

**Desenvolvimento de um Modelo de Simulação para o
Processamento de Bagagens Aeroportuário**

Caso de Estudo do Aeroporto de Faro

João Afonso de Oliveira Couto

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores

Professor Doutor Vasco Domingos Moreira Lopes Miranda dos Reis

Professor Doutor Rui Manuel Moura de Carvalho Oliveira

Júri

Presidente: Professor Doutor João Torres de Quinhones Levy

Orientador: Professor Doutor Vasco Domingos Moreira Lopes Miranda dos Reis

Vogal: Professor Doutor Amílcar José Martins Arantes

Mai 2017

Agradecimentos

Em primeiro lugar, aos meus pais, pelo apoio incansável ao longo de todo este percurso académico que culmina com a entrega da presente dissertação. Sem vocês seria tudo extremamente mais difícil, senão mesmo impossível.

Aos meus orientadores, Professor Vasco Reis e Professor Rui Oliveira, por toda a disponibilidade demonstrada, pela magnífica orientação e por me proporcionarem esta hipótese de desenvolver uma dissertação alusiva a um tema que tanto me entusiasma.

A todos os elementos da ANA Aeroportos de Portugal que possibilitaram a elaboração deste trabalho, pelas contribuições diretas para o avanço da dissertação e por me permitirem conhecer melhor o setor aeroportuário português, dos quais destaco o Eng. Edgar Carvalho, o Eng. António Cadima e o Eng. Duarte Correia.

Ao meu colega e amigo Luís Oliveira, companheiro assíduo a partir do momento em que iniciei o mestrado, que tanto me motivou nos nossos almoços diários e que se apresentou sempre pronto a ajudar até ao último dia em que estive a elaborar esta dissertação.

Aos colegas de doutoramento e da área de investigação no ramo dos transportes, por me terem acolhido no seu gabinete durante a realização deste trabalho, com um cumprimento especial para o Duarte, a Liliana e a Camila por se mostrarem abertos a tirar todas as dúvidas e pelo forte incentivo nos momentos mais complicados.

À minha namorada Joana Zagalo, que está a meu lado desde os primeiros anos de Técnico e que encontro sempre disponível, tanto para os momentos de descontração como para as situações em que a concentração é fulcral.

Por fim, mas não menos importantes, a todos os meus familiares e amigos mais próximos, dos quais se destacam o Tigas, o Ferra e o Saldanha. Quanto aos restantes, na impossibilidade de enumerar todos, acredito que os próprios sabem perfeitamente a quem me refiro: a todos aqueles que me suportam diariamente e incondicionalmente e que contribuíram, nem que seja de forma indireta, para me manter motivado e focado durante a execução da presente dissertação.

Resumo

A representatividade das companhias aéreas de baixo custo nos aeroportos europeus tem vindo a aumentar nos últimos anos. Nos aeroportos localizados em regiões cujo turismo é fortemente afetado pela sazonalidade, como é o caso do Aeroporto Internacional de Faro, este aumento ainda é mais significativo e começa a ter repercussões no funcionamento da infraestrutura aeroportuária, das quais se destaca uma diminuição das bagagens de porão que dão entrada no sistema de processamento de bagagens (BHS), afetando aos voos de partida.

Por forma a possibilitar uma adaptação ao paradigma apresentado, o objetivo da presente dissertação é analisar diversos cenários teoricamente possíveis para a evolução do número de bagagens a darem entrada no BHS do Aeroporto de Faro e elaborar propostas de melhoria com base na desativação de determinados segmentos, permitindo reduzir as despesas de funcionamento e manutenção e, simultaneamente, garantindo que a eficiência e os níveis de serviço não sejam comprometidos.

A metodologia utilizada consiste na representação do BHS num modelo de simulação de eventos discretos, através do qual se avalia o desempenho do sistema para os diferentes cenários, mediante uma prévia identificação de troços alternativos paralelos a percursos principais e passíveis de serem desativados.

Através desta investigação concluiu-se que, para cenários mais próximos da realidade, existem dois troços do sistema que podem ser desativados e, caso no futuro se venha a verificar uma diminuição ainda mais agressiva do número de bagagens, existem outros dois troços que também poderão ser desligados sem comprometer o bom funcionamento do BHS.

Palavras-Chave: Aeroporto Internacional de Faro, Modelação por Eventos Discretos, Simulação, Sistema de Processamento de Bagagens.

Abstract

On the past few years, there has been an increase of the low-cost carriers share on European airports. In case of airports located on regions where the tourism is greatly affected by seasonality, as Faro Airport, this increase is even more significant and it starts having repercussions on the airport infrastructure operations, of which stands out a reduction on the number of hold baggage that check in the baggage handling system (BHS) for departure flights.

In order to enable an adaptation to the previously presented paradigm, this masters dissertation main goal is to perform an analysis on different theoretically possible scenarios for the evolution of the number of baggages that check in Faro Airport's BHS and develop improvement proposals based on certain segments deactivation, therefore reducing operating and maintenance expenses while assuring that levels of service are not compromised.

It is used a methodology that consists in representing the BHS on a discrete event simulation tool, through which the system performance is evaluated for the different scenarios, and by formerly identifying the alternative segments parallel to main routes and admissible to be turned off.

Results allow to conclude that for scenarios closer to reality there are at least two stretches that can be deactivated and, in case of a strong decrease on the number of baggages that enter the system, there are two more segments that could be turned off without compromising the BHS proper operation.

Keywords: Baggage Handling System, BHS, Discrete Event Modelling, Faro International Airport, Simulation.

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Motivação	1
1.2.	Objetivo da dissertação	2
1.3.	Método de desenvolvimento e estrutura da dissertação.....	4
2.	Contextualização	6
2.1.	Caracterização de um sistema de processamento de bagagens	6
2.1.1.	Zonas de um sistema de processamento de bagagens - voos de entrada, transferências e voos de saída.....	6
2.1.2.	Tipos de bagagem.....	7
2.1.3.	Categorização dos BHS	8
2.1.4.	Especificação de Requisitos de Utilizador e modo geral de funcionamento de um BHS9	
2.1.5.	Zonas de controlo de segurança – Hold Baggage Screening.....	11
2.2.	Caso de estudo do Aeroporto Internacional de Faro	14
2.2.1.	Zona de processamento 1 (ZP1).....	15
2.2.2.	Zona de processamento 2 (ZP2).....	17
2.2.3.	Caracterização do BHS	19
2.2.4.	Desafios apresentados no caso de estudo	22
3.	Estado da Arte	24
3.1.	Processamento de bagagens de porão	24
3.2.	Terminais de baixo custo.....	26
3.3.	Modelos de simulação de eventos discretos.....	28
3.4.	Análise de contributos científicos recolhidos.....	31
4.	Desenvolvimento do modelo de simulação.....	36
4.1.	Construção do modelo	36
4.2.	Calibração e validação do modelo	41
4.2.1.	Probabilidade de aprovação das bagagens nos diferentes níveis de segurança	41
4.2.2.	Probabilidade de recurso a leitura manual do código de destino das bagagens.....	44
4.2.3.	Movimentação das bagagens ao longo do sistema	46
4.2.4.	Chutes	48
4.2.5.	Troços redundantes do sistema	49
4.3.	Cenarização.....	52
5.	Discussão de resultados	62
5.1.	Análise dos resultados obtidos.....	62
5.2.	Propostas de intervenções no BHS	74
5.2.1.	Alternativa 1	74

5.2.2.	Alternativa 2.....	75
5.2.3.	Alternativa 3.....	76
5.2.4.	Alternativa 4.....	77
5.3.	Resumo	78
6.	Conclusões.....	79
	Bibliografia	81
	ANEXOS.....	85
	ANEXO I - Pormenores do modelo de simulação em AnyLogic.....	86
	ANEXO II - Principais funções programadas em Java no modelo de simulação em AnyLogic	92
	ANEXO III - Dados estatísticos recolhidos e devidamente processados, incluindo cálculos auxiliares	96

Índice de Figuras

Figura 1 – Estrutura dos negócios aeronáuticos do grupo ANA. Retirado de (ANA Aeroportos de Portugal, 2015b).	2
Figura 2 – Representatividade das LCC nos voos entre países europeus. Retirado de (Boeing, 2016).	5
Figura 3 – Zonas constituintes de um BHS.	6
Figura 4 – Modo geral de funcionamento de um BHS simples, num aeroporto de menor dimensão.	10
Figura 5 – Modo geral de funcionamento de um BHS complexo, num aeroporto de maior dimensão.	10
Figura 6 – Modo geral de funcionamento de um BHS com o HBS integrado.	11
Figura 7 – Planta do BHS do Aeroporto Internacional de Faro, com destaque para as duas zonas de processamento existentes.	15
Figura 8 – Representação esquemática dos elementos físicos e serviços que compõe a ZP1.	16
Figura 9 – Representação esquemática dos elementos físicos e serviços existentes na ZP2.	18
Figura 10 – Local onde se procede à entrega de bagagens fora de formato e identificação dos anéis do BHS.	21
Figura 11 – Possíveis disposições para os balcões de check-in, de acordo com (Federal Aviation Administration, 1988; Horonjeff et al., 2010).	24
Figura 12 – Diferenças entre dois tipos de processamento de bagagens: centralizado e descentralizado. Adaptado de (Bradley, 2010).	26
Figura 13 – Rede de nós e caminhos alusiva à ZP1, traçada no AnyLogic.	36
Figura 14 – Principais etapas de construção do modelo de simulação do BHS do Aeroporto de Faro.	38
Figura 15 – Exemplo de 2 Sources introduzidas no modelo de simulação, para injeção de bagagens na ZP2.	38
Figura 16 – Modelo de simulação construído no AnyLogic.	40
Figura 17 – Criação do agente correspondente às bagagens no AnyLogic.	40
Figura 18 – Distinção de cores entre as bagagens correspondentes à ZP1, a azul, e as da ZP2, a vermelho.	41
Figura 19 – Pormenor do modelo de simulação no qual foi introduzida a escala gráfica.	47
Figura 20 – Representação da alternativa 4, localizada na ZP1, que foi considerada durante a fase de simulação e discussão de resultados.	49
Figura 21 - Representação das alternativas 1, 2 e 3, localizadas na ZP2, que foram tidas em consideração durante a fase de simulação e discussão de resultados.	50
Figura 22 – Número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro entre 1965 e 2016 (INE, 2016).	52
Figura 23 – Representação, a laranja, da média centrada móvel de comprimento $N = 12$ meses alusiva ao número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro entre 1965 e 2016.	53
Figura 24 – Passageiros embarcados em FAO entre 2004 e 2016, com a respetiva média centrada móvel assinalada a laranja e a reta de tendência a tracejado.	53

Figura 25 – Evolução do número de bagagens de porão por passageiro embarcado, entre os anos 2010 e 2016.....	56
Figura 26 – Equação do modelo de regressão linear simples para projeção da evolução do fator bagagem.....	57
Figura 27 – Tempo em que a alternativa 1 esteve em funcionamento e tempo em que esteve desligada, para o dia mais movimentado do período de época alta do cenário 10.....	72
Figura 28 - Tempo em que a alternativa 1 esteve em funcionamento e tempo em que esteve desligada, para o dia mais movimentado do período de época alta do cenário 11.....	73

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Representatividade das companhias aéreas relativamente ao número de passageiros transportados, no Aeroporto de Faro (Instituto Nacional de Aviação Civil, 2015).	3
Tabela 2 – Exemplo de restrições impostas à bagagem de porão por parte de uma companhia aérea (Lufthansa, 2016).	7
Tabela 3 – Operadores do AnyLogic utilizados na construção do modelo de simulação.	37
Tabela 4 – Exemplo de dados fornecidos pela ANA alusivos ao desempenho dos diversos níveis de segurança.	42
Tabela 5 – Percentagem de bagagens aprovadas nos níveis de segurança 1 a 3.	42
Tabela 6 – Percentagem de bagagens aprovadas no nível de segurança 4.	43
Tabela 7 – Resultados obtidos na análise de variância (ANOVA) para os níveis de segurança 1 a 3.	43
Tabela 8 – Resultados obtidos na análise de variância (ANOVA) para o nível de segurança 4.	43
Tabela 9 – Valor de probabilidade de aprovação de uma bagagem adotado no modelo de simulação, para o vertisorter que sucede os níveis de segurança 1 a 3.	44
Tabela 10 – Valor de probabilidade de aprovação de uma bagagem assumido no modelo de simulação, para o vertisorter que sucede o nível de segurança 4.	44
Tabela 11 – Percentagens de bagagens encaminhadas para a zona de leitura manual.	45
Tabela 12 – Resultados obtidos através da análise de variância (ANOVA) para a zona de leitura manual de códigos de destino.	45
Tabela 13 – Valores calculados alusivos a capacidade de transporte de bagagens dos troços principais.	51
Tabela 14 – Valores previstos alusivos a número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro em 2026, segundo uma projeção realizada com base em dados estatísticos recolhidos do INE.	54
Tabela 15 – Taxas de crescimento anual de passageiros recolhidas de análises de mercado da Airbus e da Boeing. Fontes: (Airbus, 2016; Boeing, 2016).	55
Tabela 16 - Valores previstos alusivos a número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro em 2027, segundo uma projeção realizada com base em dados provenientes de uma análise de mercado da Boeing.	55
Tabela 17 - Valores previstos alusivos a número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro em 2027, segundo uma projeção com fatores sazonais assumidos por forma a providenciar um cenário agressivo.	56
Tabela 18 – Previsão do fator bagagem para o ano 2026, tendo por base uma média do valor verificado nos últimos seis anos.	57
Tabela 19 - Previsão do fator bagagem para o ano 2026, tendo por base um modelo de regressão linear simples aplicado a dados estatísticos alusivos aos últimos seis anos.	57
Tabela 20 – Valor assumido para o fator bagagem em 2026, por forma a construir um cenário condicionante para o BHS do Aeroporto de Faro.	58
Tabela 21 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 1.	58
Tabela 22 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 2.	58

Tabela 23 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 3.....	59
Tabela 24 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 4.....	59
Tabela 25 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 5.....	59
Tabela 26 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 6.....	59
Tabela 27 - Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 7.....	60
Tabela 28 - Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 8.....	60
Tabela 29 - Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 9.....	60
Tabela 30 – Simulações suprimidas aquando da recolha de resultados visando evitar a obtenção de resultados repetitivos.....	61
Tabela 31 – Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia menos movimentado do período de época alta, com base no Cenário 1.....	62
Tabela 32 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 1.....	63
Tabela 33 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia menos movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 2.....	63
Tabela 34 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 2.....	64
Tabela 35 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 2.....	64
Tabela 36 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 3.....	65
Tabela 37 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia menos movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 4.....	66
Tabela 38 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 4.....	66
Tabela 39 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 4.....	66
Tabela 40 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 5.....	67
Tabela 41 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 6.....	68
Tabela 42 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 6.....	68
Tabela 43 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 7.....	69
Tabela 44 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 8.....	69
Tabela 45 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 8.....	70

Tabela 46 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 9.....	70
Tabela 47 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 9.....	71
Tabela 48 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 10.....	71
Tabela 49 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 11.....	73
Tabela 50 – Resumo das conclusões retiradas relativamente à decisão no que diz respeito à alternativa 1, para cada um dos cenários.	74
Tabela 51 - Resumo das conclusões retiradas relativamente à decisão no que diz respeito à alternativa 2, para cada um dos cenários.	75
Tabela 52 - Resumo das conclusões retiradas relativamente à decisão no que diz respeito à alternativa 4, para cada um dos cenários e para as duas épocas do ano em análise.	77
Tabela 53 – Resumo das propostas de intervenção para o BHS com base nos resultados obtidos nas simulações.....	78

Abreviaturas e Símbolos

ANA – Aeroportos e Navegação Aérea

BHS – *Baggage Handling System* – Sistema de Processamento de Bagagens

DCV – *Destination Coded Vehicles* – Veículos com códigos de destino

DVE – Detetor de Vestígios de Explosivos

EUA – Estados Unidos da América

FAA – *Federal Aviation Administration* – Administração Federal de Aviação

HBS – *Hold Baggage Screening* – Sistema de rastreio de segurança de bagagens

IATA – *International Air Transport Association*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

INE – Instituto Nacional de Estatística

LCC – *Low Cost Carriers* – Companhias aéreas de baixo custo

LCT – *Low Cost Terminals* – Terminais de baixo custo

LOS – *Level of service* – Nível de serviço

MVT – *Multiview Tomography* – Tomografia de Diferentes Vistas

SDE – Sistema de Detecção de Explosivos

SITA – *Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques*

TSA – *Transportation Security Administration* – Administração da Segurança nos Transportes

UE – União Europeia

URS – *User Requirements Specification* – Especificação de Requisitos de Usuários

ZP1 – Zona de Processamento 1 (parte do BHS do Aeroporto Internacional de Faro)

ZP2 – Zona de Processamento 2 (parte do BHS do Aeroporto Internacional de Faro)

Glossário

Vertisorter – Dispositivo que tem como objectivo separar as bagagens por dois tapetes rolantes que se encontram localizados a cotas diferentes.

