegadas são praticamente em números semelhantes.

Na época baixa o número de movimentações nas chegadas é bastante superior ao das partidas. A semana analisada de época baixa é a semana antes do Natal, como a Ilha da Madeira tem um cartaz bastante atrativo e famoso para as festas de Natal e fim de ano o movimento de chegadas é maior. No entanto, estas movimentações são distribuídas por um intervalo de tempo maior, depois para a saída destes passageiros da ilha, como já vimos na semana de pico, é num intervalo mais curto, daí existir o pico.

Vamos ver como é feito o percurso dos passageiros nas partidas e nas chegadas no terminal, iremos ver separadamente o percurso de um passageiro nas partidas e outro passageiro nas chegadas de modo a simplificar a visualização e o entendimento. Serão também mostrados dados relativamente a cada um dos sistemas, tempos de processamento de passageiros e a suas características.

Para o caso das partidas o primeiro contacto do passageiro com o terminal é a porta de entrada, que como já vimos anteriormente o terminal tem 4 entradas podendo os passageiros usar qualquer uma delas, como podemos verificar na Figura 53 assinaladas a branco; no entanto, por observação foi verificado que as portas 1, 2 e 3 são as mais utilizadas pelos passageiros para entrar no terminal. Após o passageiro entrar no terminal terá que consultar nos painéis informativos do terminal o balcão de *check-in* que está atribuído ao seu voo, podemos ver na Figura 53 os balcões 1 ao 28, que estão assinalados a vermelho e os balcões 29 ao 40 que estão assinalados com a cor verde.



Figura 53 - Portas de entrada do piso 1 e balcões de *check-in* do Aeroporto Internacional da Madeira.

Nos balcões de *check-in*, como o próprio nome o indica, é onde é realizado o *check-in*, podendo o passageiro, caso tenha alguma mala para despachar, enviar para o porão. Vamos agora observar quanto tempo demora em média cada passageiro nesta fase.

Para o caso do *check-in*, vamos dividir estes passageiros em várias categorias. Na Tabela 4 podemos observar com maior detalhe o número de passageiros observados com as diferentes características.

Tabela 4 - Tempos médios de *check-in* para os diferentes passageiros.

	Número de passageiros observados	Tempo <i>check-in</i> médio [s]
Normais	5 339	115,6
Executiva	26	159,5
Passageiros com Mobilidade Reduzida (PMR)	16	340,0
Bebé	45	352,5
Pagamento Extra	41	404,3

Dentro da categoria de passageiros normais, vamos dividir esta categoria por número de passageiros que efetuam o *check-in* em simultâneo, como por exemplo, casais ou grupos que têm reservas em conjunto. Na Tabela 5 podemos observar mais detalhadamente, cada um dos casos.

Tabela 5 - Tempos médios de *check-in* por grupo de passageiros.

Número de pessoas	1	2	3	4	Superior a 4
Casos	482	2 119	110	86	35
Tempo médio p/caso [s]	99,9	126,2	229,7	251,6	-
% relativa ao total	17%	75%	4%	3%	1%

Podemos observar que uma grande parte das pessoas faz o *check-in* a pares, seguindo-se o *check-in* individual.

Uma vez que as médias não representam a realidade nem o comportamento normal para o caso do *check-in*, iremos utilizar uma distribuição normal,  $X \sim N(\mu, \sigma)$ , para que o modelo de simulação fique o mais próximo possível da realidade. Com os dados recolhidos no aeroporto obtivemos as distribuições normais apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Distribuição normal para cada tipo de passageiro.

	1 Passageiro	2 Passageiros	Executiva	PMR	Bebé	Pagamento
Mínimo [s]	19	22	96	184	159	108
Máximo [s]	406	963	332	624	678	966
Média ( $\mu$ ) [s]	90,9	118,2	159,5	340,0	352,5	404,3
Desvio padrão ( $\sigma$ ) [s]	58,9	62,2	70,4	138,1	142,3	196,6

A percentagem de utilização de cada um dos balcões de *check-in* pode ser observada na Tabela 7.

Tabela 7 - Utilização dos balcões de *check-in*.

Balcão	Percentagem de utilização	Balcão (continuação)	Percentagem de utilização (continuação)
1	0,33%	21	2,01%
2	1,17%	22	1,50%
3	2,21%	23	1,11%
4	4,20%	24	0,84%
5	7,81%	25	0,60%
6	11,32%	26	0,35%
7	2,29%	27	0,31%
8	0,61%	28	0,09%
9	1,11%	29	4,33%
10	1,54%	30	6,01%
11	1,18%	31	5,90%
12	0,66%	32	3,02%
13	0,28%	33	4,03%
14	0,00%	34	4,04%
15	0,00%	35	4,07%
16	1,42%	36	3,39%
17	2,21%	37	3,61%
18	2,31%	38	3,38%
19	1,97%	39	2,61%
20	1,99%	40	4,19%

Relativamente aos passageiros com mala de porão, na Tabela 8 temos esses dados separados por meses de todas as companhias que voavam para o Aeroporto Internacional da Madeira no ano de 2017.

Tabela 8 - Passageiros com mala de porão.

	PAX com <i>check-in</i> feito	Malas de porão	PAX com mala de porão
janeiro	118 257	80 202	68%
fevereiro	100 763	61 571	61%
março	122 479	75 973	62%
abril	149 810	97 592	65%
maio	148 520	95 322	64%
junho	144 564	93 162	64%
julho	153 217	98 508	64%
agosto	163 136	110 411	68%
setembro	151 568	104 264	69%
outubro	139 277	89 363	64%
novembro	113 799	68 597	60%
dezembro	94 727	54 369	57%
Total	1 600 117	1 029 334	64%

Uma vez que nem todas as companhias têm a mesma política para a bagagem de porão, temos que ver alguns casos mais específicos para percebermos melhor a quantidade de bagagem de porão por companhia; na Tabela 9 temos dados mais concretos referentes a algumas das companhias com voos regulares e em maior número para o Aeroporto Internacional da Madeira.

Tabela 9 - Passageiros com mala de porão por companhia aérea.

Companhia Aérea	PAX com mala de porão
TAP	61%
EasyJet	35%
Transavia	58%
Condor	89%
TUI	80%
Jet2	75%
British Airways	77%
SATA	76%
Thomas Cook	82%
Restantes	78%

Após efetuar o *check-in* o passageiro deve dirigir-se para o controlo de segurança que se encontra no piso 3, para poder subir para o piso 3 o passageiro deve possuir um cartão de embarque válido que deverá mostrar a um segurança que faz o controlo de acesso ao piso 3. Na Figura 54 podemos ver, assinalada com um círculo preto, a entrada para aceder ao piso 3.

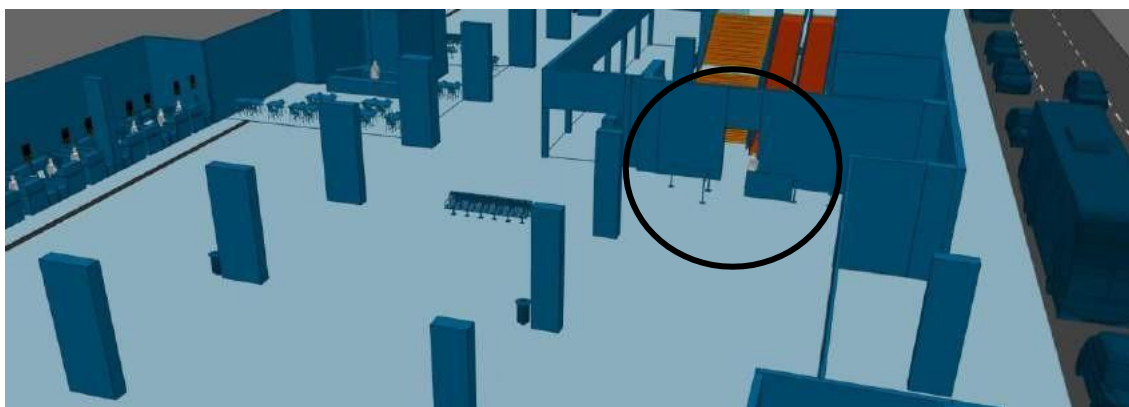


Figura 54 - Piso 1: Porta de acesso para o piso 3.

Quando o passageiro chega ao piso 3 encontra o segundo controlo de acesso para poder entrar para as filas de espera do controlo de segurança, podemos ver este segundo controlo de acesso na Figura 55, normalmente apenas um segurança efetua o controlo de acesso, apenas em horas de maior afluência este controlo é efetuado por 2 dois seguranças.

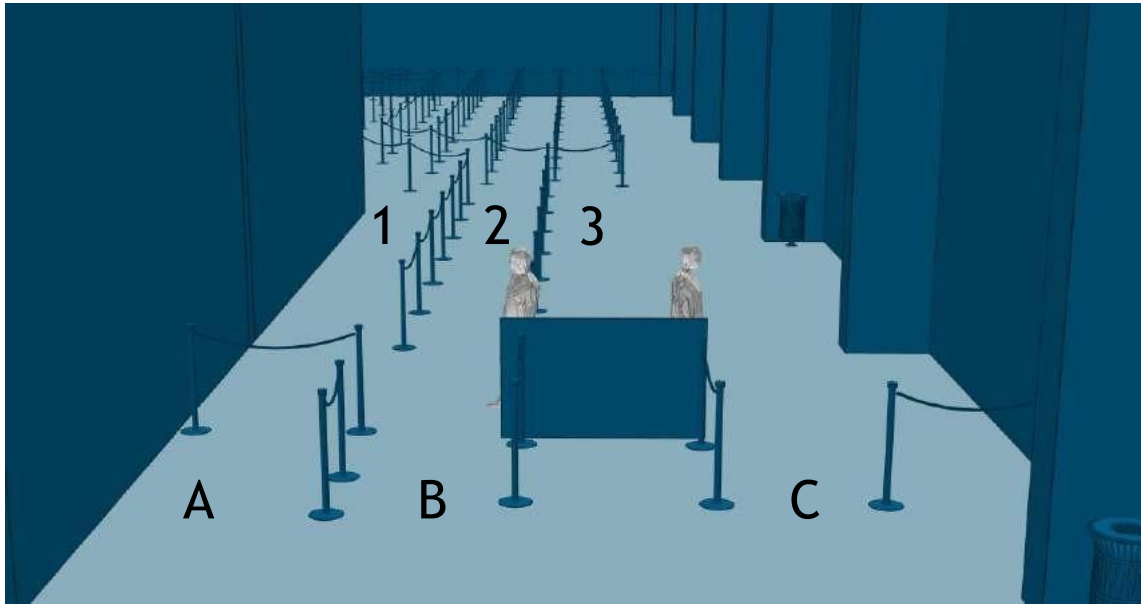


Figura 55 - Piso 3: Controlo de acesso ao controlo de segurança.

As filas para o controlo de acesso são organizadas da seguinte forma, a zona A, representada na Figura 55, é onde se forma a fila para os passageiros com mobilidade reduzida, passageiros com bilhete executiva e passageiros com *FastTrack*, a zona B e C são para os restantes passageiros, a zona C é apenas utilizada em horas de maior afluência. Na Figura 55 podemos ainda ver os 3 tipos de fila que existem para o controlo de segurança, a fila 1 é dedicada a passageiros com mobilidade reduzida, a fila 2 é para passageiros com bilhete executiva e passageiros com *FastTrack*, e a fila 3 é para os restantes passageiros. O encaminhamento para as respetivas filas é efetuado pelo segurança que está a efetuar o controlo de acesso. O tempo médio de processamento no controlo de acesso é de aproximadamente 5 segundos.

Na Tabela 10 podemos observar a tipologia dos passageiros para melhor entendermos quais as filas que serão maiores.

Tabela 10 - Tipologia dos passageiros para o controlo de segurança.

	Normal	<i>FastTrack</i> e Executiva	Passageiros com Mobilidade Reduzida
1º Trimestre	343 310	10 390	6 548
2º Trimestre	414 144	11 009	7 053
3º Trimestre	448 056	10 251	6 618
4º Trimestre	346 411	10 382	7 128
Total	1 551 921	42 032	27 347

O Aeroporto Internacional da Madeira possui 7 linhas de controlo de segurança e 4 pórticos detetores de metais, representadas na Figura 56; as linhas são para fazer o controlo das malas de mão e dos pertences dos passageiros e os pórticos para detetar algum metal que o passageiro possa transportar. O pórtico detetor de metais A é para os passageiros da linha 1,

o B para os passageiros das linhas 2 e 3, o C para os passageiros das linhas 4 e 5 e o D para os passageiros das linhas 6 e 7.

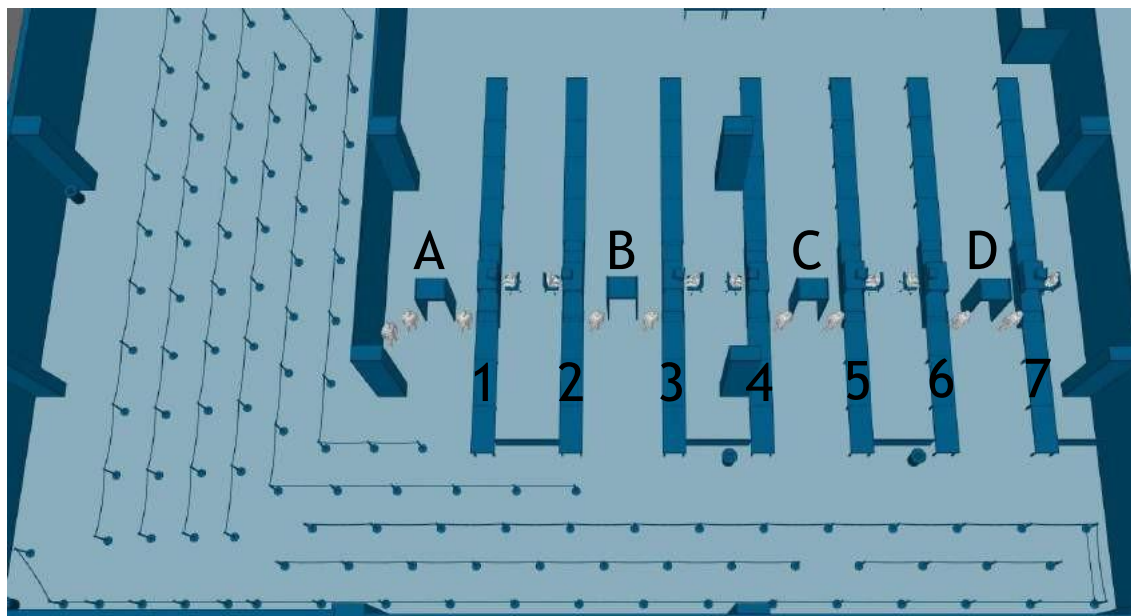


Figura 56 - Linhas de controlo de segurança.

Para o caso do controlo de segurança, tendo em conta que é uma área bastante sensível, apenas foram observados e registados alguns procedimentos básicos e que não põem em causa a segurança operacional desta área.

Tabela 11 - Tempos médios no controlo de segurança.

	Preparação	Consolidação	Total
janeiro	00:00:46	00:01:10	00:02:48
fevereiro	00:00:47	00:01:01	00:02:41
março	00:00:44	00:01:05	00:02:41
abril	00:00:40	00:01:02	00:02:30
maio	00:00:44	00:00:58	00:02:35
junho	00:00:35	00:00:56	00:02:27
julho	00:00:36	00:00:55	00:02:23
agosto	00:00:36	00:01:01	00:02:38
setembro	00:00:34	00:00:54	00:02:23
outubro	00:00:37	00:01:04	00:02:30
novembro	00:00:43	00:00:57	00:02:34
dezembro	00:00:42	00:01:09	00:02:45

Na Tabela 11 temos os tempos médios que cada passageiro demora em cada uma das fases do controlo. Estas fases são a fase de preparação, que é quando o passageiro sai da fila de espera até chegar à linha correspondente, e o tempo de consolidação, que é quando o passageiro já passou pelo controlo e está a recolher os seus pertences para seguir o seu

percurso. É mostrada também uma coluna na tabela com o tempo total médio que cada passageiro demorou no controlo de segurança. Este tempo total já inclui procedimentos de segurança a que os passageiros são submetidos durante o controlo, mas que não serão aqui especificados por razões de confidencialidade.

Outro dado que temos de ter em conta é o número de bagagens de mão que cada passageiro leva, este dado será útil para percebermos qual o nível de serviço a que os passageiros estão sujeitos nas filas de espera para o controlo de segurança. Na Tabela 12 vemos o número de passageiros e tabuleiros que passaram pelas máquinas de raio-x e pórticos detetores de metais, respetivamente, em cada um dos meses. Os tabuleiros servem para os passageiros colocarem todos os seus pertences para passarem pela máquina de raio-x, nestes são colocadas as malas de mão e também pertences pessoais.

Tabela 12 - Tabuleiros e passageiros nas linhas de segurança.

	Tabuleiros	Passageiros	Tabuleiros/Passageiros
janeiro	228 755	117 966	1,94
fevereiro	195 616	99 979	1,96
março	225 009	124 278	1,81
abril	248 266	150 118	1,65
maio	237 702	148 583	1,60
junho	220 697	142 063	1,55
julho	231 066	158 216	1,46
agosto	244 590	166 390	1,47
setembro	235 629	152 300	1,55
outubro	226 344	145 518	1,56
novembro	205 036	116 195	1,76
dezembro	186 777	95 716	1,95
Total	2 685 487	1 617 322	1,69

Analisando os dados da Tabela 12 conseguimos obter uma estimativa do número de tabuleiros que cada passageiro usa durante o controlo de segurança; observamos que em média cada passageiro usa 1,69 tabuleiros no controlo de segurança.

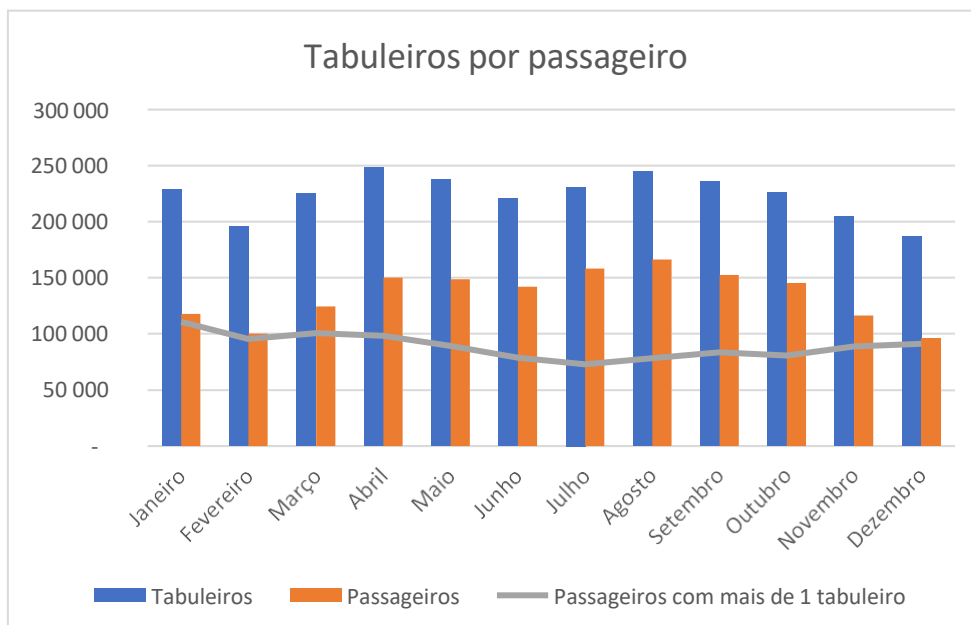


Figura 57 - Tabuleiros por passageiros ao longo do ano.

Através da Figura 57, conseguimos observar que é na altura do Inverno que são usados mais tabuleiros por passageiro, uma vez que nesta altura do ano a temperatura está mais baixa, faz com que os passageiros tenham mais roupa consigo, como por exemplo, casacos, sobretudos, etc. Isto irá fazer com que o tempo de preparação e de consolidação seja um pouco maior nestas datas, como verificamos na Tabela 12.

Para o controlo de fronteira, caso se aplique, e embarque, o passageiro terá que dirigir-se para o piso 2. O controlo de fronteira nas partidas pode ser feito de forma automática ou da forma convencional, a forma automática está limitada a cidadãos da União Europeia e com idade igual ou superior a 18 anos. Na forma convencional o controlo é feito por um inspetor do Serviço de Estrangeiros e Fronteiras. Nas partidas há 3 balcões de controlo convencional e 4 de atendimento automático. Na Figura 58 vemos assinalado a verde os balcões de controlo convencional e a vermelho os de controlo automático.

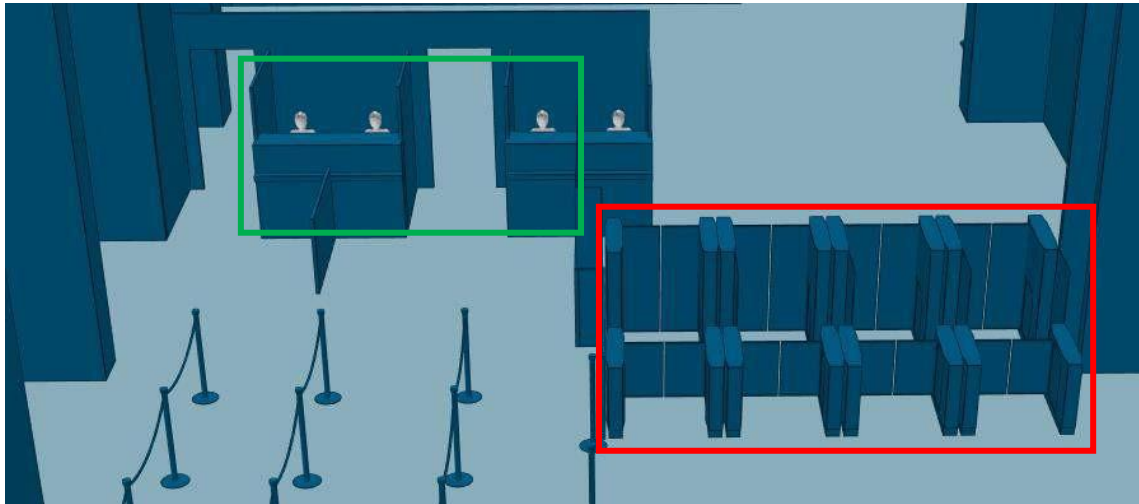


Figura 58 - Piso 2: Controlo de fronteira das partidas.

Na Tabela 13 observamos com maior detalhe a utilização de cada um destes controlos.

Tabela 13 - Número de passageiros processados em cada sistema de controlo de fronteira - partidas.

	Passageiros				Total
	Automático		Convencional		
janeiro	9 144	32%	19 187	68%	28 331
fevereiro	10 070	41%	14 676	59%	24 746
março	10 187	38%	16 726	62%	26 913
abril	8 659	31%	19 520	69%	28 179
maio	10 055	37%	17 350	63%	27 405
junho	9 497	30%	21 748	70%	31 245
julho	9 048	27%	24 306	73%	33 354
agosto	7 566	23%	25 689	77%	33 255
setembro	9 681	29%	24 212	71%	33 893
outubro	9 472	32%	19 700	68%	29 172
novembro	5 645	28%	14 516	72%	20 161
dezembro	4 602	24%	14 315	76%	18 917
<b>Total</b>	<b>103 626</b>	<b>31%</b>	<b>231 945</b>	<b>69%</b>	<b>335 571</b>

Podemos constatar que o controlo convencional é o mais utilizado, com uma utilização média de 69%. Vamos agora ver o tempo médio que cada passageiro demora a ser processado em cada um destes controlos.

Tabela 14 - Tempo de processamento em cada sistema de controlo de fronteira - partidas.

	Convencional		Automático
	1 PAX	2 PAX	
Mínimo [s]	9,5	19	13
Máximo [s]	64,6	129,2	118
Média ( $\mu$ ) [s]	26,2	52,4	29,6
Desvio padrão ( $\sigma$ ) [s]	9,4	18,8	12,6

Na Tabela 14 observamos que o tempo do controlo convencional é um pouco mais baixo que o controlo automático. Uma vez que o controlo automático apenas permite processar uma pessoa de cada vez, no controlo convencional o inspetor do Serviço de Estrangeiros e Fronteiras pode fazer o controlo de duas pessoas simultaneamente. Como já vimos no *check-in*, 75% dos passageiros estão em pares, mesmo demorando mais tempo por caso, 52 segundos aproximadamente, quando dividimos este tempo por passageiro o inspetor faz o controlo um pouco mais rapidamente que o controlo automático.

No caso de um passageiro não-*Schengen*, após passar pelo controlo de fronteira poderá dirigir-se para a porta de embarque respetiva. As portas efetivas de embarque não-*Schengen* vão desde a porta 13 à porta 17, no entanto, também podem ser utilizadas as portas 18 e 19 caso a sala de trânsito esteja livre e as portas 9 à 12 em dias de maior afluência de passageiros não-*Schengen*.

No caso de um passageiro *Schengen*, poderá dirigir-se à porta de embarque respetiva diretamente. As portas de embarque *Schengen* efetivas vão desde a porta 1 à porta 8, em dias de maior afluência de passageiros *Schengen* poderão ser utilizadas as portas 9 à 12.

As portas de embarque estão representadas na Figura 59.



Figura 59 - Piso 2: Portas de embarque. Verde: Portas 1 à 8, Amarelo: Portas 9 à 12, Vermelho: Portas 13 à 17, Preto: Portas 18 e 19.

Na Tabela 15 temos a afluência de passageiros nas partidas para uma semana de época alta no ano de 2017; como podemos observar o dia da semana com mais passageiros não-*Schengen* é a segunda-feira, sendo apenas o único dia em que as portas 9 à 12 são utilizadas para embarque não-*Schengen*, os restantes dias estas portas são utilizadas para voos *Schengen*.

Tabela 15 - Afluência de voos e passageiros nas partidas na semana de época alta em 2017.

	Voos			Passageiros		
	<i>Schengen</i>	<i>Não-Schengen</i>	Total	<i>Schengen</i>	<i>Não-Schengen</i>	Total
domingo	32	3	35	4 040	523	4 563
segunda-feira	35	18	53	4 488	3398	7 886
terça-feira	39	2	41	5 487	336	5 823
quarta-feira	24	3	27	2 830	595	3 425
quinta-feira	39	6	45	5 408	1039	6 447
sexta-feira	27	9	36	3 262	1777	5 039
sábado	40	3	43	5 276	498	5 774
Total	236	44	280	30 791	8166	38 957

No embarque dos passageiros, sejam *Schengen* ou não-*Schengen* o procedimento é igual para ambos os casos, consiste em pedir o cartão de embarque e de identificação do passageiro, e após este controlo o passageiro dirige-se para a aeronave ou para o autocarro que o irá levar até à aeronave.

O tempo médio que cada passageiro demora a ser processado no embarque pode ser observado na Tabela 16.

Tabela 16 - Tempo de processamento no embarque.

Portas de Embarque	
Tempo médio por passageiro [s]	10,3
Número total de passageiros monitorizados	4 772

Vamos agora ver o percurso de desembarque. Após sair da aeronave os passageiros podem desembarcar de duas maneiras, de autocarro ou a pé, de ambas as maneiras os passageiros são encaminhados para a porta de desembarque *Schengen* ou não-*Schengen* dependendo da sua tipologia.

Na Tabela 17 vemos o número de voos e passageiros *Schengen* e não-*Schengen* para a semana de época alta que desembarcaram no Aeroporto Internacional da Madeira no ano de 2017.

Tabela 17 - Afluência de voos e passageiros nas chegadas na semana de época alta em 2017.

	Voos			Passageiros		
	<i>Schengen</i>	<i>Não-Schengen</i>	Total	<i>Schengen</i>	<i>Não-Schengen</i>	Total
domingo	32	3	35	3 765	512	4 277
segunda-feira	35	18	53	4 365	3 367	7 732
terça-feira	40	2	42	5 220	306	5 526
quarta-feira	28	3	31	2 653	589	3 242
quinta-feira	40	6	46	4 810	968	5 778
sexta-feira	30	9	39	2 857	1 706	4 563
sábado	40	3	43	4 474	467	4 941
Total	245	44	289	28 144	7 915	36 059

Vemos que há uma maior quantidade de passageiros e voos *Schengen* durante toda a semana, o dia em que há um maior equilíbrio é à segunda-feira, uma vez que as partidas e as chegadas estão interligadas este dado já seria expetável.

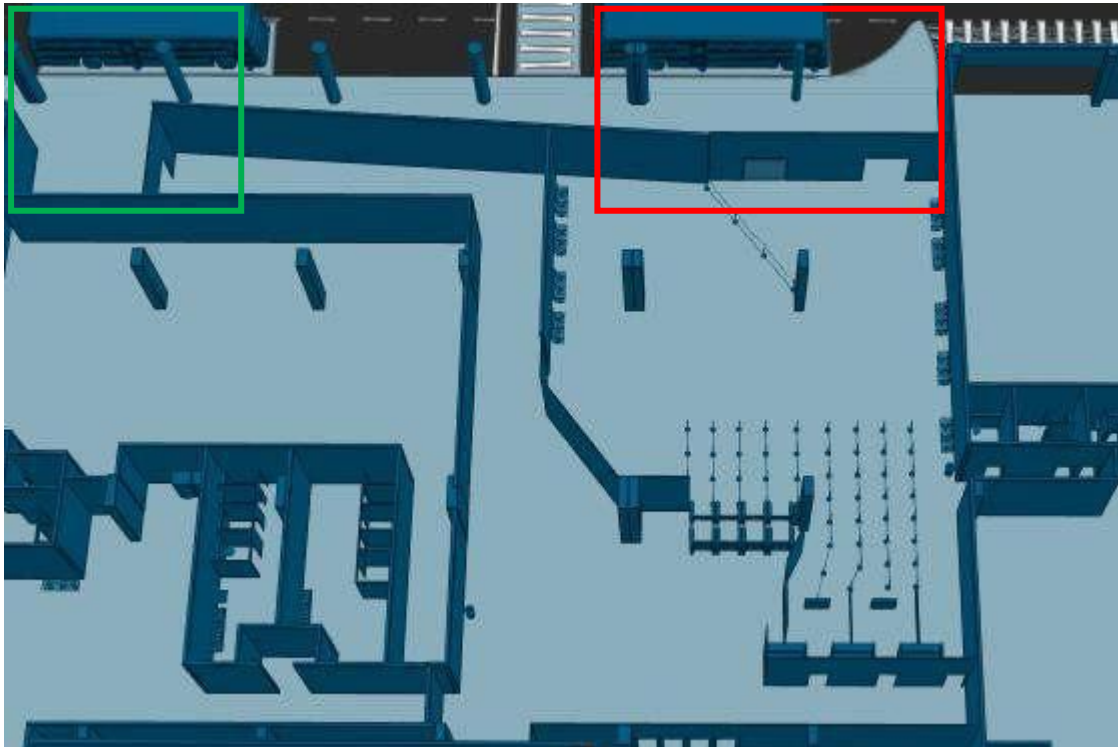


Figura 60 - Piso 2: Portas de desembarque *Schengen* e não-*Schengen*.

Na Figura 60 podemos ver a porta de desembarque *Schengen* a verde e a vermelho a porta de desembarque não-*Schengen*. No caso do desembarque *Schengen* o passageiro dirige-se diretamente para o piso 0, para a recolha de bagagem de porão ou para a saída caso não tenha bagagem de porão. Para o caso de um passageiro não-*Schengen* este tem de passar pelo controlo de fronteira antes de poder seguir para o piso 0, para a recolha de bagagem ou para a saída. Do mesmo modo que nas partidas o controlo de fronteira pode ser efetuado de maneira convencional ou automática, existem 4 balcões para a forma convencional e outros 4 para o controlo automático.

Na Tabela 18 observamos o número de passageiros em cada um destes controlos.

Tabela 18 - Número de passageiros processados em cada sistema de controlo de fronteira - chegadas.

	Passageiros				
	Automático		Convencional		Total
janeiro	5 438	23%	17 871	77%	23 309
fevereiro	5 764	23%	19 152	77%	24 916
março	6 601	26%	18 436	74%	25 037
abril	6 620	25%	20 233	75%	26 853
maio	7 957	27%	21 404	73%	29 361
junho	9 180	29%	23 000	71%	32 180
julho	7 424	23%	25 553	77%	32 977
agosto	6 722	21%	25 515	79%	32 237
setembro	9 399	28%	23 580	72%	32 979
outubro	8 083	30%	18 463	70%	26 546
novembro	5 466	27%	15 087	73%	20 553
dezembro	6 677	29%	16 100	71%	22 777
Total	85 331	26%	244 394	74%	329 725

O controlo convencional continua a ser o mais utilizado e comparativamente ao das partidas, a percentagem de passageiros que usa este controlo é ainda maior, 74% em média.

Na Tabela 19 podemos ver o tempo médio que cada passageiro demora a ser processado em cada um destes controlos.

Tabela 19 - Tempo de processamento em cada sistema de controlo de fronteira - chegadas.

	Convencional		Automático
	1 PAX	2 PAX	
Mínimo [s]	6,6	13,2	13
Máximo [s]	91,0	182,0	118
Média ( $\mu$ ) [s]	24,7	49,4	29,6
Desvio padrão ( $\sigma$ ) [s]	10,8	21,6	12,6

Uma vez que o controlo automático é semelhante tanto nas partidas como nas chegadas, o tempo de processamento é igual por passageiro. O tempo no controlo convencional comparativamente às partidas é um pouco menor por passageiro.

No piso 0 há quatro tapetes de recolha de bagagem, os passageiros com mala de porão devem aguardar junto do respetivo tapete pelas suas malas, como podemos ver na Figura 61.



Figura 61 - Piso 0: Tapetes de recolha de bagagem de porão.

Na Tabela 20 podemos observar o tempo desde que são postos os calços na aeronave até que a primeira mala chega ao respetivo tapete, também podemos ver o tempo entre a primeira mala e a última mala a chegar ao tapete.

Tabela 20 - Tempo de chegada das malas de porão.

	Tempo entre os calços e a chegada da 1ª mala	Tempo entre a 1ª e a última mala a chegar ao tapete
Mínimo [m:s]	03:00	01:00
Máximo [m:s]	33:00	42:00
Média ( $\mu$ ) [m:s]	12:03	08:28
Desvio padrão ( $\sigma$ ) [m:s]	04:05	05:11

### 3.4 Congestionamento - 2017

No Aeroporto Internacional da Madeira existem alguns pontos do percurso do passageiro onde é verificado algum congestionamento e também áreas onde possivelmente não estarão a ser utilizadas da maneira mais eficiente, iremos observar seguidamente com maior detalhe onde se encontram estes pontos de congestionamento e as áreas onde poderá haver um aumento da eficiência. Iremos analisar cada um dos pisos do Aeroporto Internacional da Madeira individualmente como já foi feito anteriormente.

#### 3.4.1 Check-in

No caso do *check-in* a observação dos congestionamentos será feita da seguinte maneira, analisaremos os congestionamentos que independentemente de a época ser baixa, alta ou de pico existem em qualquer uma delas, assim começaremos por ver os

congestionamentos gerais. Após os congestionamentos gerais iremos focar-nos nas diferentes épocas separadamente, assim analisaremos cada dia de uma semana de época baixa, época alta e de pico individualmente também. A afluência de passageiros em cada uma destas épocas já vimos no ponto 3.3.

### Congestionamentos Gerais

Existem 40 balcões de *check-in*, no entanto 2 deles, nomeadamente o 14 e 15, não dispõem de tapete para despachar bagagem de porão, como podemos ver na Figura 62, por isso estes balcões não são utilizados para efetuar o *check-in*, como já vimos na Tabela 7.

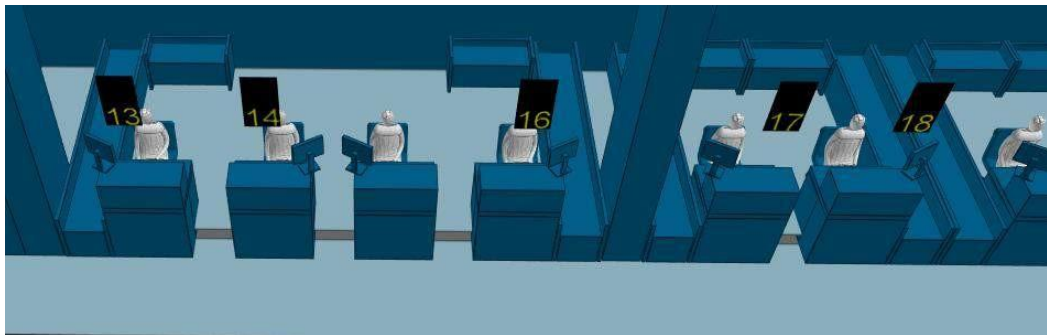


Figura 62 - Balcões de *check-in* sem tapete de bagagem de porão.

Assim temos disponíveis 38 balcões para efetuar o *check-in*. Um dos problemas observado nos balcões de *check-in* aquando do processo de *check-in*, é que quando são utilizados mais de 2 balcões consecutivos, os balcões que estão no meio ficam com pouco espaço para os passageiros que já efetuaram o *check-in* poderem sair, isto porque as filas são feitas individualmente para cada balcão; como podemos verificar na Figura 63 os passageiros com a cor cinza já efetuaram o *check-in* e ao tentar sair do balcão sentem alguma dificuldade, atrasando assim os passageiros que querem dirigir-se para o balcão para efetuar o *check-in*.



Figura 63 - Congestionamento ao sair do balcão de *check-in*.

Na Figura 63 conseguimos ainda observar outro problema do piso 1, onde existe apenas uma casa de banho localizada numa das extremidades do mesmo (piso), assinalada com o círculo vermelho, e o acesso a esta casa de banho é na grande maioria dos casos efetuado pelo corredor de acesso que vemos na Figura 63; como podemos observar, quando os balcões 1 ao 4 estão a ser utilizados, isso faz com que as filas de espera para estes balcões impeçam a passagem de passageiros que querem dirigir-se à casa de banho, criando assim algum congestionamento neste corredor. Outro problema causado por só existir esta casa de banho é que os passageiros que estejam nos balcões 29 ao 40 tenham de percorrer quase toda a extensão do piso para poderem dirigir-se à casa de banho, causando algum congestionamento como já vimos anteriormente em algumas zonas e também causando algum desconforto para o próprio passageiro.



Figura 64 - Localização da casa de banho do piso 1.

Outro problema ainda relacionado com os balcões de *check-in* e com as filas de espera, é que aquando da utilização de determinados balcões de *check-in*, as filas para estes balcões causam congestionamento na própria entrada para o terminal, como podemos observar na Figura 65.



Figura 65 - Portas de entrada do terminal com impedimentos no interior.

Outro problema ainda relacionado com as filas de espera é que os passageiros que pretendem dirigir-se para o piso 3 para o controlo de segurança têm o seu acesso à porta impedido pelos passageiros que estão na fila para o *check-in*, como podemos verificar na Figura 66.

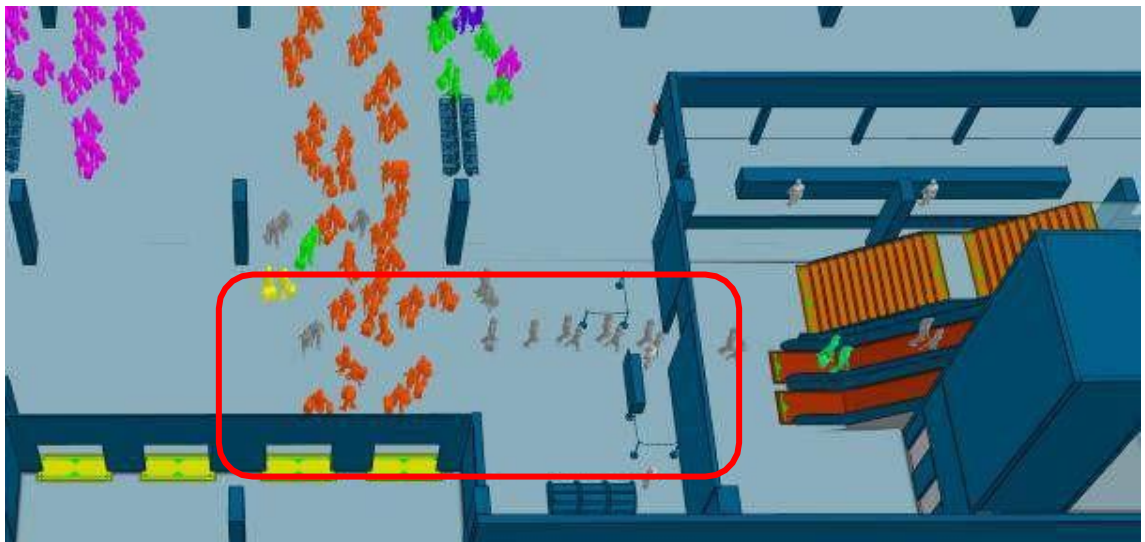


Figura 66 - Porta de acesso ao piso 3

Os balcões 25 a 28 são poucas vezes utilizados porque as filas de espera para estes balcões causam congestionamento no corredor de acesso aos balcões 29 a 40, uma vez que se as filas forem organizadas em linha reta os passageiros ficam literalmente em frente à porta de acesso ao piso 3 (Figura 66), dificultando ainda mais o acesso a este piso, como já vimos anteriormente.