Chute – Proveniente do termo inglês “*shoot*”, corresponde aos locais de saída do BHS, para onde as bagagens são encaminhadas após ser concluído o seu processamento.

1. Introdução

1.1. Motivação

Num mundo em que o sector dos transportes se apresenta como uma componente fulcral para o desenvolvimento da globalização, o transporte aéreo surge como um dos mais importantes meios no que diz respeito ao transporte de mercadorias valiosas e de produtos perecíveis. Além disso, é o transporte aéreo que permite uma aproximação entre regiões profundamente notável, permitindo chegar em algumas horas a locais que anteriormente se encontravam completamente inacessíveis através do transporte rodoviário ou ferroviário e que envolviam viagens consideravelmente longas recorrendo ao transporte marítimo, podendo demorar mais de uma semana.

Para o funcionamento adequado deste sector dos transportes, os aeroportos surgem como um elemento essencial. O aeroporto é o local de utilização pública através do qual os aviões privados e comerciais podem aceder ou abandonar determinadas localidades, onde se faz o carregamento ou descarregamento das aeronaves e no qual se procede a um controlo bastante estrito das pessoas, bagagens e mercadorias que pretendem entrar ou sair da região.

Em 2003 o número de passageiros transportados por via aérea em voos de chegada, em Portugal, foi aproximadamente 10 milhões enquanto em 2015 esse número dilatou para cerca de 20 milhões, ou seja, quase para o dobro (PORDATA, 2016). Com este aumento bastante acentuado do número de passageiros e, conseqüentemente, de bagagens que entram nos aeroportos, que se tem verificado ao longo dos últimos anos, também aumentam os casos de extravio de bagagens, tendo sido verificado que o número de bagagens extraviadas aumentou sensivelmente de 22 milhões para 24 milhões entre os anos 2013 e 2014, a nível mundial (SITA, 2015). Estes casos de extravio têm um impacto profundamente negativo não só para os clientes, mas também para as entidades responsáveis pela organização e manutenção dos aeroportos, pois resultam em custos bastante elevados para as entidades em questão. Assim, o foco no desenvolvimento e aperfeiçoamento dos sistemas de processamento de bagagens dos aeroportos tem sido cada vez mais tido em conta, tendo a *Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques* (SITA) avançado que tal facto já permitiu poupar cerca de 18 biliões de dólares americanos, desde 2007, em questões relacionadas com o extravio de bagagens.

A Aeroportos e Navegação Aérea (ANA) é uma das entidades supracitadas, encarregada da gestão e manutenção dos aeroportos em Portugal, e demonstrou interesse em, face ao aumento do número de companhias de baixo custo a operar em território nacional, explorar algumas oportunidades de melhoria, nomeadamente aperfeiçoar e otimizar o funcionamento do sistema de processamento de bagagens do Aeroporto Internacional de Faro.

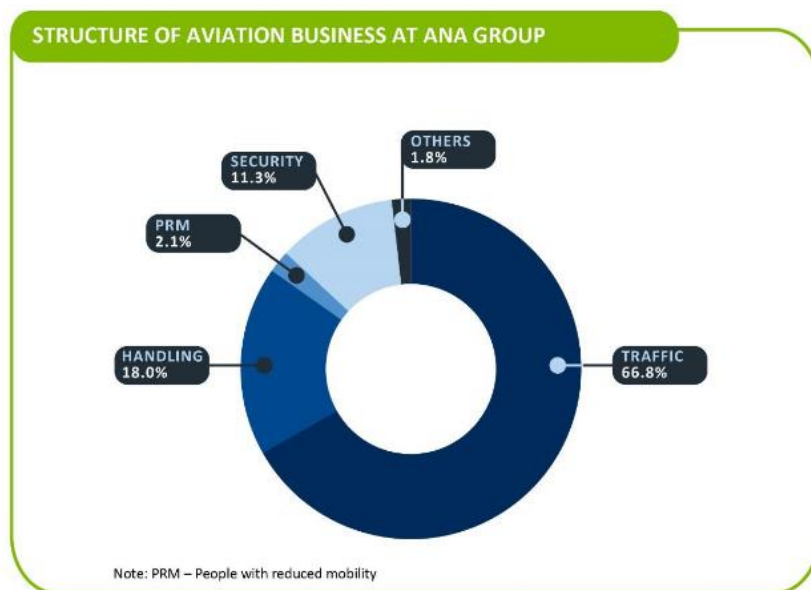


Figura 1 – Estrutura dos negócios aeronáuticos do grupo ANA. Retirado de (ANA Aeroportos de Portugal, 2015b).

Além disso, através da análise da Figura 1, retirada do Relatório Anual de 2015 do grupo ANA, pode ser facilmente constatado que o *handling* aeroportuário representa uma parte considerável das receitas aeronáuticas da ANA. Note-se que os 18% alusivos ao *handling* incluem outras 7 áreas de intervenção além do processamento de bagagens (todas as atividades providenciadas pela Portway, S.A de apoio a aeronaves, passageiros, bagagens e mercadoria de tráfego aéreo em todos os aeroportos da ANA, S.A.), mas ainda assim deixa uma ideia clara da dimensão e do impacto de uma possível contenção de gastos.

Assim, tendo em consideração não só o interesse revelado pelo autor em desenvolver um estudo relacionado com o sector do transporte aéreo, mas também o proveito que a ANA pode vir a retirar do estudo em questão, surgiu a possibilidade de desenvolver esta dissertação de mestrado, em Engenharia Civil, tendo por base o caso de estudo do Aeroporto de Faro.

1.2. Objetivo da dissertação

A utilização do Aeroporto Internacional de Faro é fortemente influenciada pela sazonalidade associada à região do Algarve, na qual se encontra localizado. Assim, por um lado verifica-se uma forte afluência de passageiros e bagagens entre Junho e Agosto e, por outro lado, o número de passageiros decresce consideravelmente nos restantes 9 meses do ano. O principal fator que conduziu ao estabelecimento da tendência supracitada é o turismo de praia, o qual atrai um elevado número de visitantes durante o Verão e é praticamente inexistente no Inverno.

Além disso, o turismo de praia anteriormente mencionado tem conduzido ao acréscimo de interesse por parte das companhias aéreas de baixo custo em se instalarem e operarem em Faro, visando responder à forte afluência de turistas verificada durante a época alta na região do Algarve. Tal como pode ser concluído através da tabela abaixo, companhias de baixo custo como a Ryanair, Easyjet, Monarch e Transavia já são responsáveis por mais de 70% dos passageiros que passam pelo do aeroporto de Faro.

10 Maiores companhias aéreas	Quota de mercado / Nº de passageiros
Ryanair, Ltd.	26%
Easyjet Airline Company Limited	24%
Monarch Airlines Ltd	11%
Transavia Airlines, Cv.	10%
TAP – Portugal	8%
Air Berlin PLC & Co. Luftverkehrs KG	6%
British Airways, Plc.	3%
Jet2.com (Channel Express)	2%
TUIfly GmbH	2%
Air Lingus, Plc.	2%

Tabela 1 – Representatividade das companhias aéreas relativamente ao número de passageiros transportados, no Aeroporto de Faro (Instituto Nacional de Aviação Civil, 2015).

Uma grande parte dos típicos passageiros das companhias de baixo custo, como os turistas de curta estadia e os trabalhadores com breves compromissos em diversos países, não costumam transportar bagagens de grande dimensão. Além disso, também as próprias companhias de baixo custo acabam por, indiretamente, incentivar os seus clientes a abdicarem das bagagens de porão devido aos preços praticados. Então, ao contrário do que se verifica em grande parte dos aeroportos a nível europeu, o número de bens a darem entrada no sistema de processamento de bagagens do Aeroporto Internacional de Faro tem vindo a decrescer à medida que o número de companhias aéreas de baixo custo instaladas aumenta.

À data em que o sistema de processamento de bagagens do aeroporto em questão foi dimensionado, a tendência assumida terá sido a de um aumento do número de bagagens a darem entrada no sistema ao longo dos anos, tal como se verifica na maior parte das restantes localidades europeias. Assim, deparando-se com uma atual ligeira alteração nesta tendência, a ANA encontra uma oportunidade para se poder adaptar da forma mais apropriada à realidade, otimizando a utilização dos recursos à disposição no sistema de processamento de bagagens, conseguindo reduções vantajosas em custos de funcionamento, manutenção e despesas em recursos humanos.

O objetivo desta dissertação de mestrado é analisar o sistema de processamento de bagagens do Aeroporto Internacional de Faro, mais concretamente com foco no processamento das bagagens de porão alusivas a voos de partida. Posteriormente, considerando diversos cenários teoricamente possíveis para a evolução do número de bagagens a darem entrada no sistema, irão

ser propostas melhorias com base na desativação de determinados segmentos, por forma a permitir reduzir as despesas de funcionamento e manutenção, de tal forma que a eficiência e os níveis de serviço não sejam comprometidos.

1.3. Método de desenvolvimento e estrutura da dissertação

A presente dissertação de mestrado iniciou-se com um capítulo introdutório, através do qual o aluno procurou abordar os fatores que motivaram o desenvolvimento deste trabalho, o objetivo a alcançar com a sua elaboração e quais os métodos utilizados na realização do mesmo.

No segundo capítulo, pretendeu-se contextualizar o caso de estudo que foi desenvolvido no decorrer da elaboração deste trabalho. Para tal, numa primeira etapa foi apresentada uma caracterização geral de um sistema de processamento de bagagens, recorrendo a informações e teorias recolhidas através da análise da bibliografia existente sobre o tema em questão. Numa segunda etapa, avançando para o caso de estudo em análise, foi feita uma caracterização do sistema de processamento de bagagens do aeroporto de Faro, tendo por base as características previamente analisadas.

Seguidamente, o terceiro capítulo teve como objetivo a introdução e análise dos contributos, quer sejam artigos científicos alusivos a trabalhos de investigação ou livros publicados, relacionados com o tema abordado nesta dissertação. Numa primeira fase, foi elaborado um estudo referente ao processamento de bagagens de porão. Posteriormente, procedeu-se a uma breve análise do impacto que as companhias aéreas de baixo custo (LCC – *Low Cost Carriers*) têm tido no sector da aviação e no funcionamento de terminais direcionados para operações deste tipo de companhias aéreas. Num terceiro subcapítulo, apresentaram-se as vantagens inerentes à simulação bem como a escolha da ferramenta informática que irá foi utilizada para o desenvolvimento deste trabalho, o AnyLogic. Por fim, dedicou-se uma parte final deste capítulo a uma análise, mais abrangente, da literatura recolhida relacionada com sistemas de processamento de bagagens.

Posteriormente, avançou-se com a construção do modelo de simulação. Com recurso ao AnyLogic, foi representado o BHS do Aeroporto de Faro através de uma rede de nós e caminhos e, mais tarde, procedeu-se à fase de calibração deste mesmo modelo tendo em consideração a probabilidade de aprovação das bagagens nos diferentes níveis de segurança, a probabilidade das bagagens serem encaminhadas para uma zona de leitura manual, o modo como as bagagens são transportadas e movimentadas ao longo do sistema e a forma como são retiradas através das chutes. Além disso, foi nesta fase que se realizou a identificação dos troços alternativos existentes no BHS que podem vir a ser desligados e que, mediante a devida calibração, serviram de base para as simulações e para as propostas de intervenção.

Antes de avançar para a recolha e discussão de resultados, foi necessário fazer um longo trabalho de pesquisa e de processamento de dados estatísticos, com recurso a documentação fornecida pela ANA e retirada da página de internet do Instituto Nacional de Estatística (INE), por forma a reunir bases sólidas para a construção dos cenários de simulação. Foi através destes mesmo cenários que ficaram definidas, no modelo, as taxas de entrada de bagagens no sistema, as quais variam consoante o cenário e têm como objetivo representar diversas conjunturas que podem vir a ser verificadas no futuro no Aeroporto de Faro. Então, após a calibração da entrada de bagagens, foi realizada a validação do modelo, através da qual ficaram reunidas as condições para se avançar para a etapa de simulações e recolha de resultados.

Assim, procedeu-se à fase de simulações e respetiva colheita de resultados. Os resultados obtidos foram devidamente analisados, por forma a serem retiradas algumas conclusões relativamente à decisão a ser tomada para cada troço alternativo e para cada cenário de simulação considerado: manter o troço em análise ligado ou desativá-lo para possibilitar uma redução de gastos associados ao BHS. Então, após a análise dos resultados obtidos, avançou-se com propostas de intervenções no BHS do aeroporto de Faro, visando cumprir o objetivo a que o presente trabalho se propôs de economizar nos gastos, não descurando a eficiência do sistema.

Por fim, no sexto capítulo da dissertação, foram retiradas conclusões gerais alusivas à elaboração deste trabalho. Foram abordadas algumas dificuldades encontradas, quais os desenvolvimentos que seriam realizados caso existisse a possibilidade de aprofundar este estudo e foram examinados os possíveis diferentes campos de aplicação da metodologia desenvolvida. Além disso, foi obviamente analisado se os objetivos que se propuseram atingir foram alcançados e devidamente cumpridos e que contributos esta investigação proporcionou, não só para a administração do Aeroporto de Faro, mas também para outros aeroportos nos quais o BHS tenha sido dimensionado para o funcionamento de companhias regulares e que, hoje em dia, verificam uma representatividade das LCC a aumentar consideravelmente ao longo dos anos.

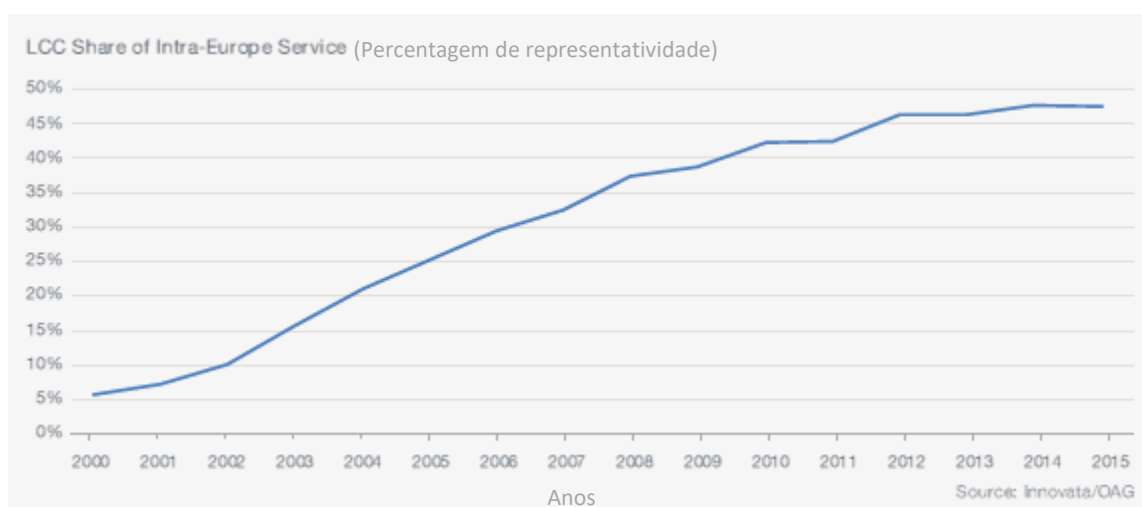


Figura 2 – Representatividade das LCC nos voos entre países europeus, entre os anos 2000 e 2015. Retirado de (Boeing, 2016).