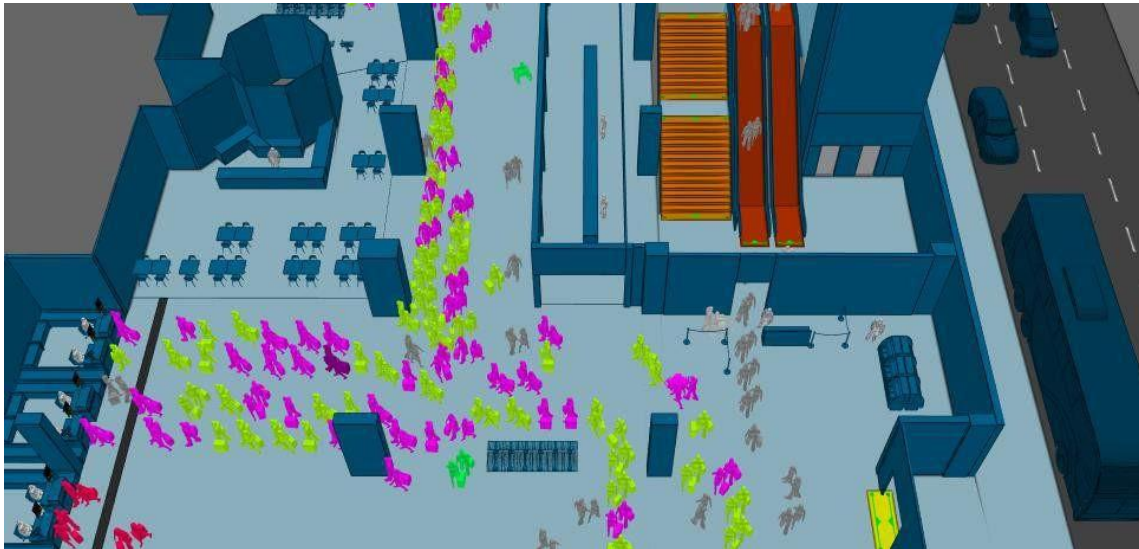


Figura 67 - Filas para os balcões 25 a 28.

No caso das filas de espera para os balcões 29 a 31, estas filas impedem os passageiros dos balcões 32 e seguintes de poderem passar livremente para o corredor de acesso à porta para o piso 3, como podemos verificar na Figura 68.

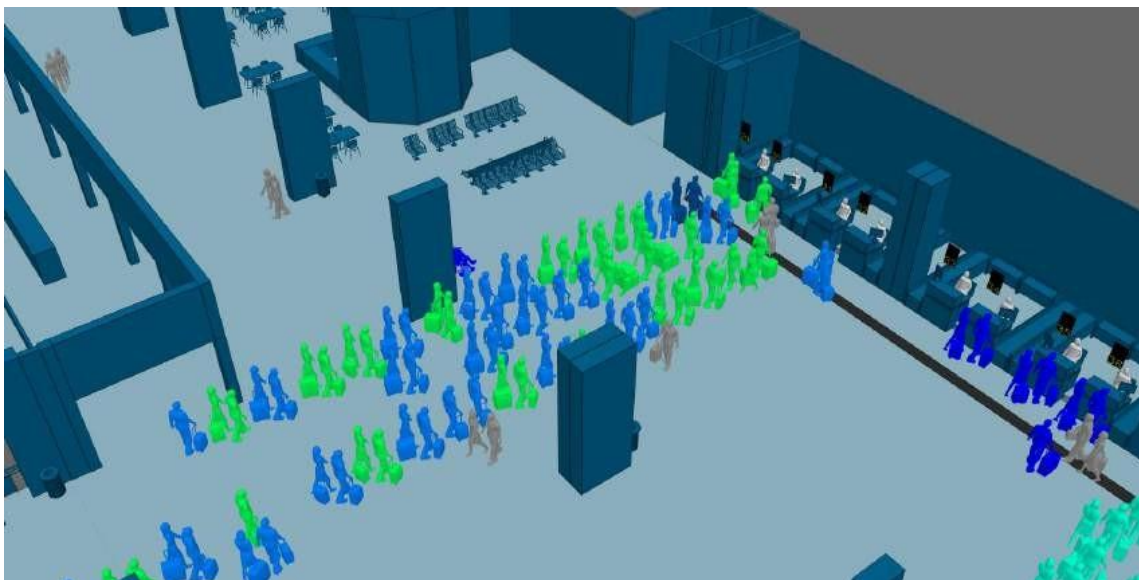


Figura 68 - Filas dos balcões 29 a 31 e corredor de acesso à porta para o piso 3.

Vamos agora observar os mapas de densidade experienciada e densidade máxima para as semanas de época baixa, época alta e de pico, iremos ver cada dia individualmente destas semanas para melhor percebermos onde houve maior congestionamento, e perceber como se comporta o sistema de filas de check-in para cada dia individualmente.

#### Semana de Época Baixa

Na Figura 69 e Figura 70 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para domingo da época baixa. Podemos ver que é na zona dos balcões 29 ao 40 que houve uma maior densidade populacional, levando a que o acesso ao corredor que liga estes balcões à porta de subida para o piso 3 ficasse durante alguns intervalos de tempo impedido pelas filas dos balcões 29 e 30.



Figura 69 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época baixa - domingo.



Figura 70 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época baixa - domingo.

Na Tabela 21 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 7 minutos e 54 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 44 minutos e 15 segundos, percentil<sup>1</sup> de 90%. Ambos os tempos são respetivos a domingo da época baixa.

<sup>1</sup> O n percentil de um conjunto de dados é o valor em que n por cento dos dados está abaixo dele. Os percentis podem ser calculados usando a fórmula  $n = (P / 100) \times N$ , onde P = percentil, N = número de valores em um conjunto de dados (classificado do menor para o maior) e n = classificação ordinal de um determinado valor.

Tabela 21 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época baixa - domingo.

	Época baixa - domingo
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:07:54
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:44:15

Na Figura 71 e Figura 72 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para segunda-feira da época baixa. Podemos ver que é na zona dos balcões 1 ao 7 e do 17 ao 23 que houve uma maior densidade populacional; como já vimos anteriormente, as filas dos balcões 17 ao 28 dificultam a entrada no terminal pela porta 3 e também o acesso à porta para o piso 3.

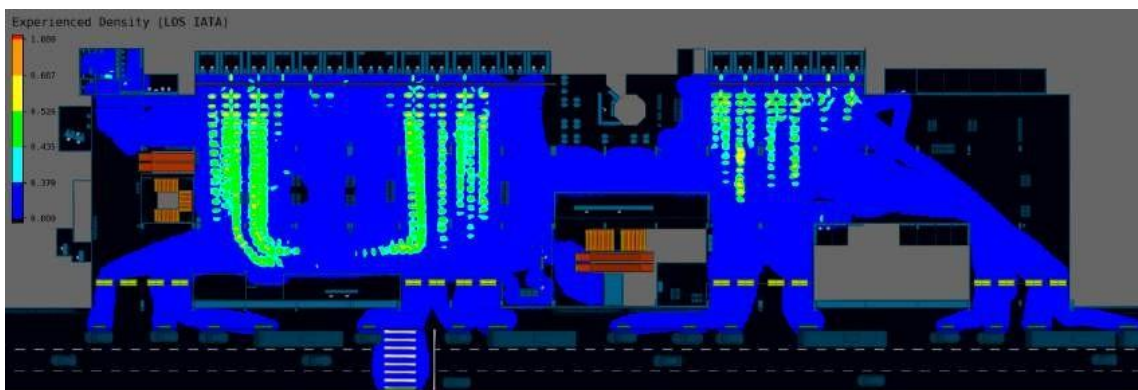


Figura 71 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época baixa - segunda-feira.

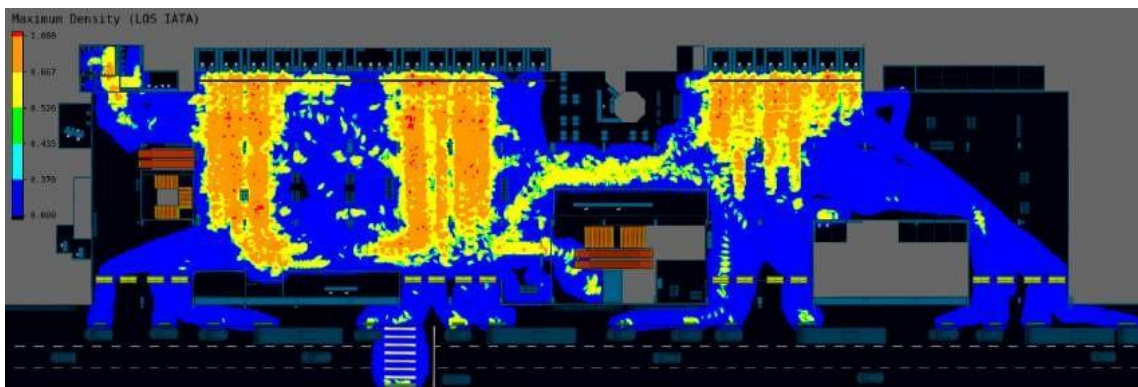


Figura 72 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época baixa - segunda-feira.

Na Tabela 22 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 7 minutos e 18 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 53 minutos e 16 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a segunda-feira da época baixa.

Tabela 22 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época baixa - segunda-feira.

	Época baixa - segunda-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:07:18
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:53:16

Na Figura 73 e Figura 74 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para terça-feira da época baixa. Podemos ver que na zona dos balcões 17 e 18 temos duas filas bastante compridas o que dificulta a passagem dos restantes passageiros que estão à esquerda do balcão 17 para a porta de acesso ao piso 3, e dificulta a passagem aos passageiros à direita do balcão 18 que pretendam ir à casa de banho.



Figura 73 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época baixa - terça-feira.

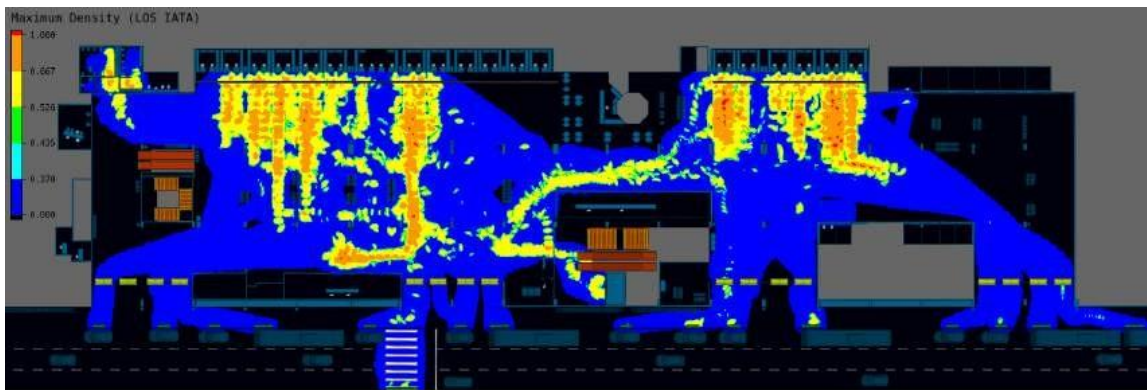


Figura 74 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época baixa - terça-feira.

Na Tabela 23 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 5 minutos e 3 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 34 minutos e 33 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a terça-feira da época baixa.

Tabela 23 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época baixa - terça-feira.

	Época baixa - terça-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:05:03
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:34:33

Na Figura 75 e Figura 76 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para quarta-feira da época baixa. Podemos ver que é na zona dos balcões 29 ao 35 que houve uma maior densidade populacional, no entanto sem causar constrangimentos significativos.



Figura 75 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época baixa - quarta-feira.

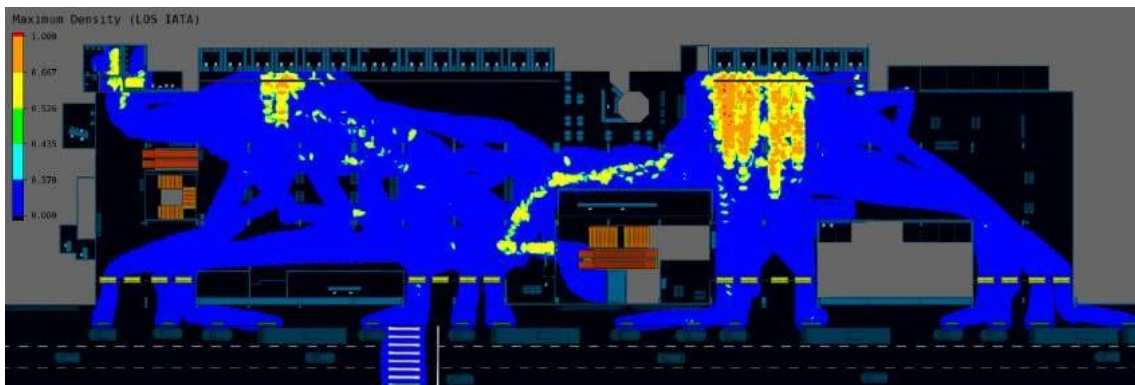


Figura 76 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época baixa - quarta-feira.

Na Tabela 24 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 5 minutos e 5 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 35 minutos e 57 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quarta-feira da época baixa.

Tabela 24 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época baixa - quarta-feira.

	Época baixa - quarta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:05:05
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:35:57

Na Figura 77 e Figura 78 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para quinta-feira da época baixa. Podemos ver que é na zona dos balcões 3 ao 6, do 29 ao 31 e do 35 ao 38 que houve uma maior densidade populacional; as filas dos balcões 3 ao 6 estão a dificultar o acesso à casa de banho e as filas dos balcões 29 ao 31 estão a dificultar o acesso ao corredor que liga estes balcões à porta de subida para o piso 3.



Figura 77 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época baixa - quinta-feira.

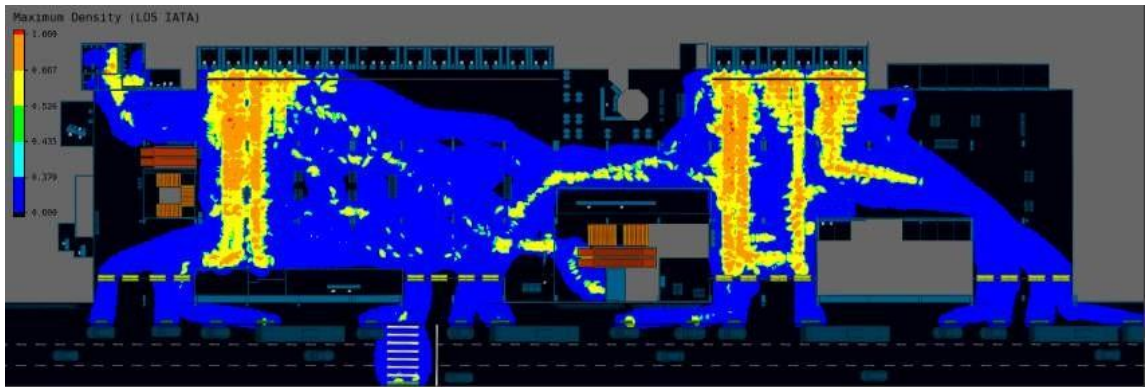


Figura 78 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época baixa - quinta-feira.

Na Tabela 25 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 7 minutos e 55 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 54 minutos e 17 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quinta-feira da época baixa.

Tabela 25 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época baixa - quinta-feira.

	Época baixa - quinta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:07:55
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:54:17

Na Figura 79 e Figura 80 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para sexta-feira da época baixa. Podemos ver que é na zona dos balcões 29 ao 31 que houve uma maior densidade populacional, dificultando momentaneamente o acesso ao corredor que liga estes balcões à porta de subida para o piso 3.



Figura 79 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época baixa - sexta-feira.



Figura 80 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época baixa - sexta-feira.

Na Tabela 26 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 2 minutos e 36 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 38 minutos e 36 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sexta-feira da época baixa.

Tabela 26 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época baixa - sexta-feira.

	Época baixa - sexta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:02:36
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:38:36

Na Figura 81 e Figura 82 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para sábado da época baixa. Podemos ver que é na zona dos balcões 4 ao 8, 25, 26 e do 29 ao 36 que houve uma maior densidade populacional; as filas dos balcões 4 e 7 foram as que atingiram um comprimento maior, provavelmente devida a alguns passageiros onde o *check-in* demorou mais tempo que o habitual, atrasando assim toda a fila; as filas 25 e 26 como já vimos anteriormente dificultam a entrada no terminal pela porta 3 e também o acesso à porta para o piso 3, mas as filas dos balcões 29 ao 36 não causaram grande congestionamentos à exceção da fila 31 que momentaneamente dificultou o acesso ao corredor que liga estes balcões à porta de subida para o piso 3.

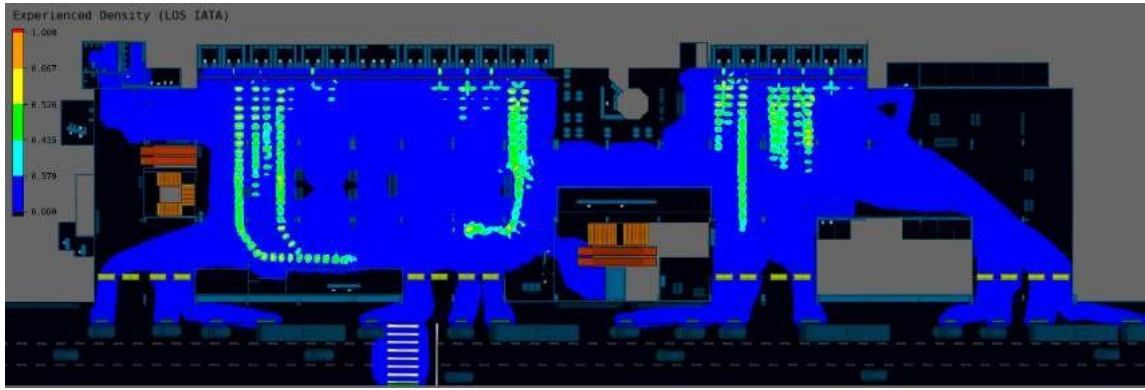


Figura 81 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época baixa - sábado.

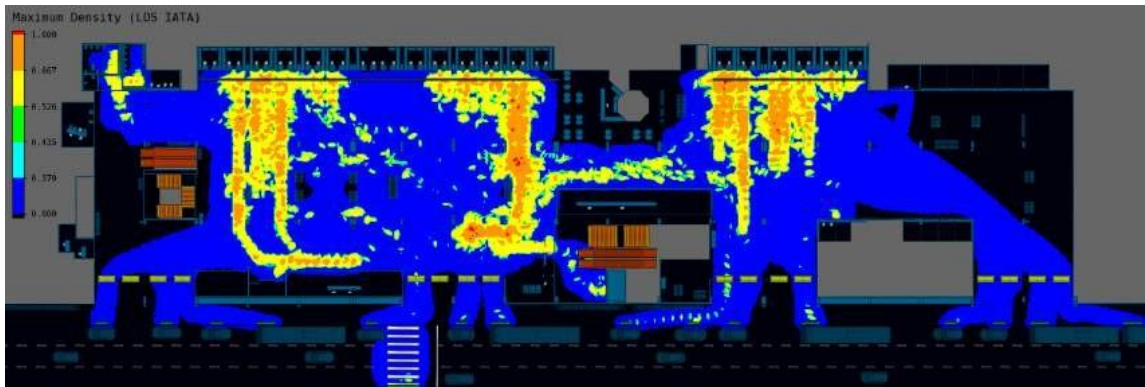


Figura 82 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época baixa - sábado.

Na Tabela 27 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 2 minutos e 36 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 38 minutos e 36 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sábado da época baixa.

Tabela 27 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época baixa - sábado.

	Época baixa - sábado
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:04:52
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:49:01

### Semana de Época Alta

Na Figura 83 e Figura 84 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para domingo da época alta. Podemos ver que é na zona dos balcões 2 ao 7 e do 29 ao 40 que houve uma maior densidade populacional. Nos balcões 2 ao 7 as filas dificultam o acesso à casa de banho; as filas dos balcões 29 ao 33 foram bastante compridas chegando a impedir a entrada no terminal pela porta 2 e também bloqueando a passagem para o corredor de acesso à porta para o piso 3.



Figura 83 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época alta - domingo.

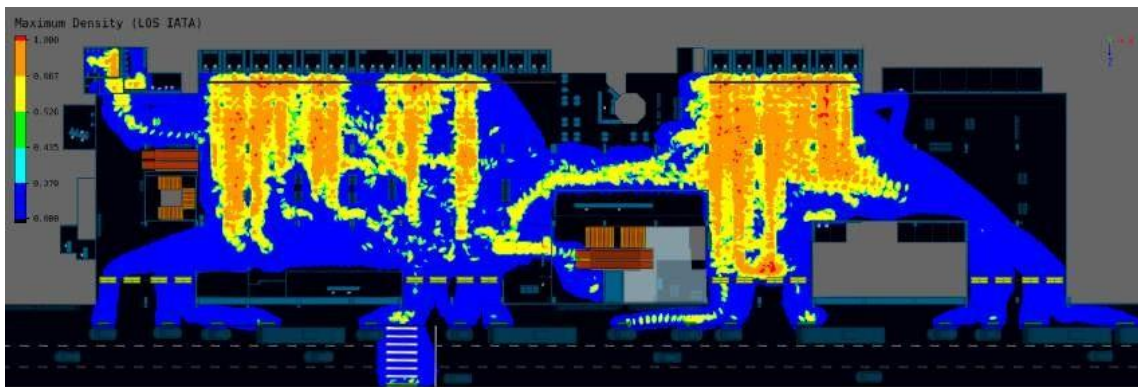


Figura 84 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época alta - domingo.

Na Tabela 28 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 5 minutos e 23 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 33 minutos e 52 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a domingo da época alta.

Tabela 28 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época alta - domingo.

	Época alta - domingo
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:05:23
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:33:52

Na Figura 85 e Figura 86 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para segunda-feira da época alta. Podemos ver que a densidade populacional é de maneira geral bastante elevada em todos os balcões, dando especial destaque para as filas dos balcões 17 ao 26 onde as filas bloquearam a entrada no terminal pela porta 3 e também o acesso à porta para o piso 3; de uma forma geral o terminal está bastante congestionado neste dia, visto ser dos dias mais movimentado do Aeroporto Internacional da Madeira como vimos anteriormente.

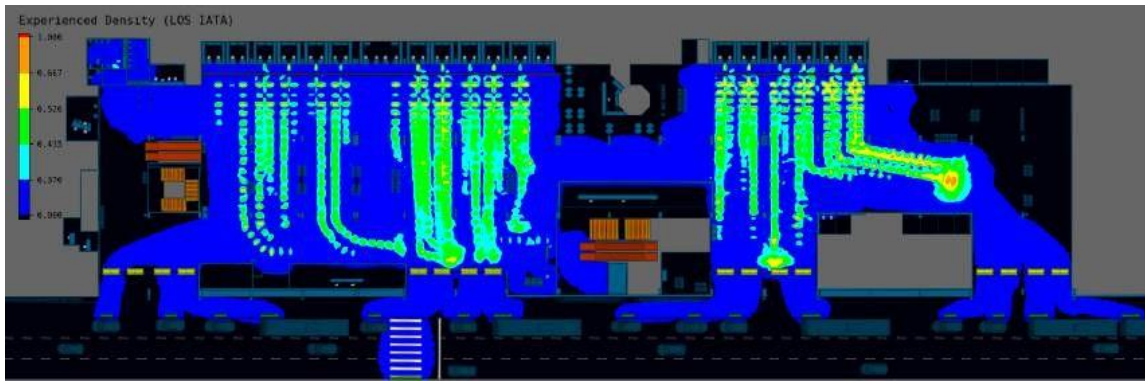


Figura 85 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época alta - segunda-feira.

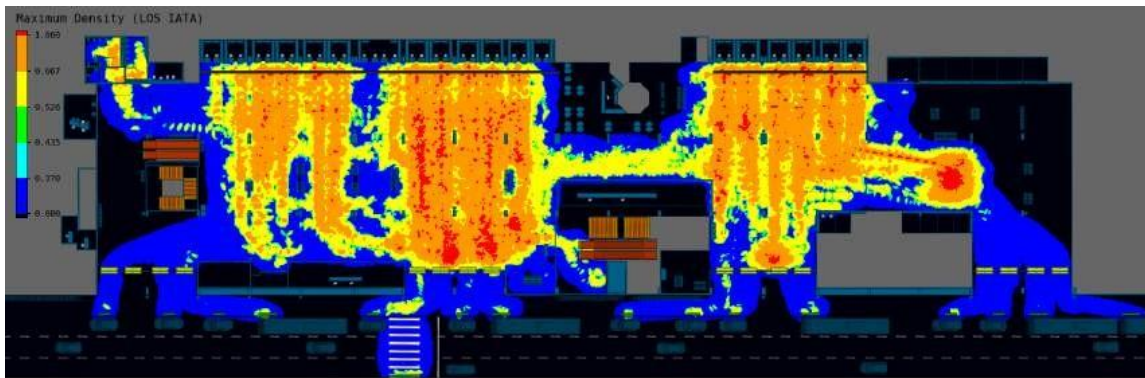


Figura 86 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época alta - segunda-feira.

Na Tabela 29 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 12 minutos e 40 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 59 minutos e 45 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a segunda-feira da época alta.

Tabela 29 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época alta - segunda-feira.

	Época alta - segunda-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:12:40
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:59:45

Na Figura 87 e Figura 88 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para terça-feira da época alta. Podemos ver que é na zona dos balcões 2 ao 7 e do 29 ao 40 que houve uma maior densidade populacional. Nos balcões 2 ao 7 as filas de espera foram bastante compridas impedindo o acesso à casa de banho por parte dos outros passageiros; nos balcões 29 ao 38 também houve filas compridas, destacando as filas dos balcões 29 ao 31 que dificultaram a passagem dos restantes passageiros para a porta de acesso ao piso 3.

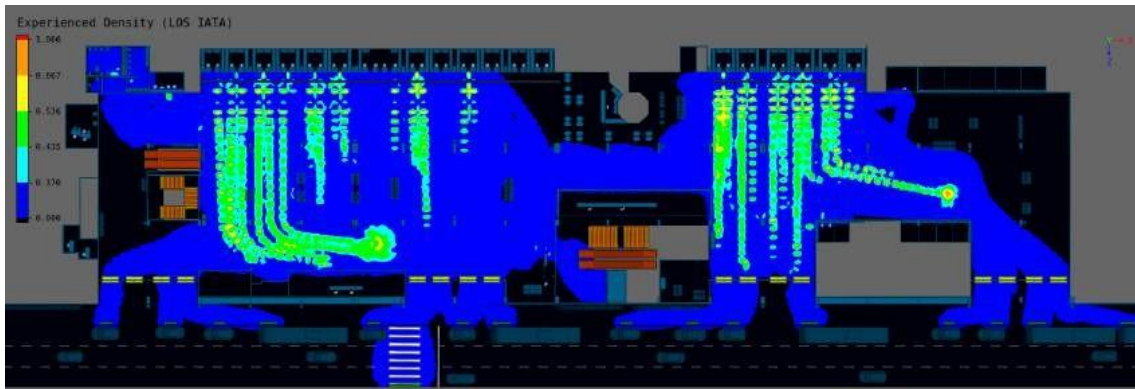


Figura 87 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época alta - terça-feira.

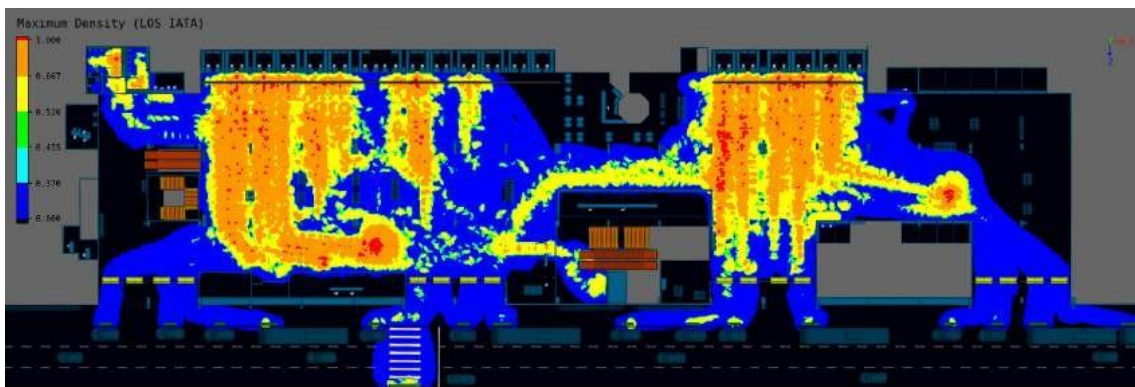


Figura 88 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época alta - terça-feira.

Na Tabela 30 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 11 minutos e 47 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 57 minutos e 58 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a terça-feira da época alta.

Tabela 30 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época alta - terça-feira.

	Época alta - terça-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:11:47
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:57:58

Na Figura 89 e Figura 90 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para quarta-feira da época alta. Podemos ver que é na zona dos balcões 3 ao 8 e do 31 ao 38 que houve uma maior densidade populacional. Nos balcões 31 ao 38 as filas atingiram um comprimento elevado, tendo dificultado a entrada dos passageiros pela porta 2; o corredor de acesso à porta para o piso 3 foi igualmente impedido pelas filas destes balcões.



Figura 89 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época alta - quarta-feira.

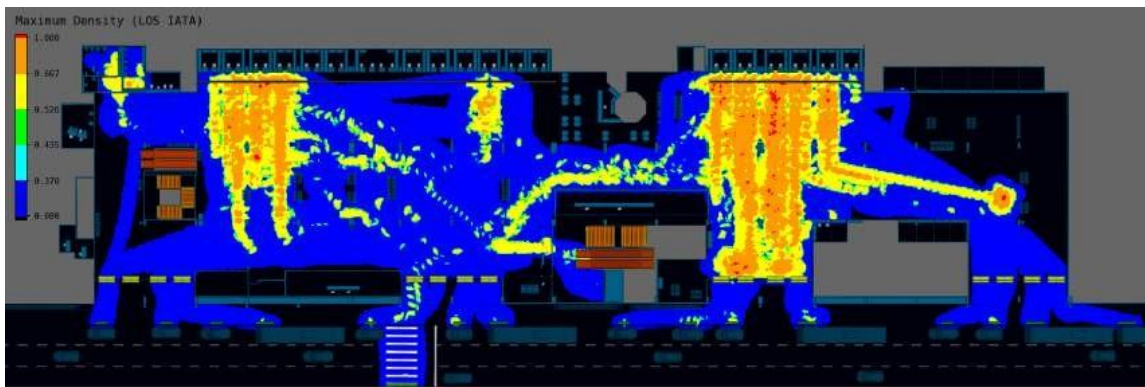


Figura 90 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época alta - quarta-feira.

Na Tabela 31 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 12 minutos e 36 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 58 minutos e 42 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quarta-feira da época alta.

Tabela 31 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época alta - quarta-feira.

	Época alta - quarta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:12:36
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:58:42

Na Figura 91 e Figura 92 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para quinta-feira da época alta. Podemos ver que é na zona dos balcões 1 ao 13 e do 29 ao 32 que houve uma maior densidade populacional. As filas dos balcões 1 ao 13 dificultaram imenso o acesso à casa de banho, e as filas dos balcões 29 ao 32 o corredor de acesso à porta para o piso 3. Podemos ainda ver um congestionamento também próximo da porta para o piso 3; este congestionamento está relacionado com as filas dos balcões 24 e 25 que fizeram com que o acesso por parte dos passageiros dos balcões 29 e seguintes se fizesse por uma área mais reduzida; estes passageiros também encontram já uma fila dos passageiros dos balcões 1 ao 13, e também passageiros a entrar pela porta 3 do terminal, o que causa algum congestionamento acrescido.



Figura 91 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época alta - quinta-feira.



Figura 92 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época alta - quinta-feira.

Na Tabela 32 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 11 minutos e 16 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 50 minutos e 51 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quinta-feira da época alta.

Tabela 32 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época alta - quinta-feira.

	Época alta - quinta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:11:16
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:50:51

Na Figura 93 e Figura 94 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para sexta-feira da época alta. Podemos ver que é na zona dos balcões 5 ao 7, do 21 ao 23 e do 29 ao 38 que houve uma maior densidade populacional. As filas dos balcões 5 ao 7 e do 21 ao 23 foram compridas, tendo a fila destes últimos balcões dificultado a entrada dos passageiros no terminal pela porta 3 e também o acesso à porta para o piso 3. Nos balcões 29 ao 38 o maior congestionamento verificado foi no acesso ao corredor para a porta de acesso ao piso 3.

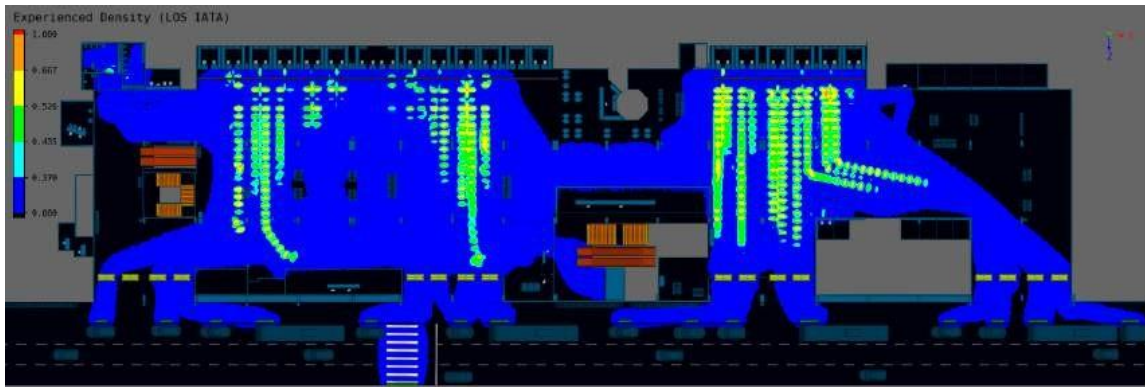


Figura 93 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época alta - sexta-feira.

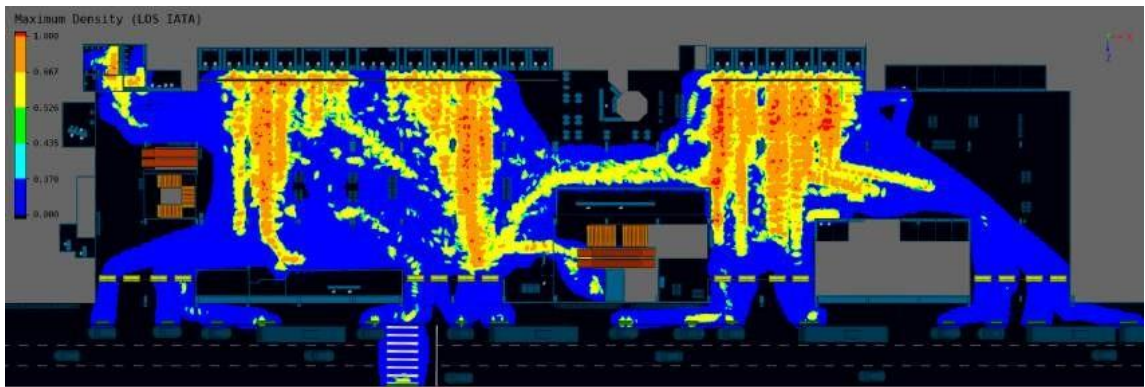


Figura 94 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época alta - sexta-feira.

Na Tabela 33 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 11 minutos e 16 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 50 minutos e 51 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sexta-feira da época alta.

Tabela 33 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época alta - sexta-feira.

	Época alta - sexta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:09:11
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:54:01

Na Figura 95 e Figura 96 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para sábado da época alta. Podemos ver que neste dia a densidade populacional é mais distribuída pelos balcões disponíveis; apesar de uma melhor distribuição as filas dos balcões 3, 4 e 7 dificultaram a passagem para a casa de banho, e as filas dos balcões 31 e 32 dificultaram o acesso ao corredor de acesso à porta para o piso 3.

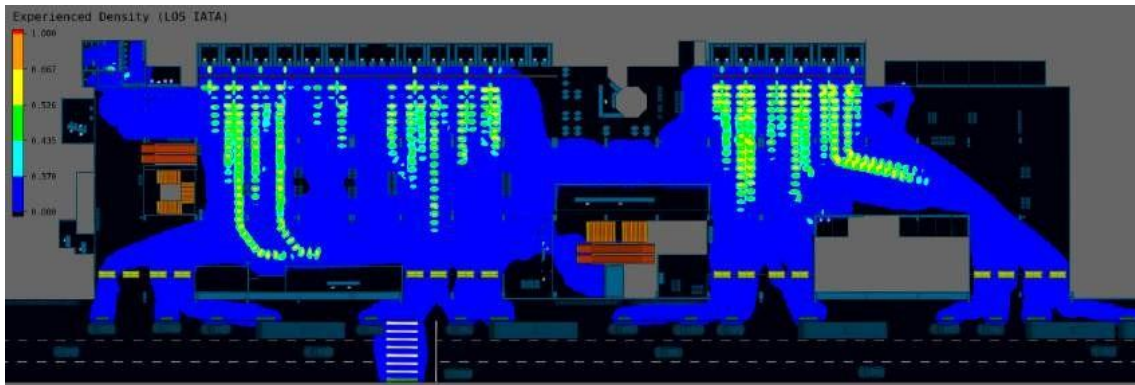


Figura 95 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Época alta - sábado.

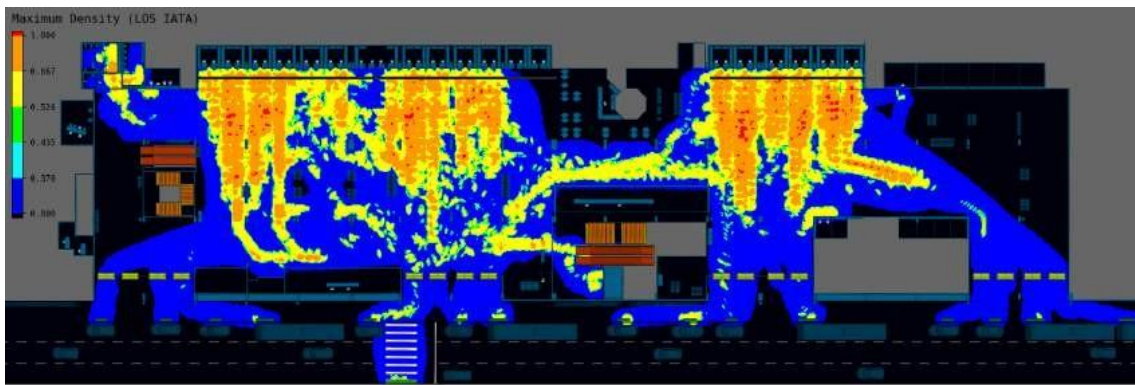


Figura 96 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Época alta - sábado.

Na Tabela 34 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 7 minutos e 32 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 47 minutos e 21 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sábado da época alta.

Tabela 34 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Época alta - sábado.

	Época alta - sábado
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:07:32
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:47:21

### Semana de Pico

Na Figura 97 e Figura 98 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para domingo da semana de pico. Podemos ver que é na zona dos balcões 5 ao 8 e do 29 ao 33 que houve uma maior densidade populacional. Os congestionamentos destas filas, dos balcões 5 ao 8 e dos balcões 29 ao 33, como já vimos anteriormente, dificultam o acesso à casa de banho e a porta de acesso ao piso 3, respetivamente.

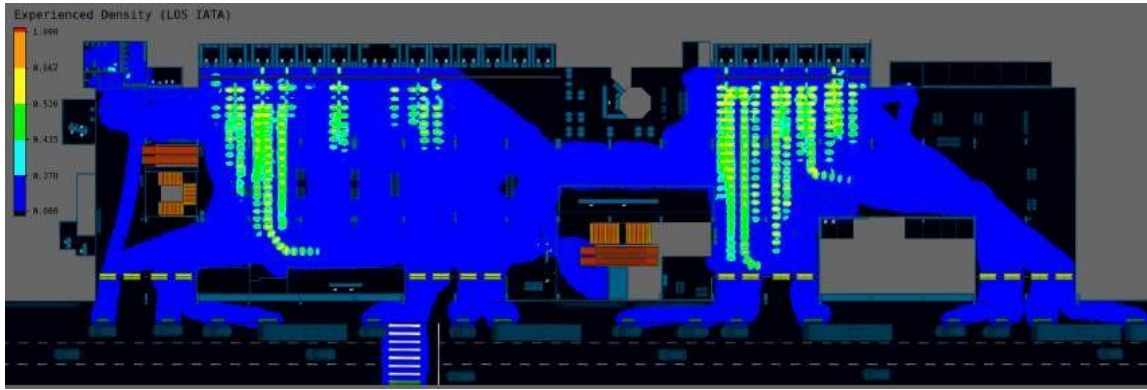


Figura 97 - Mapa de densidade experienciada - Layout de 2017: Pico - domingo.

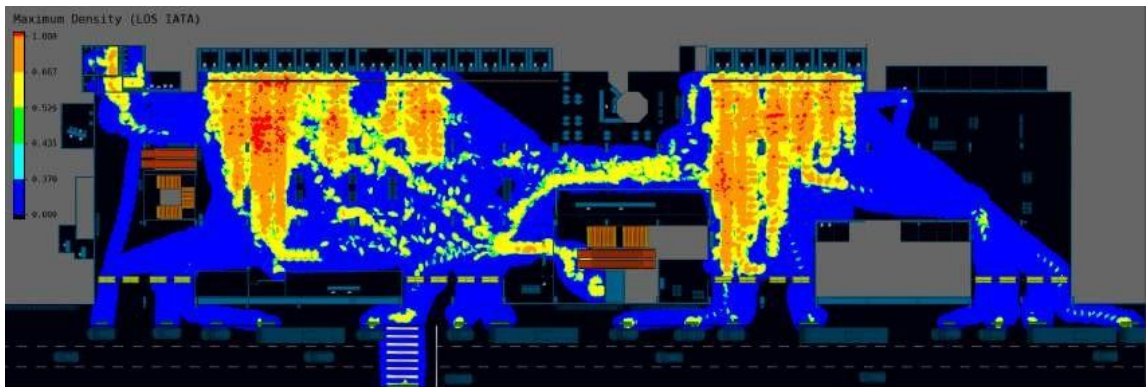


Figura 98 - Mapa de densidade máxima - Layout de 2017: Pico - domingo.

Na Tabela 35 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 8 minutos e 9 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 52 minutos e 32 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a domingo da semana de pico.

Tabela 35 - Tempos em fila de espera - Layout de 2017: Semana de pico - domingo.

	Semana de pico - domingo
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:08:09
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:52:32

Na Figura 99 e Figura 100 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para segunda-feira da semana de pico, que é o dia mais movimentado do Aeroporto Internacional da Madeira no ano de 2017. Como podemos observar pelos mapas, o congestionamento foi observado em todo o terminal na zona de *check-in*, destacando-se a zona próxima à entrada da porta 3 e do acesso ao piso 3 que registou um congestionamento bastante grande, justificado pelas grandes filas para o *check-in*, a fila para o controlo de acesso ao piso 3 e ainda com a entrada dos passageiros para piso 3, ficando assim uma zona bastante congestionada.



Figura 99 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Pico - segunda-feira.

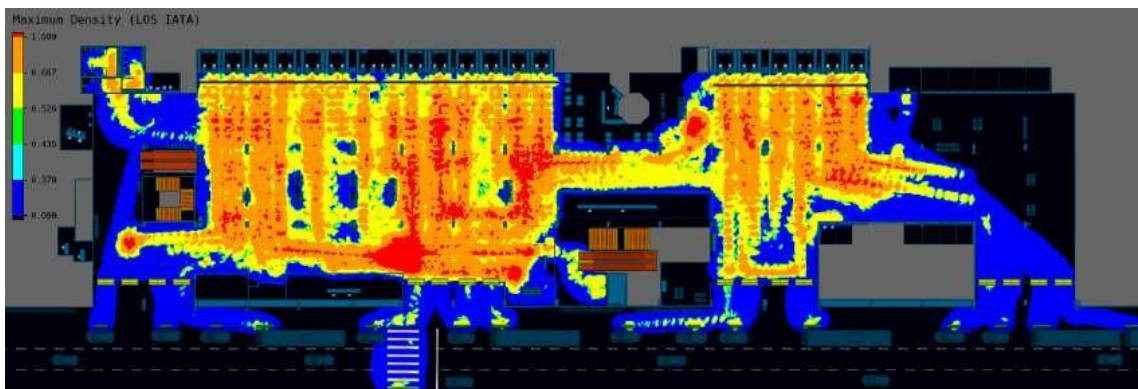


Figura 100 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Pico - segunda-feira.

Na Tabela 36 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 12 minutos e 10 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 59 minutos e 50 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a segunda-feira da semana de pico.

Tabela 36 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Semana de pico - segunda-feira.

	Semana de pico - segunda-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:12:10
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:59:50

Na Figura 101 e Figura 102 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para terça-feira da semana de pico. Podemos ver que este também é um dos dias mais movimentados, mas não atingindo o nível de congestionamento da segunda-feira da semana de pico; no entanto está ainda com um congestionamento bastante grande, especialmente nos balcões 16 ao 28.

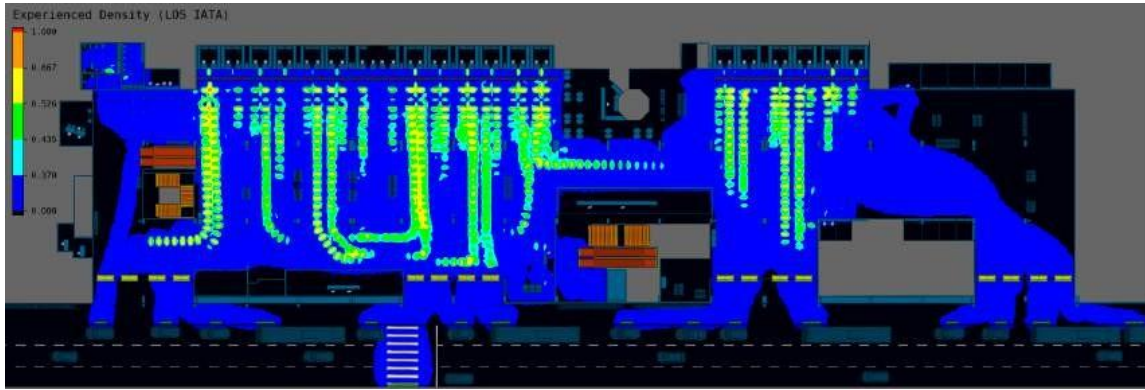


Figura 101 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Pico - terça-feira.

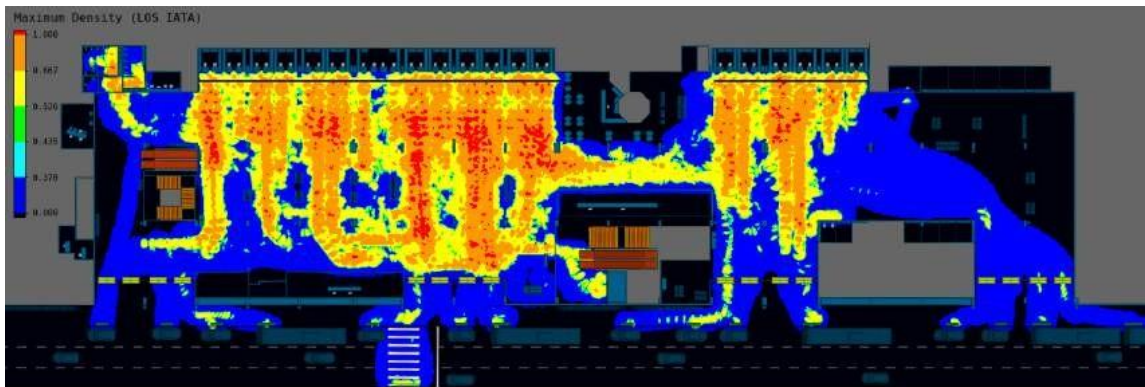


Figura 102 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Pico - terça-feira.

Na Tabela 37 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 8 minutos e 14 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 59 minutos e 33 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a terça-feira da semana de pico.

Tabela 37 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Semana de pico - terça-feira.

	Semana de pico - terça-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:08:14
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:59:33

Na Figura 103 e Figura 104 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para quarta-feira da semana de pico. Como podemos ver o movimento neste dia já não se compara aos dois dias anteriores, estando mais próximo de um dia de época baixa, havendo apenas filas grandes nos balcões 11 e 12.

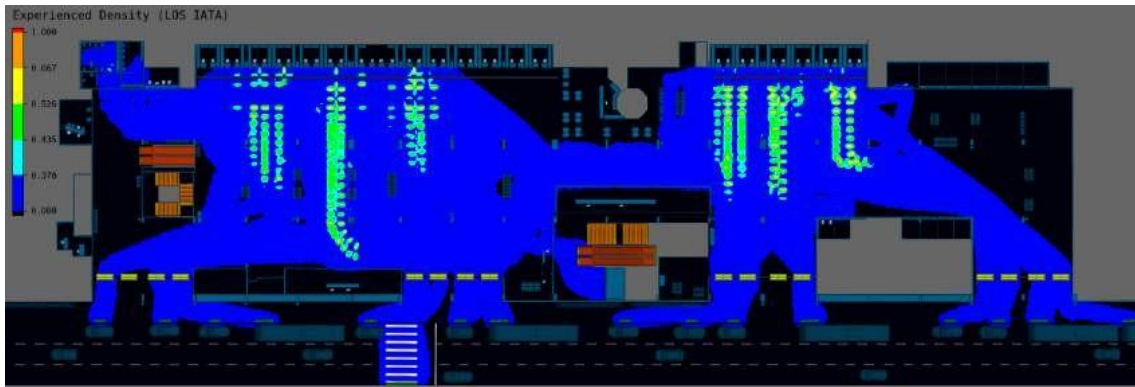


Figura 103 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Pico - quarta-feira.



Figura 104 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Pico - quarta-feira.

Na Tabela 38 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 7 minutos e 39 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 58 minutos e 56 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quarta-feira da semana de pico.

Tabela 38 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Semana de pico - quarta-feira.

	Semana de pico - quarta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:07:39
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:58:56

Na Figura 105 e Figura 106 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para quinta-feira da semana de pico. Já se regista mais algum movimento que no dia anterior, no entanto longe do congestionamento de segunda-feira e terça-feira da semana de pico. Os balcões onde se registaram as maiores filas foram nos balcões 3 ao 6 e nos balcões 29 e 30, causando assim alguma dificuldade no acesso à casa de banho e ao corredor de acesso à porta para o piso 3, respetivamente.



Figura 105 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Pico - quinta-feira.



Figura 106 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Pico - quinta-feira.

Na Tabela 39 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 11 minutos e 35 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 57 minutos e 53 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quinta-feira da semana de pico.

Tabela 39 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Semana de pico - quinta-feira.

	Semana de pico - quinta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:11:35
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:57:53

Na Figura 107 e Figura 108 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para sexta-feira da semana de pico. Neste dia já há mais alguma afluência, sendo que foi nos balcões 1 ao 4, 16 ao 24 e 29 ao 31 que se registaram as maiores filas, causando algum congestionamento; as filas dos balcões 1 ao 4 e dos balcões 29 ao 31 causaram impedimento no acesso à casa de banho e ao corredor de acesso à porta do piso 3, respetivamente. As filas dos balcões 24 ao 29 causaram congestionamento na entrada para o terminal através da porta 3, e também dificultaram o acesso à porta para o piso 3.



Figura 107 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Pico - sexta-feira.

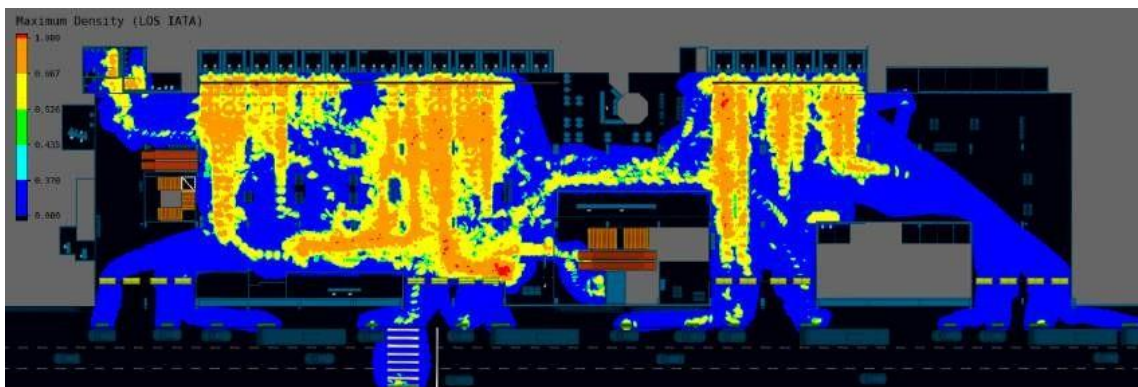


Figura 108 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Pico - sexta-feira.

Na Tabela 40 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 10 minutos e 09 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 57 minutos e 06 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sexta-feira da semana de pico.

Tabela 40 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Semana de pico - sexta-feira.

	Semana de pico - sexta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:10:09
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:57:06

Na Figura 109 e Figura 110 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima, respetivamente, para sábado da semana de pico. Como podemos ver os balcões 3 ao 7, 17 ao 25 e do 29 ao 40 já tiveram filas grandes, o que dificultou o fluxo no terminal, tanto no acesso à casa de banho como ao acesso a porta para o piso 3.



Figura 109 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* de 2017: Pico - sábado.

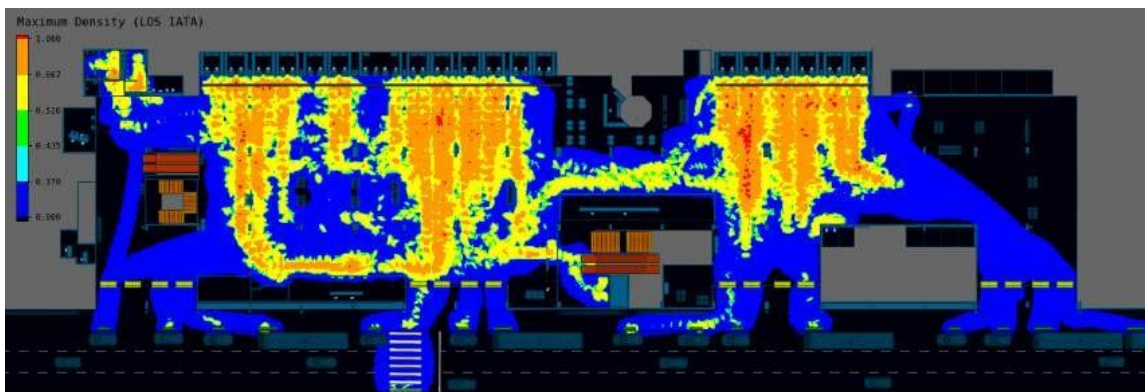


Figura 110 - Mapa de densidade máxima - *Layout* de 2017: Pico - sábado.

Na Tabela 41 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 8 minutos e 18 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 52 minutos e 43 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sábado da semana de pico.

Tabela 41 - Tempos em fila de espera - *Layout* de 2017: Semana de pico - sábado.

	Semana de pico - sábado
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:08:18
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:52:43

De uma maneira geral no *check-in* foram verificados congestionamentos em muitos dias, no acesso à casa de banho de uma maneira geral, também o acesso à porta para o piso 3 foi um dos problemas verificado regularmente essencialmente para os passageiros que fazem o *check-in* nos balcões 29 ao 40. As entradas 2 e 3 do terminal também tiveram algum congestionamento em alguns dias, essencialmente devido ao tamanho das filas dentro do terminal que se fazem nos balcões em frente às portas.

### 3.4.2 Controlo de Segurança

No piso 3 vamos ver os principais constrangimentos no controlo de acesso para o controlo de segurança e também as filas para o controlo de segurança. Simularemos um dia de pico com uma grande afluência de passageiros.

Quando o passageiro chega ao piso 3 antes de poder ir para a fila de espera do controlo de segurança, tem de passar por um controlo de acesso para esta área, como podemos ver na Figura 111. Este controlo de acesso normalmente é feito apenas por 1 segurança, apenas em alturas de grande afluência de passageiros é que é feito por 2 seguranças. Existem 2 filas para este controlo de acesso quando é feito apenas por 1 segurança e três filas quando o controlo é efetuado por 2 seguranças. A fila A é para os passageiros com mobilidade reduzida e outros passageiros com prioridade, as filas B e C são para os restantes passageiros.

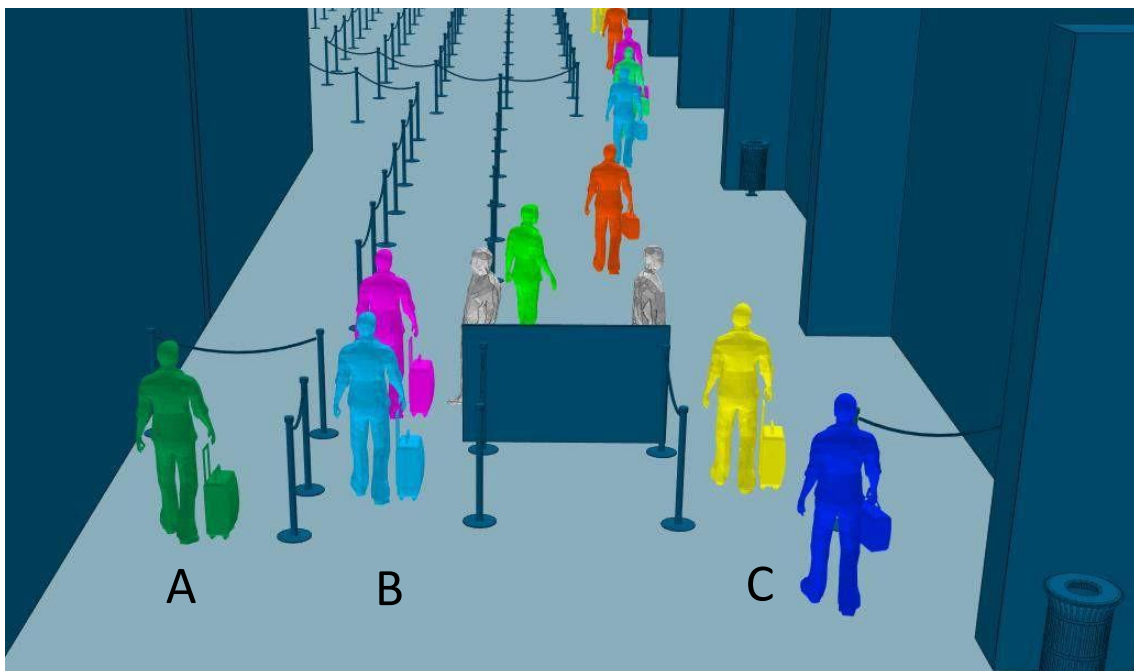


Figura 111 - Controlo de acesso para as filas de espera do controlo de segurança.

Um dos congestionamentos observados foi precisamente na fila B; quando há uma grande afluência de passageiros com mobilidade reduzida e com prioridade, a fila B começa a ganhar algum comprimento, dificultando assim o acesso à fila A por parte dos passageiros com mobilidade reduzida, como podemos observar na Figura 112.

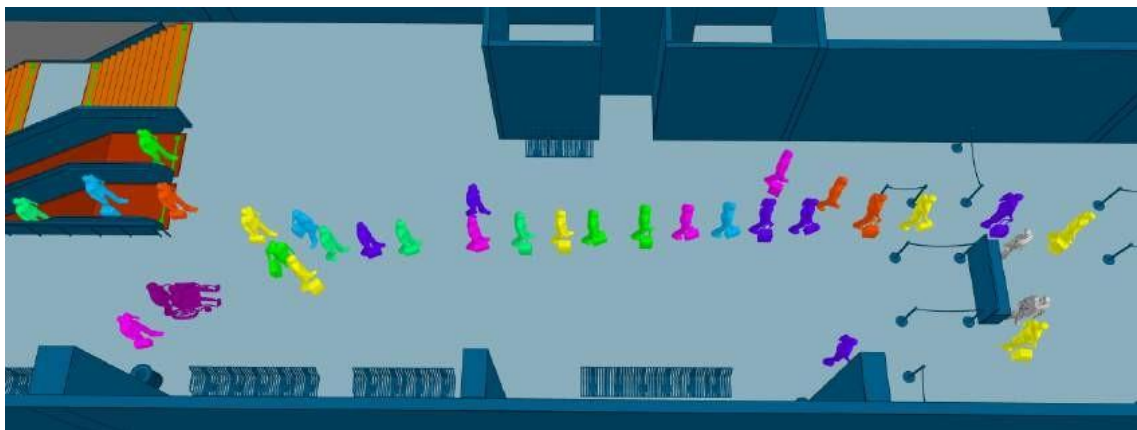


Figura 112 - Filas para o controlo de acesso.

Outro congestionamento observado é na saída das escadas rolantes para o piso 3, quando a fila B está com muitas pessoas dificulta a saída das escadas e os passageiros ficam aglomerados naquela zona, como podemos observar pela Figura 113 e Figura 114, ficando sem visibilidade para a fila C no caso de haver um segundo segurança a fazer o controlo de acesso.

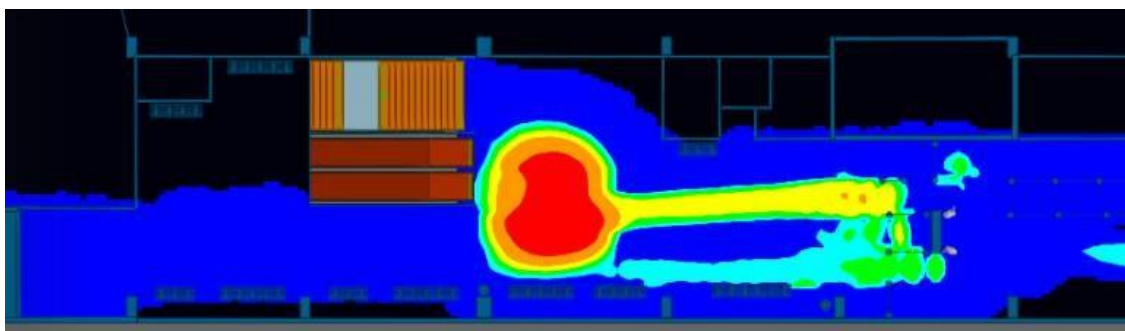


Figura 113 - Mapa de densidade experienciada. Piso 3: Controlo de acesso.

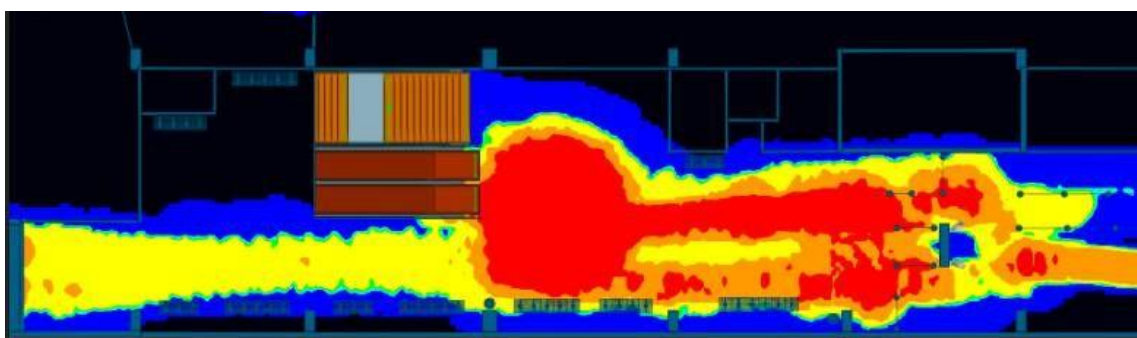


Figura 114 - Mapa de densidade máxima. Piso 3: Controlo de acesso.

Na Tabela 42 temos o tempo médio de espera na fila o controlo de acesso que é de 44 segundos para as filas dos passageiros em económica, e um tempo máximo de espera em fila que é de 2 minutos e 9 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros em executiva, com *FastTrack* e passageiros com mobilidade reduzida o tempo médio é de 8 segundos e o tempo máximo de espera em fila que é de 12 segundos, percentil de 90%.

Tabela 42 - Tempos em fila de espera para o controlo de acesso.

	Económica	Executiva/ <i>FastTrack</i> /PMR
Tempo médio de espera na fila para o controlo de acesso	00:00:44	00:00:08
Tempo máximo de espera na fila para o controlo de acesso - percentil 90%	00:02:09	00:00:12



Figura 115 - Filas para o controlo de acesso e para o controlo de segurança.

Na Figura 115 podemos ver como são organizadas as filas para o controlo de segurança: a fila com a cor *bordeaux* é para os passageiros com mobilidade reduzida, dando acesso direto à linha 1 de segurança, a fila com cor azul é para os passageiros com prioridade, como por exemplo *FastTrack*, executiva etc.; esta fila dá acesso à linha 1 e 2, caso a linha 1 esteja ocupada com passageiros com mobilidade reduzida, os passageiros com prioridade são encaminhados para a linha 2, a fila com a cor verde é para os restantes passageiros que normalmente são encaminhados para as linhas 3 à 7, e em caso de não haver passageiros nas linhas 1 e 2 também podem ser encaminhados para estas linhas, como podemos observar na Figura 116.

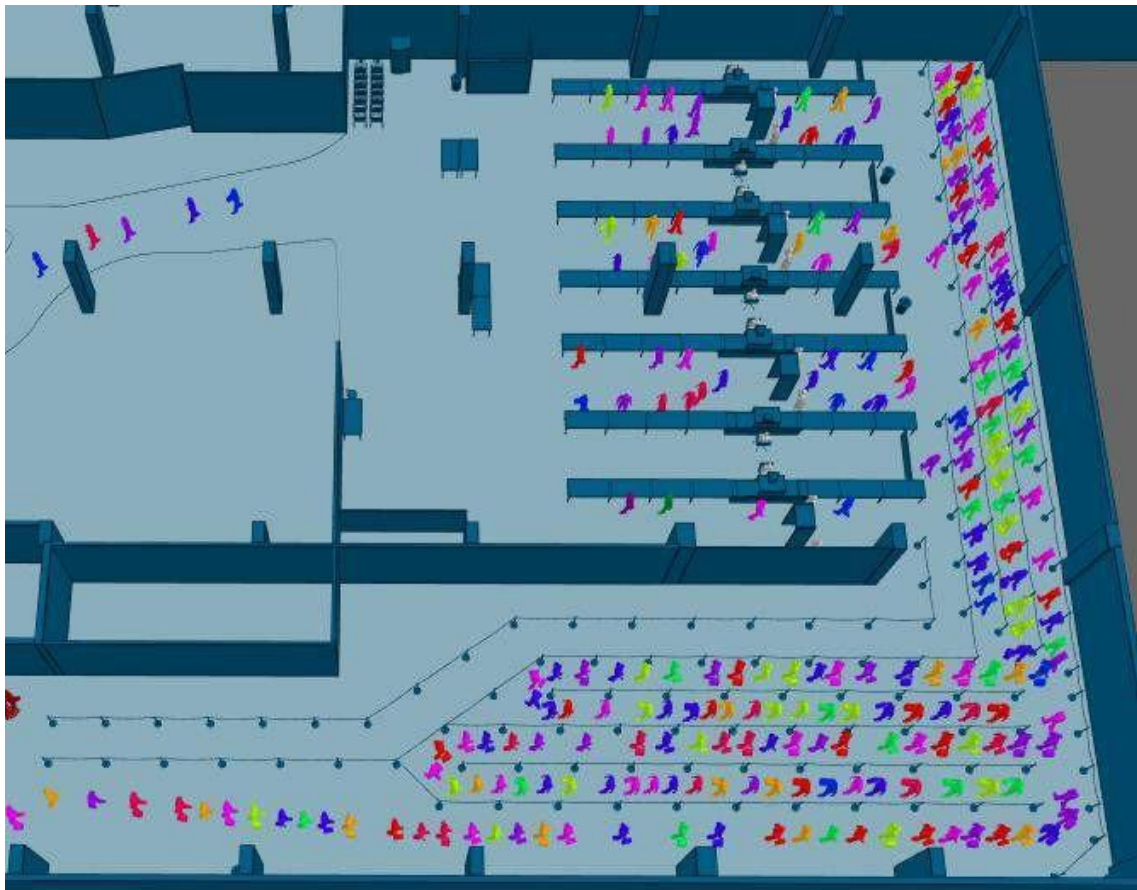


Figura 116 - Fila económica para o controlo de segurança.

Algumas das áreas das filas para o controlo de segurança estão ligeiramente sobredimensionadas como podemos ver na Figura 117 e Figura 118; a área recomendada como já vimos no capítulo 2 para o controlo de segurança é de  $1 \text{ m}^2$  por passageiro, no *layout* de 2017 o valor estava ligeiramente superior, situando-se em média entre  $1 \text{ m}^2$  e  $1,5 \text{ m}^2$ . Algumas áreas também não estão a ser utilizadas da forma mais eficiente, como por exemplo as filas para os passageiros com mobilidade reduzida, as filas para os passageiros com prioridade e o início da fila dos passageiros em económica.

Relativamente às linhas de segurança, a distância recomendada entre as linhas para o mesmo pórtico detetor de metais é de 4,5 m, no *layout* de 2017 esta distância era de poucos mais de 2 m, esta curta distância prende-se bastante com o espaço disponível para o *layout* das linhas de segurança, uma vez que há muitas colunas na infraestrutura, dificulta assim o arranjo das linhas de segurança.

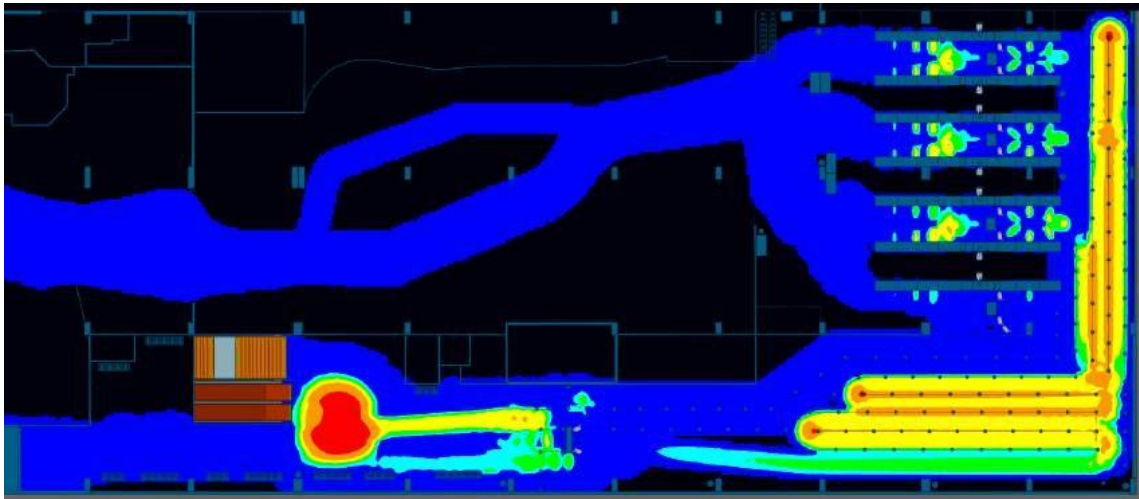


Figura 117 - Mapa de densidade experienciada. Piso 3: Filas para o controlo de segurança.

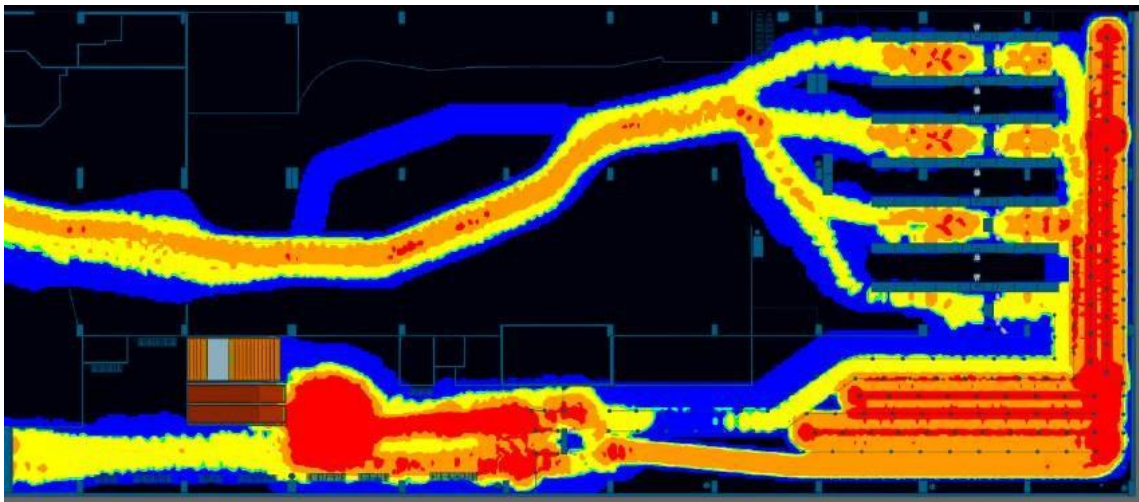


Figura 118 - Mapa de densidade máxima. Piso 3: Filas para o controlo de segurança.

Na Tabela 43 temos o tempo médio de espera na fila o controlo de segurança que é de 3 minutos e 29 segundos para a fila dos passageiros em económica, e o tempo máximo de espera em fila de 10 minutos e 12 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros em executiva, com *FastTrack* o tempo médio de espera é de 36 segundos e o tempo máximo de espera em fila de 42 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros com mobilidade reduzida o tempo médio é de 1 minuto e 32 segundos e o tempo máximo de espera em fila é de 1 minuto e 22 segundos, percentil de 90%.

Tabela 43 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança.

	Económica	Executiva/ <i>FastTrack</i>	PMR
Tempo médio de espera na fila para o controlo de segurança	00:03:29	00:00:36	00:01:32
Tempo máximo de espera na fila para o controlo de segurança - percentil 90%	00:10:12	00:00:42	00:01:22

### 3.4.3 Controlo de Fronteira

O controlo de fronteira é efetuado no piso 2, tanto para as partidas como para as chegadas, como vimos na Figura 27, portanto iremos dividir o controlo de fronteira em duas partes, controlo de fronteira das partidas e controlo de fronteira das chegadas.

#### Controlo de Fronteira - Partidas

O controlo de fronteira das partidas pode ser efetuado de forma convencional ou automático. As filas de espera para o controlo convencional formam-se na área vermelha representada na Figura 119, e as filas para o controlo automático na área verde.

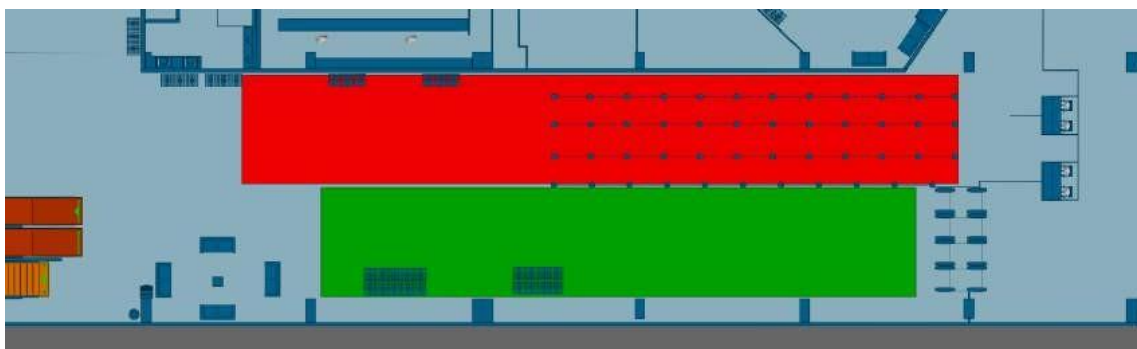


Figura 119 - Áreas para as filas no controlo de fronteira - partidas.

O principal ponto no controlo de fronteira das partidas que não está eficiente é relativo ao controlo de fronteira automático, apenas os passageiros com passaporte eletrónico podem usar este serviço, os cidadãos com cartão de cidadão por exemplo não conseguem utilizar este serviço.

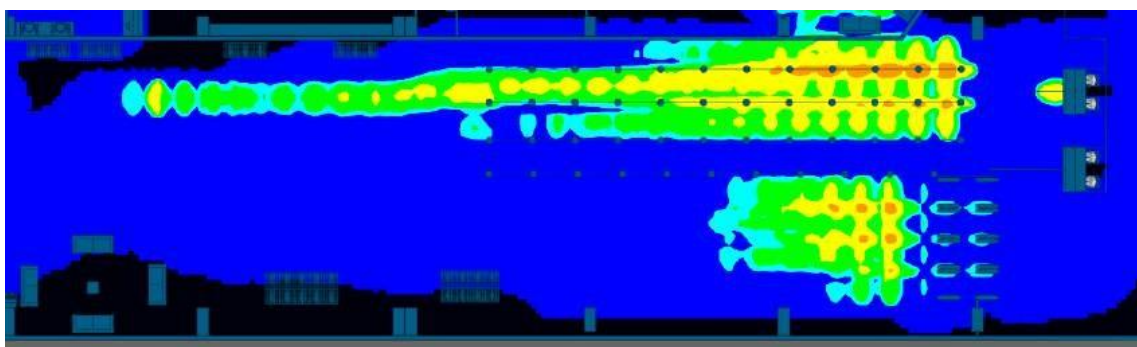


Figura 120 – Mapa de densidade experienciada. Piso 2: Filas para o controlo de fronteira – Partidas.

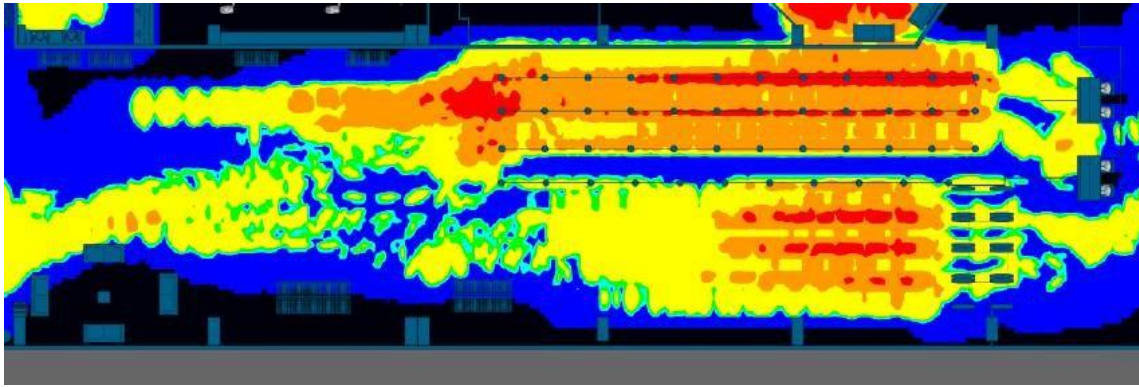


Figura 121 - Mapa de densidade máxima. Piso 2: Filas para o controle de fronteira - Partidas.

Na Figura 120 e na Figura 121 temos o mapa de densidade experienciada e o mapa de densidade máxima, respetivamente. Como podemos constatar o controlo convencional é onde há mais afluência e onde há um maior tempo de espera nas filas.

Tabela 44 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança no *layout* proposto.

	Convencional	Automático
Tempo médio de espera na fila para o controlo de fronteira	00:05:53	00:02:11
Tempo máximo de espera na fila para o controlo de fronteira - percentil 90%	00:11:31	00:04:30

Na Tabela 44 temos o tempo médio de espera na fila para o controlo de fronteira convencional que é de 5 minutos e 53 segundos e o tempo máximo de espera em fila para este controlo é de 11 minutos e 31 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros que fazem o controlo de fronteira pelo modo automático, o tempo médio de espera em fila é de 2 minutos e 11 segundos e o tempo máximo é de 4 minutos e 30 segundos, percentil de 90%.

#### Controlo de Fronteira - Chegadas

O controlo de fronteira das chegadas, igualmente como o das partidas, pode ser efetuado de forma convencional ou automático. As filas de espera para o controlo convencional formam-se na área vermelha representada na Figura 122, e as filas para o controlo automático na área verde. A área amarela não é frequentemente utilizada, pois não ajuda muito na organização de filas que é usada no *layout* de 2017.

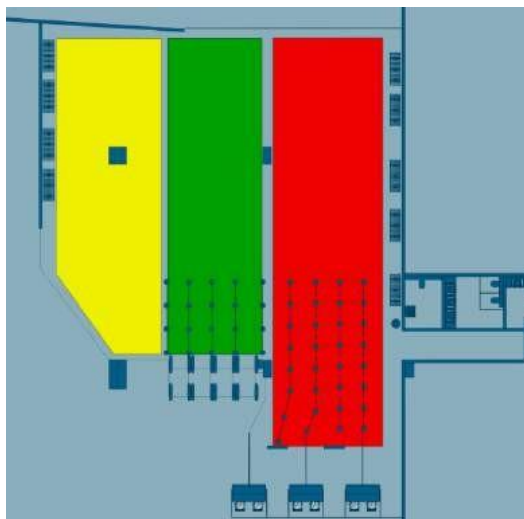


Figura 122 - Áreas para as filas no controlo de fronteira - chegadas.

Na Figura 123 podemos constatar que efetivamente a área amarela da Figura 122 não é utilizada eficientemente ou tão pouco utilizada, outro problema verificado é que nas chegadas os passageiros chegam todas de uma vez ao controlo de fronteira, causando um congestionamento na porta de entrada quando as filas para o controlo convencional estão grandes, dificultando o acesso ao controlo automático para os passageiros que o pretendam utilizar.

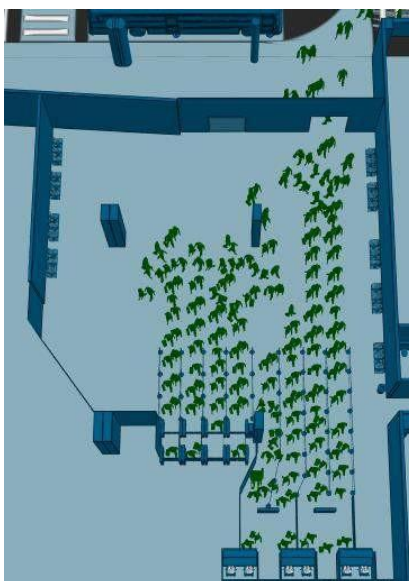


Figura 123 - Filas no controlo de fronteira das chegadas.