2. Contextualização

2.1. Caracterização de um sistema de processamento de bagagens

2.1.1. Zonas de um sistema de processamento de bagagens - voos de entrada, transferências e voos de saída

O transporte aéreo diferencia-se da grande maioria dos restantes modos de transporte por implicar a separação entre passageiros e as suas bagagens o que, conseqüentemente, aumenta a complexidade e dificuldade no dimensionamento dos terminais de passageiros e sistemas de processamento de bagagens, pois a separação e posterior reunião do passageiro com a sua bagagem têm de ser realizadas sem comprometer a eficiência do sistema e os níveis de serviço a serem garantidos (Ashford, Mumayiz, & Wright, 2011).

A presente dissertação tem foco no sistema de processamento de bagagens (BHS¹), o qual se encontra dividido em três zonas principais: a zona dos voos de chegada, a zona de transferência entre voos e a zona das partidas, sendo esta última a parte claramente mais complexa do sistema e a que será estudada de forma mais aprofundada na dissertação em questão (Abdelghany, Abdelghany, & Narasimhan, 2006; Ashford et al., 2011; Haneyah, Schutten, Schuur, & Zijm, 2013; Horonjeff, Mckelvey, Sproule, & Young, 2010). Ainda pode ser considerada como uma quarta parte integrante de um BHS o conjunto das diversas áreas de apoio, existentes num aeroporto, que se encontram diretamente relacionadas com as bagagens (Airport Cooperative Research Program, 2010).

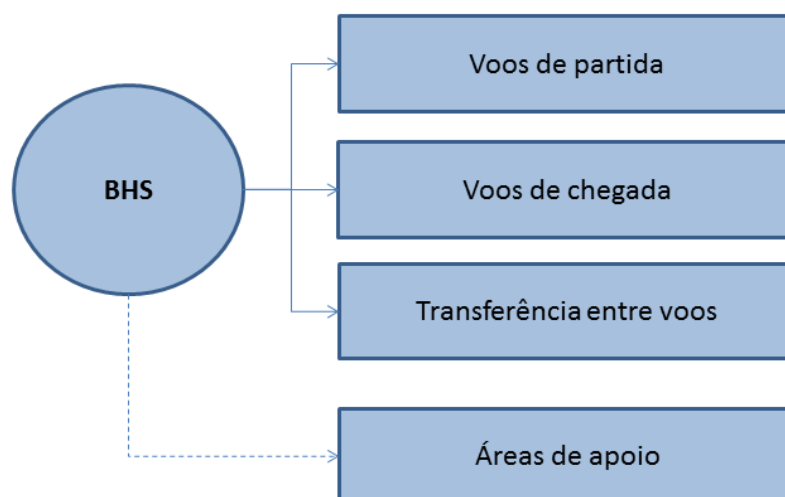


Figura 3 – Zonas constituintes de um BHS.

¹ Doravante, BHS será a sigla utilizada para fazer referência a sistemas de processamento de bagagens. Esta sigla é a mais utilizada a nível internacional, derivando da Língua Inglesa, na qual sistema de processamento de bagagens se traduz *Baggage Handling System* (BHS).

As bagagens alusivas aos voos de partida são aquelas que dão entrada no terminal do aeroporto através dos diferentes pontos de acesso público ao lado terra² e que, posteriormente, se tem como objetivo embarcarem numa aeronave. As bagagens provenientes de voos de chegada são constituídas pelas bagagens que recentemente abandonaram uma aeronave, entraram no terminal do aeroporto pelo lado ar³ e cujo destino é abandonar o aeroporto através das saídas de acesso comum localizadas no lado terra. Por fim, as bagagens de transferência são aquelas que entram no terminal aeroportuário ao desembarcarem de uma aeronave, através dos pontos de acesso ao lado ar, e têm como destino voltar a embarcar noutra aeronave num curto período de tempo, novamente recorrendo às conexões com o lado ar (Wells & Young, 2004).

2.1.2. Tipos de bagagem

Há que ter em atenção que nem todas as bagagens são processadas pelo BHS. Ao entrarem no terminal aeroportuário, os passageiros podem ser classificados em quatro tipos diferentes, consoante o tipo de bagagem que transportam:

- ✗ Passageiros sem qualquer bagagem;
- ✗ Passageiros apenas com bagagem de mão;
- ✗ Passageiros com bagagem de porão;
- ✗ Passageiros com bagagem fora de formato.

(Wells & Young, 2004)

Este trabalho aborda as bagagens de porão que, tal como a nomenclatura indica, correspondem a bagagens que não podem ser transportadas na cabine junto aos passageiros e, conseqüentemente, são transportadas no porão do avião. Como o espaço total do porão é limitado e, além disso, tendo por base um conjunto de normas internacionais alusivas a condições de Segurança e Saúde no Trabalho, existem diversos limites e restrições impostas às bagagens de porão, normalmente relacionadas com número máximo de peças, peso máximo permitido e dimensões máximas autorizadas das bagagens que embarcam nas aeronaves (TAP Portugal, 2016). A título de exemplo, apresenta-se a regulamentação base aplicada pela Lufthansa à bagagem de porão na tabela seguinte.

Classe da Viagem	Quantidade	Peso	Dimensões
Económica	1 Peça	23 Kg	158 cm (largura, altura e profundidade)
Económica Premium	2 Peças	23 Kg por peça	
Executiva	2 Peças	32 Kg por peça	
Primeira Classe	3 Peças	32 Kg por peça	

Tabela 2 – Exemplo de restrições impostas à bagagem de porão por parte de uma companhia aérea (Lufthansa, 2016).

² Lado terra corresponde a todas as zonas aeroportuárias que não estão incluídas no lado ar, isto é, o lado terra é constituído por todas as zonas de acesso público existentes num aeroporto: terminais, zonas comerciais, edifícios administrativos, parques de estacionamento de automóveis, entre outros locais públicos (Castro, 2012).

³ Lado ar consiste na zona do aeroporto na qual se realizam as diversas manobras das aeronaves, bem como os terrenos imediatamente adjacentes, na qual o acesso é reservado e estritamente controlado, com o objetivo de garantir a segurança da aviação civil (Castro, 2012).

Obviamente, além das restrições supracitadas, existem proibições que são comuns a todas as companhias aéreas e a qualquer aeroporto, as quais visam impedir a entrada de objetos potencialmente perigosos e que possam ameaçar o bom funcionamento da aviação civil. Assim, é estritamente proibido o transporte aéreo de explosivos, gases como o gás propano e gás butano, líquidos inflamáveis, sólidos inflamáveis, substâncias reativas, oxidantes e peróxidos orgânicos, substâncias tóxicas e infecciosas, material radioativo, substâncias corrosivas e quaisquer componentes de veículos que já tenham contido combustível (TAP Portugal, 2016).

As bagagens fora de formato são aquelas que não podem dar entrada no BHS da forma usual, tal como as bagagens de porão. Por terem características fora do comum e se tratarem de bagagens com um formato diferente daquele que é considerado padrão, as bagagens fora de formato requerem uma forma de processamento especial. Este tipo de bagagem é constituído por:

- ✘ Animais de estimação, os quais são colocados em recipientes apropriados e aprovados por cada companhia aérea e são sempre transportados manualmente, nunca com recurso a sistemas automáticos;
- ✘ Armas de fogo, as quais podem ter um recipiente de transporte próprio ou podem ser processadas como uma bagagem usual de porão, mas em primeiro lugar tem de haver uma verificação de segurança por forma a garantir que a arma está descarregada e não constitui perigo;
- ✘ Bagagens com dimensão consideravelmente superior ao habitual, das quais se destacam diversos equipamentos desportivos (por exemplo, saco de golfe, prancha, bicicleta, equipamento de mergulho), cadeiras de rodas e equipamento médico, os quais têm obrigatoriamente de ser processados manualmente pois as suas dimensões impossibilitam o processamento com recurso às máquinas de um BHS.

(Airport Cooperative Research Program, 2010)

De entre os diversos tipos de bagagens, apenas as bagagens de porão e as bagagens fora de formato dão entrada no BHS. As bagagens fora de formato são processadas pelos funcionários do BHS, porém têm entradas próprias e equipamentos específicos que se encontram numa determinada parte do sistema, a qual é dedicada exclusivamente a este tipo de bagagem, e cujo estudo não será aprofundado no âmbito deste trabalho. A principal funcionalidade de um BHS trata-se do processamento das bagagens de porão e a presente dissertação será desenvolvida estando focalizada nesta parte particular do sistema.

2.1.3. Categorização dos BHS

A dimensão e forma de processamento das bagagens em cada sistema depende não só do tamanho do aeroporto, mas também do número de voos com bagagem de porão a serem processados num determinado momento, verificando-se que quanto maior for o aeroporto e o número de voos, maior será o nível de automatização do sistema, bem como a quantidade de tapetes rolantes envolvidos (Ashford et al., 2011).

Os BHS podem ser divididos em três categorias distintas, tendo por base os fluxos de bagagens processadas: os de Categoria A são aqueles nos quais o número de bagagens processadas é igual ou inferior a 999 bagagens por hora de ponta; nos sistemas de Categoria B, os fluxos de bagagens processadas caracterizam-se por estarem entre 1000 e 4999 bagagens por hora de ponta; os sistemas de Categoria C são os que processam um número igual ou superior a 5000 bagagens por hora de ponta (Bradley, 2010). Tal como referem Ashford, Mumayiz & Wright, também Bradley reitera o facto de o nível de automatização ter de aumentar obrigatoriamente à medida que se avança na escala de categorias de BHS, isto é, quanto maior for o número de bagagens a serem processadas no aeroporto em questão. Por outras palavras, em aeroportos menores, tal como os de Categoria A, o processamento de bagagens pode ser feito manualmente, enquanto em aeroportos de maior dimensão, como os de Categoria C, é necessário existir um processamento de bagagens automatizado. A automatização permite que os terminais tenham uma capacidade significativamente superior e melhoram a qualidade do serviço prestado (Kazda & Caves, 2000).

2.1.4. Especificação de Requisitos de Utilizador e modo geral de funcionamento de um BHS

Além dos fluxos de bagagens de porão, quer sejam em hora de ponta ou fluxos normais, é necessário ter em consideração outros aspetos que se revelam bastante importantes aquando do dimensionamento ou de uma intervenção na infraestrutura de um BHS. Assim, esses aspetos devem estar perfeitamente definidos na Especificação de Requisitos de Utilizador (URS - *User Requirements Specification*), as quais devem incluir:

- ✗ Expectativa do tempo de desempenho do sistema;
- ✗ Diferentes tamanhos de bagagens que podem dar entrada no sistema;
- ✗ A forma como o sistema funciona na prática;
- ✗ Componentes físicas do sistema;
- ✗ Tempo em que o sistema está em funcionamento e o tempo aceitável para o sistema estar desativado;
- ✗ Tempo que as bagagens demoram a percorrer os diferentes troços do sistema, bem como o tempo mínimo que uma bagagem tem de estar no sistema;
- ✗ Comprimento dos diferentes troços do sistema;
- ✗ Capacidade de remoção de uma bagagem do sistema;
- ✗ Tipo de *software* e a empresa responsável pelo seu desenvolvimento e manutenção;
- ✗ Tipos de transportadores integrados no sistema;
- ✗ Capacidade de armazenamento do sistema;
- ✗ O sistema e a infraestrutura para alocação dos voos;
- ✗ Forma de processamento das bagagens fora de formato;

(Bradley, 2010)

Usualmente, nos aeroportos de menor dimensão o BHS é bastante simples: as bagagens movem-se diretamente da zona de *check-in* para a zona das bagagens através de um tapete rolante

e, nessa zona, são colocadas manualmente pelos trabalhadores nos carrinhos transportadores, os quais são levados por um veículo especializado até à placa de estacionamento onde se encontra o avião em que as bagagens vão embarcar (Ashford et al., 2011).

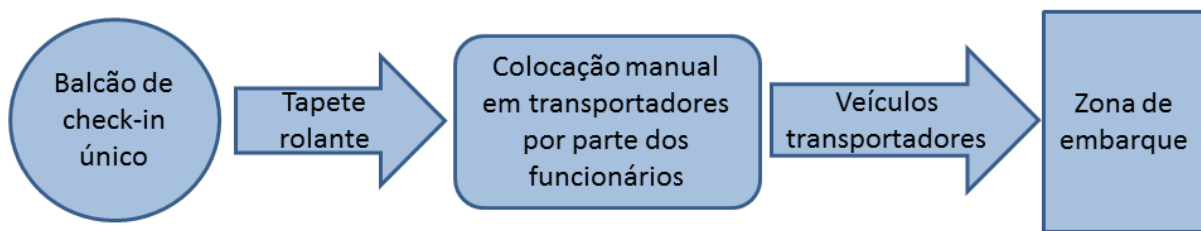


Figura 4 – Modo geral de funcionamento de um BHS simples, num aeroporto de menor dimensão.

Por outro lado, em aeroportos com uma dimensão superior, isto é, naqueles em operam diversas companhias aéreas e nos quais o processamento exclusivamente manual é impossível, são necessárias diversas mesas de *check-in* que permitem a entrada das bagagens no BHS através de diferentes tapetes rolantes. Nestes casos, uma bagagem ao sair da zona de *check-in* é encaminhada para uma zona de triagem, na qual um laser automatizado ou um funcionário, manualmente, procede à leitura da etiqueta da bagagem que contém o seu destino, por forma a inserir essa informação no sistema automatizado. Posteriormente, mediante o tipo de BHS integrado no aeroporto, a bagagem tanto pode ser automaticamente encaminhada e carregada num dos veículos especializados que a transporte até ao avião em que vai embarcar, como pode ser diretamente encaminhada para junto do avião, quer seja em transportadores isolados ou em carrinhos transportadores (Ashford et al., 2011).

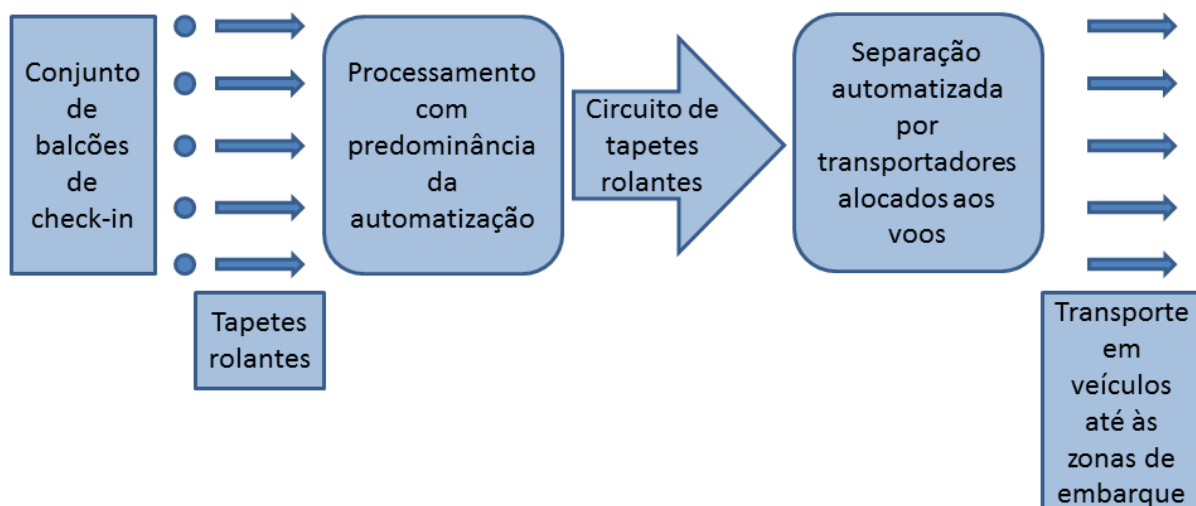


Figura 5 – Modo geral de funcionamento de um BHS complexo, num aeroporto de maior dimensão.