Na Figura 124 e na Figura 125 temos o mapa de densidade experienciada e o mapa de densidade máxima, respetivamente. Como podemos constatar o controlo convencional é onde há mais afluência e podemos ver claramente que a entrada para a sala está bastante congestionada, e o acesso para o controlo automático também está congestionado.

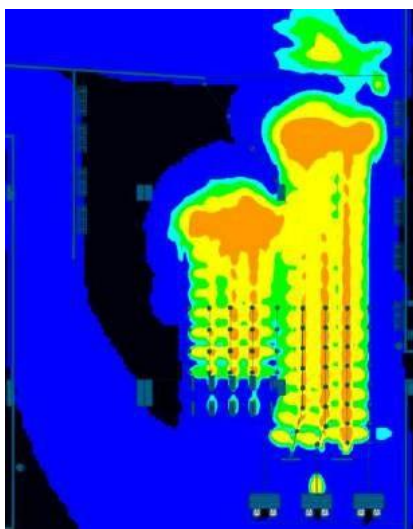


Figura 124 - Mapa de densidade experienciada. Piso 2: Filas para o controlo de fronteira - Chegadas.

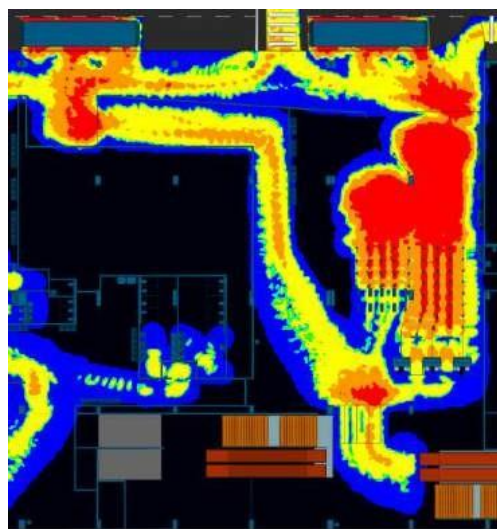


Figura 125 - Mapa de densidade máxima. Piso 2: Filas para o controlo de fronteira - Chegadas.

Tabela 45 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança no *layout* proposto.

	Convencional	Automático
Tempo médio de espera na fila para o controlo de fronteira	00:07:45	00:05:22
Tempo máximo de espera na fila para o controlo de fronteira - percentil 90%	00:14:53	00:14:42

Na Tabela 45 temos o tempo médio de espera na fila para o controlo de fronteira convencional que é de 7 minutos e 45 segundos e o tempo máximo de espera em fila para este controlo é de 14 minutos e 53 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros que fazem o controlo de fronteira pelo modo automático, o tempo médio de espera em fila é de 5 minutos e 22 segundos e o tempo máximo é de 14 minutos e 42 segundos, percentil de 90%.

### 3.4.4 Embarque

O embarque no Aeroporto Internacional da Madeira é efetuado no piso 2. Os dois principais problemas observados nesta fase são referentes às portas de embarque existentes e ao percurso efetuado entre as portas de embarque e a aeronave. Relativamente às portas de embarque, na sua maioria duas portas de embarque convergem para uma única porta física, isto porque no Aeroporto Internacional da Madeira, existem 19 portas de embarque, mas apenas 12 portas de acesso às aeronaves. As portas 3 à 16 são as portas que se “dividem em duas” para poderem perfazer as 19 portas de embarque que temos no interior do terminal. Podemos verificar dois exemplos destas portas na Figura 126.

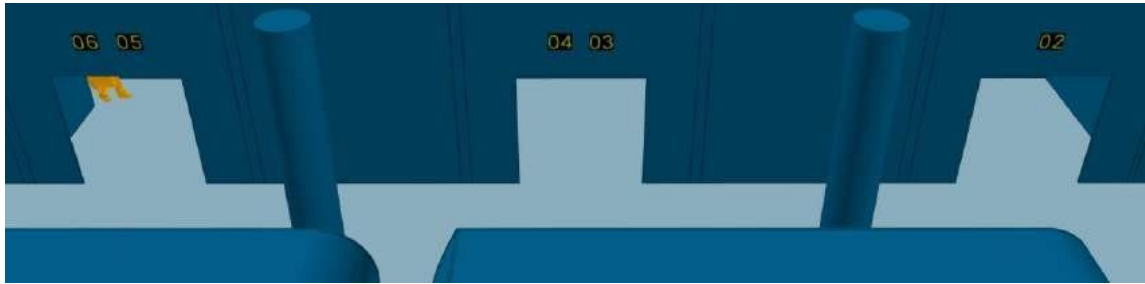


Figura 126 - Portas de acesso à aeronave/autocarro com duas portas de embarque.

Na Figura 127 podemos ver que as portas 5 e 6 têm a mesma porta física de acesso à aeronave/autocarro, assim como as portas 7 e 8 que estão na mesma situação.

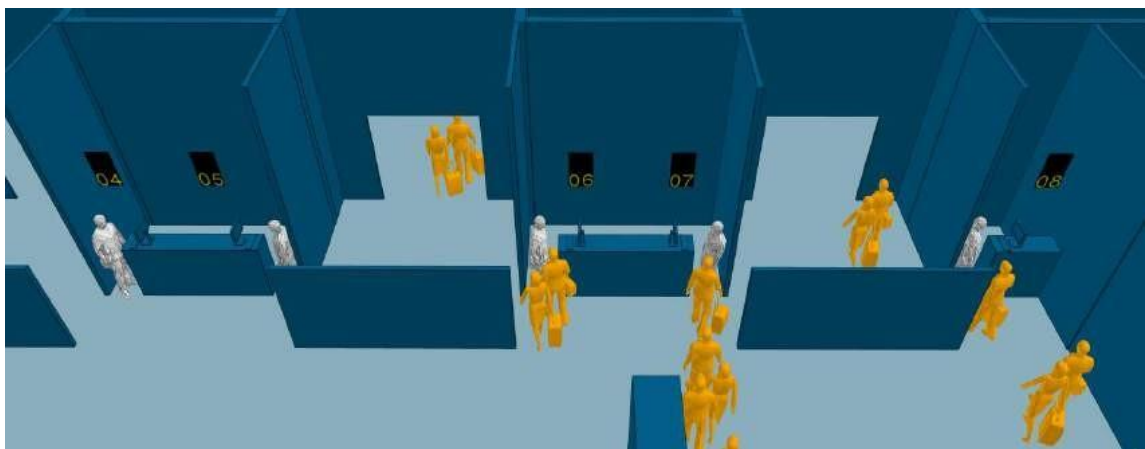


Figura 127 - Embarque utilizando três portas de embarque e duas portas físicas para o mesmo voo.

Esta característica observada nas portas de embarque faz com que por vezes, a utilização das portas de embarque não seja utilizada da maneira mais eficiente. Os *handlers* costumam utilizar um balcão único para o mesmo voo, sendo atribuídas 2 ou 3 portas para o mesmo voo, conforme o número de passageiros que o voo tenha. Na Figura 127 podemos ainda observar que com a utilização da porta de embarque 6, 7 e 8 para o mesmo voo, a utilização da porta de embarque 5 para outro voo fica muito limitada, podendo apenas ser utilizada se houver uma barreira física a dividir os passageiros e um funcionário da empresa de *handler* a certificar-se que não há cruzamento de passageiros.

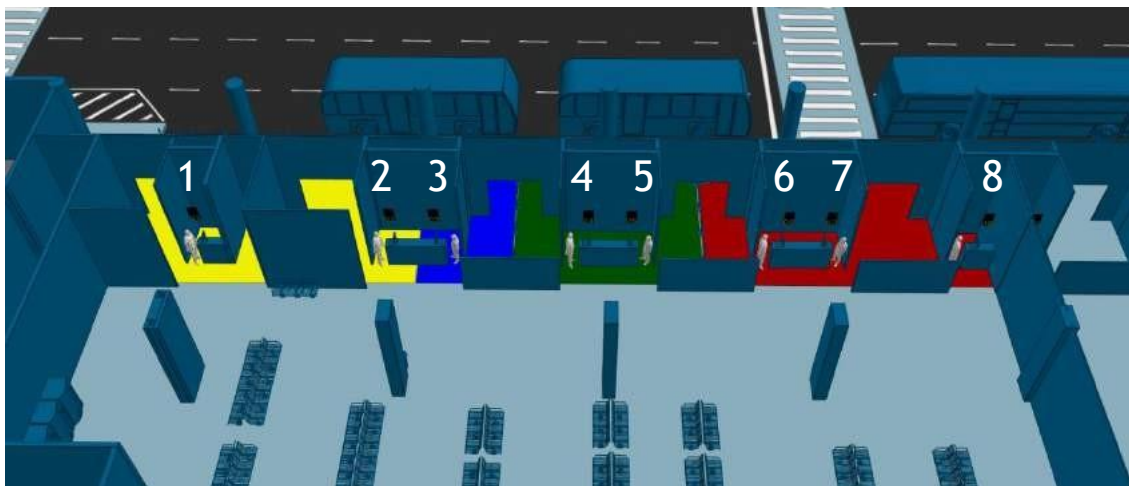


Figura 128 - Embarque de 4 voos utilizando 8 portas de embarque.

Um exemplo prático e real de como esta característica das portas de embarque pode dificultar o trabalho das empresas de *handling* está representado na Figura 128. Podemos observar que na porta 3 e na porta 4 está a decorrer um embarque para voos diferentes em cada uma delas, o que implica dividir a porta física com barreiras e um funcionário a assegurar que não há cruzamento de passageiros. Nas portas 5 e 6 temos a mesma situação.

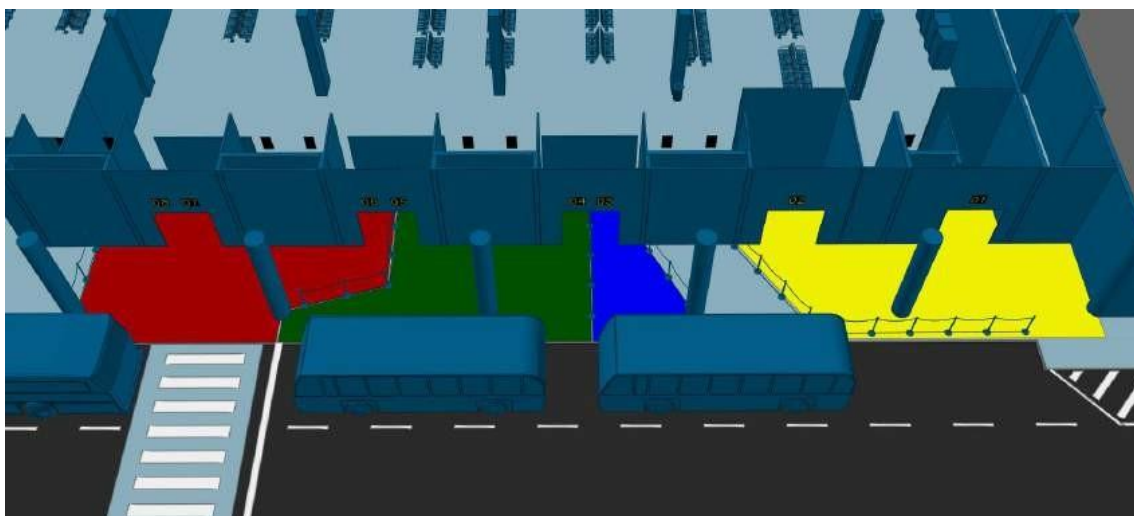


Figura 129 - Vista de fora dos 4 embarques Schengen utilizando 8 portas de embarque.

Na Figura 129 vemos com mais detalhe as divisões das portas físicas do exemplo anterior, podemos ainda ver que o percurso dos passageiros até à aeronave dos voos assinalados a amarelo e a vermelho foram realizados a pé, o percurso dos passageiros até à aeronave dos voos assinalados a verde e a azul foram realizados de autocarro.

Esta situação de poder ser necessário dividir a porta de acesso à aeronave/autocarro, pode levar a uma maior probabilidade de cruzamento de passageiros. Estas divisões acontecem maioritariamente em voos *Schengen*.

Relativamente ao percurso do passageiro até à aeronave, como já vimos anteriormente, este percurso pode ser efetuado a pé ou de autocarro, dependendo da situação momentânea das operações no Aeroporto Internacional da Madeira. Uma vez que não pode haver cruzamento de passageiros para embarcar, de forma ainda mais rigorosa no que diz respeito a passageiros não-*Schengen*, o embarque a pé deve ser feito de maneira bastante organizada e com a supervisão dos *handlers* e das operações. As portas 8 e 9 e as portas 12 e 13, Figura 130, são as portas onde poderá haver uma maior proximidade, sem barreiras físicas, entre passageiros *Schengen* e não-*Schengen* durante a fase de embarque, quando a sala mista é utilizada para embarque não-*Schengen* ou *Schengen*, respetivamente. Nestas portas tem de haver uma atenção especial quando são usadas em simultâneo para que não haja cruzamentos de modo algum, daí ser evitado o uso das duas portas simultaneamente.



Figura 130 - Portas de embarque não-*Schengen* e *Schengen*.

Uma vez que os cruzamentos não são permitidos, tanto para embarques de voos diferentes como para cruzamentos entre embarque e desembarque, os embarques a pé, que apenas podem ser realizados entre os stands A02 ao A10, só podem ser feitos quando autorizados pelas operações do Aeroporto Internacional da Madeira; esta análise é feita tendo em conta os embarques nas portas próximas do percurso que os passageiros têm que efetuar, bem como se há algum desembarque a acontecer naquela altura que impeça a realização do embarque a pé. Nestes casos é utilizado o embarque através de autocarros, estes ficam o mais próximo possível da porta de embarque, recolhem os passageiros e encaminham-nos para a respetiva aeronave.



Figura 131 - Embarque de autocarro e desembarque a pé.

Na Figura 131 temos um exemplo de um desembarque a pé que está a ocorrer desde o stand de estacionamento A06 até à porta de desembarque *Schengen* e simultaneamente está um embarque a decorrer nas portas 5 e 6, e estes passageiros devem seguir para a aeronave que está parqueado no stand A07, e trata-se de um embarque *Schengen*. Uma vez que o embarque da aeronave do stand A06 está a realizar-se a pé, este embarque tem que obrigatoriamente ser realizado de autocarro, se não há um cruzamento inevitável entre passageiros a embarcar e desembarcar. Outras situações semelhantes ocorrem com passageiros *Schengen* e não *Schengen* nas restantes portas de embarque.

Outra situação verificada foi que algumas vezes o embarque de passageiros era forçosamente efetuado de autocarro para que o *handler* conseguisse controlar os passageiros já embarcados mais rapidamente, fazendo com que o *turnaround* da aeronave fosse mais rápido, uma vez que não têm de estar à espera de algum passageiro que eventualmente esteja mais distraído. Os autocarros nestes casos são utilizados como câmaras de pré-embarque, que em dias de maior calor torna muito desconfortável para os passageiros este tipo de abordagem e também pelo tempo que têm de estar retidos dentro dos autocarros, por vezes ultrapassando os 20 minutos, numa viagem que duraria no máximo 2 minutos.

### 3.4.5 Desembarque

O desembarque de passageiros no Aeroporto Internacional da Madeira é realizado de autocarro ou a pé, dependendo da operação momentânea no Aeroporto Internacional da Madeira. No caso de um desembarque *Schengen*, como vemos na Figura 132, os passageiros devem dirigir-se para a porta de desembarque *Schengen*, assinalada com um círculo verde. Caso o desembarque seja efetuado através de autocarro, o autocarro deve parar o mais próximo possível da porta de desembarque, como podemos verificar na Figura 132.

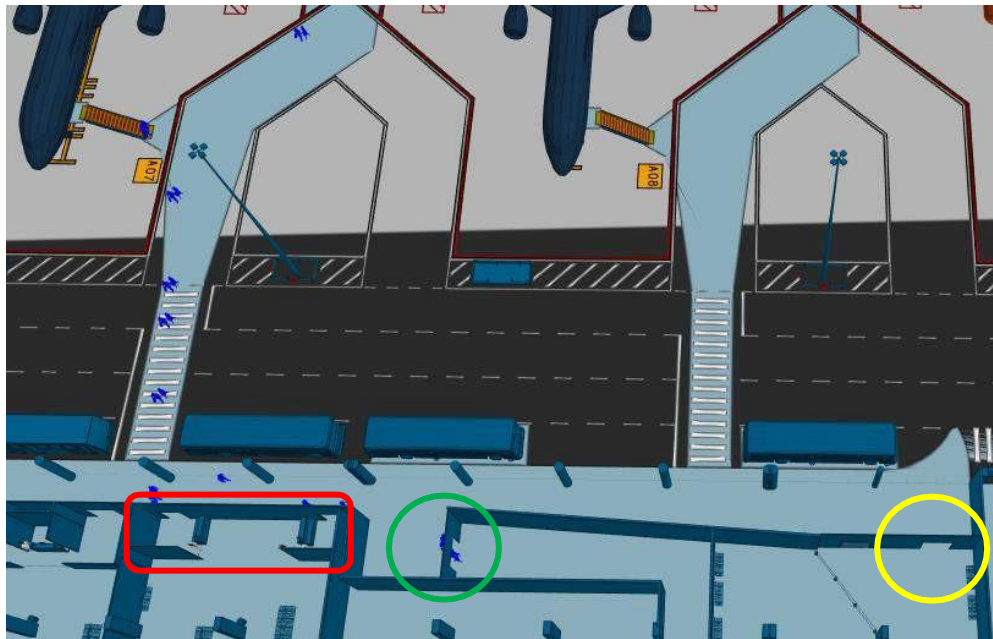


Figura 132 - Desembarque *Schengen* a pé ou de autocarro.

Quando estão a ser feitos desembarques *Schengen*, as portas de embarque 18 e 19, assinaladas a vermelho, não são utilizadas por causa da sua proximidade com a porta de desembarque *Schengen*, o que causa mais um constrangimento ao embarque não-*Schengen*, uma vez que estas portas são utilizadas maioritariamente para este tipo de voos, e como já vimos no subcapítulo 3.4.4 o cruzamento entre embarques e desembarques é completamente proibido.

Para o caso de desembarque não-*Schengen* os passageiros devem ser encaminhados para a porta de desembarque não-*Schengen*, que fica um pouco mais à direita da porta de desembarque *Schengen*, como podemos verificar na Figura 132 assinalada com um círculo amarelo.

O desembarque não-*Schengen* sempre que possível deve ser efetuado através de autocarros, que devem ficar também parados o mais próximo possível da porta de desembarque não-*Schengen*. Apenas em casos muito específicos onde a aeronave fique estacionada muito próxima da porta de desembarque não-*Schengen* os desembarques são efetuados a pé, sempre com a supervisão das autoridades competentes.

Um dos problemas verificados no desembarque foi o espaço para os autocarros pararem sempre que são usadas diversas viaturas, ou então quando há muitos desembarques simultâneos a ocorrer. No caso de estar a ocorrer desembarque *Schengen* e não-*Schengen* simultaneamente um dos problemas verificados além do espaço para as viaturas é que tem que haver um cuidado ainda maior por parte das entidades competentes para que os passageiros não-*Schengen* não se dirijam para a porta de desembarque *Schengen*, uma vez que as portas estão relativamente próximas.

Já dentro do terminal os passageiros *Schengen* dirigem-se diretamente para as portas que darão acesso ao piso 0 para a recolha de bagagem, caso se verifique. Os passageiros não-

*Schengen* após o controlo de fronteira das chegadas é que podem dirigir-se para estas portas, para poderem descer para o piso 0, como vemos na Figura 133.

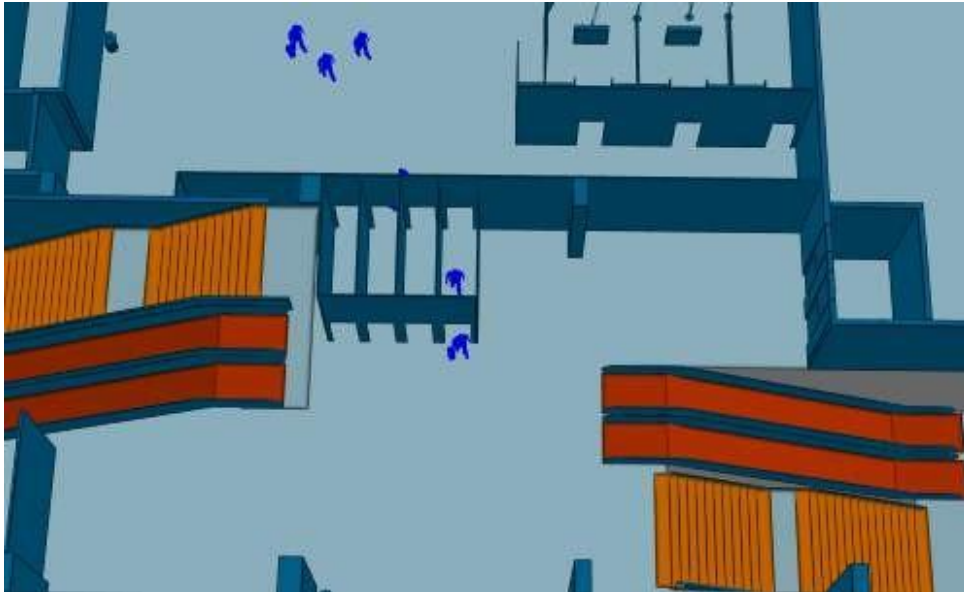


Figura 133 - Portas de sentido único de desembarque.

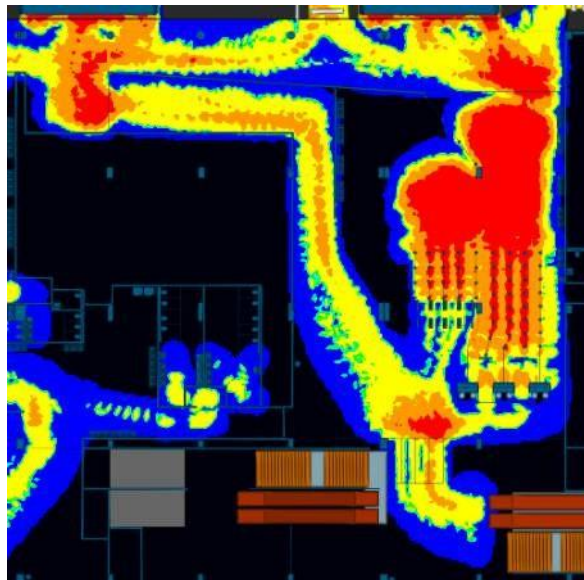


Figura 134 - Mapa de densidade máxima nas portas de desembarque *Schengen* e não-*Schengen*.

Na Figura 134 conseguimos observar que é nas portas de desembarque, tanto *Schengen* e não-*Schengen*, que pode haver algum congestionamento. Nas portas de sentido único que dão acesso para o piso 0 também é verificado um congestionamento mas um pouco mais ligeiro.

### 3.4.6 Recolha de Bagagem

A recolha de bagagem é feita no piso 0 do Aeroporto Internacional da Madeira. Um dos constrangimentos observados, foi que os passageiros encostam-se ao respetivo tapete e aguardam encostados ao tapete até que a sua bagagem de porão chegue; isto faz com que os passageiros que estejam mais atrás, ou mesmo os passageiros que estejam ao lado, tenham alguma dificuldade em ver se a sua mala está a chegar ou mesmo em retirar a sua mala do tapete, uma vez que têm o espaço junto ao tapete completamente obstruído, uma vez que não é possível a 100 ou 150 passageiros estarem todos encostados ao tapete, pois o tapete não tem dimensão suficiente para isso. Esta situação está visível na Figura 135.

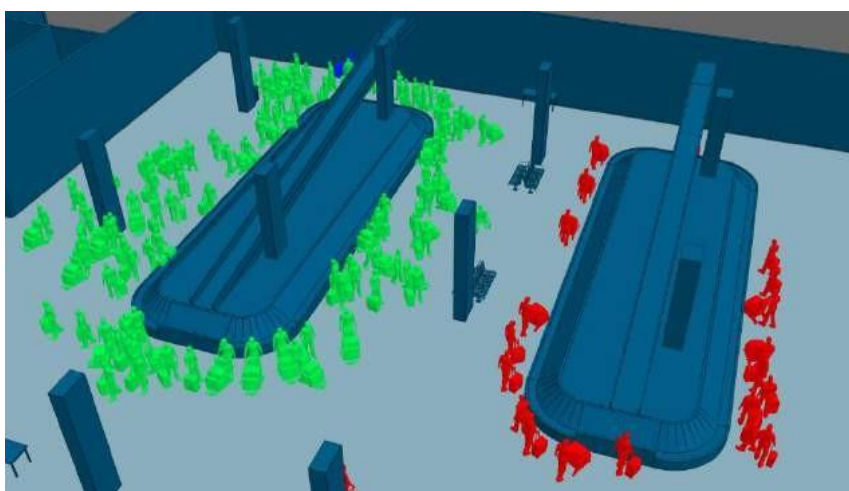


Figura 135 - Recolha de bagagem.

Após recolher a bagagem de porão e passarem pela alfândega, caso seja o caso, os passageiros devem dirigir-se para a porta de saída da zona de recolha de bagagem e seguir a sua viagem. Após passar pela porta de saída da zona de recolha de bagagem os passageiros têm ao seu dispor variados serviços, como por exemplo, *rent-a-cars*, agentes de viagem, operadores turísticos, posto de turismo, entre muitos outros. Como podemos observar pela Figura 136, próximo da zona da porta de saída do terminal, retângulos amarelos, é onde se aglomeram alguns agentes turísticos bem como familiares, dificultando assim a saída do terminal.



Figura 136 - Zona de saída no piso das chegadas.

Na Figura 137 temos o mapa de densidade máxima do piso das chegadas; como podemos observar, junto dos tapetes de recolha de bagagem é onde naturalmente existe uma maior aglomeração de pessoas, no entanto com mais atenção podemos ver que a zona mais próxima aos tapetes está completamente impedida, dificultando assim a retirada das bagagens ou a aproximação ao tapete por parte de outros passageiros. Na porta de saída do terminal observamos também claramente uma zona de grande densidade, o que confirma a existência de um aglomerado de pessoas na zona próxima à porta; este congestionamento é agravado caso haja filas no últimos postos de atendimento das rent-a-car, que também é visível na Figura 137.

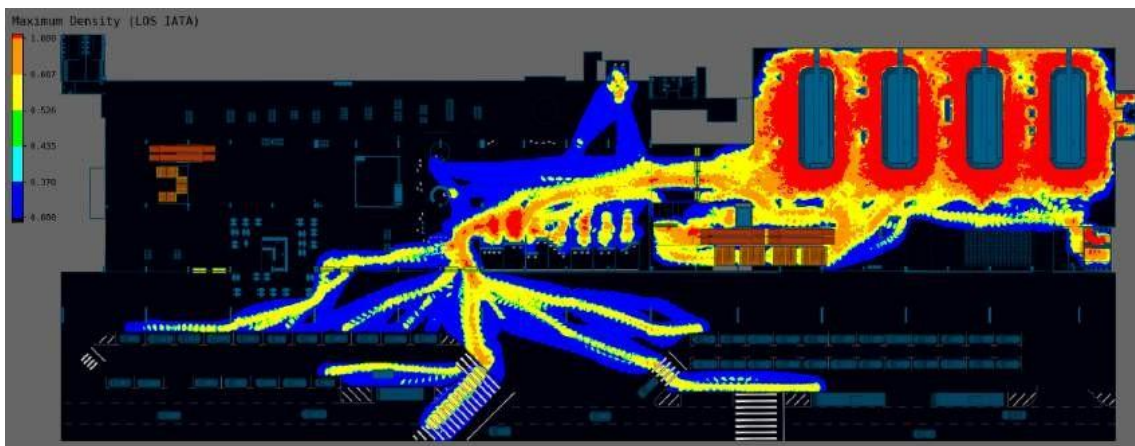


Figura 137 - Mapa de densidade máxima - Piso 0.

## 3.5 Soluções Mitigadoras

Neste subcapítulo serão apresentadas as soluções mitigadoras para cada uma das fases apresentadas no subcapítulo anterior. No *check-in* será abordada a época alta, a época baixa e a semana de pico, verificaremos que *layout* se adequará melhor em cada um dos dias de cada uma das épocas. No controlo de segurança vamos abordar o dia mais movimentado para perceber como se comporta o sistema com o novo *layout* proposto. No controlo de fronteira, embarque e desembarque iremos abordar vários pontos de melhoria também. Na recolha de bagagem veremos uma maneira de tentar reduzir o congestionamento na recolha das malas de porão e saída do terminal.

### 3.5.1 *Check-in*

Para o caso do *check-in*, da mesma forma que no subcapítulo 3.4.1, iremos abordar as soluções que são comuns a qualquer uma das épocas e seguidamente iremos ver soluções mais específicas para cada uma das épocas à semelhança do que foi feito para o subcapítulo 3.4.1.

#### Soluções gerais

A primeira solução apresentada diz respeito à casa de banho no piso 1, é apresentada uma proposta para a criação de uma nova casa de banho junto à porta 2, como podemos observar na Figura 138, para facilitar os passageiros que estejam na zona dos balcões de *check-in* 29 ao 40, melhorando assim a movimentação de passageiros no restante terminal, uma vez que os passageiros não têm que percorrer o terminal todo para simplesmente poderem ir à casa de banho.

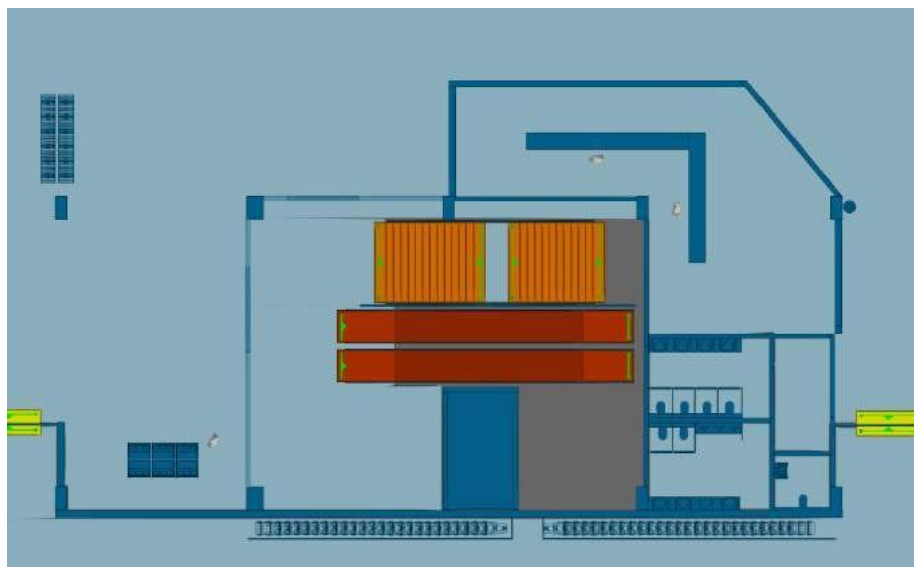


Figura 138 - Entradas para o piso 3 e nova casa de banho propostas - Piso 1.

Na Figura 138 podemos ainda observar outra alteração proposta, que diz respeito à porta de acesso ao piso 3, uma vez que o controlo de acesso para o controlo de segurança é apenas realizado efetivamente no piso 3, o controlo de acesso no piso 1 pode ser retirado; tendo em conta que também a fila com a única porta que existe atinge um comprimento que dificulta a entrada no terminal, foi proposta uma nova porta na zona perpendicular à porta existente, esta porta fará com que a loja existente tenha que ser reformulada, ficando com a configuração que podemos observar na Figura 139 e na Figura 140. Para que esta configuração seja possível, será necessário adicionar um pouco de piso na zona próxima à nova casa de banho, uma vez que esta zona se encontra aberta.

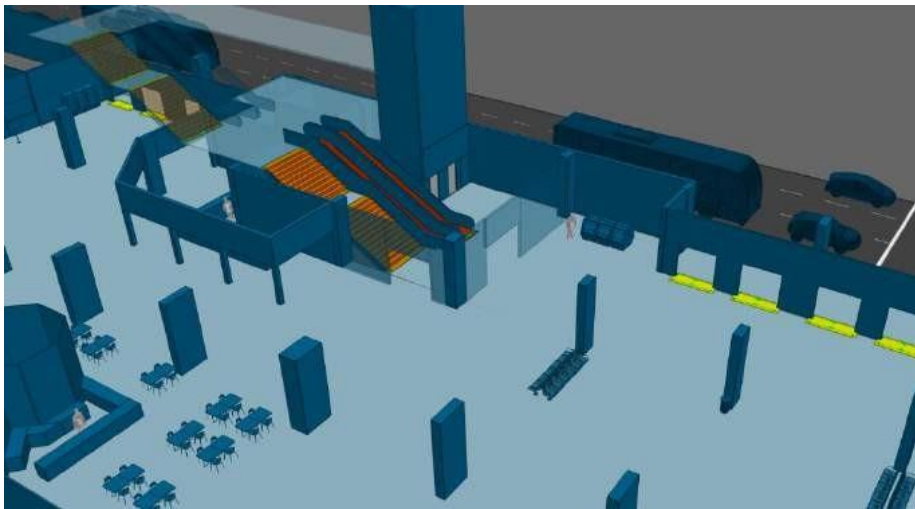


Figura 139 - Portas de acesso ao piso 3 propostas.

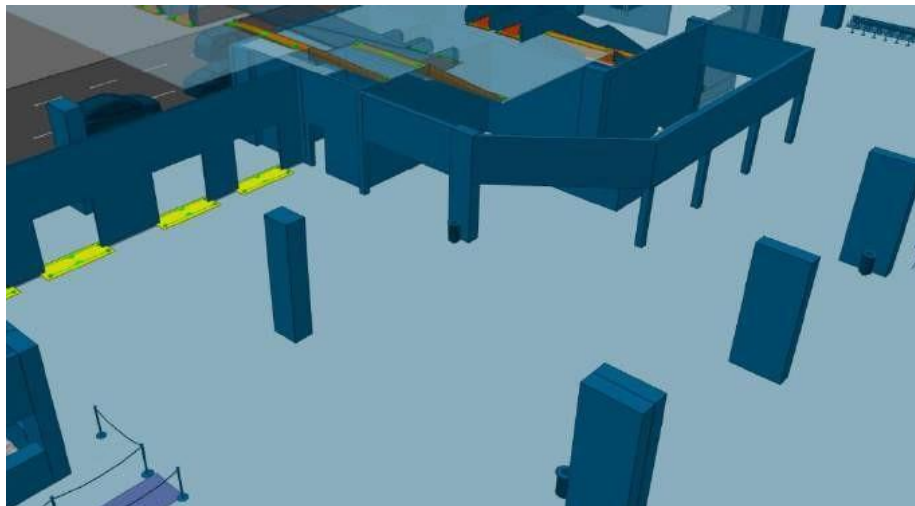


Figura 140 - Casa de banho e configuração da loja proposta.

Outra solução que será apresentada agora visa melhorar o processo de *check-in*, que como já vimos no subcapítulo 3.4.1 os passageiros têm dificuldade em sair do balcão de *check-in* após efetuar o mesmo. A solução proposta será então fazer uma zona de *check-in* e um corredor de saída para os passageiros que tenham o *check-in* já efetuado, esta solução só fica

viável se todos os balcões de *check-in* forem recuados 1 metro aproximadamente, para ficar com a configuração apresentada na Figura 141.

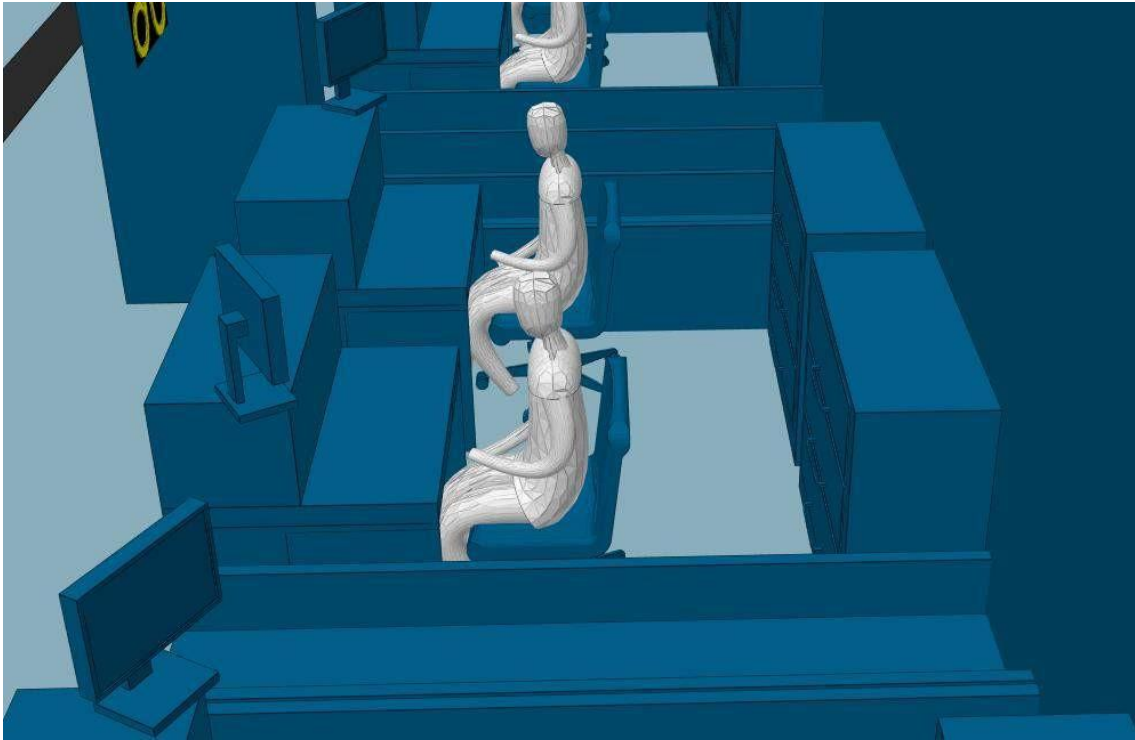


Figura 141 - Recuo dos balcões de *check-in*.

O recuo dos balcões implica também ter de recuar ou encurtar os tapetes de bagagem de porão, uma vez que atrás dos balcões de *check-in* na zona reservada apenas a funcionários não existe espaço para recuar os tapetes 1 metro; a solução mais viável será remover parte do tapete que está na zona de *check-in*. Estes tapetes são 3, o primeiro para o passageiro colocar a mala apenas, o segundo para fazer a pesagem e o terceiro para despachar a mala de porão. Este primeiro tapete pode ser removido, uma vez que a sua única função é transportar a mala para o tapete número 2 para fazer a pesagem. Consultada a empresa responsável, a Siemens, foi esclarecido que para a remoção deste primeiro tapete implicaria alterar o chassi dos três tapetes que estão todos conectados, para fazer uma alteração destas a empresa teria de fazer uma nova certificação dos tapetes. A solução mais viável será então a aquisição de novos tapetes para viabilizar este recuo dos balcões.

Com o recuo dos balcões ganhamos assim 1 metro para poder usar como zona de *check-in*, esta zona de *check-in* está representada a verde na Figura 142, a zona a vermelho será o corredor de saída para os passageiros que já têm os *check-in* feito. Com esta nova configuração não há qualquer problema para os passageiros que já têm o *check-in* feito em sair dos balcões e dar lugar aos passageiros seguintes.

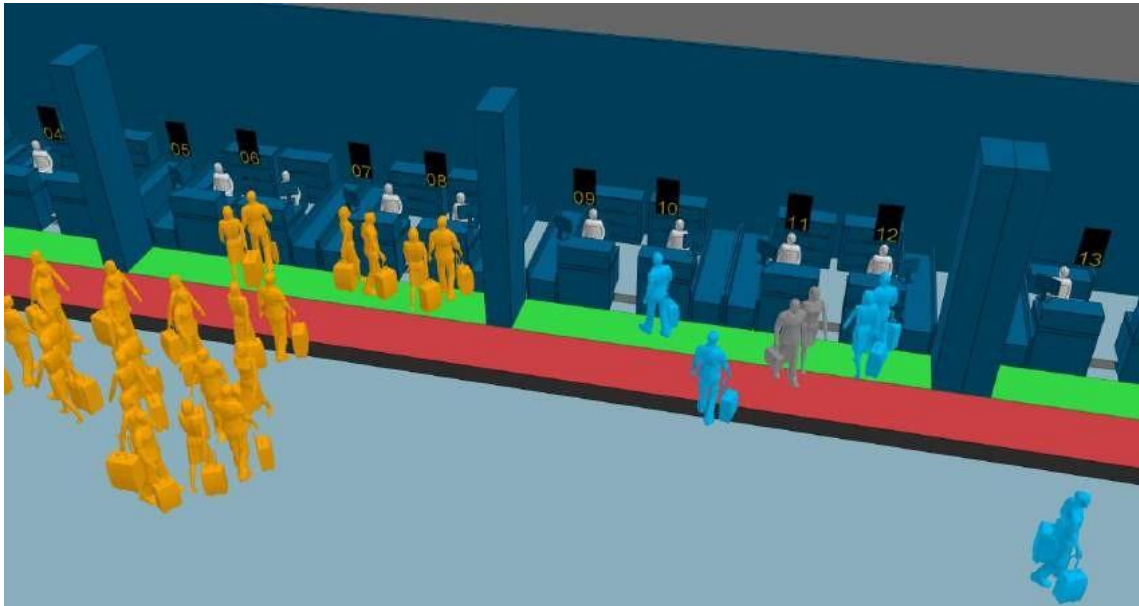


Figura 142 - Zona de *check-in* e corredor de saída nos balcões de *check-in*.