2.1.5. Zonas de controlo de segurança – *Hold Baggage Screening*

As zonas de controlo de segurança por si só compõem um sistema, o qual pode fazer parte do BHS, e é através deste que se procede ao rastreio das bagagens com o menor impacto possível na eficiência das operações anteriormente descritas. Porém, após o atentado terrorista de 11 de Setembro de 2001, nos Estados Unidos da América (EUA), este rastreio sofreu uma profunda reformulação, tendo a Administração da Segurança nos Transportes (TSA - *Transportation Security Administration*) introduzido controlos de segurança notavelmente mais estritos e rigorosos no método de processamento das bagagens e, conseqüentemente, afetando de forma direta o planeamento e operações associados ao processamento de bagagens a nível mundial (Wells & Young, 2004).

O conjunto das diversas zonas de controlo de segurança denomina-se *Hold Baggage Screening* (HBS) e trata-se de um sistema que, nos aeroportos europeus, se encontra integrado no BHS, tal como se apresenta na Figura 6.

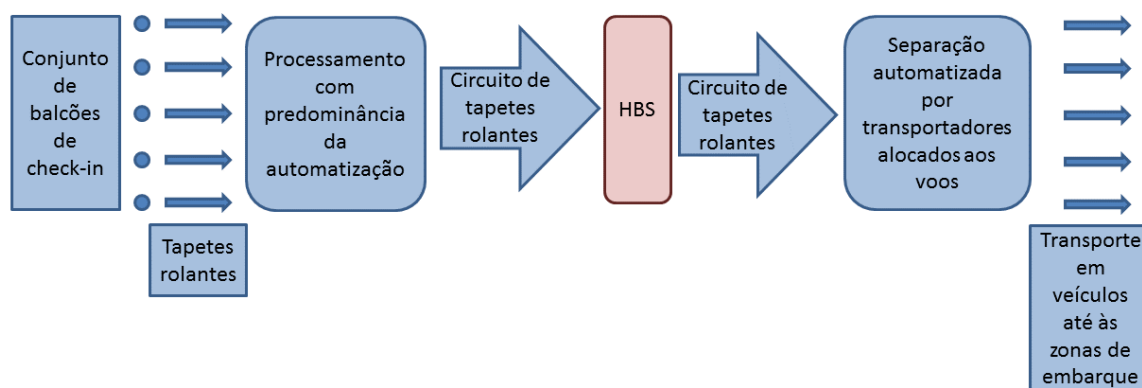


Figura 6 – Modo geral de funcionamento de um BHS com o HBS integrado.

De acordo com a regulamentação em vigor para os países da União Europeia (UE), os métodos de rastreio apresentados de seguida devem ser utilizados para proceder à verificação de segurança das bagagens de porão, quer seja de forma individualizada ou combinada:

- ✗ Revista manual;
- ✗ Equipamento de raios X;
- ✗ Sistema de deteção de explosivos (SDE);
- ✗ Detetores de vestígios de explosivos (DVE);
- ✗ Cães detetores de explosivos.

(Comissão Europeia, 2015)

Atualmente, nos aeroportos portugueses, o rastreio de segurança das bagagens de porão alusivas aos voos de partida é realizado em quatro fases:

- i. Na primeira fase de rastreio, as bagagens são analisadas por um equipamento SDE automatizado, o qual corresponde aos níveis de segurança 1 e 2, devido a uma

nomenclatura antiquada. Caso o sinal de alarme seja ativado, são enviadas imagens do interior das bagagens rejeitadas, com recurso a tecnologia raios X que se encontra incorporada nestes equipamentos, para os funcionários do controlo de segurança.

- ii. Numa segunda fase de controlo, os funcionários recorrem às imagens do interior da bagagem, geradas no nível antecedente, para tentarem averiguar se os objetos suspeitos se tratam realmente de explosivos ou quaisquer outros objetos que possam ameaçar a segurança da aviação civil. A análise realizada por estes funcionários corresponde ao nível de segurança 3 e tem um tempo limitado e variável. Quando este tempo é excedido ou o operador decide rejeitar a bagagem, esta segue para o nível de segurança 4;
- iii. No nível de segurança 4 encontra-se um funcionário junto de um outro equipamento EDS, o qual é controlado manualmente, permitindo assim uma análise consideravelmente mais minuciosa da peça em questão. Nesta fase, o funcionário do controlo de segurança já não tem um tempo limitado para realizar a sua análise e tem acesso não só às novas imagens geradas pelo equipamento SDE deste nível, mas também às imagens geradas nos níveis de segurança 1 e 2.
- iv. Na última fase do controlo de segurança, correspondente ao nível 5, a bagagem é encaminhada para um local isolado e devidamente protegido, no qual se procede à reunião da bagagem com o respetivo passageiro por forma a ser efetuada uma revista mais minuciosa do interior da peça em questão. Este procedimento é obrigatório pois, do ponto de vista legal, as bagagens não podem ser abertas e devidamente examinadas sem a presença do seu proprietário. Caso o passageiro não seja encontrado e se conclua que se verifica uma verdadeira ameaça para a segurança do aeroporto, a bagagem é definitivamente retirada do BHS e passa a ficar a cargo da Polícia.

O Anexo 17 da Convenção sobre Aviação Civil Internacional é um documento elaborado pela *International Civil Aviation Organization* (ICAO) que contém as principais orientações no que diz respeito às medidas e sistemas de segurança que devem ser implementados nos aeroportos (International Civil Aviation Organization, 2006). Assim, desde que os requisitos presentes no Anexo 17 sejam respeitados, o HBS pode encontrar-se em diferentes localizações:

- ✗ HBS juntamente com um *Check-in* no exterior do aeroporto;
- ✗ HBS localizado num terminal limpo⁴;
- ✗ HBS numa zona limpa de segurança junto à zona de *check-in*;
- ✗ HBS imediatamente antes do *check-in*;
- ✗ HBS incluído no *check-in* ou imediatamente após o mesmo;
- ✗ HBS integrado no BHS.

(Bradley, 2010)

⁴ Área limpa corresponde à zona do terminal onde os passageiros se encontram após terem atravessado a zona de rastreio de segurança e antes de entrarem na zona de embarque. Esta área inclui diversos espaços de espera e algumas lojas (Airport Cooperative Research Program, 2010; Wells & Young, 2004).

De um modo geral, a localização do HBS, bem como a tecnologia que o compõe, dependem de uma variedade de fatores, nomeadamente das características físicas da infraestrutura aeroportuária, do tipo de tráfego aéreo associado ao aeroporto e, tal como já foi previamente mencionado, dos requisitos impostos pela ICAO no Anexo 17 da Convenção da Aviação Civil Internacional. Quando se pretendem analisar estes fatores em específico para um determinado aeroporto, devem ser elaborados estudos por forma a perceber quais os impactos de cada proposta de solução no custo, capacidade e condições de operacionalidade do aeroporto em questão (Bradley, 2010).

A última configuração possível, correspondente a integrar o HBS no BHS, é a mais comumente utilizada. Esta solução tem a desvantagem de ter os processos de rastreio de segurança ocultos para os passageiros e, caso seja necessária, a reunião do passageiro com a sua bagagem é um procedimento bastante mais complexo do que em qualquer outra solução. Além disso, implica reservar um espaço consideravelmente superior para a instalação de todo o BHS pois é fundamental ter em consideração o espaço ocupado pelas diferentes máquinas de rastreio que constituem o HBS. No entanto, esta configuração, adotada nos aeroportos em Portugal, afigura-se como aquela que permite usufruir de um maior número de aspetos positivos: os terminais ficam com mais espaço disponível para a circulação de passageiros e para instalação de outras atividades, desta forma o HBS não interfere com o processo de *check-in* nem com as atividades comerciais, só é rastreada a bagagem de porão, nesta solução os funcionários da segurança têm mais tempo para analisar cada bagagem, torna-se mais simples isolar uma bagagem considerada potencialmente perigosa bem como retirá-la do sistema sem afetar o normal funcionamento do terminal aeroportuário e permite utilizar o HBS para também rastrear as bagagens de voos de transferência (Bradley, 2010).

2.2. Caso de estudo do Aeroporto Internacional de Faro

O Aeroporto Internacional de Faro, cujo código da Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA - *International Air Transport Association*) é FAO, é “a principal porta de entrada do Algarve” (ANA Aeroportos de Portugal, 2016). O aeroporto foi inaugurado em 1965 e visa servir não só a cidade de Faro, mas também toda a região turística do Algarve, na zona Sul de Portugal Continental, tendo um impacto muito significativo no desenvolvimento económico da mesma (ANA Aeroportos de Portugal, 2015c).

Desde a sua inauguração, tem sido adotada uma estratégia pró-ativa que permite fomentar o crescimento do tráfego aéreo, nunca descuidando elevados padrões de segurança e assegurando bons níveis de serviço para os seus clientes. Essa estratégia permitiu que a sua infraestrutura e serviços se fossem sempre adaptando às necessidades das companhias aéreas e dos passageiros, traduzindo-se em diversas intervenções contínuas no aeroporto, das quais se destacam a construção de uma nova aerogare em 1989 e a ampliação, remodelação e modernização da infraestrutura que foi levada a cabo em 2001 e que atualmente, entre 2015 e 2017, está a ser novamente colocada em prática (ANA Aeroportos de Portugal, 2015c).

Hoje em dia, o Aeroporto de Faro recebe aproximadamente 6.5 milhões de passageiros anuais, tem capacidade para processar 2400 passageiros por hora e tem espaço disponível para o estacionamento de 22 aeronaves, possuindo capacidade para processar 24 voos por hora. Com as mais recentes remodelações a serem aplicadas na infraestrutura, pretende-se ampliar o número de placas de estacionamento de aeronaves para 33, aumentado a capacidade de processamento para 30 voos e 3000 passageiros por hora, o que se traduzirá num incremento do número anual de passageiros para os 8 milhões (ANA Aeroportos de Portugal, 2015a, 2015b, 2015c).

No que diz respeito à parte do processamento das bagagens dos voos de partida, a qual será o foco da presente dissertação, o BHS do Aeroporto Internacional de Faro encontra-se dividido em duas zonas principais: zona de processamento 1 (ZP1), composta pelo anel 1, e zona de processamento 2 (ZP2), constituída pelos anéis 2 e 3. Cada uma destas zonas contém o seu próprio HBS, o qual está integrado no BHS. Além disso, cada zona tem o seu próprio subsistema de processamento, mas estão ambos interligados, tal como pode ser observado na Figura 7.

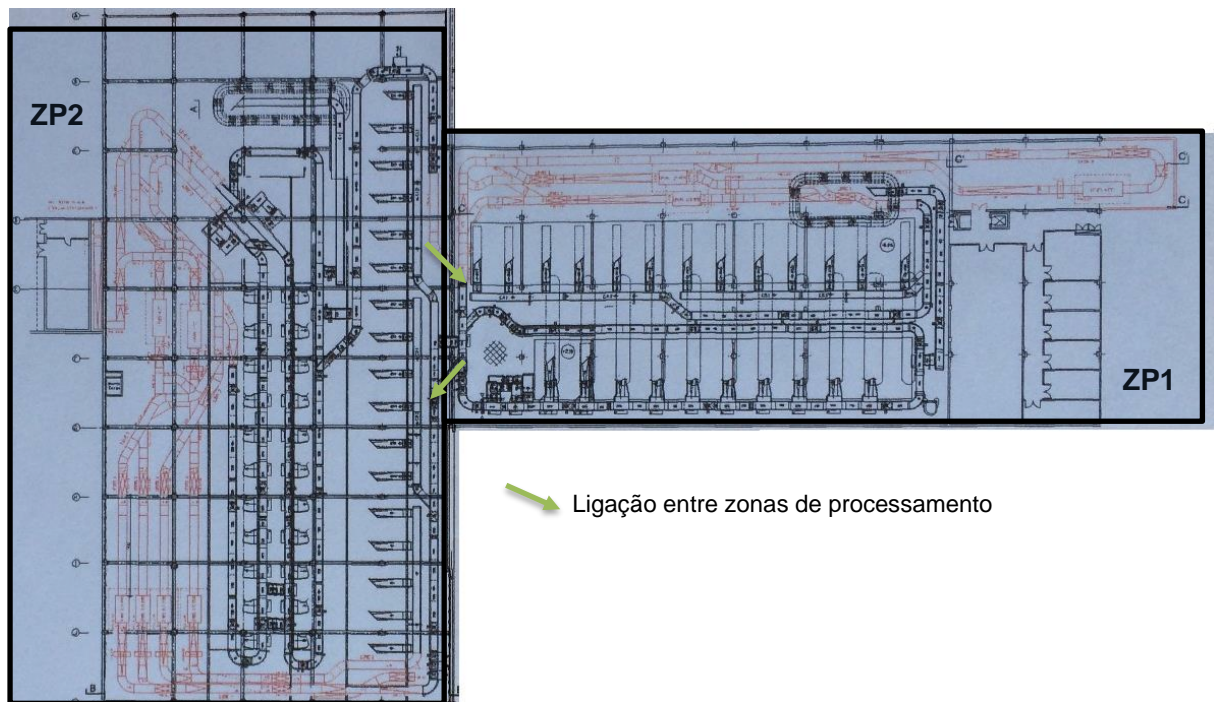


Figura 7 – Planta do BHS do Aeroporto Internacional de Faro, com destaque para as duas zonas de processamento existentes.

2.2.1. Zona de processamento 1 (ZP1)

O processamento de uma bagagem que dê entrada na ZP1 tem início num dos 2 conjuntos de balcões de *check-in* e termina numa das 10 chutes localizadas nesta zona de processamento. Desde o *check-in* até ser alocada a uma chute, a bagagem é encaminhada através de um conjunto de elementos e serviços que se encontram representados na Figura 8, apresentada na página que se segue.

É importante referir que o primeiro *vertisorter*⁵ visa apenas uma separação aleatória com o objetivo de evitar congestionamento de bagagens junto às diferentes máquinas do HBS, ou seja, não há qualquer critério que distinga as bagagens encaminhadas para o tapete rolante superior ou para o inferior. Por outro lado, os restantes *vertisorters* incorporados no sistema estão diretamente relacionados com os níveis de segurança que os antecedem, procedendo a uma divisão entre as bagagens que foram rejeitadas, as quais são encaminhadas para os tapetes rolantes inferiores, e as que foram aceites, que são conduzidas para os tapetes superiores.

⁵ *Vertisorter* corresponde a uma abreviatura proveniente da denominação inglesa *Vertical Sorter*, a qual define um dispositivo que tem como objectivo separar as bagagens por dois tapetes rolantes que se encontram localizados a cotas diferentes.