Na zona de *check-in* compreendida entre os balcões 25 e 28 é proposta a criação de uma divisão física entre a zona de *check-in* e a área comercial existente após o balcão 28, esta divisão ajudará a que não haja mistura de passageiros que estão na área de *check-in* com passageiros que estão na área comercial, Figura 143, aumentando assim a fluidez na fila dos passageiros que estão para o *check-in*.

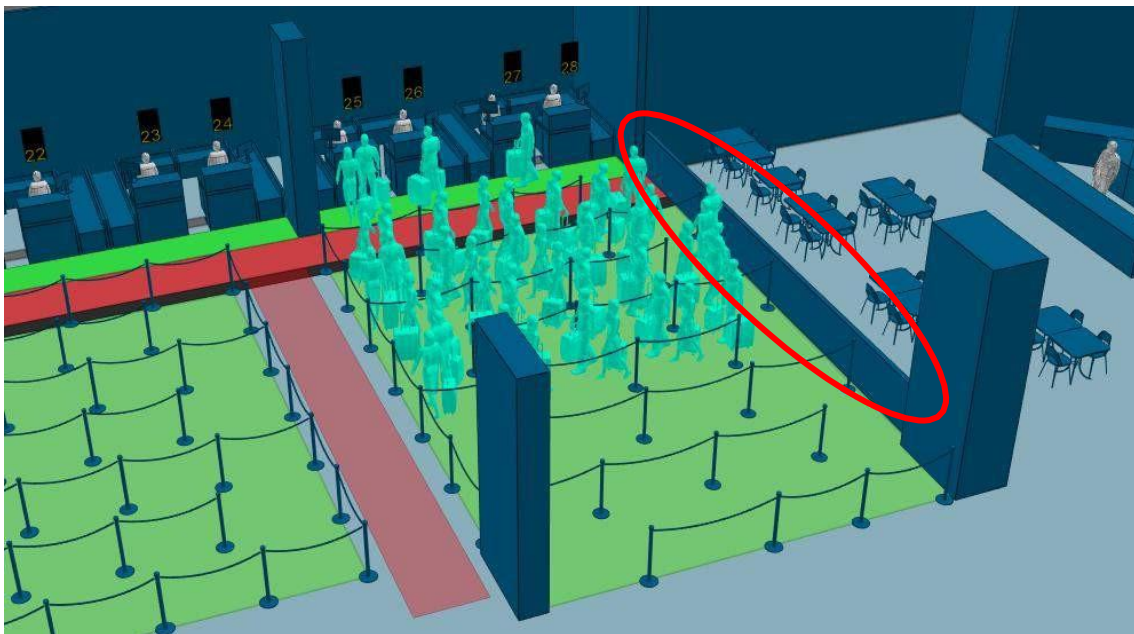


Figura 143 - Separação física entre zona comercial e zona de *check-in* proposta.

Complementando todas as soluções anteriores é também apresentada a solução de organizar as filas de passageiros para o *check-in* na área verde, representada na Figura 144; esta área será usada quando a afluência de passageiros em curtos períodos de tempo não for

muito elevada, a zona amarela será a zona de margem a usar em caso de grande afluência de passageiros.



Figura 144 - Áreas de *check-in* propostas.

Para que os passageiros possam ser todos organizados dentro desta área será necessária uma organização de filas cuidada e com um estudo prévio de cada voo à priori. Por exemplo, um voo que tenha 3 balcões de *check-in* disponíveis pode ser organizado em frente a 5 balcões de *check-in*, como exemplificado na Figura 145, com este tipo de *layout* estudado com detalhe será possível organizar os passageiros na área verde representada na Figura 144.

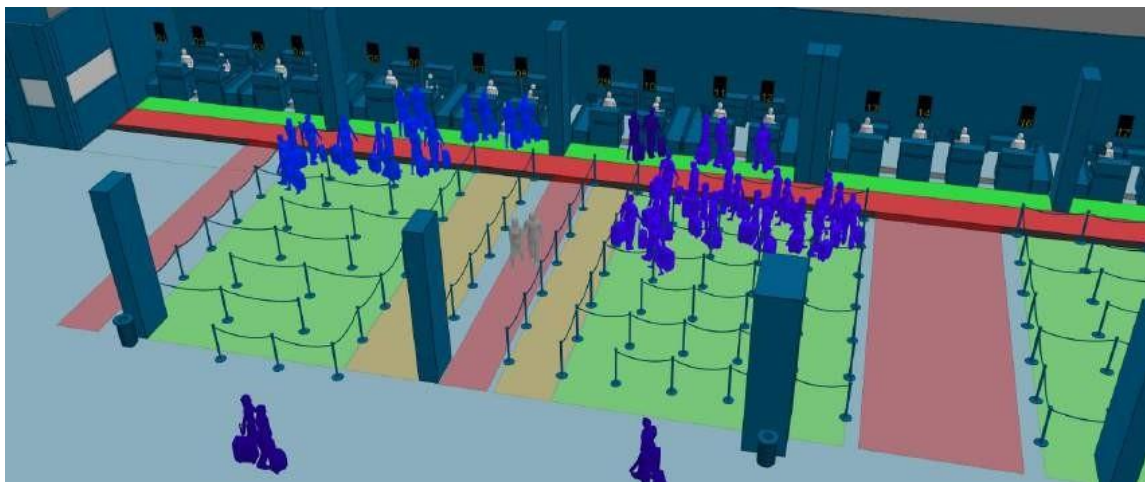


Figura 145 - Organização das filas para os balcões de *check-in*.

Na Figura 145 podemos ainda observar as áreas nas filas de espera para os diferentes tipos de passageiros, a área verde na fila de espera é destinada à fila para os passageiros em classe económica ou equivalente, a área amarela é destinada aos passageiros em classe executiva ou equivalente, e a área vermelha são os corredores de saída para os passageiros que já efetuaram o *check-in*. As filas têm a uma largura de 1,4 metros de largura, que está dentro do intervalo recomendado para um nível de serviço *optimum* pela IATA.

Vamos agora observar os *layouts* propostos para cada um dos dias da semana de época baixa, época alta e semana de pico. Veremos também os mapas de densidade experienciada e densidade máxima para cada um destes dias da mesma forma que vimos anteriormente. De referir que as simulações com os novos *layouts* propostos são efetuadas com o mesmo número de balcões de *check-in* que já estavam atribuídos, apenas em alguns casos os balcões foram alterados, mas mantendo sempre o número de balcões das simulações feitas anteriormente.

#### Semana de Época Baixa

Na Figura 146 temos o *layout* proposto para o domingo da época baixa.



Figura 146 - *Layout* proposto para domingo da época baixa.

Na Figura 147 e Figura 148 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para domingo da época baixa. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal, o que faz com que o restante terminal fique livre de congestionamento, permitindo assim uma maior mobilidade para os passageiros.



Figura 147 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época baixa - domingo.

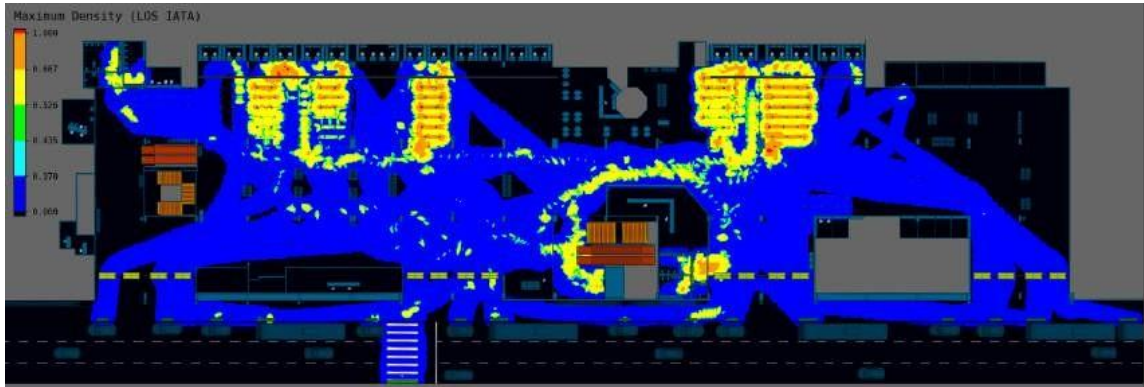


Figura 148 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época baixa - domingo.

Na Tabela 46 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 6 minutos e 17 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 36 minutos e 31 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a domingo da época baixa.

Tabela 46 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época baixa - domingo.

	Época baixa - domingo
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:06:17
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:36:31

Na Figura 149 e Figura 150 temos os *layouts* propostos para a segunda-feira da época baixa. Neste caso particular o *layout* da manhã e da tarde são diferentes, estas diferenças refletem-se nos balcões 29 ao 40. Na Figura 149 temos o *layout* para a parte da manhã que utiliza apenas a área em frente aos balcões 29 ao 32 e na Figura 150 temos o *layout* para a parte da tarde, que utiliza toda a área em frente aos balcões 29 ao 40; este *layout* tem como objetivo dar resposta a 8 voos da mesma companhia a decorrer durante a parte da tarde.



Figura 149 - *Layout* proposto para a manhã de segunda-feira da época baixa.



Figura 150 - *Layout* proposto para a tarde de segunda-feira da época baixa.

Na Figura 151 e Figura 152 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respectivamente, para segunda-feira da época baixa. Podemos ver que, mesmo apesar de uma maior afluência de passageiros, foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal. A densidade experienciada e máxima em frente aos balcões 29 ao 32 está um pouco acima do esperado, mas isto deve-se aos *layouts* da manhã e da tarde estarem sobrepostos.



Figura 151 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época baixa - segunda-feira.

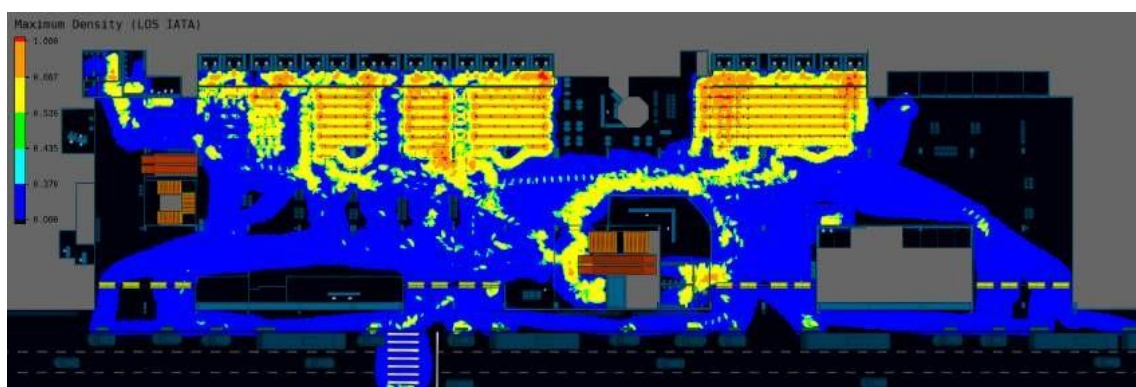


Figura 152 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época baixa - segunda-feira.

Na Tabela 47 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 6 minutos e 18 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 31 minutos e 16 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a segunda-feira da época baixa.

Tabela 47 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época baixa - segunda-feira.

	Época baixa - segunda-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:06:18
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:31:16

Na Figura 153 temos o *layout* proposto para terça-feira da época baixa.



Figura 153 - *Layout* proposto para terça-feira da época baixa.

Na Figura 154 e Figura 155 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para terça-feira da época baixa. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal sem dificuldade.



Figura 154 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época baixa - terça-feira.

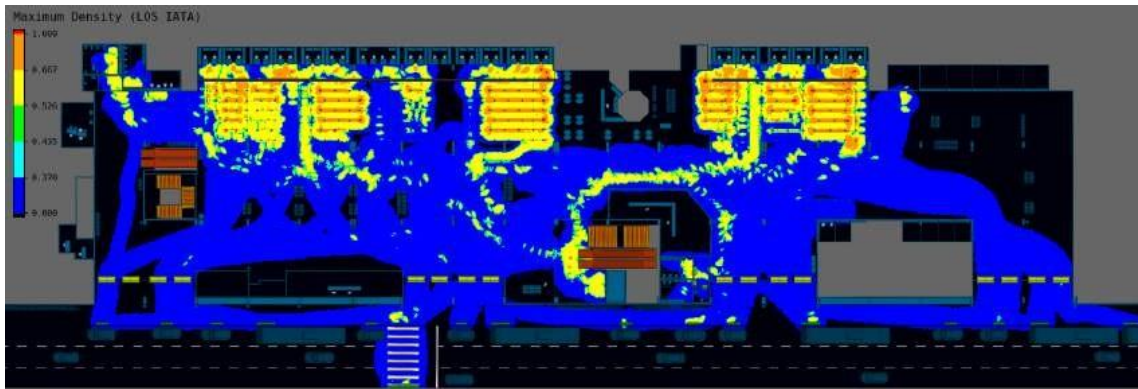


Figura 155 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época baixa - terça-feira.

Na Tabela 48 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 4 minutos e 49 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 31 minutos e 47 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a terça-feira da época baixa.

Tabela 48 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época baixa - terça-feira.

	Época baixa - terça-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:04:49
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:31:47

Na Figura 156 temos o *layout* proposto para quarta-feira da época baixa. Como já vimos anteriormente, é um dia com poucos voos e uma baixa afluência de passageiros.

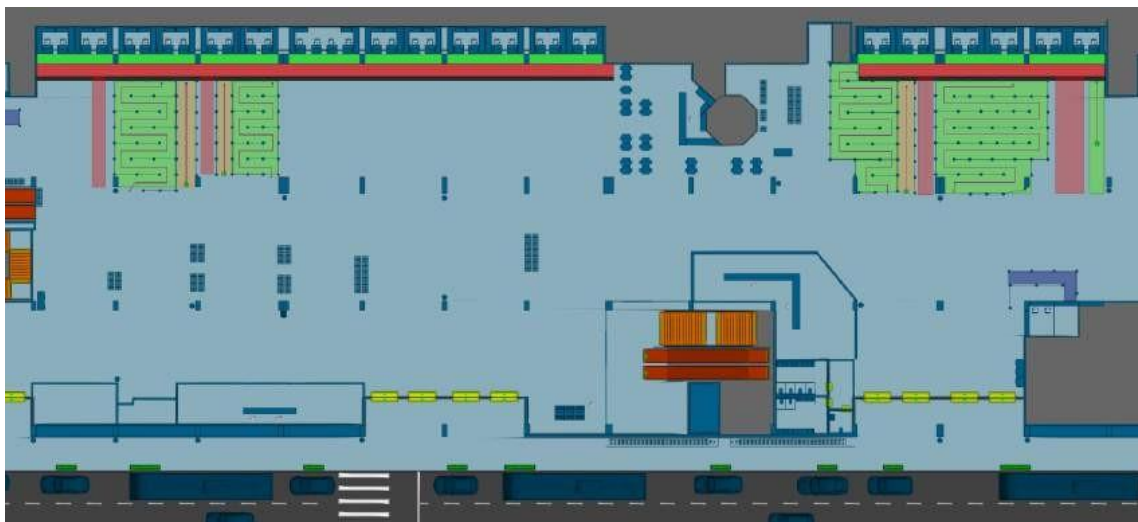


Figura 156 - *Layout* proposto para quarta-feira da época baixa.

Na Figura 157 e Figura 158 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para quarta-feira da época baixa. Uma vez que a afluência de passageiros foi baixa, podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal sem dificuldade.



Figura 157 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época baixa - quarta-feira.

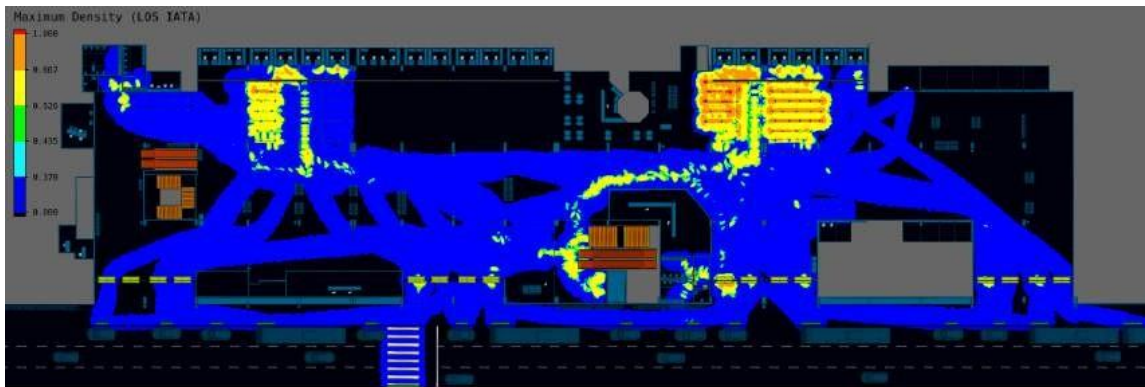


Figura 158 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época baixa - quarta-feira.

Tabela 49 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época baixa - quarta-feira.

	Época baixa - quarta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:04:11
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:27:27

Na Tabela 49 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 4 minutos e 11 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 27 minutos e 27 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quarta-feira da época baixa.

Na Figura 159 temos o *layout* proposto para quinta-feira da época baixa.



Figura 159 - *Layout* proposto para quinta-feira da época baixa.

Na Figura 160 e Figura 161 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para quinta-feira da época baixa. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 160 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época baixa - quinta-feira.

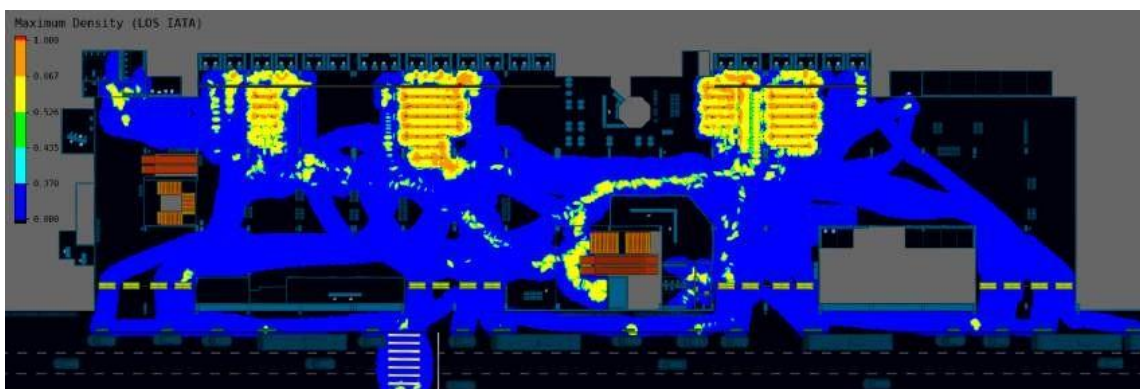


Figura 161 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época baixa - quinta-feira.

Na Tabela 50 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 4 minutos e 30 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 24 minutos e 08 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quinta-feira da época baixa.

Tabela 50 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época baixa - quinta-feira.

	Época baixa - quinta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:04:30
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:24:08

Na Figura 162 temos o *layout* proposto para sexta-feira da época baixa.



Figura 162 - *Layout* proposto para sexta-feira da época baixa.

Na Figura 163 e Figura 164 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para sexta-feira da época baixa. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 163 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época baixa - sexta-feira.



Figura 164 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época baixa - sexta-feira.

Na Tabela 51 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 2 minutos e 31 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 25 minutos e 26 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sexta-feira da época baixa.

Tabela 51 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época baixa - sexta-feira.

	Época baixa - sexta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:02:31
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:25:26

Na Figura 165 temos o *layout* proposto para sábado da época baixa.



Figura 165 - *Layout* proposto para sábado da época baixa.

Na Figura 166 e Figura 167 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para sábado da época baixa. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 166 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época baixa - sábado.

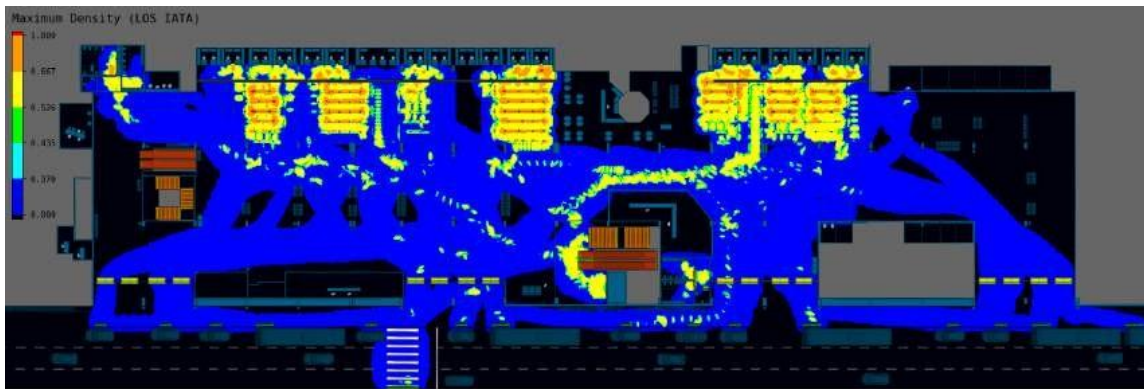


Figura 167 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época baixa - sábado.

Na Tabela 52 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 3 minutos e 11 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 27 minutos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sábado da época baixa.

Tabela 52 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época baixa - sábado.

	Época baixa - sábado
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:03:11
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:27:00

## Semana de Época Alta

Na Figura 168 temos o *layout* proposto para domingo da época alta.



Figura 168 - *Layout* proposto para domingo da época alta.

Na Figura 169 e Figura 170 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respectivamente, para domingo da época alta. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 169 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época alta - domingo.



Figura 170 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época alta - domingo.

Na Tabela 53 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 3 minutos e 30 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 27 minutos e 38 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a domingo da época alta.

Tabela 53 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época alta - domingo.

	Época alta - domingo
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:03:30
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:27:38

Na Figura 171 temos o *layout* proposto para segunda-feira da época alta.



Figura 171 - *Layout* proposto para segunda-feira da época alta.

Na Figura 172 e

Figura 173 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para domingo da época alta. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal, no entanto podemos observar algum congestionamento na entrada para a fila para os balcões 21 ao 28; nestes balcões passaram 992 passageiros em aproximadamente 3 horas divididos em 5 voos, sendo que a fila para todos estes voos é comum, originado em alguns períodos de tempo alguma afluência acima do que o *layout* suporta, como podemos observar na Figura 174, mas sem causar grandes constrangimentos.



Figura 172 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época alta - segunda-feira.

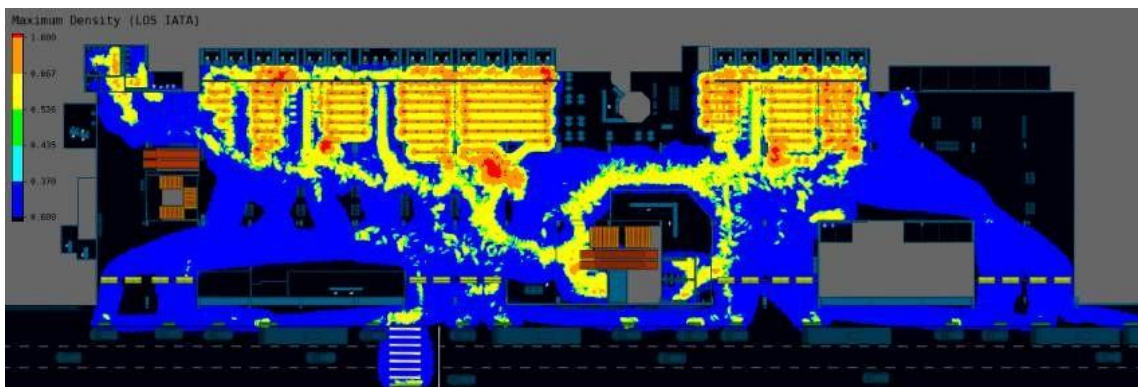


Figura 173 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época alta - segunda-feira.

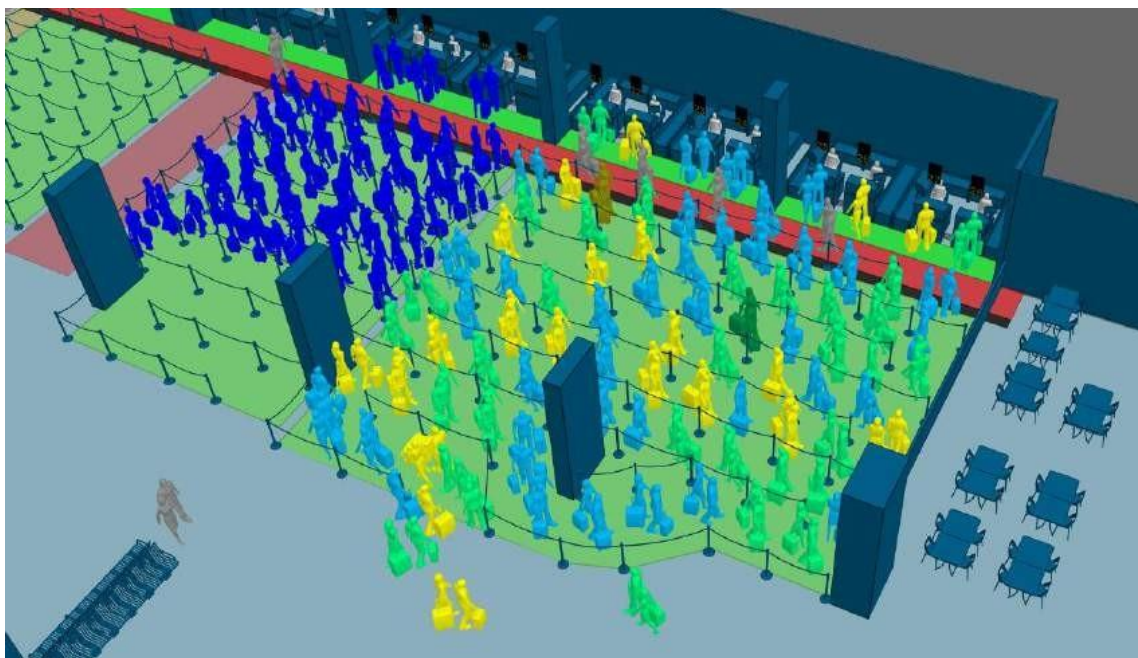


Figura 174 - Fila comum para os balcões 21 a 28 - segunda-feira da época alta.

Na Tabela 54 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 8 minutos e 32 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 45 minutos e 48 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a segunda-feira da época alta.

Tabela 54 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época alta - segunda-feira.

	Época alta - segunda-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:08:32
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:45:48

Na Figura 175 temos o *layout* proposto para terça-feira da época alta.



Figura 175 - *Layout* proposto para terça-feira da época alta.

Na Figura 176 e Figura 177 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para terça-feira da época alta. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 176 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época alta - terça-feira.

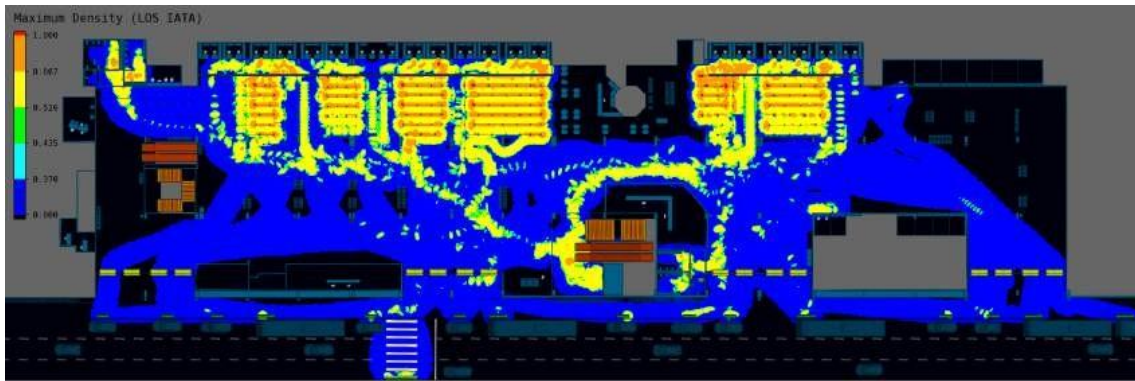


Figura 177 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época alta - terça-feira.

Na Tabela 55 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 5 minutos e 28 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 38 minutos e 50 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a terça-feira da época alta.

Tabela 55 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época alta - terça-feira.

	Época alta - terça-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:05:28
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:38:50

Na Figura 178 temos o *layout* proposto para quarta-feira da época alta.

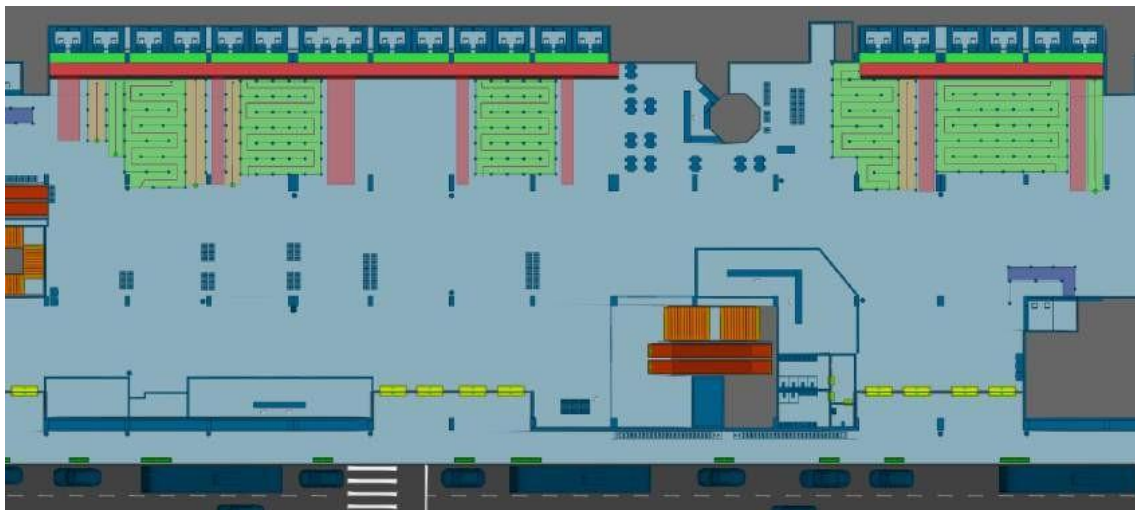


Figura 178 - *Layout* proposto para quarta-feira da época alta.

Na Figura 179 e Figura 180 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para quarta-feira da época alta. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 179 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época alta - quarta-feira.

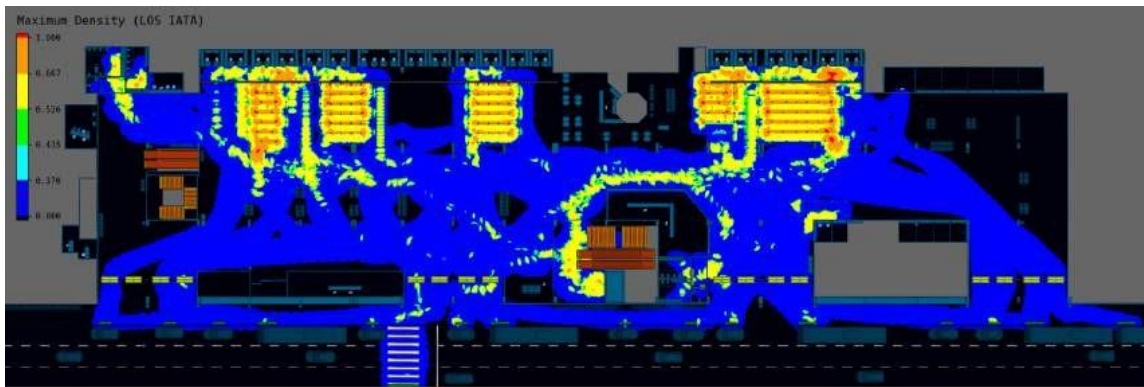


Figura 180 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época alta - quarta-feira.

Na Tabela 56 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 05 minutos e 50 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 25 minutos e 14 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quarta-feira da época alta.

Tabela 56 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época alta - quarta-feira.

	Época alta - quarta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:05:50
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:25:14

Na Figura 181 e Figura 182 temos os *layouts* propostos para a segunda-feira da época alta. Neste caso particular o *layout* da manhã e da tarde têm uma ligeira alteração em frente aos balcões 20 ao 28. Na Figura 181 temos o *layout* para a parte da manhã que utiliza apenas a área em frente aos balcões 25 ao 28 com apenas uma fila económica, na Figura 182 temos o *layout* para a parte da tarde, que utiliza toda a área em frente aos balcões 20 ao 28, tendo uma fila para passageiros em executiva ou business e outra fila para económica. Este *layout* tem como objetivo dar resposta a 6 voos da mesma companhia a decorrer durante a parte da tarde, com um total de 1091 passageiros distribuídos por aproximadamente 4 horas.



Figura 181 - *Layout* proposto para a manhã de quinta-feira da época alta.



Figura 182 - *Layout* proposto para a tarde de quinta-feira da época alta.

Na Figura 183 e Figura 184 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para quinta-feira da época alta. Podemos observar que, mesmo apesar de uma maior afluência de passageiros, é possível pôr na grande maioria dos voos todos os passageiros no último terço do terminal, com exceção dos 6 voos com 1091 passageiros, pois não é possível organizar todos os passageiros no último terço do terminal, causando assim algum congestionamento momentâneo próximo da entrada da fila económica. Podemos observar outro pequeno congestionamento verificado na fila económica para os balcões 5, 6 e 7, mas muito ligeiro. Estes congestionamentos são difíceis de evitar uma vez que não há mais área disponível para distribuir os passageiros destes voos sem que se invada a área de *check-in* de outros voos; neste caso estamos perante um congestionamento de infraestrutura e de balcões de *check-in*.



Figura 183 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época alta - quinta-feira.

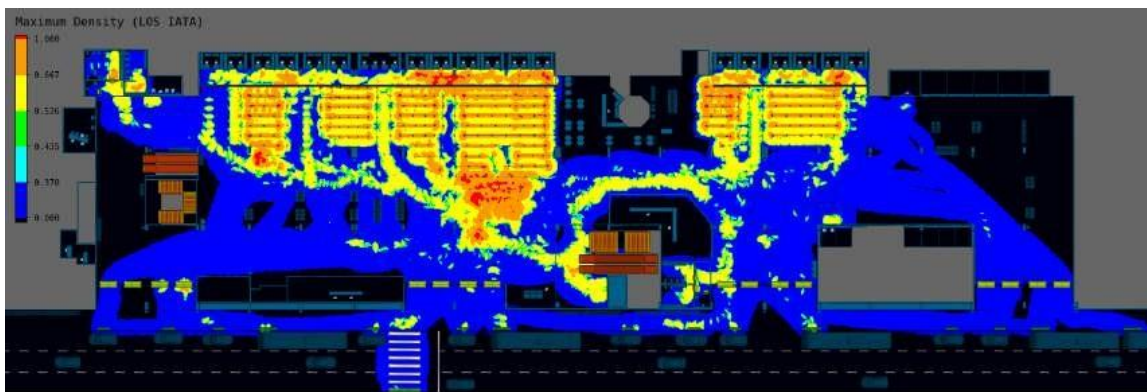


Figura 184 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época alta - quinta-feira.

Na Tabela 57 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 7 minutos e 9 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 44 minutos e 36 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quinta-feira da época alta.

Tabela 57 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época alta - quinta-feira.

	Época alta - quinta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:07:09
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:44:36

Na Figura 185 temos o *layout* proposto para sexta-feira da época alta.



Figura 185 - *Layout* proposto para sexta-feira da época alta.

Na Figura 186 e Figura 187 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para sexta-feira da época alta. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 186 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época alta - sexta-feira.

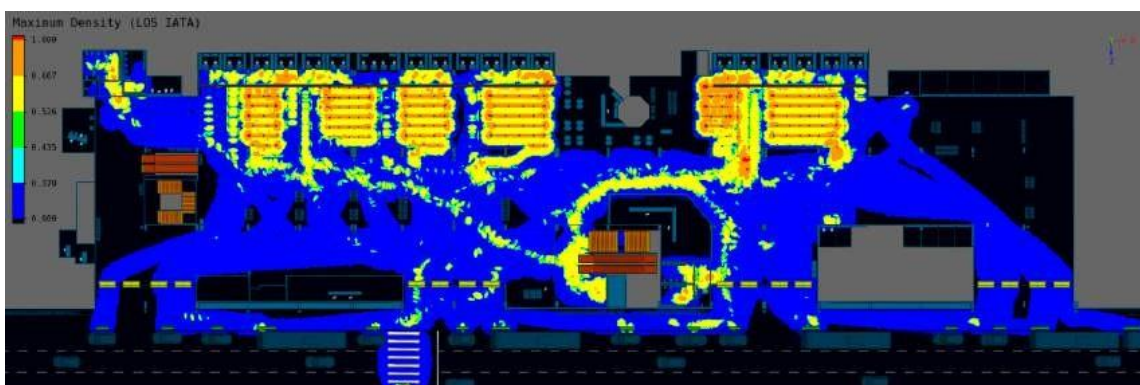


Figura 187 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época alta - sexta-feira.

Na Tabela 58 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 7 minutos e 04 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 39 minutos e 50 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sexta-feira da época alta.

Tabela 58 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época alta - sexta-feira.

	Época alta - sexta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:07:04
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:39:50

Na Figura 188 temos o *layout* proposto para sábado da época alta.

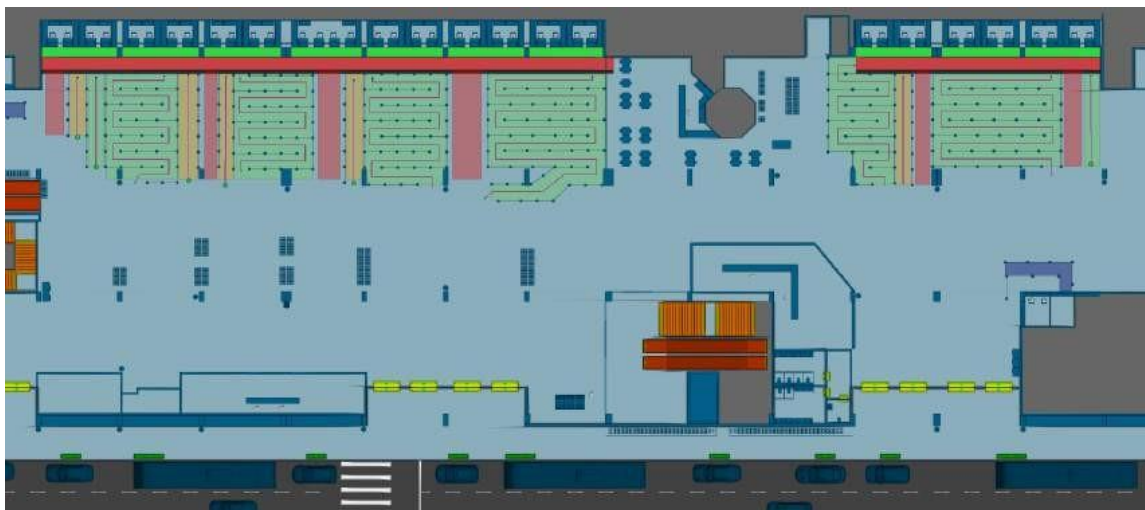


Figura 188 - *Layout* proposto para sábado da época alta.

Na Figura 189 e Figura 190 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para sábado da época alta. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 189 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Época alta - sábado.

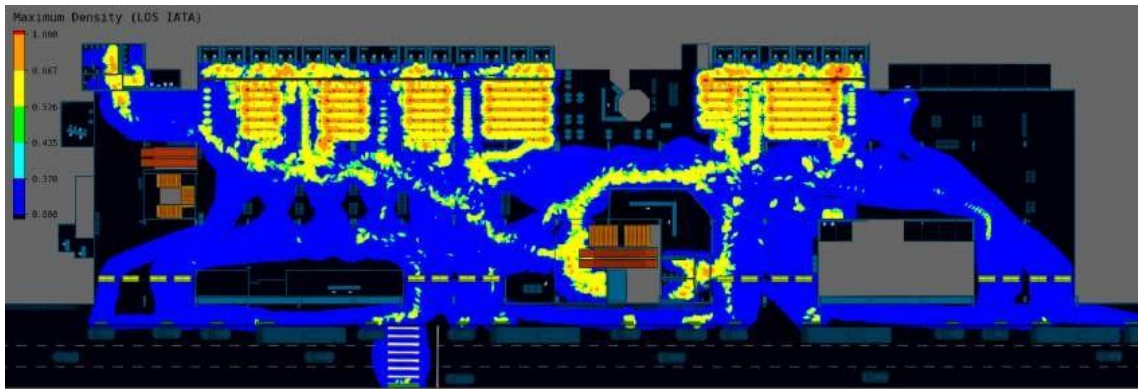


Figura 190 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Época alta - sábado.

Na Tabela 59 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 7 minutos e 32 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 47 minutos e 21 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sábado da época alta.

Tabela 59 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Época alta - sábado.

	Época alta - sábado
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:05:43
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:40:33

#### Semana de Pico

Na Figura 191 temos o *layout* proposto para domingo da semana de pico.



Figura 191 - *Layout* proposto para domingo da semana de pico.

Na Figura 192 e Figura 193 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para domingo da semana de pico. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 192 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - domingo.



Figura 193 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - domingo.

Na Tabela 60 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 6 minutos e 45 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 36 minutos e 30 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a domingo da semana de pico.

Tabela 60 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Semana de pico - domingo.

	Semana de pico - domingo
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:06:45
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:36:30

Para a segunda-feira da semana de pico são propostos 4 *layouts* diferentes ao longo do dia. Tendo em conta que é o dia com mais movimento de passageiros na zona das partidas, terá de ser feito um ajuste em algumas filas para dar resposta ao número total de voos, como iremos ver nas próximas 4 figuras.

Na Figura 194 temos o *layout* proposto para segunda-feira da semana de pico até às 10h45m.



Figura 194 - *Layout* proposto para segunda-feira da semana de pico até às 10h45m.

Na Figura 195 temos o *layout* proposto para segunda-feira da semana de pico das 10h45m às 12h00. Podemos ver que a alteração efetuada é em frente aos balcões 29 ao 33. É necessário criar duas filas económicas e 2 filas executivas para 2 voos distintos que ocorrem a esta hora. Os restantes *layouts* permanecem iguais.



Figura 195 - *Layout* proposto para segunda-feira da semana de pico das 10h45m às 12h00m.

Na Figura 196 temos o *layout* proposto para segunda-feira da semana de pico das 12h00m às 14h30m. As alterações efetuadas são em frente aos balcões 16 ao 28 e em frente aos balcões 31 ao 40. No primeiro caso, temos uma fila única que está compreendida entre os balcões 19 ao 28 para dar resposta a vários voos da mesma companhia. No segundo caso, é mantida a fila em frente aos balcões 29 e 30 e em frente aos balcões 31 ao 40 é criada uma fila única para dar resposta a vários voos da mesma companhia.



Figura 196 - *Layout* proposto para segunda-feira da semana de pico das 12h00m às 14h30m.

Na Figura 197 temos o *layout* proposto para segunda-feira da semana de pico a partir das 14h30m. As alterações efetuadas são em frente aos balcões 16 ao 28 e em frente aos balcões 29 ao 40. No primeiro caso, são criados 3 *layouts*, todos com fila económica e executiva, a dimensão das filas tem em conta o número de passageiros esperados para cada voo. No segundo caso, a fila em frente aos balcões 29 e 30 é ligeiramente aumentada até ao balcão 32, e é criada uma fila única em frente aos balcões 35 ao 37. Este *layout* é utilizado até ao final do dia, sendo capaz de dar resposta a todos os voos.



Figura 197 - *Layout* proposto para segunda-feira da semana de pico a partir das 14h30m.

Na Figura 198 e Figura 199 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para segunda-feira da semana de pico. Uma vez que a densidade do *layout* alterado entre as 10h45m e as 12h00 é baixo, podemos juntar estes resultados no mesmo mapa dos *layouts* anteriores. Podemos observar que a zona mais crítica está localizada na fila para os balcões 16 ao 21, onde há um pequeno congestionamento na entrada para a fila; nestes balcões não foi possível organizar todos os passageiros no último terço do terminal, tendo que

ser utilizada a área até aproximadamente a meio do terminal. Não sendo possível organizar de outra forma uma vez que todos os balcões adjacentes estão a ser utilizados, neste caso estamos perante um congestionamento de infraestrutura.



Figura 198 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - segunda-feira até às 12h00m.

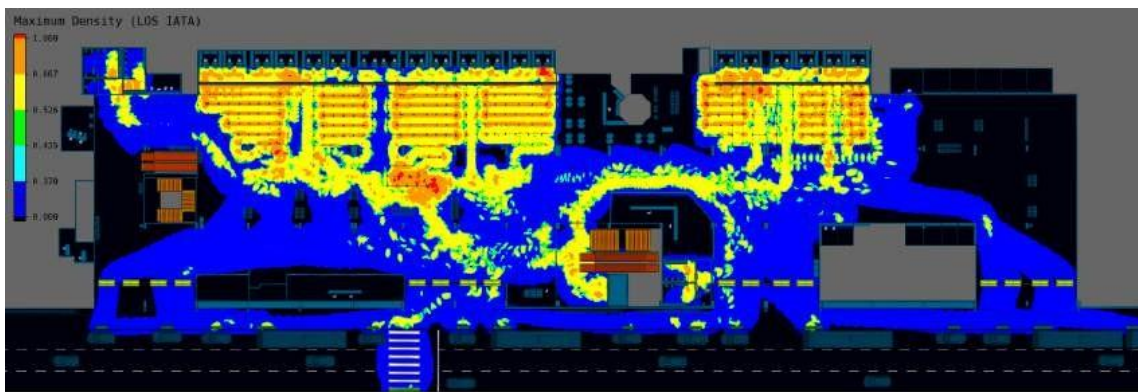


Figura 199 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - segunda-feira até às 12h00m.

Na Figura 200 e Figura 201 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para segunda-feira da semana de pico entre as 12h00 e as 14h30m. Podemos observar que neste intervalo, que com o *layout* proposto é possível organizar os passageiros no último terço do terminal, tendo apenas uma pequena exceção em frente aos balcões 31 ao 40 onde é necessário utilizar um pouco mais de área para conseguir organizar todos os passageiros; há também um ligeiro congestionamento na entrada para a fila destes balcões.



Figura 200 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - segunda-feira das 12h00m às 14h30m.



Figura 201 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - segunda-feira das 12h00m às 14h30m.

Na Figura 202 e Figura 203 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para segunda-feira da semana de pico a partir das 14h30m.



Figura 202 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - segunda-feira a partir das 14h30m.

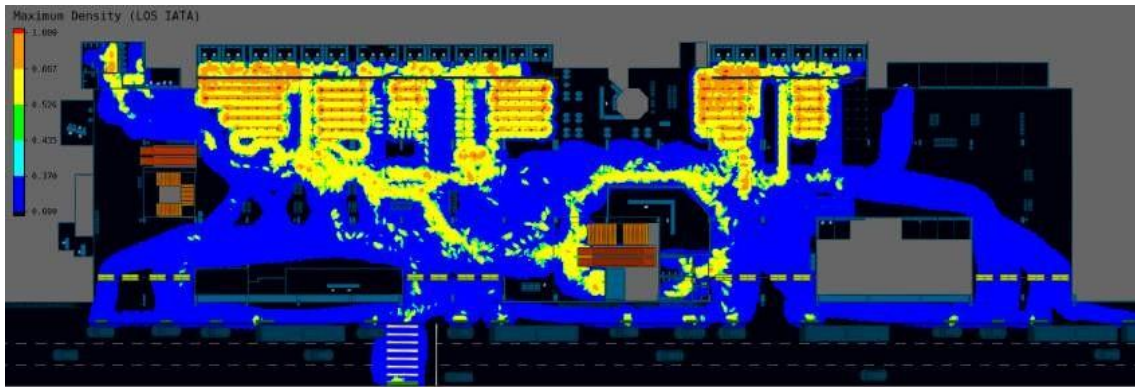


Figura 203 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - segunda-feira a partir das 14h30m.

Na Tabela 61 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 6 minutos e 45 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 35 minutos e 44 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a segunda-feira da semana de pico.

Tabela 61 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Semana de pico - segunda-feira.

	Semana de pico - segunda-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:06:45
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:35:44

Na terça-feira da semana de pico também haverá alteração de *layouts* ao longo do dia, no entanto estas alterações serão bastante ligeiras e sem grandes mudanças como iremos ver nas duas próximas figuras.

Na Figura 204 e Figura 205 temos os dois *layouts* propostos para terça-feira da semana de pico. A única alteração que existe entre os dois *layouts* está presente nas filas em frente aos balcões 16 ao 19 e entre os balcões 23 ao 28. No *layout* da Figura 204 temos em ambos os casos 2 filas, uma económica e uma executiva, e no *layout* da Figura 205 não existem filas executivas, apenas uma fila económica. Esta é a alteração que existe entre os dois *layouts*. Estes *layouts* são alternados durante o dia, dependendo da característica dos passageiros de cada voo a efetuar o *check-in*.



Figura 204 - *Layout* número 1 proposto para terça-feira da semana de pico.



Figura 205 - *Layout* número 2 proposto para terça-feira da semana de pico.

Na Figura 206 e Figura 207 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respectivamente, para terça-feira da semana de pico. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço. Nas entradas de algumas filas podemos verificar algum congestionamento, mas bastante ligeiro.



Figura 206 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - terça-feira.

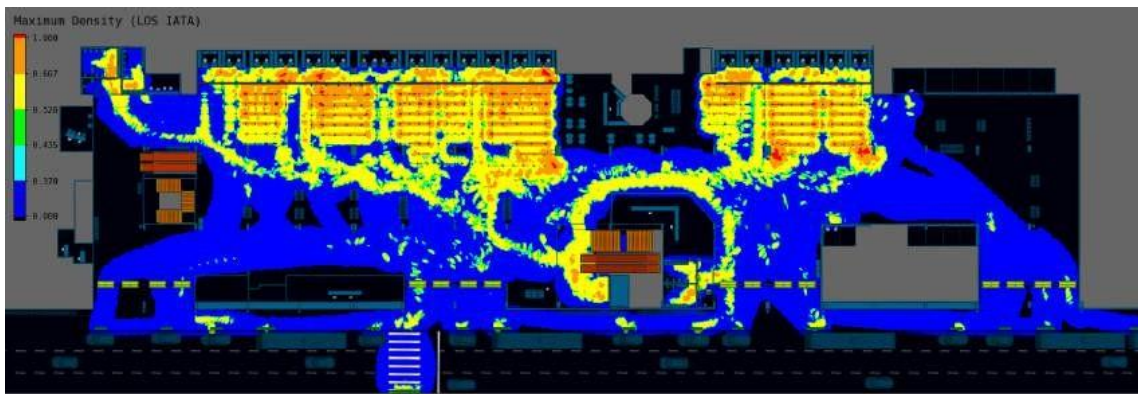


Figura 207 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - terça-feira.

Na Tabela 62 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 6 minutos e 1 segundo e tempo máximo de espera em fila que é de 32 minutos e 25 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a terça-feira da semana de pico.

Tabela 62 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Semana de pico - terça-feira.

	Semana de pico - terça-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:06:01
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:32:25

Na Figura 208 temos o *layout* proposto para quarta-feira da semana de pico.



Figura 208 - *Layout* proposto para quarta-feira da semana de pico.

Na Figura 209 e Figura 210 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para quarta-feira da semana de pico. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 209 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - quarta-feira.

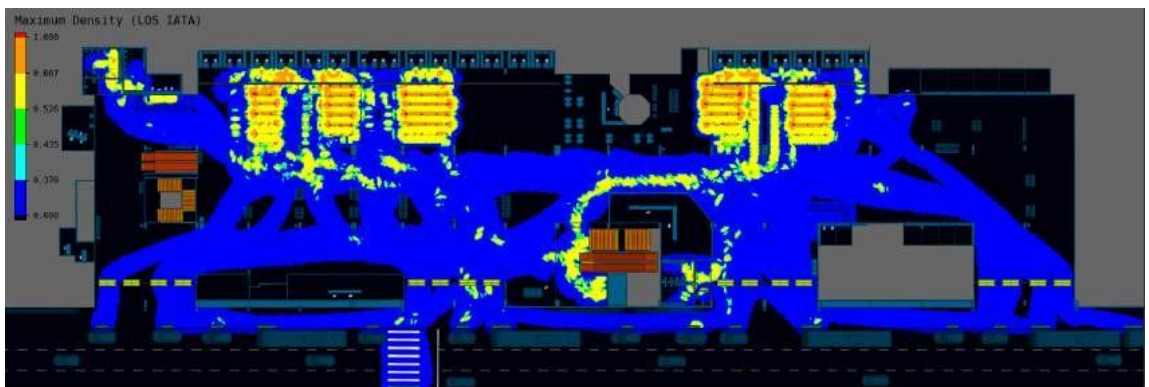


Figura 210 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - quarta-feira.

Na Tabela 63 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 5 minutos e 38 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 35 minutos e 53 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quarta-feira da semana de pico.

Tabela 63 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Semana de pico - quarta-feira.

	Semana de pico - quarta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:05:38
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:35:53

Na Figura 211 temos o *layout* proposto para quinta-feira da semana de pico.

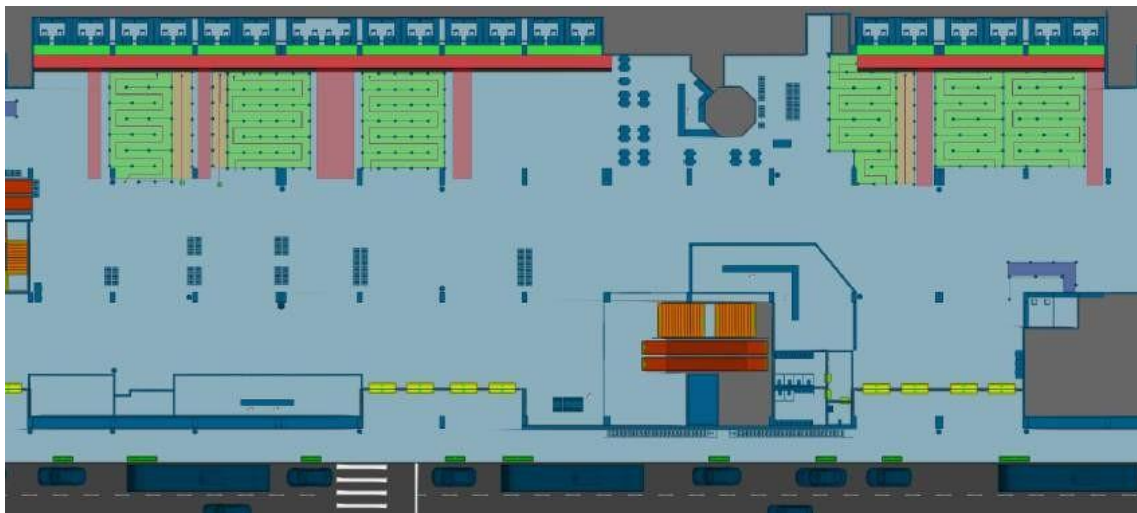


Figura 211 - *Layout* proposto para quinta-feira da semana de pico.

Na Figura 212 e Figura 213 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para quinta-feira da semana de pico. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 212 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - quinta-feira.

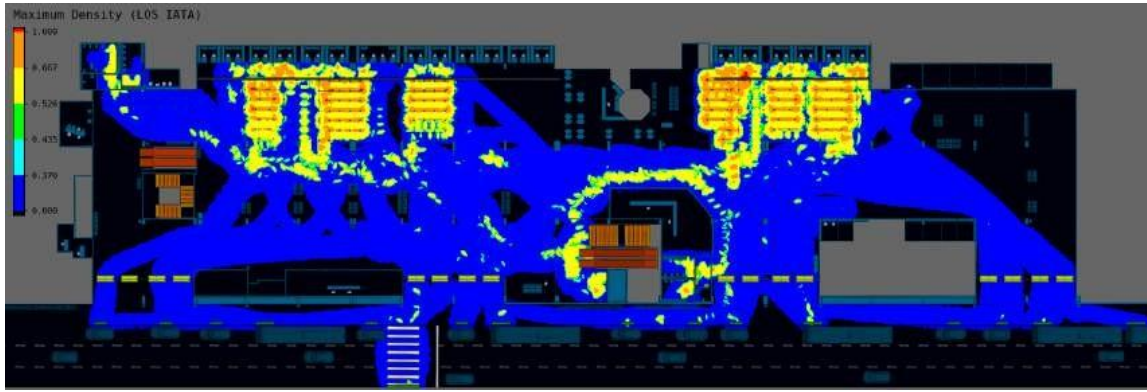


Figura 213 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - quinta-feira.

Na Tabela 64 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 6 minutos e 32 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 30 minutos e 05 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a quinta-feira da semana de pico.

Tabela 64 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Semana de pico - quinta-feira.

	Semana de pico - quinta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:06:32
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:30:05

Na Figura 214 temos o *layout* proposto para sexta-feira da semana de pico.



Figura 214 - *Layout* proposto para sexta-feira da semana de pico.

Na Figura 215 e Figura 216 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para sexta-feira da semana de pico. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 215 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - sexta-feira.

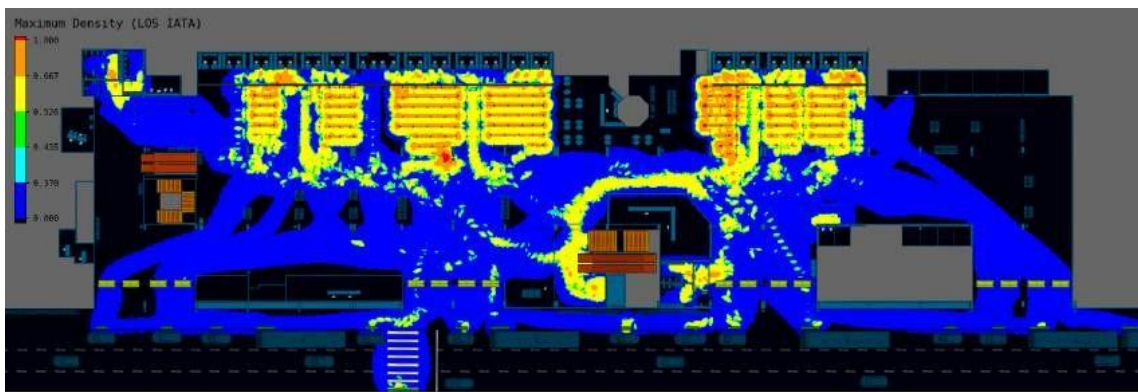


Figura 216 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - sexta-feira.

Na Tabela 65 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 10 minutos e 13 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 35 minutos e 10 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sexta-feira da semana de pico.

Tabela 65 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Semana de pico - sexta-feira.

	Semana de pico - sexta-feira
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:10:13
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:35:10

Na Figura 217 temos o *layout* proposto para sábado da semana de pico.



Figura 217 - *Layout* proposto para sábado da semana de pico.

Na Figura 218 e Figura 219 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para sábado da semana de pico. Podemos ver que foi possível pôr todos os passageiros no último terço do terminal.



Figura 218 - Mapa de densidade experienciada - *Layout* proposto: Pico - sábado.

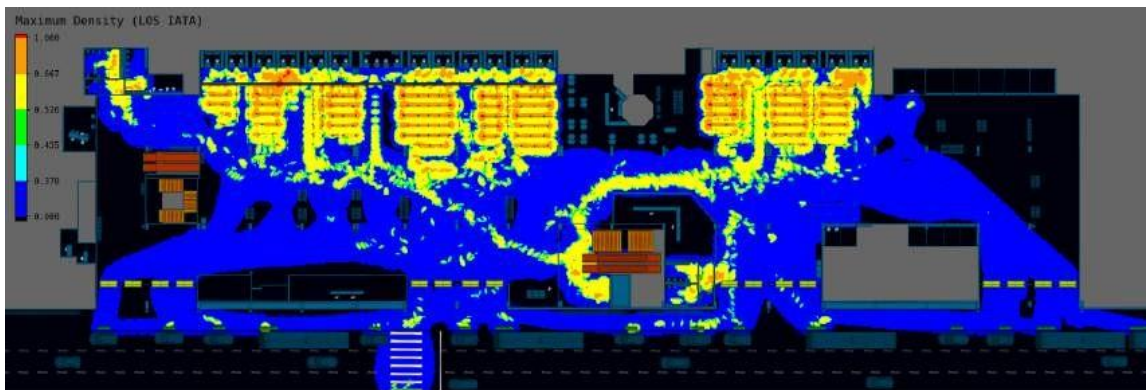


Figura 219 - Mapa de densidade máxima - *Layout* proposto: Pico - sábado.

Na Tabela 66 temos o tempo médio de espera na fila para efetuar o *check-in* que é de 8 minutos e 50 segundos e tempo máximo de espera em fila que é de 36 minutos e 45 segundos, percentil de 90%. Ambos os tempos são respetivos a sábado da semana de pico.

Tabela 66 - Tempos em fila de espera - *Layout* proposto: Semana de pico - sábado.

	Semana de pico - sábado
Tempo médio de espera na fila para o <i>check-in</i>	00:08:50
Tempo máximo de espera na fila para o <i>check-in</i> - percentil 90%	00:36:45

### 3.5.2 Controlo de Segurança

No caso do controlo de segurança iremos abordar primeiramente as soluções propostas para diminuir o tempo de espera e congestionamento no controlo de acesso, seguidamente abordaremos o *layout* proposto para as filas de espera para o controlo de segurança.

Na Figura 220 podemos ver a proposta apresentada para o controlo de acesso: é retirado o controlo manual efetuado por um segurança, são implementadas portas de acesso com controlo automático de modo a que os passageiros consigam efetuar sozinhos o controlo de acesso. A fila A é dedicada aos passageiros com mobilidade reduzida, a fila B é dedicada a passageiros em classe executiva ou com *FastTrack*, e as filas C são dedicadas para os restantes passageiros.

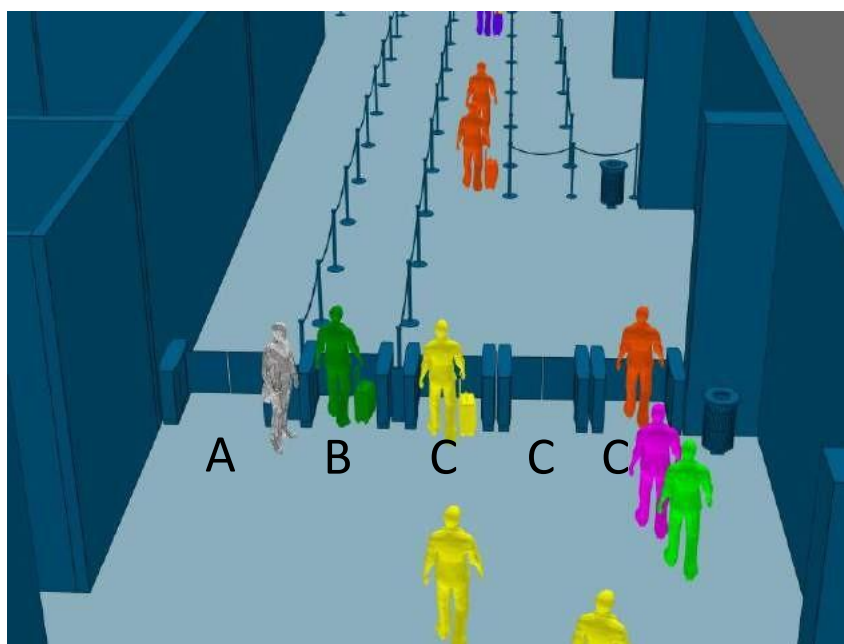


Figura 220 - Proposta de controlo de acesso para as filas de espera do controlo de segurança.

Na Figura 221 e Figura 222 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para o *layout* proposto do controlo de acesso. Podemos observar que há algum congestionamento nas filas C, isto deve-se a estas filas serem as mais utilizadas uma vez que são para os passageiros em económica que são a larga maioria.

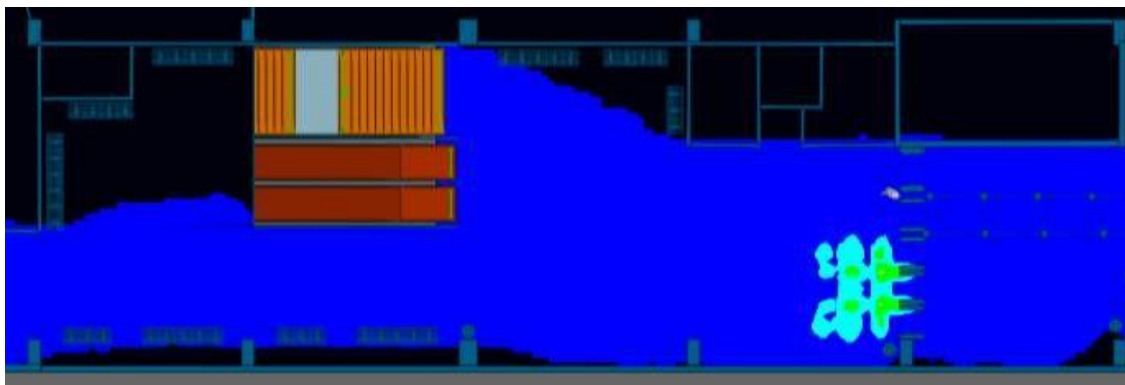


Figura 221 - Mapa de densidade experienciada para o *layout* proposto. Piso 3: Controlo de acesso.

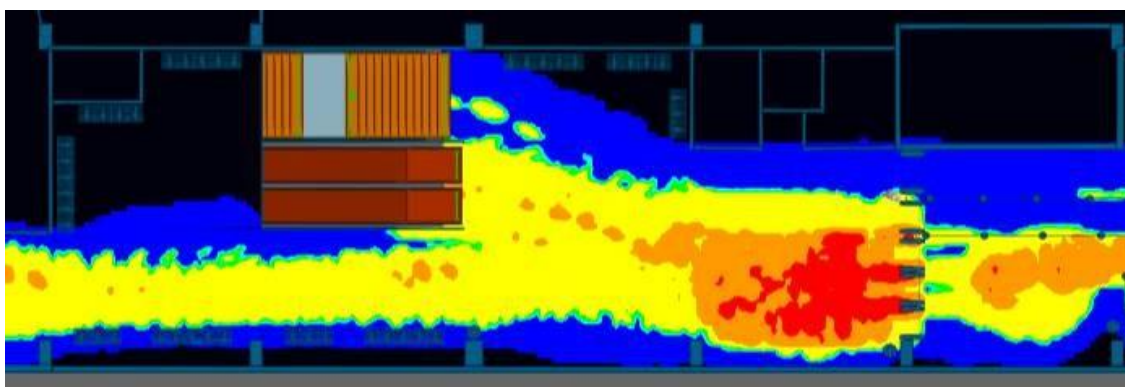


Figura 222 - Mapa de densidade máxima para o *layout* proposto. Piso 3: Controlo de acesso.

Na Tabela 67 temos o tempo médio de espera na fila o controlo de acesso que é de 7 segundos para as filas dos passageiros em económica, e um tempo máximo de espera em fila que é de 13 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros em executiva e com *FastTrack* o tempo médio é de 6 segundos e um tempo máximo de espera em fila que é de 8 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros com mobilidade reduzida o tempo médio é de 6 segundos em fila e o tempo máximo é de 8 segundos, percentil de 90%.

Tabela 67 - Tempos em fila de espera para o controlo de acesso no *layout* proposto.

	Económica	Executiva/ <i>FastTrack</i>	PMR
Tempo médio de espera na fila para o controlo de acesso	00:00:07	00:00:06	00:00:06
Tempo máximo de espera na fila para o controlo de acesso - percentil 90%	00:00:13	00:00:08	00:00:08

Na Figura 223 temos o *layout* proposto para o controlo de segurança e para as filas do controlo de segurança. Foi efetuada uma rotação de 90 graus em todas as linhas de segurança de modo a distância entre as linhas fosse maior, com 4,5 metros como é recomendado pela IATA. Temos a linha 1 dedicada a passageiros com mobilidade reduzida e também para executiva na ausência de passageiros com mobilidade reduzida, a linha 2 para passageiros em executiva e as restantes linhas para passageiros em económica. As linhas 1 e 2 também podem

ser utilizadas por estes em caso de ausência de passageiros com mobilidade reduzida e em executiva.

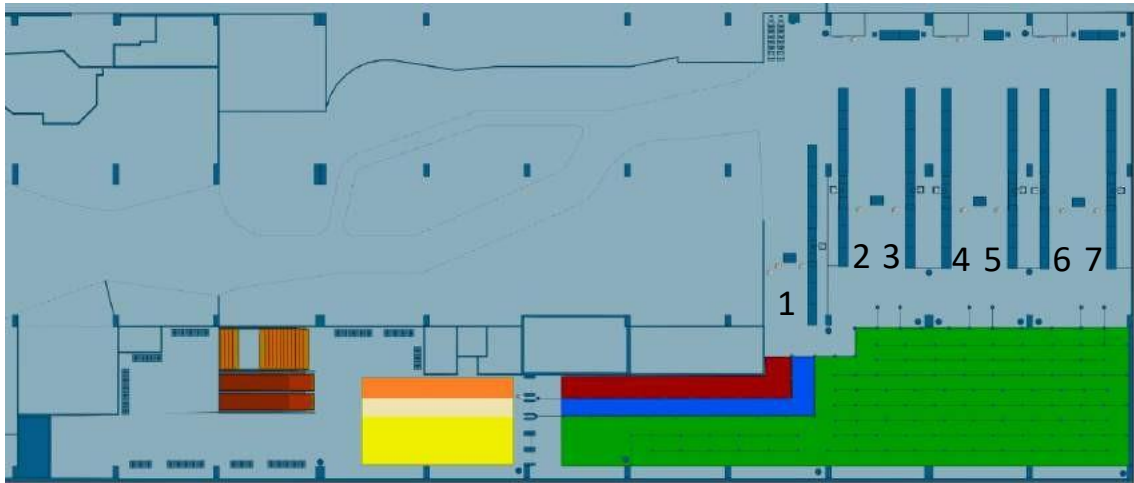


Figura 223 - Filas propostas para o controle de acesso e para o controle de segurança.

Na Figura 223 podemos ainda ver como são organizadas as filas para o controle de segurança, a fila com a cor bordeaux é para os passageiros com mobilidade reduzida, dando acesso direto à linha 1 de segurança, a fila com cor azul é para os passageiros com prioridade, como por exemplo *FastTrack*, executiva etc.; esta fila dá acesso à linha 1 e 2, caso a linha 1 esteja ocupada com passageiros com mobilidade reduzida, os passageiros com prioridade são encaminhados para a linha 2, a fila com a cor verde é para os restantes passageiros que normalmente são encaminhados para as linhas 3 à 7, e em caso de não haver passageiros nas linhas 1 e 2 também podem ser encaminhados para estas linhas, como podemos observar na Figura 224.

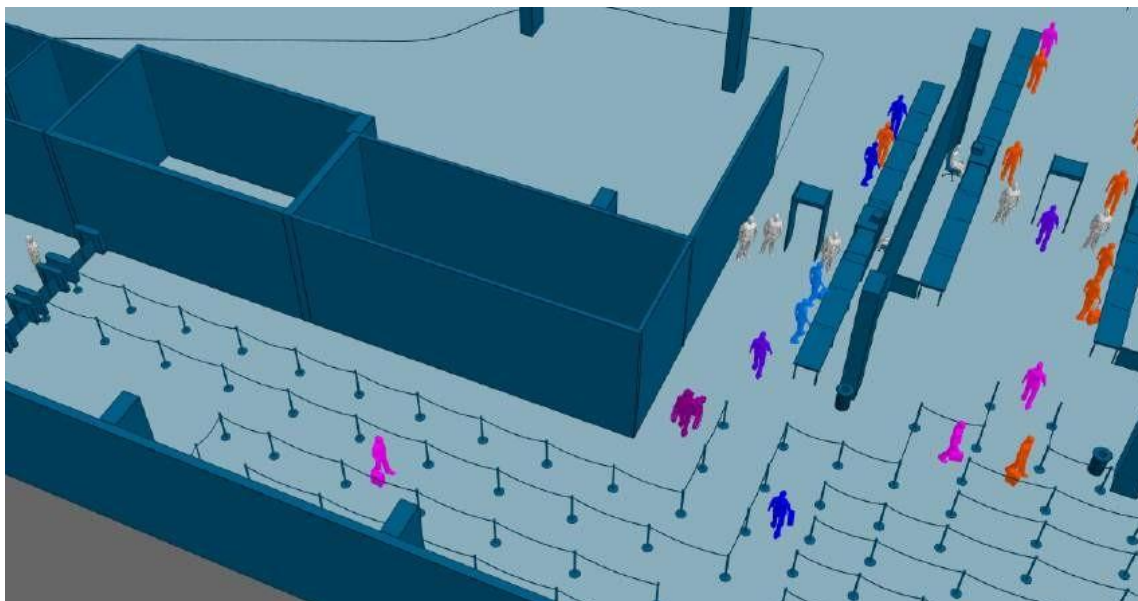


Figura 224 - Filas para o controle de segurança no *layout* proposto.

Na Figura 224 podemos ver também a divisão física existente entre as linhas 1 e 2, esta divisão física é necessária para não haver possibilidade de cruzamento de passageiros que já estão no lado-ar com passageiros que ainda estão em lado-terra.

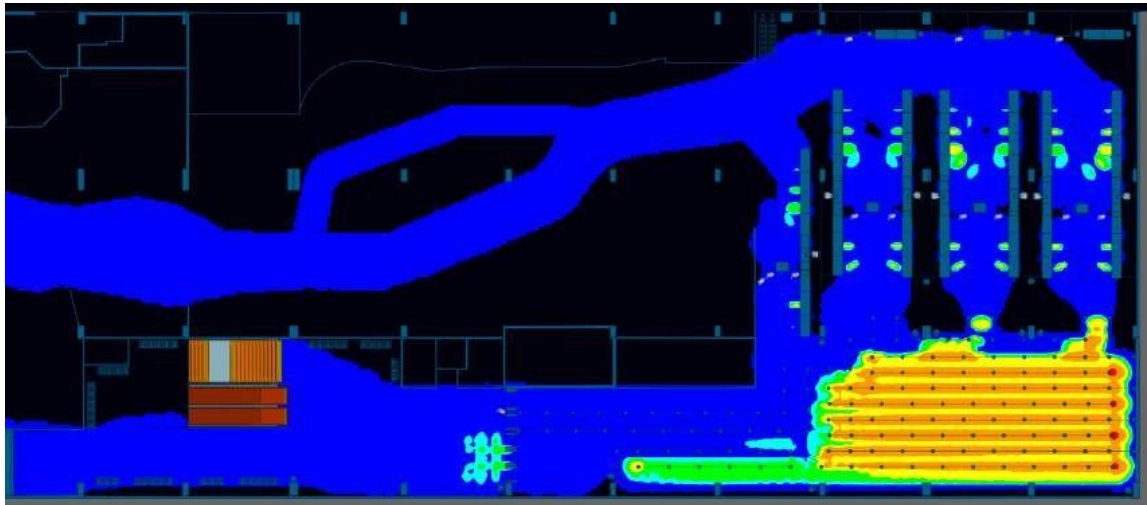


Figura 225 - Mapa de densidade experienciada. Piso 3: Filas do *layout* proposto para o controlo de segurança.

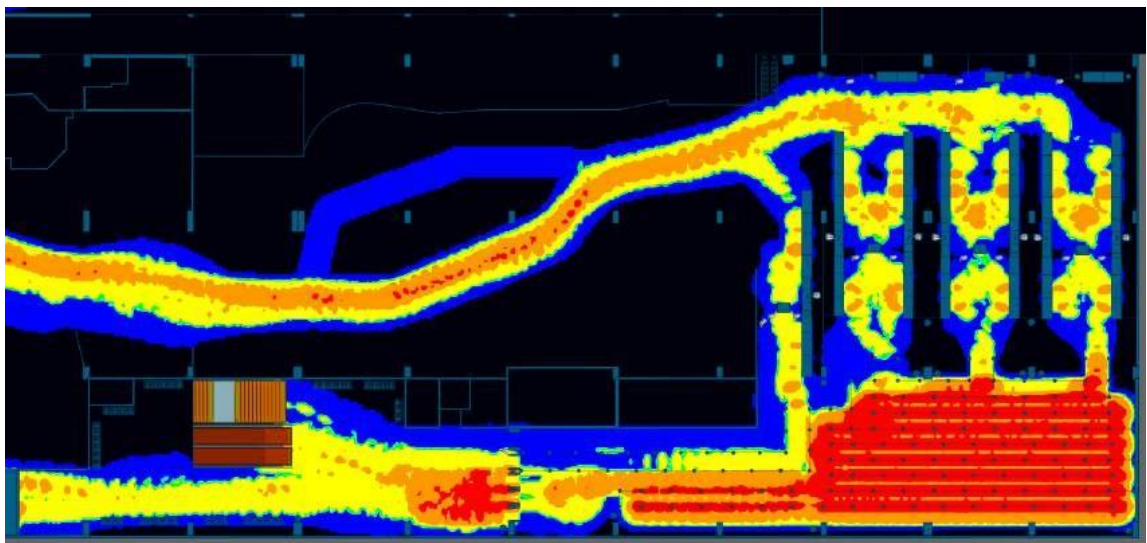


Figura 226 - Mapa de densidade máxima. Piso 3: Filas do *layout* proposto para o controlo de segurança.

Na Figura 225 e Figura 226 temos os mapas de densidade experienciada e densidade máxima respetivamente, para o *layout* proposto no controlo de segurança. Podemos observar que as áreas das filas de espera estão de acordo com o recomendado pela IATA, que como já vimos no capítulo 2 para o controlo de segurança é de 1 m<sup>2</sup> por passageiro.

Na Tabela 68 temos o tempo médio de espera na fila o controlo de segurança que é de 2 minutos e 3 segundos para a fila dos passageiros em económica, e o tempo máximo de espera em fila de 5 minutos e 30 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros em executiva, com

*FastTrack* o tempo médio de espera é de 25 segundos e o tempo máximo de espera em fila de 33 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros com mobilidade reduzida o tempo médio é de 44 segundos e o tempo máximo de espera em fila é de 45 segundos, percentil de 90%.

Tabela 68 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança no *layout* proposto.

	Económica	Executiva/ <i>FastTrack</i>	PMR
Tempo médio de espera na fila para o controlo de segurança	00:02:03	00:00:25	00:00:44
Tempo máximo de espera na fila para o controlo de segurança - percentil 90%	00:05:30	00:00:33	00:00:45

### 3.5.3 Piso 2 - Alterações Propostas - Geral

Neste subcapítulo iremos abordar as principais alterações propostas para o piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira, para que nos capítulos seguintes consigamos perceber o enquadramento de cada uma das alterações propostas em cada fase distinta.



Figura 227 - Principais alterações propostas para o piso 2.

Na Figura 227 podemos ver várias alterações propostas, começando pelas vias de circulação é proposta a eliminação de uma das vias de circulação ficando apenas duas vias para circulação alternada, representadas a azul e a amarelo, e uma via que servirá de estacionamento para os autocarros quando o embarque se faça deste modo, esta via está assinalada a verde. A próxima alteração é o aumento do terminal aeroportuário em aproximadamente 650 m<sup>2</sup>, este aumento de área é possível aproveitando os 4,5 m da via de circulação que foi retirada, chegando assim todo o terminal para mais próximo da placa. Este aumento fará com que seja possível criar salas de pré-embarque dentro do terminal, assinaladas a preto na Figura 227 e Figura 228, estas salas podem ser a alternativa para os pré-embarques que são efetuados para os autocarros. Iremos abordar este assunto em maior detalhe no subcapítulo 3.5.5 quando falarmos do embarque.

O controlo de fronteira também foi alterado, tendo sido nas partidas que sofreu a maior alteração, para que fosse possível criar o canal de desembarque *Schengen*. No subcapítulo 3.5.4 iremos detalhar esta mudança.



Figura 228 - Salas de embarque propostas no novo *layout*.

Na Figura 228 podemos ainda observar as áreas de embarque para cada tipo de passageiro. A área vermelha será utilizada exclusivamente para embarques *Schengen*, possui 11 portas de embarque, sendo que 5 delas têm sala de pré-embarque. A área verde é uma sala mista, que poderá ser utilizada para embarque *Schengen* ou não-*Schengen* dependendo do número de passageiros por dia de cada tipo; esta sala possui 4 portas de embarque, sendo que duas delas têm salas de pré-embarque. A área azul é uma sala exclusivamente utilizada para embarques não-*Schengen*, possui 3 portas de embarque, sendo que 2 delas têm sala de pré-embarque. A área amarela é uma sala de trânsito, que poderá ser utilizada para embarque não-*Schengen* quando a sala não estiver a ser utilizada como sala de trânsito; esta sala possui 2 portas de embarque não tendo qualquer uma delas sala de pré-embarque. No total temos 20 portas de embarque, 9 delas com sala de pré-embarque.

É proposto também a criação de um novo corredor de desembarque *Schengen*, para que deste modo seja possível desembarcar estes passageiros a pé, desde o A02 ao A06 sem que haja cruzamento com embarque de passageiros não-*Schengen*; este corredor está assinalado com a cor azul escura na Figura 229. A criação deste corredor é feita retirando a porta de embarque número 1 e utilizando esta porta para o desembarque *Schengen*.