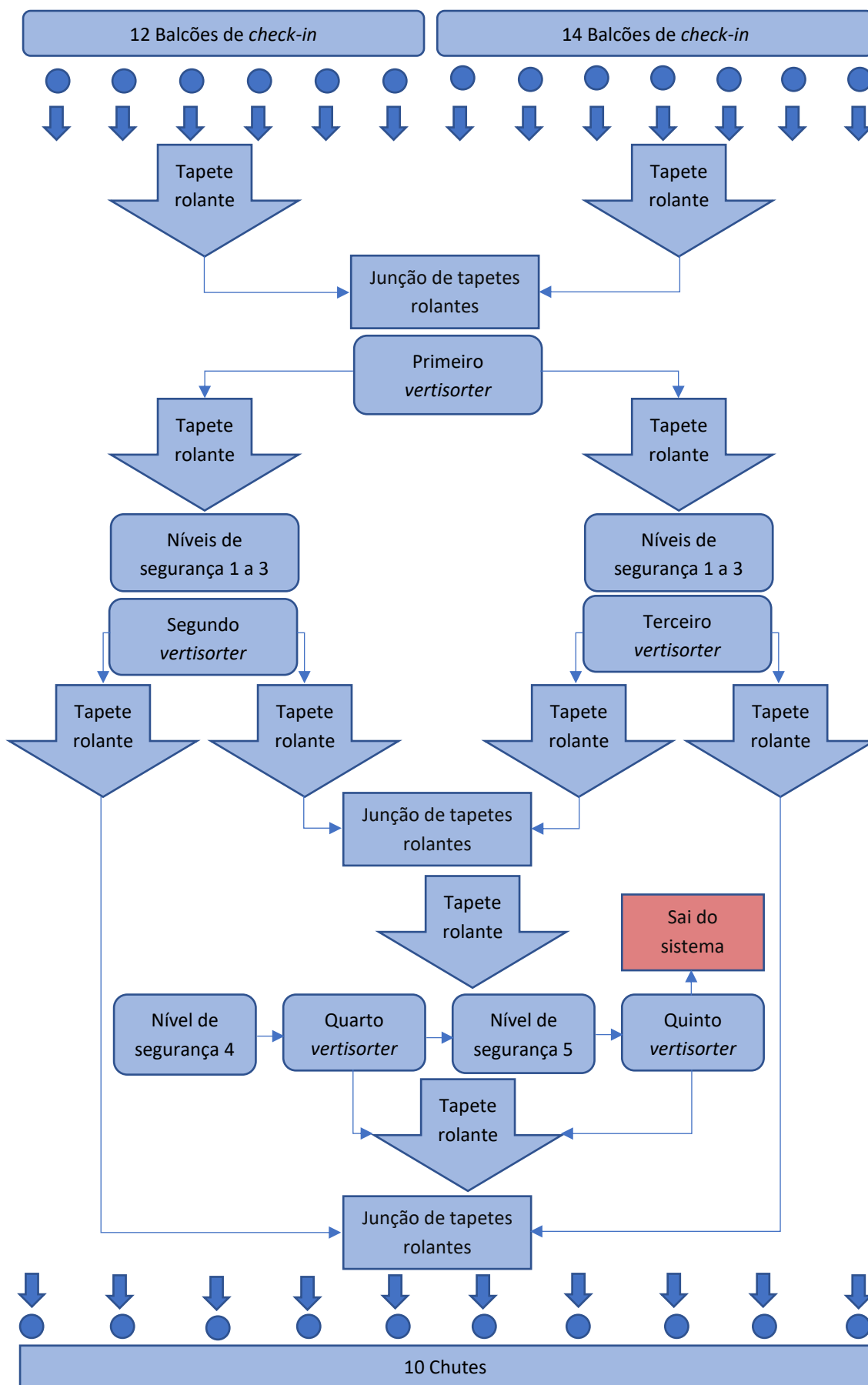


Figura 8 – Representação esquemática dos elementos físicos e serviços que compõe a ZP1.

Não se encontram representados no esquema anterior para proporcionar uma melhor apresentação, mas quando se encontram no tapete rolante que as encaminha para as chutes, as bagagens passam por dois pontos de ligação com a ZP2: num primeiro local, existe uma intersecção com um tapete que traz bagagens provenientes da outra zona de processamento e, num segundo ponto, há uma ramificação através da qual algumas bagagens da ZP1 podem ser enviadas para a ZP2.

Além disso, após a zona mencionada anteriormente e antes de alcançarem a zona das chutes, as bagagens podem ser encaminhadas para um pequeno desvio, que também não se encontra representado na Figura 8 por motivos análogos, a partir do qual os funcionários do BHS têm a possibilidade de proceder à leitura manual do código de destino das bagagens, caso este não tenha sido automaticamente detetado numa zona anterior e apropriada para o caso. Esta leitura manual por vezes é necessária pois a bagagem quando passa no ponto de leitura automática pode não estar posicionada da melhor forma ou pode, até mesmo, ter perdido a etiqueta com o código do destino entre as diversas movimentações efetuadas no percurso no interior do BHS.

No final da ZP1, as bagagens chegam finalmente à zona das chutes, na qual são direcionadas para a aeronave na qual vão embarcar. Caso se verifique um novo problema de leitura do código de barras que contém a informação relativa ao voo ou caso se verifique tardiamente de que a peça deveria ter sido encaminhada para uma chute da ZP2, a bagagem não é conduzida para qualquer chute e segue por um tapete rolante que visa reintegrá-la no sistema, num ponto imediatamente antecedente à ramificação para a ZP2. Caso as bagagens percam por completo o código de destino, existe uma ramificação através da qual estas são encaminhadas para uma zona de bagagens “perdidas”, à qual os funcionários do processamento de bagagens posteriormente vão buscá-las com o intuito de as embarcarem nos correspondentes voos.

2.2.2. Zona de processamento 2 (ZP2)

O processamento de uma bagagem que dê entrada na ZP2 tem início num dos 3 conjuntos de balcões de *check-in* e termina num dos dois conjuntos de chutes que se encontram nesta zona de processamento. A ZP2 destaca-se por ter uma segregação logo no início do sistema com base no destino dos voos para os quais as bagagens serão encaminhadas, isto é, ao contrário do que acontece na ZP1, os balcões de *check-in* conduzem as peças para diferentes linhas de tapetes rolantes, as quais servem diferentes grupos de chutes. Estas duas linhas têm um funcionamento muito semelhante, operando em paralelo e contendo algumas redundâncias entre elas para, em caso de avaria, as bagagens poderem ser encaminhadas para outros tapetes em funcionamento.

À semelhança do que foi efetuado para a ZP1, apresenta-se na próxima página uma representação esquemática do modo de funcionamento da ZP2. Como esta segunda zona de processamento é consideravelmente mais complexa, privilegiou-se a apresentação dos serviços em detrimento dos elementos físicos, ou seja, cada trecho de tapete rolante acaba por estar representado por pequenas setas e aproveitou-se para representar a maioria das etapas da ZP2.

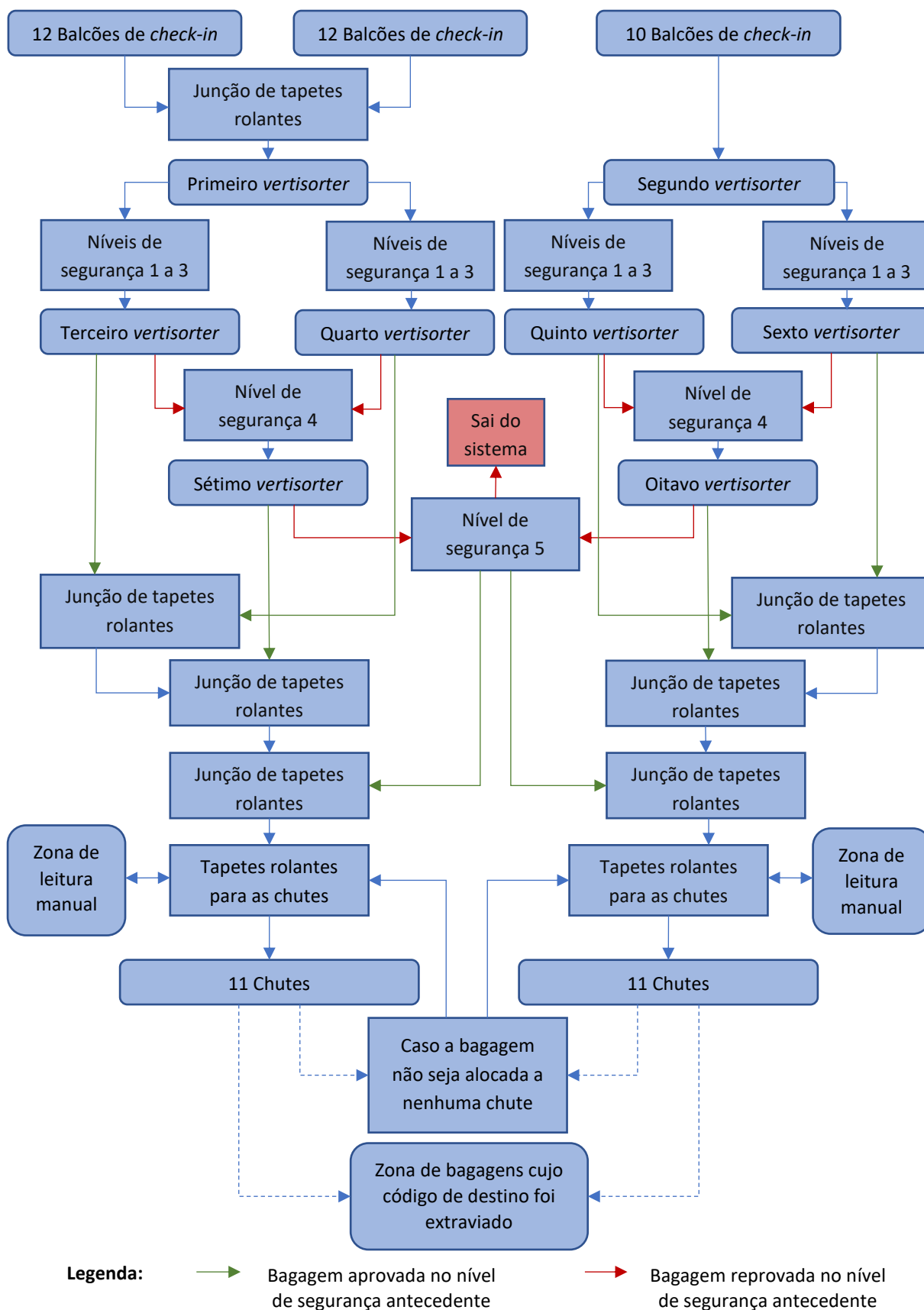


Figura 9 – Representação esquemática dos elementos físicos e serviços existentes na ZP2.

Mais uma vez, para proporcionar melhor apresentação, não foram representadas as ligações com a ZP1 na Figura 9. A ZP2 recebe as bagagens provenientes da zona de processamento adjacente logo no início, junto ao primeiro conjunto de 6 balcões de *check-in* e, caso exista a necessidade de encaminhar alguma bagagem para a ZP1, uma das linhas contém uma ramificação com esse objetivo na sua porção de sistema que permite a reintrodução das bagagens após a zona das chutes (para uma melhor compreensão destes pontos de ligação, rever Figura 7). Caso a bagagem que se pretende reencaminhar para a ZP1 se encontre na linha oposta, recorre-se a um dos pontos de redundância por forma a encaminhá-la para a linha com a ramificação em questão.

Tal como foi explicado para a ZP1, o processamento ideal de uma bagagem termina na zona das chutes. Assim, as últimas duas etapas representadas a tracejado na Figura 9 correspondem a operações que apenas são efetuadas quando se verifica algum problema aquando da leitura do código de destino de uma bagagem: ou são reintroduzidas no sistema para se proceder a uma nova leitura ou, em último caso, são encaminhadas para a tal zona de bagagens “perdidas”, à qual os funcionários posteriormente vão buscá-las com o intuito de as embarcarem nos correspondentes voos

2.2.3. Caracterização do BHS

Já foi referido neste capítulo que quando se pretende realizar uma intervenção num BHS existem diversos aspetos que devem ser tidos em conta, os quais se encontram definidos nas URS. Assim, em primeiro lugar, procede-se a uma apresentação das características do BHS do Aeroporto Internacional de Faro com base nas URS:

- ✘ Em 2011 e 2012 o Aeroporto de Faro foi atingido por tornados e, decorrente desses fenómenos meteorológicos, sofreu algumas alterações aquando das obras de reconstrução, as quais também afetaram o funcionamento do BHS. Após estas intervenções, o sistema ficou preparado para se manter ativo e inalterado durante, no mínimo, os 20 anos seguintes. Porém, hoje em dia sabe-se que as próximas intervenções a serem efetuadas terão início daqui a 5 anos e terão como objetivo substituir todas as máquinas EDS por novas máquinas que permitirão integrar dois níveis de segurança num só e, além disso, poderão vir a condicionar o *layout* do BHS;
- ✘ No que diz respeito aos diferentes tamanhos de bagagens que podem dar entrada no sistema, este BHS tem a particularidade de a dimensão máxima admissível para uma bagagem ser diferente do que se verifica nos outros aeroportos devido aos sacos de golfe. Nos restantes aeroportos, os sacos de golfe habitualmente são processados como bagagem fora de formato, porém devido à elevada afluência de praticantes desta modalidade à região do Algarve, o BHS do aeroporto de Faro está preparado para processar sacos de golfe como uma bagagem de porão comum. Assim, a janela virtual de cada bagagem que dá entrada no sistema é de 1.30 metros, sendo 1.10 metros o comprimento máximo admitido para uma bagagem de porão, e os restantes 0.20 metros

correspondem à soma de duas parcelas de 0.10 metros alusivas ao afastamento necessário entre duas bagagens que circulam nos tapetes rolantes do BHS;

- ✘ A forma como o sistema funciona na prática já se encontra devidamente explicitada nos capítulos referentes à descrição das duas zonas de processamentos (ZP1 e ZP2) constituintes do BHS do aeroporto de Faro. O único aspeto que ainda não foi mencionado, e que é comum a ambas as zonas de processamento, é que em todas as separações e junções de tapetes rolantes existe uma diferenciação da velocidade dos tapetes por forma a garantir o espaçamento mínimo necessário entre bagagens;
- ✘ No Aeroporto de Faro o processamento das bagagens de porão começa num dos 60 balcões de *check-in* existentes. O BHS possui um total de 9 máquinas EDS *Standard 2*: 3 na ZP1 (estando 2 alocadas aos primeiros dois níveis de segurança e 1 localizada no quarto nível) e 6 na ZP2 (encontrando-se 4 nos primeiros dois níveis de segurança e 2 no quarto nível). Além disso, possui um total de 14 dispositivos *vertisorter*, estando 5 localizados na ZP1 e 9 na ZP2, os quais permitem fazer uma segregação das bagagens por dois tapetes rolantes que se encontrem a cotas diferentes, a partir de um só ponto de partida. Para proceder ao acompanhamento das peças ao longo do sistema, este possui 4 leitores de código de bagagem na ZP1 e 8 leitores na ZP2, distribuídos por diferentes locais. Outro elemento comum a todos os BHS são os “tomba-malas”, normalmente localizados nas coletoras logo após o *check-in*, que têm como objetivo reposicionar as bagagens que entrem no sistema numa posição que dificulte o seu processamento;
- ✘ O sistema encontra-se em funcionamento durante cerca de 20 horas, estando desativado nas restantes 4 horas;
- ✘ O tempo mínimo que uma bagagem demora a percorrer o sistema depende da zona de processamento em que der entrada, verificando-se que as bagagens levam aproximadamente 5 minutos a percorrer a ZP1 e 6 minutos a percorrer a ZP2, obviamente quando aprovadas logo nos primeiros três níveis de segurança;
- ✘ Desde a zona de depósito da bagagem no *check-in* até às chutes, a ZP1 conta com cerca de 500 m de transportados equipados com tapetes rolantes, enquanto na ZP2 este valor ultrapassa os 700 m;
- ✘ O sistema contém algumas zonas, diretamente associadas ao HBS, nas quais se procede a uma monitorização constante das bagagens. Assim, caso haja necessidade de remover uma determinada bagagem do sistema, é possível identificar a sua localização precisa a partir do momento em que entre num ponto de controlo de segurança. A remoção da bagagem é efetuada manualmente;
- ✘ O *software* utilizado e que possibilita as operações do BHS do aeroporto de Faro é o WinCC e a empresa responsável pelo seu desenvolvimento e manutenção é a Siemens;
- ✘ A grande maioria dos movimentos de transporte de bagagens são efetuados com recurso a tapetes rolantes, não existindo qualquer recipiente em que estas sejam inseridas, ou seja, havendo contacto direto entre a bagagem e a tela rolante. Existem outros dois elementos no BHS do aeroporto de Faro que podem movimentar bagagens: os *pushers*

(empurradores) e os *diverters* (desviadores). Existem 12 *pushers* na ZP1 e 26 na ZP2 e, como o próprio nome indica, servem para empurrar as bagagens num determinado momento para fora dos tapetes rolantes, nomeadamente na zona de leitura manual de códigos de bagagem, junto às chutes ou em redundâncias do sistema. Por outro lado, encontra-se 1 *diverter* na ZP1 e 5 na ZP2 e estes têm como finalidade desviar definitivamente bagagens do seu percurso habitual para um caminho alternativo, particularmente nos locais de conexão entre terminais e junto a redundâncias em caso de avarias;