Podemos ainda observar nesta figura outro canal de desembarque *Schengen* assinalado com a cor azul-clara, que apenas deve ser utilizado quando não estão a ocorrer desembarques não-*Schengen* e embarques não *Schengen* nas portas de embarque da sala de trânsito. A área amarela é a sala de desembarque não-*Schengen* onde é feito o controlo de fronteira, a sala tem mais 100 m<sup>2</sup> de área e o espaço está feito de modo a poder ser utilizada com maior eficiência como iremos ver no subcapítulo seguinte, 3.5.4.



Figura 229 - Corredores de desembarque *Schengen* e não-*Schengen* propostos.

### 3.5.4 Controlo de Fronteira

Para o controlo de fronteira utilizaremos o mesmo método da secção 3.4.3 que consiste em analisar separadamente o processo de controlo de fronteira das partidas e das chegadas.

#### Controlo de Fronteira - Partidas

Na Figura 230 temos as filas propostas para o controlo de fronteira das partidas. As filas de espera para o controlo convencional formam-se na área vermelha, e as filas para o controlo automático na área verde. O corredor assinalado com a seta amarela será usado para o desembarque *Schengen*, como vimos no subcapítulo anterior, 3.5.3 e será também abordado em maior detalhe mais à frente quando falarmos do desembarque.

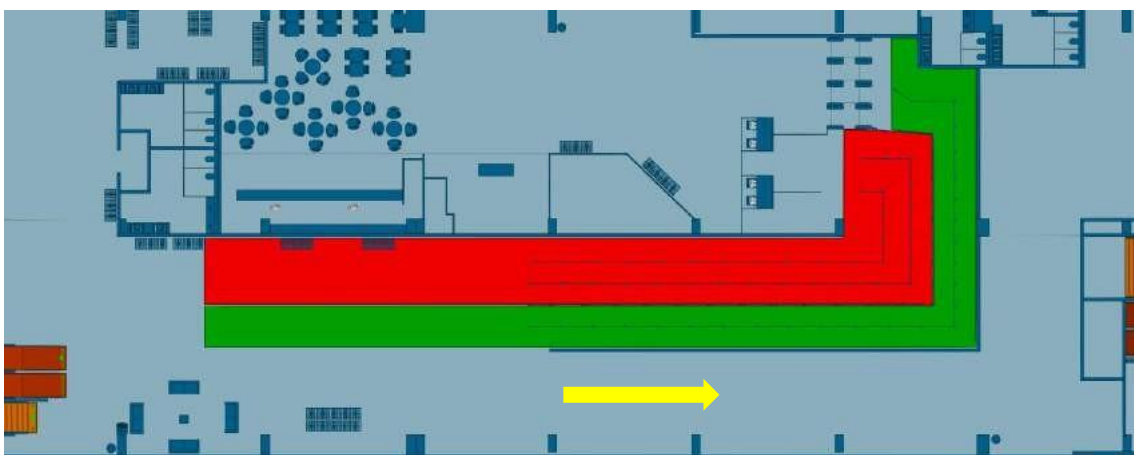


Figura 230 - Filas propostas para o controlo de fronteira - partidas.

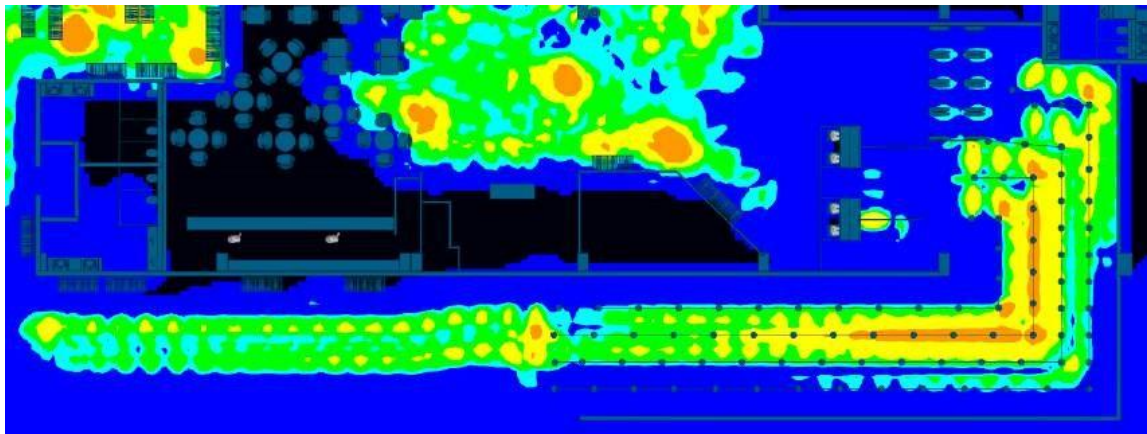


Figura 231 - Mapa de densidade experienciada. Piso 2: Filas do *layout* proposto para o controlo de fronteira.

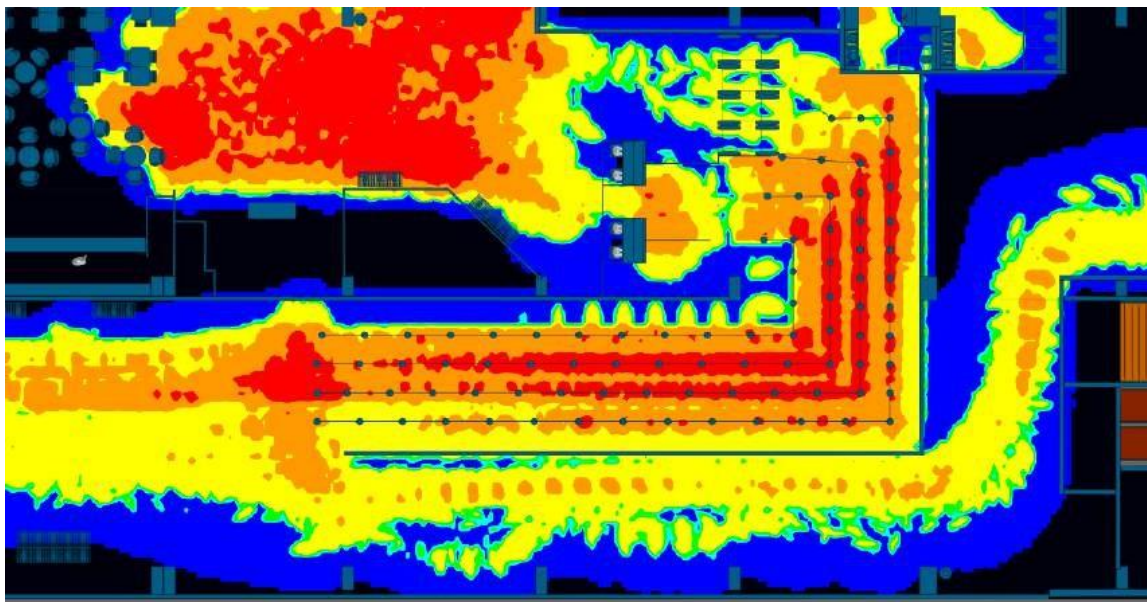


Figura 232 - Mapa de densidade máxima. Piso 2: Filas do *layout* proposto para o controlo de fronteira.

Na Figura 231 e Figura 232 temos o mapa de densidade experienciada e o mapa de densidade máxima, respetivamente. Como podemos constatar o controlo convencional é onde há uma maior afluência, chegando por vezes a ter uma fila com um comprimento considerável.

Tabela 69 - Tempos em fila de espera para o controlo de fronteira no *layout* proposto - partidas.

	Convencional	Automático
Tempo médio de espera na fila para o controlo de fronteira	00:08:10	00:01:47
Tempo máximo de espera na fila para o controlo de fronteira - percentil 90%	00:20:35	00:04:27

Na Tabela 69 temos o tempo médio de espera na fila para o controlo de fronteira convencional que é de 8 minutos e 10 segundos e o tempo máximo de espera em fila para este controlo é de 20 minutos e 35 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros que fazem o

controlo de fronteira pelo modo automático, o tempo médio de espera em fila é de 1 minuto e 47 segundos e o tempo máximo é de 4 minutos e 27 segundos, percentil de 90%.

#### Controlo de Fronteira - Chegadas

Na Figura 233 temos as filas propostas para o controlo de fronteira das partidas. A mudança efetuada foi relativamente à fila para o controlo automático, passamos de 4 filas para 1 fila única para os quatro postos de controlo automático; esta mudança permite aproveitar a área da sala mais eficientemente e dando mais espaço para a entrada na sala.

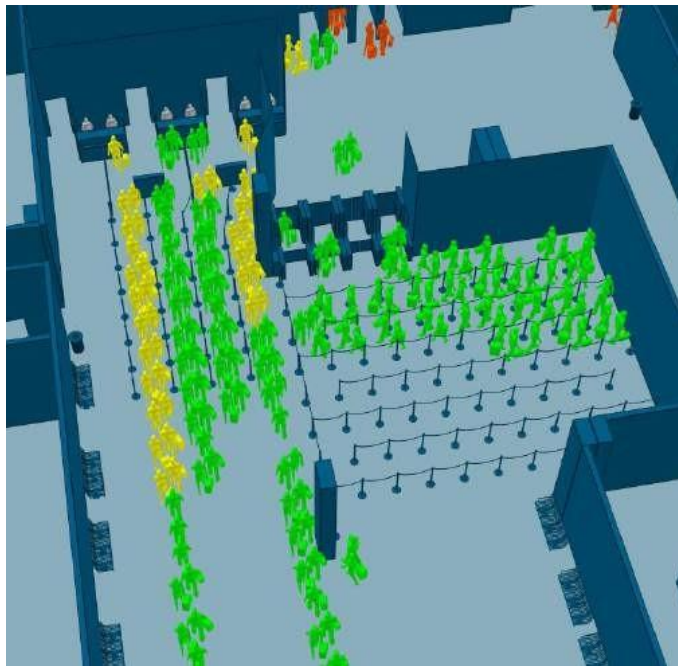


Figura 233 - *Layout* proposto para as filas de espera no controlo de fronteira - chegadas.

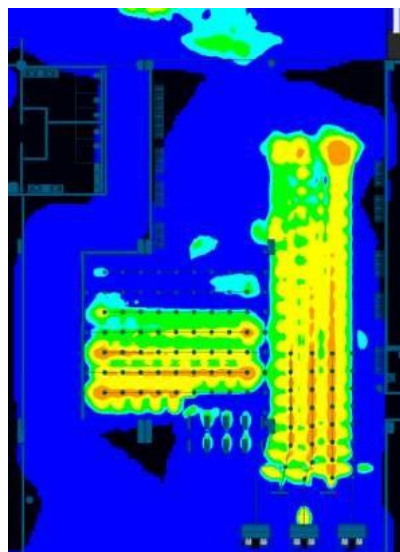


Figura 234 - Mapa de densidade experienciada. Piso 2: *Layout* proposto para o controlo de fronteira - Chegadas.

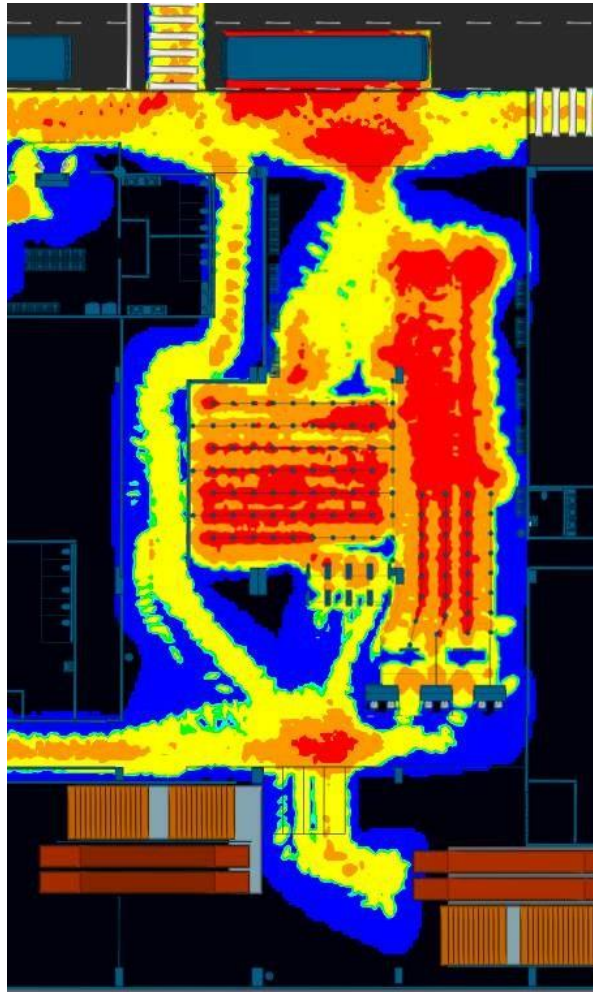


Figura 235 - Mapa de densidade máxima. Piso 2: *Layout* proposto para o controle de fronteira - Chegadas.

Na Figura 234 e Figura 235 temos o mapa de densidade experienciada e o mapa de densidade máxima, respectivamente. Como podemos constatar é no controlo convencional que há uma maior afluência, no entanto os passageiros têm mais espaço para se poderem acomodar dentro da sala.

Tabela 70 - Tempos em fila de espera para o controlo de segurança no *layout* proposto - chegadas.

	Convencional	Automático
Tempo médio de espera na fila para o controlo de fronteira	00:07:46	00:04:59
Tempo máximo de espera na fila para o controlo de fronteira - percentil 90%	00:12:35	00:08:16

Na Tabela 70 temos o tempo médio de espera na fila para o controlo de fronteira convencional que é de 7 minutos e 46 segundos e o tempo máximo de espera em fila para este controlo é de 12 minutos e 35 segundos, percentil de 90%. Para os passageiros que fazem o controlo de fronteira pelo modo automático, o tempo médio de espera em fila é de 4 minutos e 59 segundos e o tempo máximo é de 8 minutos e 16 segundos, percentil de 90%.

### 3.5.5 Embarque

No embarque houve alterações significativas ao número de portas de embarque. Como vimos na secção 3.4.4, as portas de embarque que dão acesso à placa em alguns casos são duas portas que efetivamente é apenas uma porta. Para resolver este problema, é sugerida a divisão destas portas, como vemos no exemplo da Figura 236.



Figura 236 - Novas portas de embarque sugeridas.

Com esta divisão de portas, resolvemos o problema de cruzamento de passageiros após o controlo de embarque que havia anteriormente.

O *handler* pode agora efetuar o embarque em qualquer uma das portas sem ter de se preocupar com o facto de a porta de embarque interior convirja para uma única porta na parte exterior.

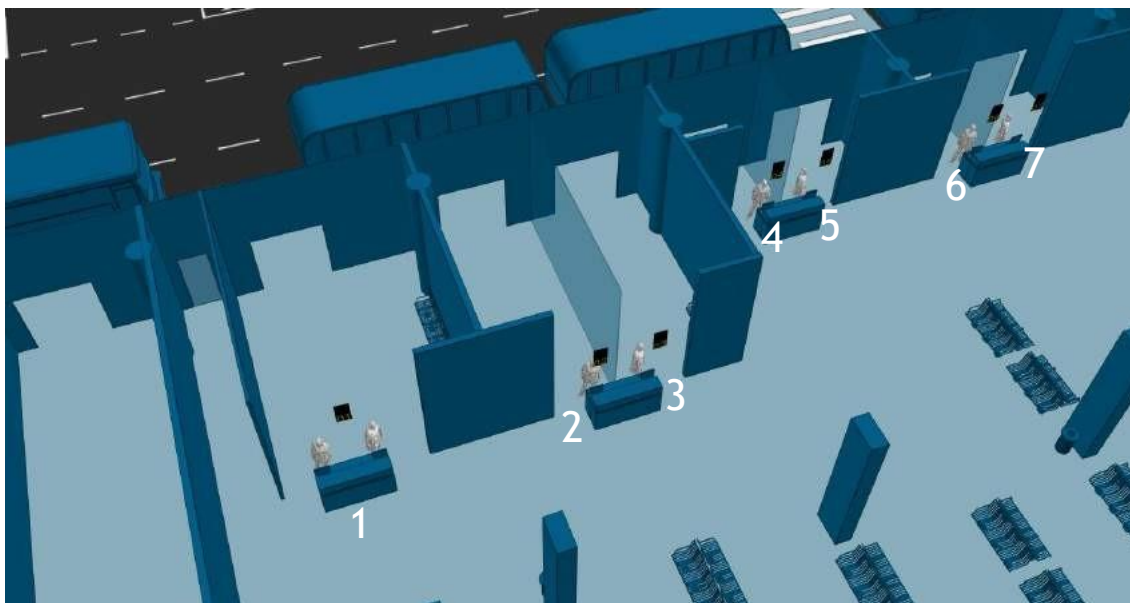


Figura 237 - Balcões de embarque propostos com porta individual.

Na Figura 237 podemos ver que as portas 3 e 4 e as portas 5 e 6 já dispõem de uma porta única para cada um dos balcões, podendo o *handler* usar qualquer uma destas portas para um voo diferente.

No total temos 20 portas de embarque, 11 portas exclusivamente para embarques *Schengen*, 5 para embarques não-*Schengen* e 4 portas mistas, que poderão ser usadas para embarque *Schengen* ou embarque não-*Schengen* dependendo da quantidade de passageiros destes dois tipos.



Figura 238 - Salas de pré-embarque propostas.

Na Figura 238 vemos as salas de pré-embarque sugeridas para que não sejam efetuados embarques para os autocarros. A verde temos as 3 salas de pré-embarque da zona *Schengen*, a amarelo temos as duas salas de pré-embarque não-*Schengen* e a azul a sala da zona mista, que poderá ser usada para embarques *Schengen* ou não-*Schengen*.

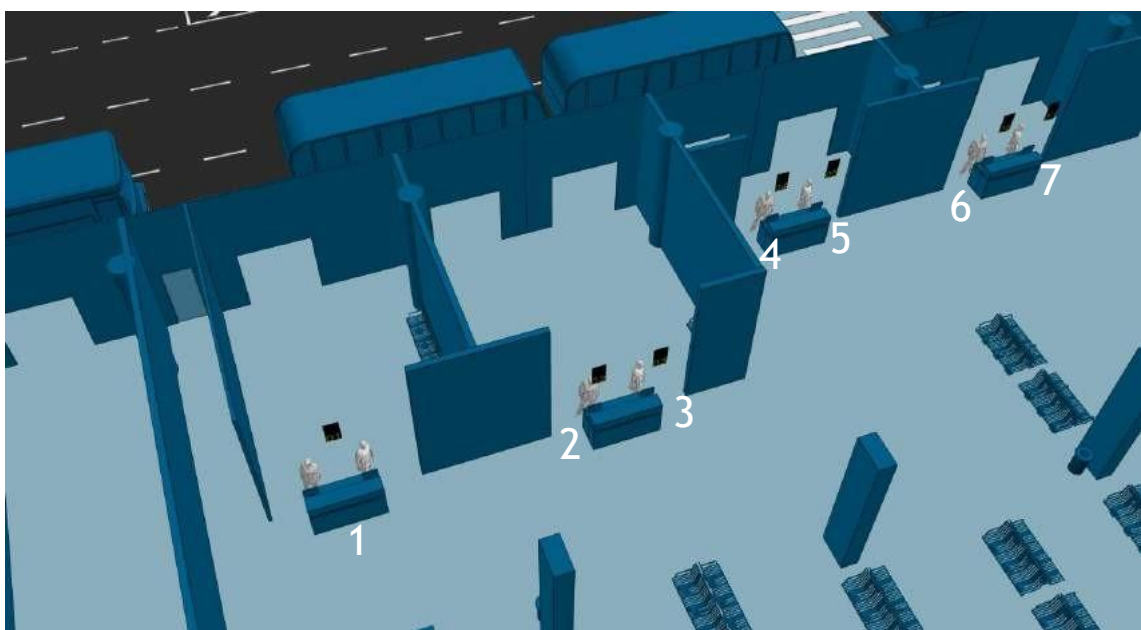


Figura 239 - Balcões de embarque propostos com utilização de várias portas.

Comparando a Figura 237 e a Figura 239, vemos que na Figura 237 há uma barreira a dividir as portas exteriores, já na Figura 239 estas barreiras não existem. Estas barreiras serão barreiras removíveis para que o *handler*, em coordenação com as operações aeroportuárias, possa usar duas portas de embarque para o mesmo voo.

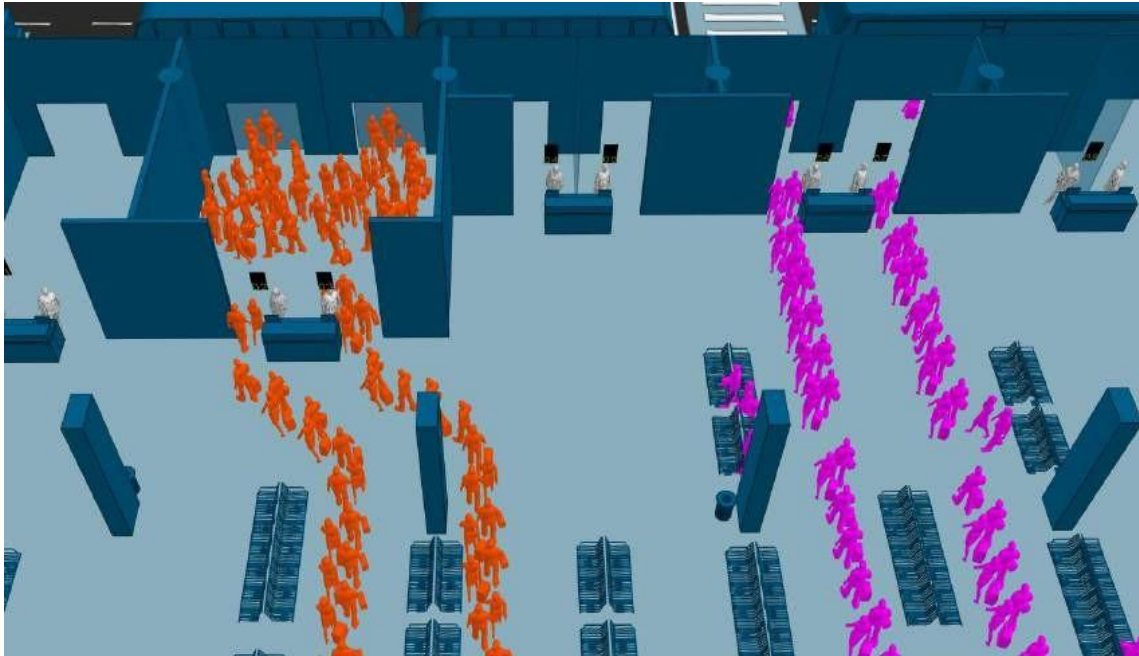


Figura 240 - Embarques com sala de pré-embarque e sem sala de pré-embarque.

Na Figura 240 temos o exemplo de um embarque, a laranja, usando a sala de pré-embarque, e outro embarque, a magenta, sem a utilização de sala de pré-embarque. A grande vantagem da utilização da sala de pré-embarque é a possibilidade de o *handler* conseguir iniciar o embarque dos passageiros assim que a aeronave aterriza, ficando assim com um maior controlo à priori sobre o embarque.

As soluções propostas para tentar evitar o cruzamento de passageiros na trajetória entre a porta de embarque e a aeronave serão abordados na próxima secção.

### 3.5.6 Desembarque

Para o desembarque vamos começar por ver as alterações apresentadas na secção 3.5.3 relativamente à inserção de um novo corredor de desembarque *Schengen*.

Na Figura 241 vemos a azul-escuro o corredor de desembarque *Schengen* proposto junto da porta de embarque 1, a azul claro temos o outro corredor de desembarque *Schengen* junto do desembarque não-*Schengen*.



Figura 241 - Corredores de desembarque *Schengen* propostos.

O principal objetivo do canal de desembarque a azul-escuro, é para que haja a possibilidade dos desembarques dos *stands* A02 ao A06 sejam efetuados sem a necessidade de usar autocarros, quando está a ocorrer um embarque em qualquer uma das portas. Este canal também deve ser utilizado sempre que está a haver um desembarque não-*Schengen*, pois com a proximidade da porta de desembarque *Schengen*, azul-clara, à porta de desembarque não-*Schengen*, a amarelo, não é aconselhável que se façam embarques destes dois tipos de passageiros assim tão próximos. Outra razão para a criação deste novo corredor de desembarque *Schengen* é porque quando está a acontecer embarques não-*Schengen* não é recomendado que se faça desembarques *Schengen* pela proximidade entre as portas.

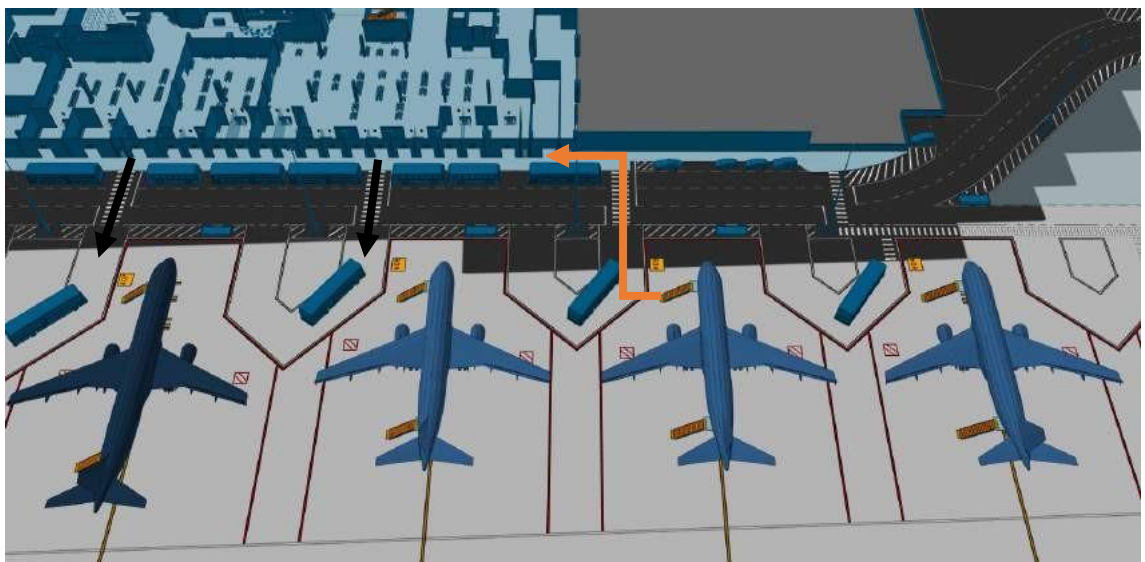


Figura 242 - Desembarque *Schengen* através do novo corredor de desembarque *Schengen*.

Na Figura 242 temos o exemplo de um desembarque *Schengen* feito através do novo corredor; com esta nova possibilidade é possível que seja feito um desembarque do stand A02 ao A05 a pé, enquanto está a decorrer um embarque para o A06 ou A07 por exemplo.

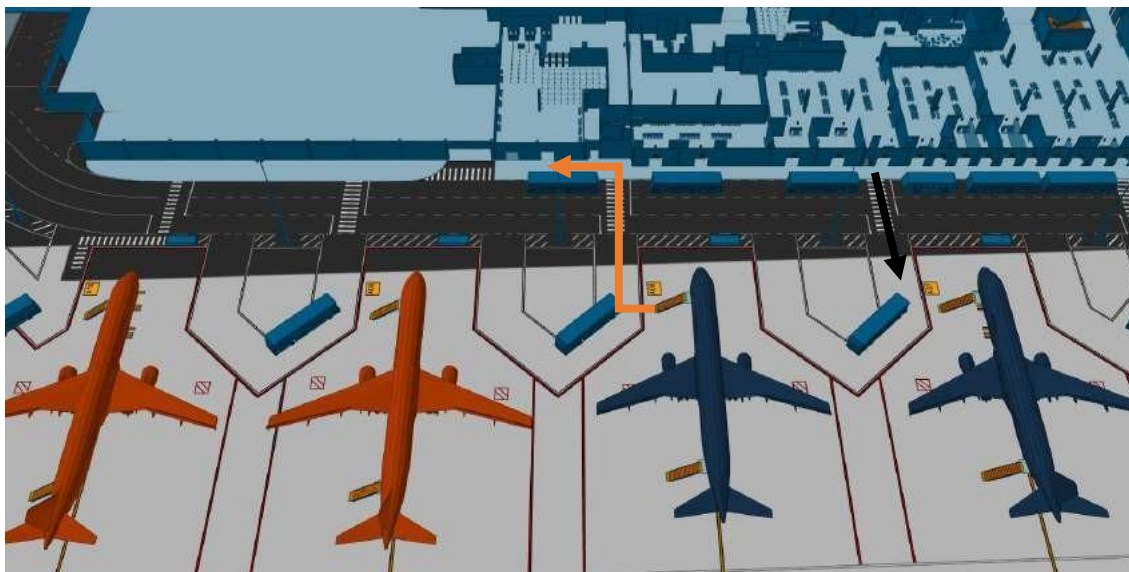


Figura 243 - Desembarque não-Schengen e embarque não-Schengen.

Na Figura 243 vemos o exemplo de um desembarque não-Schengen e um embarque não-Schengen a acontecer ao mesmo tempo. Neste caso, não há qualquer problema em realizar-se o desembarque e o embarque a pé. Caso houvesse um desembarque Schengen para realizar-se, não afetaria a operação destes dois voos, uma vez que poderia realizar-se no novo corredor de desembarque Schengen.

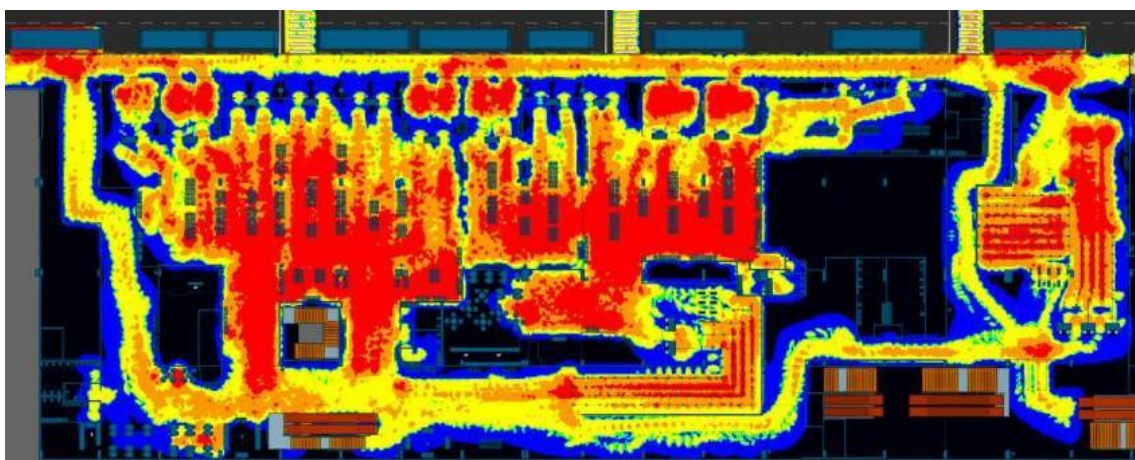


Figura 244 - Mapa de densidade máxima nas portas de desembarque Schengen e não-Schengen para o novo layout - Piso 2.

Na Figura 244 temos o mapa de densidade máxima para o piso 2 do Aeroporto Internacional da Madeira. Com este mapa podemos ver melhor onde foram as áreas que os passageiros frequentaram. Na zona de desembarque não-Schengen podemos constatar que houve uma melhoria significativa quanto à densidade máxima na entrada para a sala de controlo de fronteira.

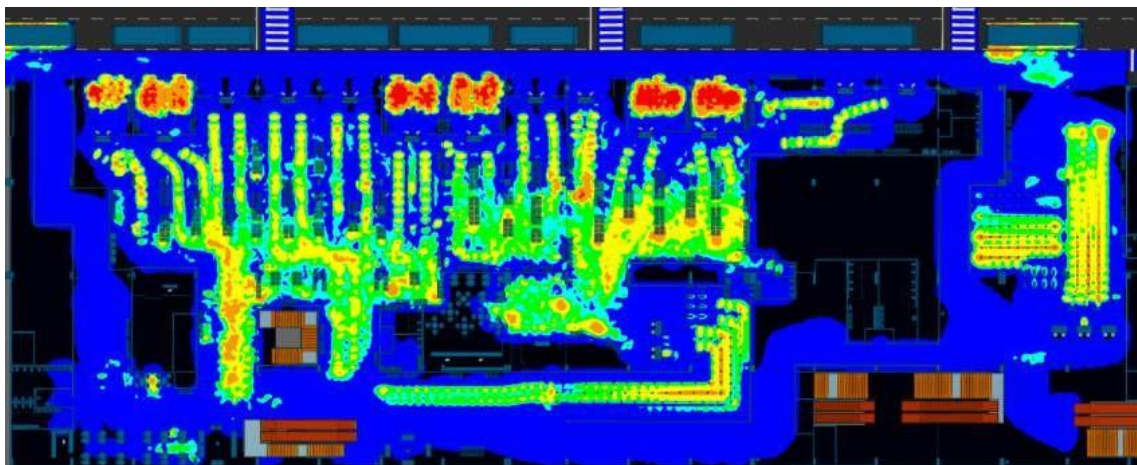


Figura 245 - Mapa de densidade experienciada nas portas de desembarque *Schengen* e não-*Schengen* para o novo layout - Piso 2.

Na Figura 245 temos o mapa de densidade experienciada; com este mapa podemos ver onde os passageiros passaram um maior espaço de tempo num determinado nível de serviço. Podemos constatar que foram nas salas de pré-embarque que houve uma maior concentração de passageiros, concentração esta já era esperada. Analisando o novo corredor de desembarque *Schengen* podemos ver que não houve qualquer tipo de problema neste corredor, isto deve-se ao facto de os passageiros se dirigirem logo para a recolha de bagagem, não permanecendo muito tempo no piso 2. À saída do piso 2 para o piso 0, nas portas de saída também podemos ver que não houve qualquer problema.

### 3.5.7 Recolha de Bagagem

Na recolha de bagagem, e para resolver o problema que os passageiros têm na recolha da sua bagagem de porão, é recomendada uma área de não permanência junto dos tapetes, como podemos ver na Figura 246.



Figura 246 - Área de não permanência nos tapetes de recolha de bagagem.

Com a implementação desta área junto aos tapetes, os passageiros têm a área livre para poderem recolher a sua bagagem de porão, e também conseguem ter uma melhor visualização quando a sua bagagem sai, como podemos ver na Figura 247.

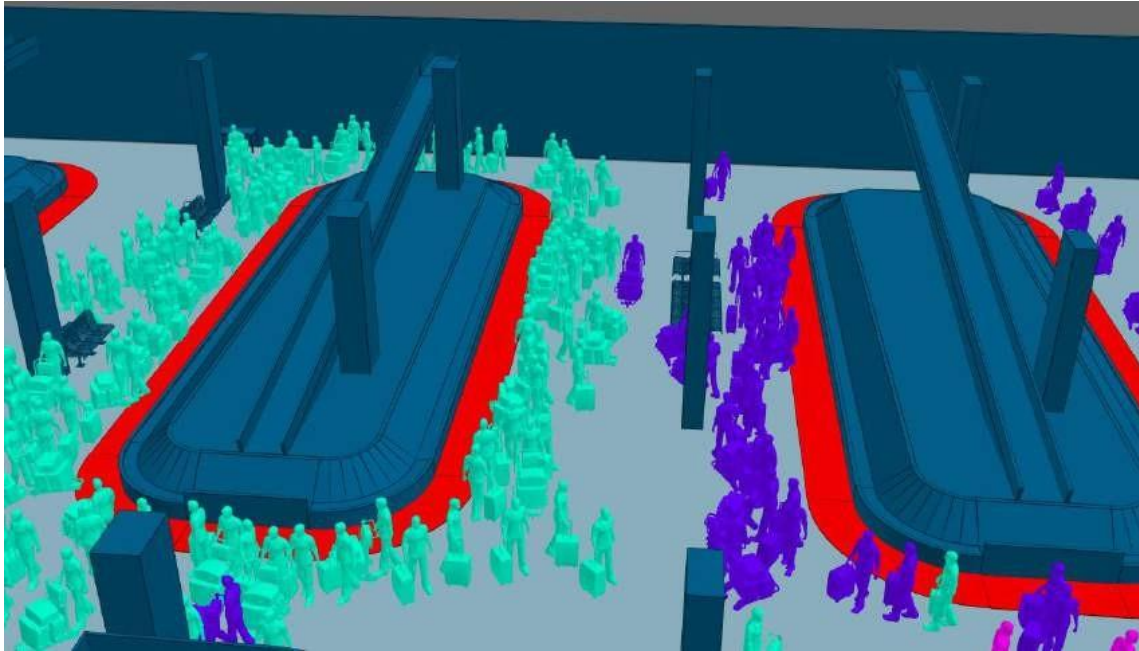


Figura 247 - Passageiros junto aos tapetes de recolha de bagagem de porão.

Vamos agora ver as alterações propostas para quando os passageiros saem para a zona das *rent-a-cars*, agentes de viagem, operadores turísticos, posto de turismo, etc.

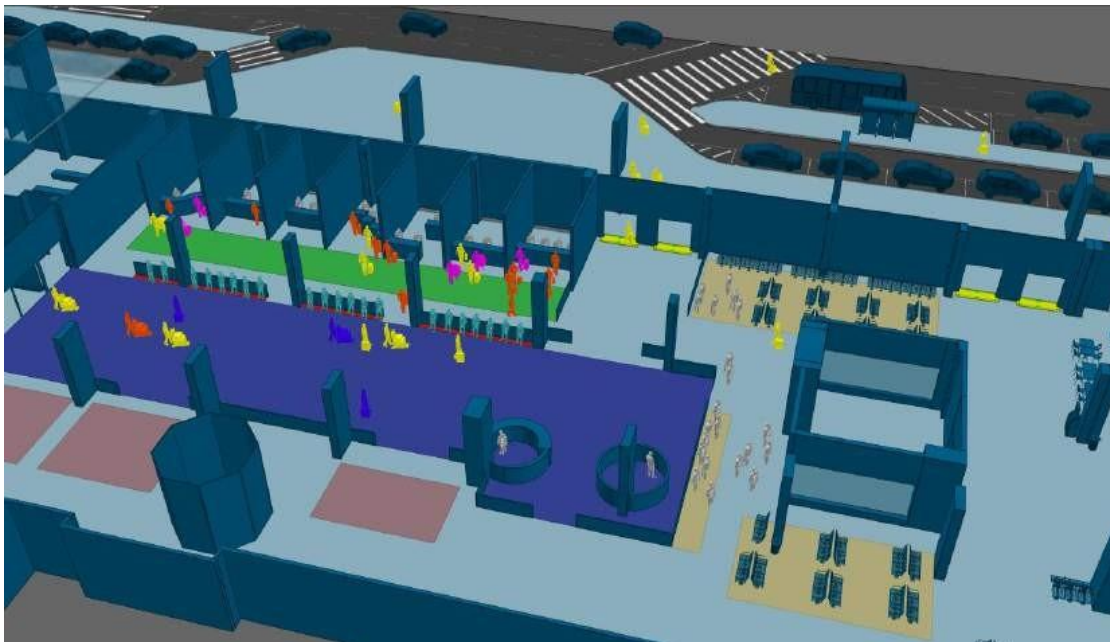


Figura 248 - Saída dos passageiros do terminal aeroportuário.

Na Figura 248 podemos ver diferentes áreas, a zona central roxa é exclusiva para os passageiros que saem após a recolha de bagagem de porão. A zona verde é para os passageiros que tenham de se dirigir às *rent-a-cars*. A zona bege é para os restantes passageiros que pretendam esperar dentro do terminal aeroportuário. A zona destinada para os operadores turísticos que tenham que espera por passageiros, é uma zona específica junto da zona central de saída dos passageiros. Podemos ver esta área em pormenor na Figura 249.

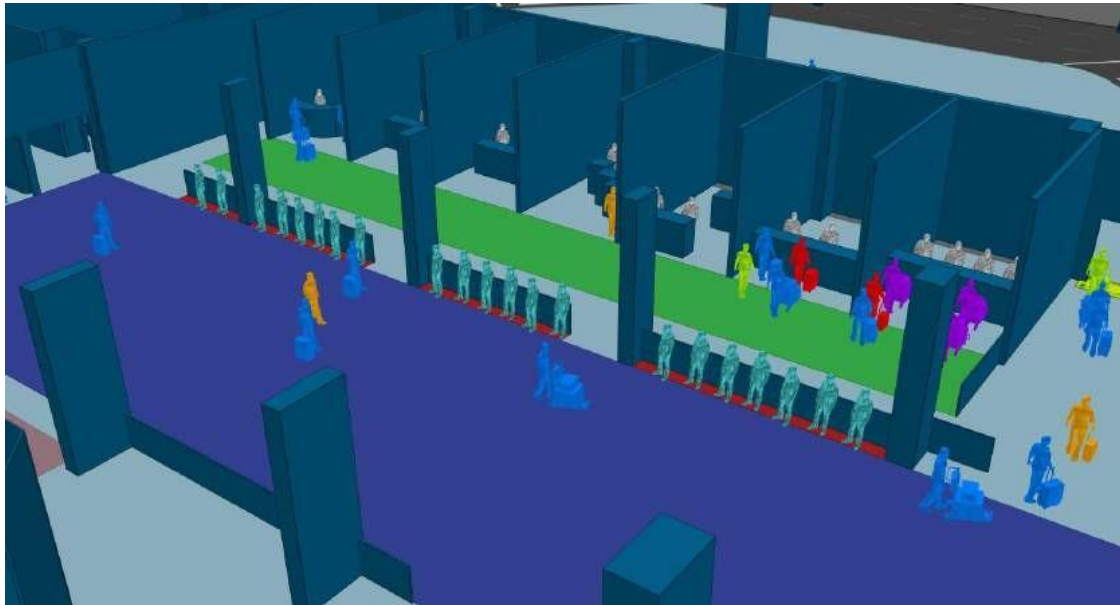


Figura 249 - Pormenor da zona destinada a operadores turísticos.