- ✘ Este sistema não tem nenhuma zona de armazenamento de bagagens. Tal como foi descrito anteriormente, apenas possui uma zona de armazenamento temporário para cada zona de processamento, para onde são encaminhadas as bagagens cujos códigos de destino são extraviados;
- ✘ A infraestrutura para alocação dos voos é constituída por um total de 32 chutes, sendo que 10 se encontram localizadas na ZP1 enquanto as restantes 22 se situam na ZP2. Na ZP2, as chutes estão divididas em dois conjuntos de 11, estando cada conjunto alocado a cada uma das linhas paralelas constituintes desta zona de processamento. O sistema de alocação dos voos não é uma questão técnica, trata-se sim de uma gestão operacional que se encontra intimamente relacionada com as preferências que certas companhias têm por determinadas chutes;
- ✘ As bagagens fora de formato são processadas num local diferente, a uma cota inferior de todo o BHS, todavia estas bagagens dão entrada na ZP2, no local que se encontra assinalado na Figura 10. No aeroporto de Faro, a maior parte das bagagens fora de formato que dão entrada no sistema correspondem a carrinhos de bebé;

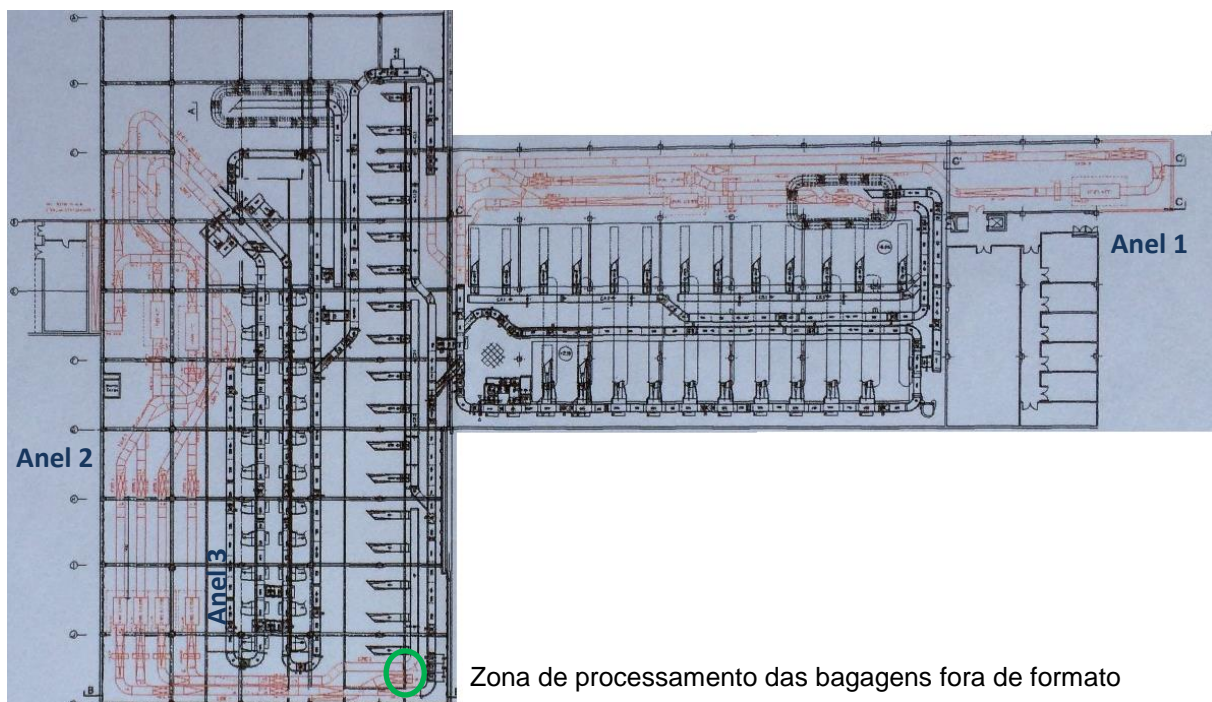


Figura 10 – Local onde se procede à entrega de bagagens fora de formato e identificação dos anéis do BHS.

O BHS do Aeroporto Internacional de Faro tem capacidade para processar aproximadamente 1200 bagagens por hora pelo que, segundo Bradley (2010), pode ser caracterizado como um sistema de processamento de Categoria B. Porém, há que ter em atenção que este valor de capacidade de processamento já é bastante próximo do limite que diferencia a Categoria B da Categoria A. Então, tendo em conta o paradigma atual de aumento do número de LCC instaladas em Faro e conseqüente diminuição do número de bagagens a darem entrada no BHS, este sistema provavelmente já poderia ser encarado como um sistema de Categoria A aquando de intervenções futuras, tais como as que serão tidas em consideração na elaboração deste trabalho.

2.2.4. Desafios apresentados no caso de estudo

O funcionamento de um BHS com o nível de complexidade e de automação como o que já foi apresentado relativamente ao Aeroporto Internacional de Faro envolve a disponibilização de um orçamento considerável, de aproximadamente um milhão de euros anuais, para as operações e manutenção dos seus elementos constituintes. Todos os equipamentos, como as máquinas EDS, além de terem altos custos de aquisição, implicam gastos energéticos elevados. Por outro lado, tanto máquinas EDS como tapetes rolantes processam uma quantidade numerosa de bagagens por dia, pelo que solicitam rotinas de manutenção bastante dispendiosas. Além disto, como pode ser verificado pelo modo como o BHS opera, a cada equipamento está associado um funcionário ou conjunto de funcionários do departamento de segurança, os quais representam despesas anuais em recursos humanos para a entidade gestora do aeroporto.

No entanto, tal como já foi apresentado no capítulo introdutório, atualmente verifica-se uma mudança extraordinária no modo de funcionamento dos terminais aeroportuários mediante a instalação de LCC, as quais têm conduzido à redução do número de bagagens que dão entrada nos BHS. Nesse caso, numa fase inicial o desafio prende-se com a elaboração de cenários que têm como objetivo prever e retratar a evolução do número de bagagens que entram no sistema, bem como o modo de distribuição das entradas ao longo de um dia. Além disso, os cenários em questão têm sempre que ter em consideração a dicotomia associada à sazonalidade, isto é, tendo por base a influência que a época alta e a época baixa têm nas taxas de entrada de bagagens no BHS.

Para proceder à elaboração dos cenários anteriormente referidos da forma mais adequada possível, é necessário aceder a uma quantidade considerável de dados estatísticos. Outro desafio do presente trabalho será a reunião destes mesmos dados, os quais nem sempre estão acessíveis publicamente e envolverão um árduo trabalho de pesquisa e, posteriormente, de processamento dos dados em questão.

Intimamente relacionado com o objetivo da dissertação, o principal desafio apresentado neste caso de estudo do aeroporto de Faro é propor, testar e avaliar as medidas apropriadas para que a entidade gestora do aeroporto se possa adaptar da forma mais adequada a este novo paradigma decorrente do impacto das LCC, através do modelo de simulação. Para que este modelo se trate de uma representação fidedigna da realidade, tem de ser devidamente calibrado com base em dados

estatísticos, documentos fornecidos pela ANA e algumas observações realizadas em visitas de campo. Como as visitas de campo não podem ser numerosas nem demasiadamente morosas, devido á quantidade de processos de segurança envolvidos numa visita de um civil à infraestrutura aeroportuária, outro desafio será claramente o de proceder a esta representação informática do sistema tendo apenas em consideração as conclusões retiradas numa só visita ao BHS de Faro. Tudo seria elaborado de forma bastante mais fácil se o acesso físico ao aeroporto fosse livre e sem quaisquer restrições.

As intervenções que podem ser tidas em consideração para possibilitarem a adaptação supracitada, e conseqüente redução das despesas associadas ao funcionamento e manutenção do BHS, encontram-se diretamente relacionadas com o encerramento permanente ou desativação temporária de trechos do sistema de processamento, bem como dos equipamentos que nestes estejam incluídos. Assim, tirando partido da infraestrutura existente e das redundâncias que contém, pode ser considerada a desativação de certos níveis de segurança e o direcionamento das bagagens para um outro nível equivalente e que funcione em paralelo. Por outro lado, também se pode usufruir de uma redundância imediatamente anterior à zona de alocação das bagagens aos voos para desativar um conjunto de chutes. De outro ponto de vista, também se pode recorrer a redundâncias que delimitem trechos de tapetes rolantes que funcionam em paralelo para desligar um destes trechos temporariamente, em momentos em que o número de bagagens a dar entrada no sistema seja reduzido e assim o permita, possibilitando até uma adaptação dinâmica automática por parte do próprio sistema.

Resumindo e concluindo, os desafios apresentados no caso de estudo encontram-se relacionados com a previsão das taxas de bagagens de porão que dão entrada no sistema e, tendo em consideração o facto de se ter vindo a verificar uma redução das mesmas, proporcionar uma adaptação do BHS a estas hipotéticas novas taxas e, conseqüentemente, permitir à entidade gestora do aeroporto reduzir as suas despesas associadas a este sistema de processamento presente no Aeroporto Internacional de Faro.

3. Estado da Arte

3.1. Processamento de bagagens de porão

O processamento das bagagens de porão alusivas a voos de partida, as quais são o tema central da presente dissertação, inicia-se nos balcões de *check-in*. A disposição destes balcões pode ser de três tipos: linear, atravessável e ilha (Federal Aviation Administration, 1988; Horonjeff et al., 2010). A configuração linear é a mais usual nos aeroportos e encontra-se normalmente associada a balcões com funcionários que desempenham diversas operações, tais como emissão e validação de bilhetes e *check-in* da bagagem de porão. A disposição atravessável é mais recorrente em companhias aéreas que se destacam por movimentarem grandes volumes de bagagem, privilegiando operações de transação apenas de bagagem e permitindo ao passageiro fazer o *check-in* da bagagem antes de terminar a validação do bilhete. Por fim, a configuração em ilha caracteriza-se pela disposição dos diversos funcionários ao redor de um único tapete rolante e permite usufruir de um misto de vantagens associadas às duas disposições anteriores.

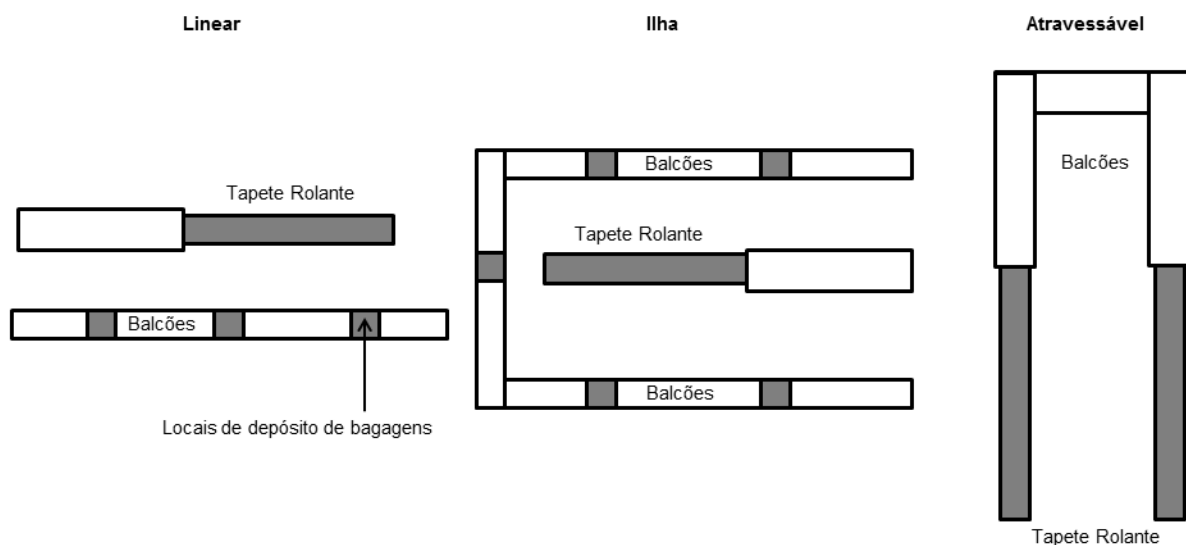


Figura 11 – Possíveis disposições para os balcões de *check-in*, de acordo com (Federal Aviation Administration, 1988; Horonjeff et al., 2010).

Horonjeff, Mckelvey, Sproule e Young (2010) ainda procedem a uma análise mais pormenorizada da influência que os diferentes tipos de disposição dos balcões de *check-in* têm no processo de formação de filas de espera e, a par de taxas de entrada de passageiros e do número médio de bagagens transportadas por cada passageiro, o impacto que têm na definição do número de balcões que devem ser incorporados num determinado terminal aeroportuário. Porém, este tema diverge ligeiramente do tema desta dissertação, pelo que não será realizada uma análise mais minuciosa.

Também associado à temática do *check-in* foi o trabalho desenvolvido por Castillo-Manzano e López-Valpuesta (2013), os quais se focaram no comportamento dos passageiros, visando determinar qual o impacto de tecnologias de *self-service* neste processo. Os autores concluíram que um dos principais fatores que influencia a escolha do passageiro é o tipo de viagem e de companhia aérea: os passageiros que fazem um maior número de viagens de negócios, através de LCC, com voos de ida e volta bastante próximos no tempo e, conseqüentemente, com menor quantidade de bagagem têm maior tendência a aderir às tecnologias de *self-service*. Esta é uma tendência bastante provável de se vir a acentuar no Aeroporto Internacional de Faro.

As tecnologias supracitadas também promovem uma propensão, que já vinha a ser estabelecida nos balcões de *check-in* tradicionais, de aumentarem o número de equipamentos de uso comum num terminal aeroportuário. Por oposição ao uso exclusivo, os equipamentos de uso comum são aqueles cuja utilização é partilhada por diversas companhias aéreas, como é o caso do BHS de um aeroporto e, mais recentemente, tem sido o caso dos balcões de *check-in*. O uso comum pode ser encarado como uma forma de processamento que tem diversas vantagens, das quais se destaca claramente o facto de permitir uma utilização muito mais eficiente do espaço disponível no terminal (Bellotti, 2008). Porém, em certas situações o uso exclusivo pode apresentar-se como o mais adequado, tal como concluíram Heinz e Pitfield (2011) quando estudaram a mudança da British Airways para o terminal 5 do Aeroporto de Heathrow, em Londres, através de uma análise estatística do desempenho do processamento das bagagens de transferência.

Assim, de acordo com o Airport Cooperative Research Program (2010), existem 4 tipos de processamento de bagagens:

- ✘ Processamento centralizado: um BHS com este tipo de processamento é caracterizado por todas as bagagens, tanto dos voos de partida como dos voos de transferência, serem reunidas num determinado local, no interior do terminal aeroportuário, a partir do qual se procede à distribuição das bagagens pelos diferentes lugares onde estão alocados os correspondentes voos;
- ✘ Processamento descentralizado: esta forma de processamento conduz ao depósito de bagagens em dois ou mais locais do terminal e, por vezes, a própria distribuição das bagagens pelos correspondentes voos é realizada junto aos portões de embarque;
- ✘ Sistema de processamento de uso comum: tal como já foi mencionado, este modo de processamento reúne bagagens de todas as companhias aéreas num único sistema, através do qual é realizado o processamento e distribuição das bagagens pelos diferentes voos. O uso comum traz vantagens como o facto de qualquer intervenção de ampliação, redução ou modificação do BHS se tornar mais simples e o facto de se poder calendarizar os diferentes voos por forma a tirar o máximo partido do BHS;
- ✘ Processamento manual: tal como o próprio nome indica, este tipo de processamento não envolve quaisquer automatizações e implica que cada companhia tenha funcionários disponíveis para realizar o processamento das bagagens e para as colocar no respectivo carro de distribuição por forma a serem encaminhadas para a aeronave correspondente.

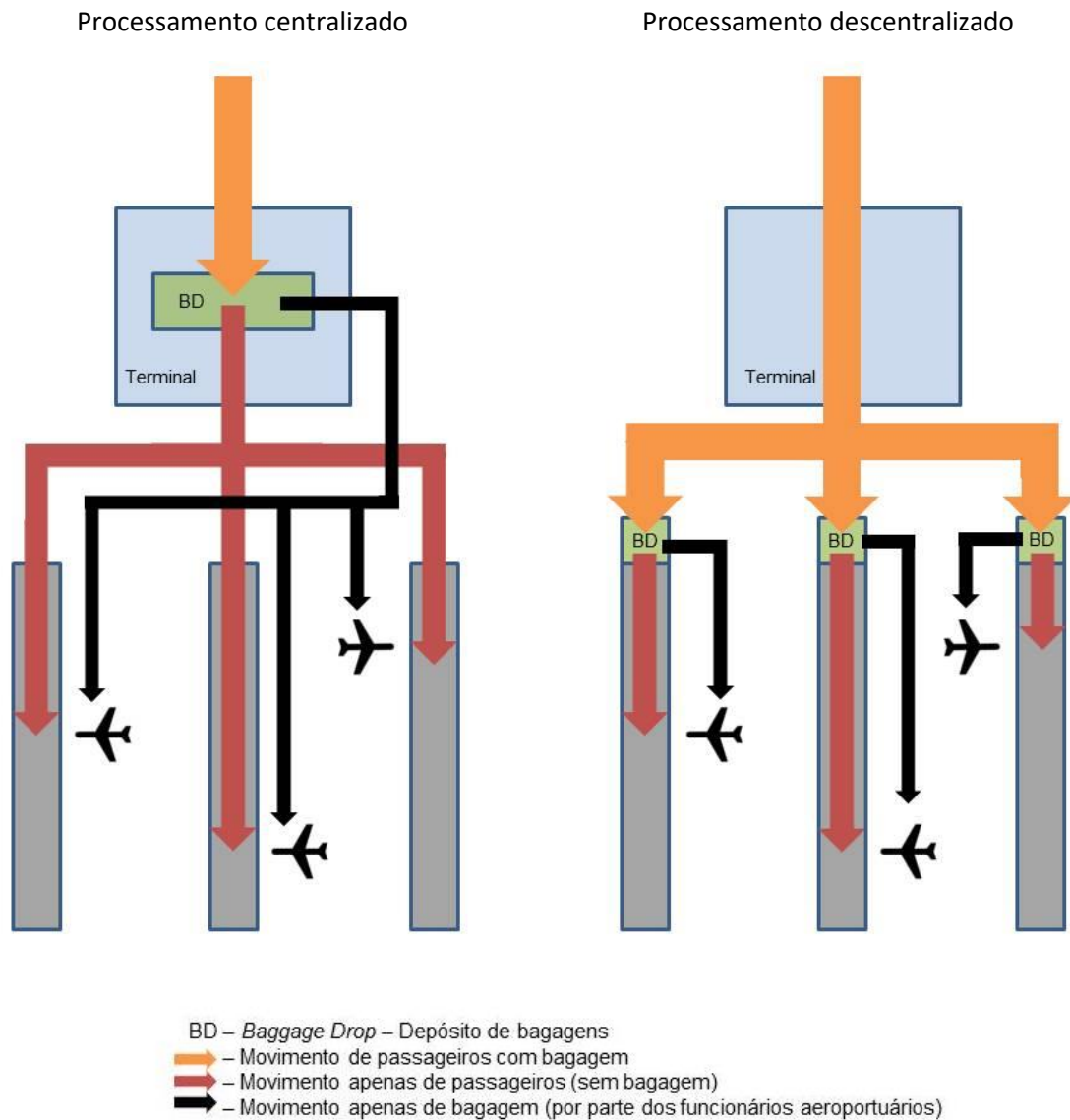


Figura 12 – Diferenças entre dois tipos de processamento de bagagens: centralizado e descentralizado. Adaptado de (Bradley, 2010).

De acordo com Bradley (2010), a Figura 12 também retrata as principais diferenças entre aquilo que hoje em dia é considerado um terminal habitual e o que atualmente constitui um terminal de baixo custo. O processamento descentralizado simplifica as operações levadas a cabo pelas entidades aeroportuárias, permitindo poupanças em diversos custos operacionais, o que poderá vir a ser um dos fatores de distinção entre um terminal comum, tipicamente para companhias tradicionais, e um terminal de baixo custo, mais direcionado para alocação de LCC.

3.2. Terminais de baixo custo

Ao contrário do que se verifica no Terminal 2 do Aeroporto Humberto Delgado, em Lisboa, o Aeroporto Internacional de Faro não possui um terminal de baixo custo. Porém, tal como já foi

apresentado no capítulo anterior, as companhias de baixo custo têm contribuído bastante para o desenvolvimento do aeroporto em análise neste caso de estudo e os terminais de baixo custo têm como principal objetivo promover a alocação e o crescimento deste tipo de companhias nos aeroportos. Então, tendo em conta o impacto das LCC no Aeroporto de Faro, considerou-se importante a inclusão de um subcapítulo dedicado às infraestruturas que podem vir a tornar-se os principais constituintes deste aeroporto e, além disso, de uma revisão da literatura baseada nos contributos científicos realizados na temática do transporte e terminais de baixo custo.

Como já foi constatado, as LCC têm uma participação cada vez mais significativa no sector do transporte aéreo e, ao assumirem um papel cada vez mais relevante no seu desenvolvimento, tornam-se expressivamente mais influentes no planeamento, projeto e intervenções que são realizadas na infraestrutura aeroportuária (Airport Cooperative Research Program, 2010; Neufville, 2008). Como as LCC operam de uma forma bastante diferente das companhias aéreas tradicionais, que lhes permite aumentar a produtividade e reduzir substancialmente os custos, não têm as mesmas necessidades das restantes companhias, ou seja, não carecem de sistemas de processamento de passageiros e bagagens tão complexos como os que podem ser encontrados nos terminais aeroportuários mais comuns (Graham, 2008). Assim, vários aeroportos começaram a construção de terminais apropriados para alocação das LCC, também denominados como terminais de baixo custo (LCT – *Low Cost Terminals*).

Assim, os LCT destacam-se dos terminais mais comuns por terem um projeto bastante simplificado, no qual o aspeto estético é menosprezado em detrimento da contenção de gastos, o que permite às entidades gestoras aplicarem às companhias aéreas um menor número de taxas e com tarifas mais baixas o que, conseqüentemente, conduz a custos operacionais também inferiores aos que estão sujeitos as companhias aéreas tradicionais (Sabar, 2009). Como é lógico, estas transformações têm conseqüências no desempenho e qualidade do serviço prestado pelas LCC pelo que, aquando do desenvolvimento de um LCT, considera-se uma redução dos níveis de serviço a serem garantidos, o que por sua vez conduz à disponibilização de um menor número de lugares sentados nas zonas de espera, a uma oferta comercial muito mais pobre e focada apenas no que é essencial, a serviços de atendimento menos personalizados e mais automatizados e uma maior aceitação de aglomeração de pessoas nas diferentes zonas do terminal (Ashford et al., 2011).

No que diz respeito ao processamento de bagagens, o dimensionamento do BHS para um LCT encontra-se muito dependente da expectativa do volume de bagagens que vão dar entrada no sistema: caso seja um volume relativamente baixo, como o que se verifica no Aeroporto de Lisboa, pode ser instalado um sistema bastante simples e pouco automatizado, minimizando o investimento tecnológico e contando com um elevado número de operações manuais com base na intervenção assídua de funcionários aeroportuários; por outro lado, se o volume de bagagens for de maior dimensão, já compensa para as companhias recorrerem a sistemas com um elevado grau de automatização e que permitam dispensar despesas em contratação de pessoal.

Sem qualquer foco no sistema de bagagens, Haraoka e Saraswati (2011) dedicaram-se ao estudo da configuração e localização dos LCT, tendo por base da sua análise a distância que os passageiros têm de percorrer e a distância que tem de ser percorrida em pista pelas aeronaves por forma a acederem ao terminal, as quais influenciam o tempo e custo de operação. À semelhança do que será desenvolvido nesta dissertação, os autores prepararam um modelo que simplifica a realidade e que tem bastante utilidade como ferramenta de apoio à decisão, todavia neste caso foi programado um modelo matemático enquanto no presente trabalho será elaborado um modelo de simulação.

Também com foco no impacto das LCC, e nas mudanças introduzidas no funcionamento dos terminais com a construção dos LCT, foi o trabalho desenvolvido por Perboli, Musso, Perfetti e Trapani (2014), o qual já se encontra ligeiramente mais relacionado com o processamento de bagagens. Com as taxas que praticam, as LCC indiretamente promovem menores volumes de bagagens de porão e, concludentemente, sujeitam os aeroportos a aumentar o número e a exigência das medidas de segurança alusivas ao rastreio das bagagens de mão. Assim, os autores procederam a uma análise e modelação do sistema automático de rastreio de bagagens de mão, denominado Logiscan, e que se encontra, atualmente, instalado no Aeroporto de Bolonha (Logital Digital Media & Aeroporto Guglielmo Marconi Bologna, 2016). Este sistema, que verifica automaticamente se as normas de segurança são cumpridas e se o peso e dimensões da bagagem não ultrapassam o que é admitido pela companhia aérea, foi modelado com recurso a uma ferramenta computacional de simulação, tal como será abordado o caso de estudo do Aeroporto de Faro.

3.3. Modelos de simulação de eventos discretos

A modelação, nomeadamente no que diz respeito a terminais de passageiros em aeroportos, pode ser caracterizada com base nas suas quatro possíveis utilizações: planeamento de capacidade, planeamento e projeto de operações, planeamento e políticas de segurança e, por fim, análise do desempenho de um aeroporto (Wu & Mengersen, 2013). Geralmente, a análise de desempenho é mais focada em parâmetros qualitativos, como a satisfação dos clientes, enquanto os modelos de planeamento de capacidade e de operações se focalizam em parâmetros quantitativos, como os tempos de espera e de serviço, tal como se irá suceder na presente dissertação.

O aeroporto e os terminais constituem um sistema de tal forma complexo que incita à utilização de diferentes modelos para diferentes elementos, tais como modelos descritivos, de desempenho, prescritivos-normativos, analíticos, numéricos, de simulação e modelos híbridos (Ashford et al., 2011; Wu & Mengersen, 2013). Neste trabalho a abordagem mais apropriada para a análise e desenvolvimento do caso de estudo será recorrendo a um modelo de simulação. Tal como referem Ashford, Mumayiz e Wright (2011), os modelos de simulação têm por base uma representação computadorizada da realidade e têm como objetivo retratar diferentes processos de um

sistema em função do tempo, através de modelos matemáticos, lógicos e numéricos, e antecipar as mudanças que ocorrem no sistema ao longo do tempo. Uma das maiores vantagens dos modelos de simulação é o facto de permitirem realizar diversas e repetidas análises do mesmo sistema fazendo, simultaneamente, variar as condições de operacionalidade do mesmo, o que seria extremamente dispendioso e um processo consideravelmente mais moroso caso estas observações fossem realizadas com o próprio sistema repetidamente em funcionamento na realidade (Horonjeff et al., 2010). Além disso, no presente caso de estudo, a simulação traz a vantagem de permitir à ANA ver uma representação fidedigna do BHS do Aeroporto de Faro e analisar a qualidade e o impacto das intervenções propostas de uma forma clara e direta, através da observação do modelo de simulação em funcionamento.

As ferramentas de simulação podem apresentar diferentes funcionalidades e níveis de complexidade, havendo a hipótese de desenvolver diferentes tipos de modelação: manual recorrendo simplesmente a papel e caneta, física com representações a duas ou três dimensões, gráfica com base em plantas e mapas, computadorizada visando o processamento e gestão de bases de dados com recurso a folhas de cálculo e, por fim, com linguagens de programação como C++, Java, Basic ou Fortran. Além disso, distinguem-se dois tipos de simulação: a simulação de eventos discretos permite averiguar as mudanças do estado do sistema de forma discreta em determinados momentos isolados, denominados eventos; por outro lado, a simulação contínua representa o estado do sistema de forma dinâmica, tendo por base as variáveis associadas a cada estado (Ashford et al., 2011). Na presente dissertação será construído um modelo de simulação de eventos discretos, o qual terá por base a planta do BHS do Aeroporto Internacional de Faro, com o objetivo de representar o sistema de bagagens a duas dimensões e também com recurso a algumas linhas de código de programação em linguagem Java.

Tal como propuseram Horonjeff, Mckelvey, Sproule e Young (2010), para representação e análise do desempenho do BHS do aeroporto de Faro será elaborado um modelo de simulação constituído por uma rede de nós, que representam os diferentes componentes e serviços incluídos no sistema, os quais estarão unidos por caminhos, que representam os tapetes rolantes e as diversas fusões e divisões que existem nos trajetos percorridos pelas bagagens. Consoante os cenários adotados e as condições a estes associados, esta representação permite observar diretamente as zonas do BHS em que se verifica menor concentração de bagagens e que, eventualmente, possam ser desativadas por forma a diminuir os gastos energéticos e de manutenção desses equipamentos.

Além disso, os autores ainda recomendam que no desenvolvimento de modelos de simulação aplicados a componentes de um terminal aeroportuário devem ter sido em consideração os seguintes passos de construção:

- ✗ Definição do âmbito da simulação relativamente às questões para as quais se procurar dar resposta, os componentes que se pretendem incluir e o nível de detalhe necessário;
- ✗ Determinação do tipo de resultados pretendidos para que a interpretação dos mesmos permita responder aos problemas em questão;

- ✘ Estruturação do modelo por forma a que a representação dos diversos componentes do sistema e dos eventos e interações entre estes permita avaliar o desempenho do sistema;
- ✘ Definição dos parâmetros de entrada e dos dados necessários para a construção e funcionamento do modelo, tendo em conta a variabilidade;
- ✘ Após a construção do modelo, verificação da sua autenticidade e fiabilidade através de testes em sistemas que existem na realidade;
- ✘ Aplicação do modelo e modificação do projeto das infraestruturas, tendo por base os resultados obtidos através do modelo;
- ✘ Tendo em conta a variabilidade dos resultados obtidos, fazer uma revisão das conclusões retiradas, bem como do projeto do modelo.

(Horonjeff et al., 2010)

Um dos componentes dos terminais aeroportuários no qual a simulação é muito utilizada é no departamento da segurança, tendo em vista a avaliação da influência que as diversas medidas de segurança têm no desempenho dos serviços e processamentos que decorrem no terminal. Obviamente, um dos elementos aeroportuários afetos ao departamento de segurança é o sistema de rastreio de bagagens, pelo que diversos modelos de simulação já foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar o HBS e o sistema de segurança associado ao rastreio de bagagens de mão. Um desses modelos visava modelar e simular o processo de *check-in* e de rastreio que se segue tendo em vista a definição da localização e número de máquinas EDS e ETD a serem incluídas em diversos aeroportos dos Estados Unidos da América (Hepler & Wendt, 2003). Este modelo foi desenvolvido com o programa computacional Sistema de Simulação de Movimento de Passageiros (*PaxSim*), o qual foi desenvolvido propositadamente para estudos aeroportuários e encontra-se direcionado para a simulação de movimentos de pessoas, ao contrário do modelo que irá ser desenvolvido na presente dissertação que será vocacionado para assimulação de circulação de objetos.

Assim, para a construção do modelo de simulação para o caso de estudo do Aeroporto de Faro, teve de ser escolhida uma ferramenta computacional apropriada. No Instituto Superior Técnico, um elevado número de professores e investigadores utilizam habitualmente o *Anylogic*, pelo que foi uma das ferramentas mais aconselhadas. Porém, muitos trabalhos académicos e científicos também já foram desenvolvidos com recurso a outras ferramentas como por exemplo o *Arena*, *Simul8* e o *FlexSim*. Então, apresenta-se de seguida a investigação realizada com base na bibliografia existente com a finalidade de determinar qual seria o programa computacional mais conveniente para o caso.

Jadric, Ćukušić e Bralić (2014) dedicaram a sua investigação para compreenderem, entre o *Arena* e o *ExtendSim*, qual a ferramenta computacional mais indicada no âmbito académico e chegaram à conclusão que os alunos quando utilizavam o *Arena* demonstravam indicadores bastante mais positivos, conseguindo construir modelos de simulação mais rapidamente e com um menor esforço, porém as suas opiniões pessoais não confirmavam a superioridade deste programa pois os alunos elegiam o *ExtendSim* como ferramenta de eleição no que diz respeito a atributos subjetivos. Por outro lado, Bardonet, Tewoldeberhan, Valentin e Verbraeck (2002) desenvolveram uma pesquisa

e expuseram a metodologia utilizada com o objetivo de escolher e classificar quantitativamente qual seria o programa computacional de simulação mais apropriado para uma equipa de funcionários de uma empresa, porém os processos que desenvolveram acabaram por não serem os mais apropriados para a seleção da ferramenta adequada para o caso de estudo do Aeroporto de Faro. Num ponto de vista mais útil para a presente dissertação foi a comparação, com base na popularidade, entre ferramentas de simulação que foi efetuada por Dias, Pereira, Vik e Oliveira (2011), os quais obtiveram uma tabela classificativa incluindo diversos programas computacionais.