Vamos agora observar o mapa de densidade máxima do piso 0.

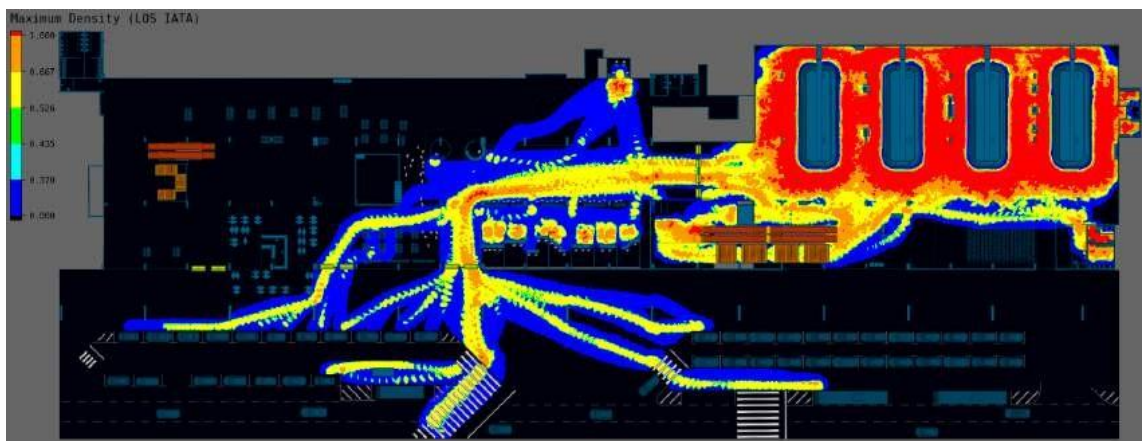


Figura 250 - Mapa de densidade máxima - Piso 0.

Na Figura 250 podemos ver, através do mapa de densidade máxima, que na zona dos tapetes de recolha de bagagem o nível de serviço experienciado pelos passageiros foi um pouco mais baixo, isto deve-se ao facto de haver uma área junto aos tapetes onde os passageiros não devem permanecer, ficando um pouco mais dispersos.

Na zona de saída do terminal aeroportuário vemos que houve uma melhoria significativa. Os passageiros nesta área têm agora um percurso mais livre e não têm as filas para os *rent-a-car* a impedir a passagem, uma vez que estes agora têm uma área específica.

### 3.6 Conclusões

Neste capítulo analisamos todas as simulações realizadas no *MassMotion*. Vimos como se comportava o layout utilizado no Aeroporto Internacional da Madeira em 2017. Depois com a implementação de novos layouts simulamos estas opções para tentar perceber se eram efetivamente mais vantajosos que os layouts utilizados em 2017.

De um modo geral todos os layouts alternativos apresentados tiveram resultados melhores comparando com os resultados de 2017. Algumas das alterações propostas são de fácil implementação, como é o exemplo do *check-in*, e do piso 0. Outras alterações são um pouco mãos complexas, envolvendo já algumas mudanças estruturais ao Aeroporto Internacional da Madeira.

Todo o modelo de simulação foi construído de raiz, e foi usado o *software Revit* para a construção da estrutura principal; após a conclusão deste passo foi feita a exportação para o *MassMotion*, e neste *software* foi onde toda a lógica de simulação foi construída.

Foram simuladas três épocas distintas, época baixa, época alta e uma semana de pico, e em todas estas semanas foram simulados todos os dias e todas as fases do percurso do passageiro. Na fase de *check-in*, tendo em conta a procura de passageiros, foi a zona com mais detalhe de simulação. Na zona de controlo de segurança analisamos o dia de maior movimento do ano de 2017, uma vez que tendo um layout que consiga responder a esta procura, os outros dias também o conseguirão. Em todas as outras fases foram feitas simulações com o dia com mais voos *Schengen* e outro com o dia com mais voos não-*Schengen*.

# Capítulo 4 - Análise de Resultados

## 4.1 Introdução

Neste capítulo analisaremos os resultados obtidos no capítulo 3, esta análise será feita através da comparação de tempos e mapas de densidade dos diferentes *layouts*. Estes tempos e *layouts* que irão ser comparados dizem respeito aos resultados obtidos com os *layouts* de 2017 e com os novos *layouts* propostos.

## 4.2 Check-in

Para o caso do *check-in*, igualmente ao que fizemos no capítulo 3, vamos dividir esta análise em três partes, semana de época baixa, semana de época alta e semana de pico.

Em cada uma das semanas vamos analisar o tempo médio de espera em fila para o *check-in* e seguidamente o tempo máximo de espera.

### Semana de Época Baixa

Tabela 71 - Tempo médio de espera em fila para o *check-in* - semana de época baixa.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
domingo	00:07:54	00:06:17	20,46%
segunda-feira	00:07:18	00:06:18	13,70%
terça-feira	00:05:03	00:04:49	4,62%
quarta-feira	00:05:05	00:04:11	17,70%
quinta-feira	00:07:55	00:04:30	43,16%
sexta-feira	00:02:36	00:02:31	3,21%
sábado	00:04:52	00:03:11	34,59%

Na Tabela 71 podemos observar que em todos os dias da semana foi possível obter uma melhoria nos tempos médios de espera, com a redução mais significativa de aproximadamente 43% relativamente ao *layout* de 2017.

Tabela 72 - Tempo máximo de espera na fila para o *check-in* - percentil 90% - semana de época baixa.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
domingo	00:44:15	00:36:31	17,48%
segunda-feira	00:53:16	00:31:16	41,30%
terça-feira	00:34:33	00:31:47	8,01%
quarta-feira	00:35:57	00:27:27	23,64%
quinta-feira	00:54:17	00:24:08	55,54%
sexta-feira	00:38:36	00:25:26	34,11%
sábado	00:49:01	00:27:00	44,92%

Na Tabela 72 podemos observar que, igualmente ao tempo médio de espera, em todos os dias da semana foi possível obter uma melhoria nos tempos máximos de espera, com a redução mais significativa de aproximadamente 56% relativamente ao *layout* de 2017, que foi obtida na quinta-feira da semana de época baixa.

#### Semana de Época Alta

Tabela 73 - Tempo médio de espera em fila para o *check-in* - semana de época alta.

	Layout 2017	Novo layout proposto	Redução no tempo de espera
domingo	00:05:23	00:03:30	34,98%
segunda-feira	00:12:40	00:08:32	32,63%
terça-feira	00:11:47	00:05:28	53,61%
quarta-feira	00:12:36	00:05:50	53,70%
quinta-feira	00:11:16	00:07:09	36,54%
sexta-feira	00:09:11	00:07:04	23,05%
sábado	00:07:32	00:05:43	24,12%

Na Tabela 73 podemos observar que em todos os dias da semana foi possível obter uma melhoria nos tempos médios de espera, com a redução mais significativa de aproximadamente 54% relativamente ao *layout* de 2017.

Tabela 74 - Tempo máximo de espera na fila para o *check-in* - percentil 90% - semana de época alta.

	Layout 2017	Novo layout proposto	Redução no tempo de espera
domingo	00:33:52	00:27:38	18,41%
segunda-feira	00:59:45	00:45:48	23,35%
terça-feira	00:57:58	00:38:50	33,01%
quarta-feira	00:58:42	00:25:14	57,01%
quinta-feira	00:50:51	00:44:36	12,29%
sexta-feira	00:54:01	00:39:50	26,26%
sábado	00:47:21	00:40:33	14,36%

Na Tabela 74 podemos observar que, igualmente ao tempo médio de espera, em todos os dias da semana foi possível obter uma melhoria nos tempos máximos de espera, com a redução mais significativa de aproximadamente 57% relativamente ao *layout* de 2017, que foi obtida na quarta-feira da semana de época alta.

## Semana de Pico

Tabela 75 - Tempo médio de espera em fila para o *check-in* - semana de pico.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
domingo	00:08:09	00:06:45	17,18%
segunda-feira	00:12:10	00:06:45	44,52%
terça-feira	00:08:14	00:06:01	26,92%
quarta-feira	00:07:39	00:05:38	26,36%
quinta-feira	00:11:35	00:06:32	43,60%
sexta-feira	00:10:09	00:10:13	-0,66%
sábado	00:08:18	00:08:50	-6,43%

Na Tabela 75 podemos observar que em todos os dias da semana foi possível obter uma melhoria nos tempos médios de espera, com a redução mais significativa de aproximadamente 45% relativamente ao *layout* de 2017.

Na sexta-feira e no sábado foram as únicas exceções, onde podemos ver que o tempo médio de espera para o *layout* proposto foi um pouco mais elevado que no *layout* proposto, no entanto, este tempo é facilmente compensado com a redução significativa do tempo máximo de espera, que podemos ver na Tabela 76 que é bastante mais baixo para o *layout* proposto. Este aumento do tempo médio nestes dois dias deveu-se a um pico momentâneo na tarde de sábado, onde os *layouts* não permitiriam uma mudança rápida de balcões de *check-in*, e então foram usados os *layouts* sem alterações para o dia de sábado. Uma vez que o tempo máximo de espera no *layout* proposto foi significativamente inferior, a opção foi deixar os *layouts* da mesma forma até ao final do dia, uma vez que compensaria de forma geral.

Tabela 76 - Tempo máximo de espera na fila para o *check-in* - percentil 90% - semana de pico.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
domingo	00:52:32	00:36:30	30,52%
segunda-feira	00:59:50	00:35:44	40,28%
terça-feira	00:59:33	00:32:25	45,56%
quarta-feira	00:58:56	00:35:53	39,11%
quinta-feira	00:57:53	00:30:05	48,03%
sexta-feira	00:57:06	00:35:10	38,41%
sábado	00:52:43	00:36:45	30,29%

Na Tabela 76 podemos observar que, igualmente ao tempo médio de espera, em todos os dias da semana foi possível obter uma melhoria nos tempos máximos de espera, com a redução mais significativa de aproximadamente 48% relativamente ao *layout* de 2017, que foi obtida na quinta-feira da semana de pico.

De uma forma geral, podemos constatar que nas três semanas analisadas houve uma melhoria bastante significativa com o uso dos novos *layouts*. Estas melhorias nos tempos de

espera devem-se essencialmente à organização das filas em filas únicas. A área de *check-in* junto dos balcões de *check-in*, bem como os corredores de saída do *check-in*, foram também alterações decisivas para esta melhoria.

### 4.3 Controlo de Segurança

Para o controlo de segurança vamos analisar o acesso ao controlo de segurança e o tempo de espera em fila para o controlo de segurança, separadamente.

#### Controlo de Acesso

Tabela 77 - Tempo médio de espera na fila para o controlo de acesso.

	Layout 2017	Novo layout proposto	Redução no tempo de espera
Executiva/ <i>FastTrack</i> /PMR	00:00:44	00:00:06	86,36%
Económica	00:00:08	00:00:07	12,50%

Na Tabela 77 podemos observar que foi possível obter uma melhoria nos tempos médios de espera, tanto para os passageiros em económica como para os restantes passageiros.

Tabela 78 - Tempo máximo de espera na fila para o controlo de acesso - percentil 90%.

	Layout 2017	Novo layout proposto	Redução no tempo de espera
Executiva/ <i>FastTrack</i> /PMR	00:00:12	00:00:08	33,33%
Económica	00:02:09	00:00:13	89,92%

Na Tabela 78 podemos observar que, igualmente ao tempo médio de espera, foi possível obter uma melhoria nos tempos máximos de espera para todos os passageiros.

A alteração principal que fez com que ambos os tempos tivessem uma descida tão acentuada foi a colocação de pórticos automáticos de controlo de acesso; com estes pórticos extinguiram-se as filas de espera para o controlo de acesso.

#### Controlo de Segurança

Tabela 79 - Tempo médio de espera na fila para o controlo de segurança.

	Layout 2017	Novo layout proposto	Redução no tempo de espera
PMR	00:01:32	00:00:44	52,17%
Executiva/ <i>FastTrack</i>	00:00:36	00:00:25	30,56%
Económica	00:03:29	00:02:03	41,15%

Na Tabela 79 podemos observar que foi possível obter uma melhoria nos tempos médios de espera, para todos os passageiros. A redução mais significativa foi para os passageiros com mobilidade reduzida.

Tabela 80 - Tempo máximo de espera na fila para o controlo de segurança - percentil 90%.

	<i>Layout 2017</i>	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
PMR	00:01:22	00:00:45	45,12%
Executiva/ <i>FastTrack</i>	00:00:42	00:00:33	21,43%
Económica	00:10:12	00:05:30	46,08%

Na Tabela 80 podemos observar que também foi possível obter uma melhoria nos tempos máximos de espera, para todos os passageiros. A redução mais significativa foi para os passageiros de classe económica, reduzindo quase para metade este tempo.

Esta redução dos tempos em fila de espera para o controlo de segurança deveu-se essencialmente a dois fatores, o primeiro foi a nova orientação das linhas de segurança, o que faz com que os passageiros tenham de percorrer uma distância menor desde o controlo de acesso até ao controlo de segurança, o segundo fator foi uma melhor distribuição das linhas de segurança quando estão a ser usadas, e uma melhor organização na maneira como são encaminhados os passageiros até ao controlo de segurança.

#### 4.4 Controlo de Fronteira

Para o controlo de fronteira analisaremos as partidas e as chegadas separadamente.

##### Partidas

Tabela 81 - Tempo médio de espera na fila nas partidas para o controlo de fronteira.

	<i>Layout 2017</i>	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
Convencional	00:05:53	00:08:10	-38,81%
Automático	00:02:11	00:01:47	18,32%

Na Tabela 81 podemos observar que foi possível obter uma pequena melhoria nos tempos médios de espera para o controlo automático, no entanto no controlo convencional este tempo aumentou pouco mais de 2 minutos.

Tabela 82 - Tempo máximo de espera na fila nas partidas para o controlo de segurança - percentil 90%.

	<i>Layout 2017</i>	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
Convencional	00:11:31	00:20:35	-78,73%
Automático	00:04:30	00:04:27	1,11%

Na Tabela 82 podemos observar que no controlo automático o tempo máximo de espera ficou praticamente igual, no entanto no controlo convencional este tempo aumentou significativamente.

Este aumento, tanto do tempo médio de espera como no tempo máximo, deve-se à redução do número de filas de espera, que no *layout* de 2017 eram 5 e no *layout* proposto passaram a ser apenas 3 no controlo convencional. Os balcões de atendimento mantiveram-se iguais. Uma vez que temos o mesmo número de passageiros distribuídos por menos filas, acontece que as filas de espera ficam mais compridas, podendo gerar por vezes aumentos nos tempos de espera. Esta opção de reduzir o número de filas de 5 para 3 no controlo convencional deveu-se à necessidade de criar um corredor de desembarque *Schengen* junto do controlo de fronteira nas partidas. Uma solução para tentar reduzir o tempo de espera para o controlo convencional seria a aquisição de máquinas de controlo de fronteira automático para que os passageiros com cartão de cidadão europeu pudessem usar este controlo. Como abordado no capítulo 3, apenas os passaportes eletrónicos funcionam nas máquinas de controlo de fronteira que estavam no Aeroporto Internacional da Madeira em 2017.

### Chegadas

Tabela 83 - Tempo médio de espera na fila nas chegadas para o controlo de fronteira.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
Convencional	00:07:45	00:07:46	-0,22%
Automático	00:05:22	00:04:59	7,14%

Na Tabela 83 podemos observar que para os tempos médios de espera para o controlo convencional pouco se alterou, no entanto, no controlo automático este diminuiu 23 segundos.

Tabela 84 - Tempo máximo de espera na fila nas chegadas para o controlo de segurança – percentil 90%.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução no tempo de espera
Convencional	00:14:53	00:12:35	15,45%
Automático	00:14:42	00:08:16	43,76%

Na Tabela 84 podemos observar que para o tempo máximo de espera em fila houve melhorias significativas. A diminuição mais acentuada foi no controlo automático onde a redução foi de 6 minutos e 30 segundos.

Esta redução dos tempos máximos de espera em fila deve-se essencialmente à reorganização das filas de espera. No controlo convencional, com o uso da segunda porta de entrada, os passageiros ficam mais organizados nas filas, e no controlo automático foi feita uma fila única para os postos de controlo, o que ajuda imenso na redução dos tempos, como já vimos para o caso do *check-in*.

## 4.5 Embarque e Desembarque

Para o caso do embarque e desembarque a questão fundamental das alterações propostas é a de eliminar o cruzamento de passageiros a embarcar e a desembarcar, dando especial atenção quando são passageiros *Schengen* e passageiros não-*Schengen*.

De modo que possamos comparar as diferenças entre o *layout* de 2017 e o *layout* proposto iremos ver o número de embarques e desembarques efetuados através de autocarro para cada tipo de passageiro. Com esta análise teremos uma melhor perceção de quantos embarques e desembarques foram feitos sem que houvesse cruzamento de passageiros, uma vez que quando é feito o embarque e desembarque a pé, não pode haver cruzamento de passageiros.

Vamos analisar os dados do dia com mais voos não-*Schengen* e depois do dia com mais voos *Schengen*.

Tabela 85 - Embarque de passageiros através de autocarros - dia com mais voos não-*Schengen*.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução
Embarque de autocarro - <i>Schengen</i>	9	6	33%
Embarque de autocarro - Não- <i>Schengen</i>	14	7	50%

Tabela 86 - Desembarque de passageiros através de autocarros - dia com mais voos não-*Schengen*.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução
Desembarque de autocarro - <i>Schengen</i>	15	8	47%
Desembarque de autocarro - Não- <i>Schengen</i>	4	5	-25%

Como podemos ver pela Tabela 85 e pela Tabela 86, foi possível fazer uma redução em ambos os dias para voos *Schengen*, para voos não-*Schengen* no embarque tivemos uma redução de 50% no número de embarques feitos através de autocarros, no entanto, para o desembarque tivemos um voo a mais feito através de autocarros; este aumento deveu-se à redução do número de desembarques *Schengen* através de autocarro, o que levou a ter que se fazer o desembarque de um dos voos através de autocarro, mas de modo geral este pequeno aumento é facilmente compensado com as reduções verificadas nos outros casos.

Tabela 87 - Embarque de passageiros através de autocarros - dia com mais voos *Schengen*.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução
Embarque de autocarro - <i>Schengen</i>	18	12	33%
Embarque de autocarro - Não- <i>Schengen</i>	1	0	100%

Tabela 88 - Desembarque de passageiros através de autocarros - dia com mais voos *Schengen*.

	<i>Layout</i> 2017	Novo <i>layout</i> proposto	Redução
Desembarque de autocarro - <i>Schengen</i>	14	7	50%
Desembarque de autocarro - Não- <i>Schengen</i>	0	0	-

Na Tabela 87 e na Tabela 88 temos os dados para o dia com mais voos *Schengen*, e como podemos observar, tanto para o embarque como para o desembarque obtivemos uma melhoria significativa na não utilização de autocarros para ambos os casos.

De um modo geral, podemos ver que o novo *layout* proposto apresenta melhores resultados para embarques e desembarques, uma vez que temos menos cruzamento de passageiros quando estes são feitos a pé; esta melhoria deve-se à criação do novo corredor de desembarque *Schengen* localizado no extremo oposto do terminal, ficando assim o mais afastado possível do corredor de desembarque não-*Schengen*. Esta proposta melhora bastante o congestionamento verificado na saída das portas de embarque até à aeronave, uma vez que agora não têm tantos autocarros acumulados nas saídas, melhorando assim a circulação de passageiros bem como a própria operação do aeroporto.

Outra das melhorias propostas para o embarque é a criação de salas de pré-embarque: com este tipo de salas não só é possível fazer o embarque mais rápido como também de forma mais cómoda, tanto para os *handlers* como para os próprios passageiros, uma vez que a prática é fazer este tipo de embarque para os autocarros, ficando os passageiros retidos no seu interior até que possam entrar na aeronave.

## 4.6 Recolha de Bagagem

Na recolha de bagagem a melhoria proposta foi no sentido de aumentar o conforto e facilitar os passageiros com a recolha da bagagem; para servir este propósito é proposta a criação de uma zona de não permanência junto aos tapetes de recolha de bagagem. Com a implementação desta zona os passageiros podem mais facilmente retirar a sua bagagem sem serem impedidos por outros passageiros.

Na saída do aeroporto as melhorias propostas visam otimizar o fluxo de passageiros e também o conforto dos passageiros quando estes saem do terminal aeroportuário. Com a criação de zonas específicas para cada serviço que existe no Aeroporto Internacional da Madeira obtemos assim uma maior organização na saída dos passageiros sem que estes fiquem todos aglomerados próximo das saídas, barrando a passagem a outros passageiros, como podemos observar na Figura 251.

Figura 251 - Saída do terminal aeroportuário.



Figura 251 - Saída do terminal aeroportuário.

## 4.7 Conclusões

Neste capítulo analisamos os resultados obtidos nas simulações realizadas através do *MassMotion*, comparando os resultados para o *layout* utilizado no Aeroporto Internacional da Madeira em 2017, com os resultados dos novos *layouts* propostos para as diferentes zonas do aeroporto.

Com esta análise de resultados ficamos a perceber quais seriam as consequências da implementação dos *layouts* propostos, que de forma geral são no sentido de melhorar o fluxo de passageiros e também o conforto destes durante a sua passagem pelo aeroporto.

Para o *check-in* os resultados são bastante promissores, o que indica que com a implementação das melhorias propostas, os resultados seriam bastante melhores que os resultados verificados com o *layout* de 2017; algumas destas melhorias são de fácil implementação, outras seriam um pouco mais morosas, mas com resultados promissores, como por exemplo a remodelação dos balcões de *check-in* e a criação de uma nova casa de banho no sentido oposto à que já existe no terminal.

No caso do controlo de segurança as propostas apresentadas também levariam a uma melhoria significativa nos tempos de espera em fila, tanto para o controlo de acesso bem como para o controlo de segurança. A proposta de rodar todas as linhas de segurança 90° no sentido horário, de modo a ficarem orientadas à pista, melhora bastante as distâncias percorridas pelos passageiros, no entanto, seria necessária uma análise mais detalhada por parte das entidades para esta implementação. Já o controlo de acesso de forma automática, seria uma das melhorias de fácil implementação que reduziria em muito o tempo de espera nas filas.

O controlo de fronteira nas partidas, foi uma das partes mais desafiantes deste trabalho, uma vez que para a criação do corredor de desembarque *Schengen*, foi necessária uma redução da área de espera para este controlo de fronteira. Houve um aumento no tempo de espera para o controlo convencional, uma vez que houve uma redução do número de filas de espera. No entanto, as melhorias com a criação do corredor de desembarque *Schengen* podem ser suficientes para que este aumento no controlo convencional seja aceite.

No embarque e desembarque tivemos uma redução significativa na quantidade de voos que se cruzavam, tendo o *handlers* que optar pelo embarque e/ou desembarque através de autocarros. Com as melhorias propostas este número reduziu-se para metade em alguns casos.

Na recolha de bagagem e saída do terminal o conforto foi aumentado com a criação de zonas específicas para cada serviço no Aeroporto Internacional da Madeira.

De um modo geral, com as novas propostas sugeridas, o fluxo de passageiros no terminal aeroportuário sofre uma melhoria significativa, diminuindo o tempo que os passageiros passam em *check-in*, controlo de segurança, embarque, etc. podendo os passageiros aproveitar este tempo para fazer algumas compras de última hora, valorizando assim a parte comercial do aeroporto.

# Capítulo 5 - Conclusões

## 5.1 Síntese da Dissertação

O congestionamento dos aeroportos está a ficar uma realidade cada vez mais comum, sendo os aeroportos obrigados a tomar medidas para que este congestionamento não aconteça ou que tenha o menor impacto possível na sua operação. Vários setores do transporte aéreo continuarão a ser pressionados para acomodar cada vez mais passageiros e os aeroportos são um deles. Uma vez que em muitos dos casos a expansão do aeroporto não é uma solução a curto prazo, ou mesmo uma solução, a forma de mitigar este problema é estudar a maneira mais eficiente de processamento dos passageiros no terminal aeroportuário.

Neste trabalho foram estudadas formas de aumentar a eficiência do fluxo de passageiros de um aeroporto. Algumas das formas para este aumento de eficiência passam por exemplo, por alterações do *layout* no terminal aeroportuário, ou mesmo por algumas alterações básicas da infraestrutura.

O primeiro capítulo deste trabalho, é o enquadramento de algumas situações que pudessem a vir a ser melhoradas no Aeroporto Internacional da Madeira. Também é onde estão definidos os objetivos e a estrutura que este trabalho adota.

No segundo capítulo aborda os aspetos mais importantes para o desenvolvimento deste trabalho. É visto como são contruídos os aeroportos para que se possa ficar com uma melhor consciência de um *layout* aeroportuário. No estudo de fluxo de passageiros em terminal aeroportuário é tido em conta que tipo de requisitos deve ter este fluxo de acordo com os padrões definidos pelas entidades oficiais e como este se deve proceder, ficando-se a conhecer melhor os níveis de serviço que devem existir num terminal aeroportuário em cada fase. Ainda é analisado o congestionamento, as implicações práticas e soluções possíveis para o evitar; neste tópico vemos que umas das soluções apresentadas é a simulação em *software* com diferentes *layouts* de forma que se possa ter uma maior perceção de como se comporta cada *layout* para um determinado número de passageiros. Seguidamente, e a finalizar este capítulo, são analisados diferentes *softwares* para que se possa então realizar o estudo dos diferentes *layouts*; após a análise dos diferentes *softwares*, é selecionado aquele que será utilizado neste trabalho, o *MassMotion*, e são mostradas as suas capacidades de simulação.

Após o estado da arte, passamos à parte prática deste trabalho; portanto, é no terceiro capítulo que está explicado o *layout* do terminal do Aeroporto Internacional da Madeira, e como é feita a construção deste *layout* para que se possa criar o modelo de simulação no *MassMotion*. São analisados os dados relativos ao número de passageiros de 2017 que passaram pelo Aeroporto Internacional da Madeira; em 2017 foi o ano com mais movimentos de passageiros, tendo sido atingidos mais de 3 milhões de movimentos. Esta análise do número de passageiros justifica a escolha das 3 semanas que serão alvo de estudo, uma semana de época baixa, uma semana de época alta e a semana de pico. São analisados também os dados recolhidos presencialmente no Aeroporto Internacional da Madeira, que são essenciais para as simulações

a realizar no *MassMotion* e também os pontos de congestionamento observados no terminal aeroportuário. São depois mostrados todos os resultados obtidos nas simulações com o *layout* de 2017, para conseguirmos analisar os pontos de congestionamento e aplicar medidas corretivas por forma a diminuir, ou mesmo remover este congestionamento. Por fim são mostradas as melhorias propostas e os resultados obtidos com essas melhorias implementadas em contexto de simulação.

O quarto capítulo evidencia a análise dos resultados obtidos no terceiro capítulo, e mostra como em quase todos os *layouts* propostos as melhorias são bastante significativas. Com a adoção de simulações em *software* conseguimos perceber muito melhor onde estão os pontos de congestionamento e com alterações por vezes mínimas conseguimos resultados muito melhores, que de outra forma - a não ser com estas simulações - não seriam tão óbvias.

## 5.2 Considerações Finais

O principal objetivo desta dissertação era encontrar soluções para que o fluxo de passageiros no Aeroporto Internacional de Madeira fosse feito de forma mais eficiente, fluida e sem grandes congestionamentos, tendo em conta as limitações de espaço que este aeroporto apresenta.

Este objetivo foi claramente conseguido, pois por meio de simulações realizadas no *MassMotion* foi possível apresentar novos *layouts* com melhorias bastante significativas quando comparando com os utilizados em 2017.

De acordo com os resultados obtidos, percebemos que com um planeamento mais detalhado e personalizado, conseguimos não só apresentar melhores resultados a nível de tempos, mas também proporcionar aos passageiros uma melhor experiência aquando da sua passagem pelo aeroporto.

Tendo em conta a complexidade das diferentes fases a que o passageiro está sujeito desde que chega ao aeroporto até entrar na aeronave, não foi possível em certos casos efetuar uma análise tão exaustiva como era desejado, como por exemplo o controlo de segurança ou mesmo o embarque e desembarque; estes pontos, com uma análise tão exaustiva como foi feito para o *check-in* por exemplo, com certeza seriam apresentariam resultados ainda mais promissores. Esta análise também implicaria despender muito mais tempo no aeroporto a recolher mais dados, bem como mais tempo a simular em *software*, e uma vez que a licença cedida pela empresa de *software* era por um período limitado de tempo não nos foi possível prolongar ainda mais o trabalho de campo.

Em suma, os resultados obtidos neste trabalho são bastante promissores, o que nos leva a crer que este tipo de trabalho deve continuar a ser realizado e deve estender-se a mais aeroportos com a colaboração das entidades competentes, uma vez que é do interesse dos aeroportos reduzir o congestionamento verificado em algumas infraestruturas.

### 5.3 Perspetivas de Investigação Futuras

Como já vimos, um pouco por todo o mundo os aeroportos estão cada vez mais congestionados e/ou a atingir a sua capacidade máxima, o que nos leva a crer que no futuro deveriam ser feitos os seguintes trabalhos e investigações:

- Realizar trabalhos idênticos sobretudo em grandes aeroportos não só em Portugal mas em toda a Europa;
- Incorporar nas simulações outros fatores como por exemplo voos cancelados ou divergidos;
- Fazer simulações de evacuação com base nos *layouts* propostos;
- Efetuar uma análise exaustiva dos novos *layouts* no que diga respeito a mudanças estruturais profundas;
- Analisar o desempenho económico do aeroporto tendo em conta as melhorias apresentadas e propostas, uma vez que os passageiros passarão a dispor de mais tempo livre nas zonas comerciais, valorizando-as.

# Referências

- [1] Eurocontrol, “Challenges of Growth 2013,” *Netw. Manag. Nomin. by Eur. Comm.*, pp. 1-64, 2013.
- [2] ICAO, “ICAO Long-Term Traffic Forecasts Passenger and Cargo,” no. July, 2016.
- [3] “PORDATA,” *Tráfego de passageiros nos principais aeroportos: Lisboa, Porto e Faro*. [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/Portugal/Tráfego+de+passageiros+nos+principais+aerportos+Lisboa++Porto+e+Faro-3248>. [Accessed: 16-May-2020].
- [4] “ANA,” *Aeroporto da Madeira ultrapassa 3 milhões de passageiros*, 2017. [Online]. Available: <https://www.ana.pt/pt/institucional/imprensa/2017/12/20/aeroporto-da-madeira-ultrapassa-3-milhoes-de-passageiros>. [Accessed: 02-Feb-2018].
- [5] “DREM,” *Transportes Aéreos Comerciais (1996-2016)*, 2017. [Online]. Available: <https://estatistica.madeira.gov.pt/download-now/economica/transportes-pt/transportes-serie-pt/transp-series-curtas/transportes-aereos-series-curtas-pt/viewcategory/908-transportes-aereos-series-curtas.html>. [Accessed: 05-Feb-2018].
- [6] “Google Maps,” *Aeroporto da Madeira*, 2018. [Online]. Available: <https://www.google.pt/maps/place/Aeroporto+da+Madeira/@32.6957983,-16.7780624,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xc606254055119eb:0x56c1fb168c86c9ed!8m2!3d32.6957983!4d-16.7758737>.
- [7] N. J. . S. M. P. H. W. Ashford, *Airport Engineering.*, JOHN WILEY & SONS, INC., 2011.
- [8] F. R. Ribeiro, “Modelo de simulação para análise operacional de pátio de aeroportos”, São Paulo, 2003.
- [9] T. A. WELLS and S. YOUNG, *Airport Planning and Management*, vol. 18, no. 3., The McGraw Hill Companies, Inc., 2011.
- [10] L. G. Goldner, “Apostila de Aeroportos”, Programa de Educação Tutorial - PET, 2012.
- [11] P. Fonseca I Casas, J. Casanovas, and X. Ferran, “Passenger flow simulation in a hub airport: An application to the Barcelona International Airport,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 44, pp. 78-94, 2014.
- [12] IATA, *Airport Development Reference Manual*, 10th ed. IATA, 2015.
- [13] C. H. M. R. Morris, N. Central, T. Council, A. D. Biehler, P. Dot, L. L. Brown, M. Dot, R. H. Iwasaki, and C. Dot, *Airport Passenger Terminal Planning and Design, Volume 1: Guidebook*, vol. 1. 2010.
- [14] E. Giarmatzides and F. I. Systems, “Airport Congestion Management in a Cost Efficient Way”, University of Greenwich, 2006.
- [15] S. Solak, J. B. Clarke, and E. L. Johnson, “Airport terminal capacity planning,” *Transp. Res. Part B*, vol. 43, no. 6, pp. 659-676, 2009.
- [16] P. Roosens, “Congestion and Air Transport: a challenging phenomenon”, University of Antwerp, 2008.
- [17] P. Zouein, M. Haddad, P. El Hajj, and R. Bettany, “Alleviating airport terminal

- congestion through dynamic space reallocation,” pp. 1921-1932, Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit, Michigan, USA, August 10, 2020.
- [18] A. H. García, “Alternative Solutions to Airport Saturation: Simulation models applied to congested airports”, Queretaro, Mexico, 2017.
- [19] EUROCONTROL, “European Aviation in 2040, Challenges of Growth,” 2018.
- [20] A. I. Czerny, “Airport congestion management under uncertainty,” *Transp. Res. Part B*, vol. 44, no. 3, pp. 371-380, 2010.
- [21] W. Ma, “Agent-Based Model Of Passenger Flows In Airport Terminals”, Science and Engineering Faculty - Queensland University of Technology, 2012.
- [22] P. E. Joustra and N. M. Van Dijk, “Simulation of check-in at airports”, Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, pp. 1023-1028, 2001.
- [23] R. Stolletz, “Analysis of passenger queues at airport terminals,” *RTBM*, vol. 1, no. 1, pp. 144-149, 2011.
- [24] A. G. De Barros and D. D. Tomber, “Quantitative Analysis of Passenger and Baggage Security Screening at Airports”, *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 41, No. 2, pp. 171-193, 2007.
- [25] A. R. Correia, S. C. Wirasinghe, and A. G. De Barros, “Overall level of service measures for airport passenger terminals”, *Transportation Research Part A* 42, pp. 330-346, 2008.
- [26] V. Bogicevic, W. Yang, A. Bilgihan, and M. Bujisic, “Airport service quality drivers of passenger satisfaction”, *TOURISM REVIEW*, vol. 68, no. 4, pp. 3-18, 2013.
- [27] A. Cristina, M. Fernandes, P. Jorge, and P. Leitão, “Simulação de Linha de Produção usando a Plataforma ARENA”, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, 2012.
- [28] C. M. Banks, “Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach,” *Princ. Model. Simul. A Multidiscip. Approach*, 2009.
- [29] “MassMotion Inicio,” *Oasys*, 2020. [Online]. Available: <https://www.oasys-software.com/products/pedestrian-simulation/massmotion/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [30] “MassMotion Casos Estudo,” *Oasys*, 2020. [Online]. Available: <https://www.oasys-software.com/case-studies/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [31] “Pathfinder Inicio,” *Thunderheadeng*, 2020. [Online]. Available: <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [32] “Pathfinder Casos Estudo,” *Thunderheadeng*, 2020. [Online]. Available: <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/publications/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [33] “Pedestrian Dynamics Inicio,” *Incontrol*, 2020. [Online]. Available: <https://www.incontrolsim.com/software/pedestrian-dynamics/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [34] “Pedestrian Dynamics Caso Estudo,” *Incontrol*, 2020. [Online]. Available: <https://www.incontrolsim.com/application-areas/airports-passenger-flow/>.

- [Accessed: 20-May-2020].
- [35] “Anylogic Inicio,” *Anylogic*, 2020. [Online]. Available: <https://www.anylogic.com/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [36] “Anylogic Caso Estudo,” *Anylogic*, 2020. [Online]. Available: <https://www.anylogic.com/resources/case-studies/?industry=airports-stations-shopping-malls>. [Accessed: 20-May-2020].
- [37] “FlexSim Inicio,” *FlexSim*, 2020. [Online]. Available: <https://www.flexsim.com/pt/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [38] “FlexSim Caso Estudo,” *FlexSim*, 2020. [Online]. Available: <https://www.flexsim.com/pt/simula%C3%A7%C3%A3o-de-aeroporto/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [39] “CAST Sim Inicio,” *ARC*, 2020. [Online]. Available: <https://arc.de/cast-simulation-software/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [40] “CAST Sim Caso Estudo,” *ARC*, 2020. [Online]. Available: <https://arc.de/references/>. [Accessed: 20-May-2020].
- [41] M. Kinsey, M. Kinsey, G. Walker, and G. Walker, “The Verification and Validation of MassMotion for Evacuation”, Ove Arup & Partners Ltd., 2015.
- [42] Oasys - ARUP, “MassMotion Help Guide.”, Ove Arup & Partners Ltd., 2015.

# Artigo publicado e artigo submetido para publicação

Artigo publicado no livro de atas do *VII Iberoamerican Air Transportation Research Society International Congress (RIDITA 2019) - Air Transportation Sustainability Strategies: Technological, Operational, Economic, Social and Environmental*. Faculdade de Engenharia da UBI. Outubro de 2019. ISBN: 978-989-654-594-9, pp 243-255.



## Optimizing Process of Airport Passengers Flow. The Case of Madeira International Airport Cristiano Ronaldo

Jose Dinarte Fernandes Goncalves - jd\_goncalves@hotmail.com

University of Beira Interior

Jorge Silva - jmrs@ubi.pt

University of Beira Interior, Covilhã Portugal; CERIS, IST University of Lisbon, Lisbon Portugal

Maria E. Baltazar - mmila@ubi.pt

University of Beira Interior, Covilhã Portugal; CERIS, IST University of Lisbon, Lisbon Portugal

### Abstract

The increased demand for air transportation has enlarged congestion problems in the areas of Passenger Terminals. This study proposes how to optimize the flows of passengers at the airport of Madeira to increase airport efficiency.

There are two specific approaches to achieve this study objective. Firstly, we analyse the flow of passengers at the airport terminal to detect where are the most critical congestion points. Secondly, using simulation software (MassMotion) we analyse different layouts of the airport terminal, including ramp area, considering passengers flows of different typologies, to find the most efficient layout configuration.

This study optimizes the flow of passengers in the terminal area of the International Airport of Madeira, making it more efficient in routing passengers and thus maintaining control over congestion levels. Thus, the proposed configurations for Check-in, Security, Border Control, Boarding Gates, Embark, Disembark, and Luggage Claim areas allow to considerably reduce (or even eliminate) passenger congestion at these critical points.

An airport is a complex transport infrastructure, and therefore any change in its physical structure must be made during its period of operation. Structural modifications must be simulated in software to be validated before being implemented; this was the option of Madeira International Airport, which thus seeks solutions to keep congestion levels under control, increase the efficiency of the terminal, and raise the level of passenger satisfaction.

### Keywords

Airport Congestion; Optimizing Passengers Flow; Simulation; MassMotion

Artigo submetido para publicação no Journal of Air Transport Management (JATM). ISSN: 0969-6997. Impact Factor: 4.134

**Optimizing Check-in and Security Processes of an Airport Terminal. The Case of Madeira International Airport Cristiano Ronaldo.**

José Dinarte Fernandes Goncalves - jd\_goncalves@hotmail.com

University of Beira Interior

Jorge Silva - jmrs@ubi.pt

University of Beira Interior, Covilhã Portugal; CERIS, IST University of Lisbon, Lisbon Portugal

Maria E. Baltazar - mmila@ubi.pt

University of Beira Interior, Covilhã Portugal; CERIS, IST University of Lisbon, Lisbon Portugal

**Abstract**

The increased demand for air transportation has enlarged congestion problems in the areas of Passenger Terminals. This study proposes how to optimize the flows of passengers at the airport of Madeira to increase airport efficiency.

There are two specific approaches to achieve this study objective. Firstly, we analyse the flow of passengers at the airport terminal to detect where are the most critical congestion points. Secondly, using simulation software (MassMotion) we analyse different layouts of the airport terminal, including ramp area, considering passengers flows of different typologies, to find the most efficient layout configuration.

This study optimizes the flow of passengers in the terminal area of the International Airport of Madeira, making it more efficient in routing passengers and thus maintaining control over congestion levels. Thus, the proposed configurations for Check-in, Security, Border Control, Boarding Gates, Embark, Disembark, and Luggage Claim areas allow to considerably reduce (or even eliminate) passenger congestion at these critical points.

An airport is a complex transport infrastructure, and therefore any change in its physical structure must be made during its period of operation. Structural modifications must be simulated in software to be validated before being implemented; this was the option of Madeira International Airport, which thus seeks solutions to keep congestion levels under control, increase the efficiency of the terminal, and raise the level of passenger satisfaction.

**Keywords:** Simulation, MassMotion, Efficiency