Então, como já se verificava uma forte tendência para a utilização do *Anylogic* devido ao facto de ser aconselhado por professores e colegas da universidade que já tinham tido experiência com este mesmo programa computacional, associado a ter verificado uma evolução notável entre os anos de 2006 e 2011 e ter ficado bem classificado no estudo desenvolvido por Dias *et al.* (2011), concluiu-se que o *Anylogic* seria a ferramenta de simulação que melhor satisfaz as necessidades associadas à construção do modelo do BHS do aeroporto de Faro. O *Anylogic* é uma ferramenta com diversas vantagens que facilitam consideravelmente o processo de simulação, que permite inserir mapas e plantas que sirvam de base aos modelos, com a construção do modelo a ser realizada a duas dimensões mas que é facilmente convertida numa representação a três dimensões, que é escrita em Java e, além disso, já contém uma biblioteca de objetos e entidades do âmbito aeroportuário (Grigoryev, 2015).

3.4. Análise de contributos científicos recolhidos

A literatura existente no âmbito do processamento de bagagens de porão de voos de partida e, mais concretamente, tendo em vista alcançar o objetivo a que esta dissertação se propõe, de rentabilizar o BHS de um aeroporto o máximo possível considerando desativar partes do sistema atualmente instalado, é bastante escassa ou, talvez, até mesmo inexistente. A maior parte dos trabalhos desenvolvidos na comunidade científica têm por base o facto do número de bagagens de porão que dão entrada no sistema estar a aumentar consideravelmente e, conseqüentemente, verificar-se a necessidade de ampliar ou otimizar o funcionamento do sistema atual. Sendo assim, a presente dissertação, que tem por base a redução do número de bagagens que são admitidas no BHS e pretende reduzi-lo visando uma contenção de gastos, apresenta-se como pioneira nesta área de estudo.

Johnstone, Creighton e Nahavandi (2015), tal como foi introduzido anteriormente, dedicaram-se ao estudo de um algoritmo que permitisse aumentar a produtividade do BHS, tendo em conta a necessidade destes sistemas se tornarem cada vez mais rentáveis devido ao incremento do número de bagagens de porão que se verifica em diversos aeroportos. Os autores aperceberam-se que o projeto e o modo de funcionamento de uma fusão entre dois tapetes rolantes de um BHS influenciam os tempos de espera de cada bagagem e a rentabilidade do sistema em geral, pelo que testaram duas hipóteses visando compreender qual seria a que conduzia a melhores índices de produtividade,

recorrendo a um modelo de simulação. Por outro lado, a investigação de Tarâu, De Schutter e Hellendoorn (2011), mais associada a área da matemática, teve como objetivo determinar as melhores rotas para um BHS que opera através de veículos com códigos de destino (DCVs – *Destination Coded Vehicles*), os quais transportam as bagagens a velocidades elevadas por uma rede de carris. Os autores simplificaram o seu caso de estudo com recurso a um problema de programação mista-inteira linear (MILP – *mixed-integer linear programming*) e também utilizaram um modelo de simulação, mas apenas para confirmação de resultados.

Também relacionado com o desempenho dos BHS foi o trabalho elaborado por Pagani, Halim, Hassan e Easa (2016), baseado em seis aeroportos do Canadá, com a finalidade de obter um modelo que permitisse avaliar o nível de serviço (LOS – *Level of Service*) de um sistema de bagagens na perspetiva do utilizador, ou seja, de acordo com o ponto de vista do passageiro. Porém, esta investigação diverge ligeiramente da temática da presente dissertação, a qual se foca no processamento dos voos de partida, pois só nos voos de chegada é que os passageiros conseguem avaliar o desempenho de um BHS e, inclusive, são tidos verdadeiramente em conta para o projeto e localização dos seus componentes (Horonjeff et al., 2010). À semelhança, o estudo desenvolvido por Yoon e Jeong (2015) também tem por base os voos de chegada, neste caso do Aeroporto Internacional de Incheon, e tem como objetivo a definição de uma metodologia alternativa para o planeamento do incremento de capacidade do carrossel de bagagens. Os autores procuraram alcançar uma solução para a expansão do carrossel de bagagens que maximizasse os benefícios e minimizasse os custos e, durante a investigação, também utilizaram um modelo de simulação de eventos discretos para uma melhor compreensão do comportamento dinâmico do processo de recolha de bagagens.

Retomando a análise do tema do processamento de voos de partida, a investigação conduzida por Abdelghany, Abdelghany e Narasimhan (2006) focou-se num modelo de atribuição dos diferentes voos de partida pelas diversas chutes disponíveis no BHS do Aeroporto Internacional O'Hare, nos Estados Unidos da América. Tal como se verifica em outros estudos, este caso tem por base o aumento do congestionamento que se vinha a registar neste aeroporto e os autores propuseram um modelo de apoio à decisão para a gestão aeroportuária, que permite analisar diferentes propostas de resolução para este problema tendo por base o compromisso entre uma solução próxima da solução ótima e os diferentes obstáculos e requisitos associados ao funcionamento habitual de um BHS. No presente caso de estudo, do Aeroporto Internacional de Faro, esta problemática da atribuição dos voos pelas chutes não será tida em consideração de forma assim tão aprofundada.

Tal como já foi apresentado no capítulo anterior, abordar a temática de sistemas de bagagens é indissociável de uma análise da segurança aeroportuária, nomeadamente no que diz respeito ao rastreio das bagagens que embarcam nos voos. Neste âmbito, Leone e Liu (2005) iniciaram uma investigação com o propósito de identificar os parâmetros fulcrais para o planeamento e projeto de um sistema de rastreio de bagagens, tendo desenvolvido um modelo analítico que visa determinar o número de equipamentos EDS necessários para um determinado sistema, com base no número de

passageiros e bagagens que neste dão entrada e nos protocolos de segurança considerados. Posteriormente, Feng, Sahin e Kapur (2009) desenvolveram um estudo, através do qual analisaram diferentes estratégias de rastreio de bagagens, com o objetivo de eleger o melhor sistema tecnológico tendo em vista a maior eficiência possível, para um sistema composto por dois níveis de segurança. Os autores construíram um modelo de custo de ciclo de vida, recorrendo a uma análise matemática com base em técnicas de otimização e modelos probabilísticos, o qual permitiu a avaliação e quantificação da rentabilidade e risco associados a cada configuração, tendo concluído que a tecnologia EDS é aquela que possibilita maior redução de risco enquanto a tecnologia Tomografia de Diferentes Vistas (MVT – *Multiview Tomography*) proporciona melhor desempenho numa análise custo-eficácia. Mais recentemente, Skorupski e Uchroński (2015) criaram o programa computacional RBES, tendo por base um modelo de inferência, o qual permite avaliar a eficiência do sistema de controlo de bagagens de um aeroporto. Ao recorrerem a um sistema de inferência, os autores conseguiram quantificar o nível de segurança baseando-se não só no desempenho dos equipamentos tecnológicos, mas também considerando o fator humano, obtendo assim uma avaliação quantitativa de algo que é subjetivo e bastante complicado de descrever de forma clara e concisa. Além dos avanços supracitados no que diz respeito ao rastreio de bagagens, também é importante destacar o trabalho desenvolvido por Yfantis (1997), o qual propôs um sistema automatizado para monitorização da localização das bagagens no interior das aeronaves. Assim, com base num algoritmo que define a localização de cada peça tendo em consideração o voo, as dimensões e peso da bagagem, o tipo de aeronave e o número de passageiros, é consideravelmente mais fácil e rápido remover uma bagagem de um determinado voo, caso se verifique que o passageiro a quem esta pertence não embarcou no voo em questão.

Abordando a temática da segurança de uma modo mais amplo, não tão focado no processamento de bagagens mas tendo em conta toda a infraestrutura aeroportuária, destaca-se o contributo de Stewart e Mueller (2014), os quais realizaram uma análise custo-benefício da segurança aeroportuária e concluíram que a probabilidade de ocorrência de um ataque teria de ser bastante superior ao que se verifica atualmente para se considerar investir na evolução dos sistemas de segurança dos aeroportos. Além do mais, os autores até colocam em questão se as medidas de segurança vigentes hoje em dia não são demasiado excessivas. Então, por forma a aumentar a eficiência de processos e a reduzir os impactos causados na experiência dos passageiros, é necessário recorrer a uma gestão mais proactiva e que permita uma adaptação constante dos sistemas de segurança às situações. É neste contexto que foi desenvolvida a investigação de Cole (2014), que teve por base um estudo aprofundado de diferentes cenários de perigo e de medidas de segurança e visa a criação de uma programa computacional de apoio aos decisores, que lhes permita compreender e antecipar os efeitos de uma potencial ameaça e, posteriormente, optar pela resposta mais eficaz.

No caso de estudo do Aeroporto de Faro, a análise da segurança associada ao BHS tem por base medidas aplicadas a bagagens, as quais são agentes passivos e cujas deslocações são totalmente controladas pelos equipamentos. Pelo contrário, a análise dos sistemas de segurança

torna-se consideravelmente mais complexa quando se tem em consideração o rastreio dos passageiros, os quais são agentes ativos cujo comportamento tem uma certa imprevisibilidade. O trabalho desenvolvido por Kirschenbaum (2013) possibilita uma melhor compreensão desta realidade, tendo o autor procedido a uma análise do impacto que o comportamento dos passageiros tem no cálculo dos custos associados à segurança aeroportuária. Também com foco no impacto que os passageiros têm nos custos de segurança foi a investigação conduzida por Lange, Samoilovich e Rhee (2013), os quais analisaram os efeitos da implementação da formação virtual de filas de espera (*Virtual Queuing*) num grande aeroporto da Europa Ocidental, também com recurso a simulação. Os autores concluíram que este conceito permitiria reduzir o número de equipamentos e funcionários de segurança e, por vezes, até mesmo reduzir o tempo de espera dos passageiros, porém nunca foi implementado em aeroportos por se encontrar fortemente limitado pelas janelas temporais alusivas a cada passageiro, as quais estão diretamente relacionadas com os horários dos voos.

Para terminar a análise dos contributos científicos diretamente relacionados com o processamento de bagagens, destacam-se alguns estudos desenvolvidos no âmbito das condições de trabalho dos funcionários dos BHS, nomeadamente no que diz respeito à saúde e integridade física dos mesmos. Thomas, Baar e Stee (1995) analisaram a altura, ângulo e velocidade dos transportadores do BHS do Aeroporto de Schipol, em Amesterdão, e posteriormente recomendaram algumas dimensões alternativas que permitissem melhorar as condições de trabalho dos funcionários, sem afetar o desempenho do sistema. Posteriormente, Korkmaz, Hoyle, Knapik, Splittstoesser, Yang, Trippany, Lahoti, Sommerich, Lavender e Marras (2006) conduziram um estudo, no interior do compartimento de bagagens de um Boeing 737, através do qual concluíram que identificar as peças com uma etiqueta que contenha a classe de peso a que cada uma pertence não só prepara o funcionário para o esforço que terá de efetuar, mas também o ajuda no armazenamento pois permite a colocação das bagagens mais pesadas em níveis inferiores. Além disso, os autores também chegaram à conclusão de que um movimento de inclinação das peças, ao invés de simplesmente levantar ou deslizar, reduz a probabilidade de ocorrência de lesões para os funcionários, o que permite aos gestores aeroportuários reduzir consideravelmente os gastos associados as tarefas de processamento. Wang e Jia (2012) procederam a uma análise no Terminal 2 do Aeroporto Internacional de Pequim, a partir da qual conseguiram quantificar fatores associados à segurança no trabalho de funcionários e equipamentos alusivos ao carrossel de bagagens dos voos de chegada, pertencente à companhia aérea *China Eastern*. Mais recentemente, Passenier, Sharpanskykh e de Boer (2015) analisaram a capacidade do modelo de Sistemas Teóricos de Modelação e Processamento de Acidentes (STAMP – *Systems Theoretic Accident Model and Process*) relativamente à interpretação e controlo das dinâmicas alusivas à segurança no trabalho, tendo concluído que quando é utilizado como ferramenta de gestão, o modelo deve ser complementado com um estudo etnográfico em conjunto com uma modelação baseada em agentes.

Para finalizar esta análise, destacam-se alguns trabalhos e investigações, para além dos que já foram sendo mencionados no decorrer deste capítulo, em que os modelos de simulação foram uma

ferramenta notavelmente útil. Horonjeff *et al.* (2010) refere que as necessidades de estacionamento do Aeroporto Internacional de Fort Lauderdale-Hollywood, bem como o número de balcões de pagamento necessários à saída, foram determinados com recurso a simulação, pois possibilitou a obtenção das taxas de partida e chegada de veículos às garagens em horas de ponta e o número acumulado de veículos no interior da infraestrutura de estacionamento. Mumayiz e Jain (1991) dedicaram a sua investigação à comprovação de que a simulação associada a elementos do lado terra de um aeroporto é mais apropriada caso se recorra a uma abordagem centrada nos objetos, tal como será realizada no caso de estudo do aeroporto de Faro. Os autores focaram-se na comparação entre dois modelos a diferentes escalas, existentes à data da publicação: o modelo macroscópico de simulação de eventos discretos denominado Modelo de Simulação do Lado Terra de Aeroportos (ASLIM – *Airport Landside Simulation Model*), o qual foi desenvolvido nos EUA pela Administração Federal de Aviação (FAA - *Federal Aviation Administration* – actualmente designada TSA), e o Modelo de Planeamento de Aeroportos Canadianos (*Canadian Airport Planning Model*). Verbraeck e Valentin (2002), os quais referiram na sua pesquisa que “os aeroportos são a área de aplicação ideal para a simulação”, focaram-se na simulação de tal forma que dedicaram o seu tempo ao estudo de elementos base de simulação que pudessem ser reutilizados em diferentes modelos construídos no âmbito da modelação de terminais aeroportuários. Segundo os autores, os seus elementos base de simulação, executados num programa computacional da Siemens denominado eM-Plant (actualmente designado *Tecnomatix Plant Simulation*), foram reutilizados em diversos trabalhos posteriormente. Por fim, Rengeling e Saanen (2002) constataram que os BHS são um exemplo claro de um sistema que necessita de uma ferramenta que permita a realização de testes sem a interrupção do funcionamento habitual dos equipamentos constituintes. Assim, os autores procederam à construção de um modelo de emulação de um BHS, o qual lhes permitiu diminuir tempos de espera e custos operacionais associados, possibilitando assim uma melhoria do controlo e, conseqüentemente, do desempenho do sistema.

Todos os estudos supracitados correspondem a contribuições científicas significativas para um processo de melhoria contínua do transporte aéreo e do ambiente aeroportuário em geral, mas principalmente no que diz respeito ao processamento de bagagens. Apesar de a literatura que vai de encontro ao tema desta dissertação ser escassa, o estudo destes contributos foi de extrema utilidade para compreender o foco que deve ser tido em consideração e o modo como esta temática deve ser abordada e, posteriormente, devidamente analisada e trabalhada. Particularmente, destaca-se a importância do estudo de diversas investigações com recurso a modelos de simulação, as quais auxiliaram no processo de aprendizagem de técnicas de simulação e de análise de resultados provenientes da mesma.

Concluindo, a expectativa existente é de que a presente dissertação, à semelhança dos trabalhos e investigações analisados neste capítulo, seja mais um contributo para melhorar o modo como se procede ao processamento de bagagens em todos os aeroportos e que, de um modo geral, beneficie o sector do transporte aéreo.

4. Desenvolvimento do modelo de simulação

4.1. Construção do modelo

A construção do modelo de simulação teve início com a importação da planta do BHS do Aeroporto Internacional de Faro para o *AnyLogic*. Assim, tendo por base este elemento de orientação espacial, começou a ser traçada uma rede de nós e caminhos, tal como já foi abordado no capítulo anterior, e que se encontra parcialmente apresentada abaixo.

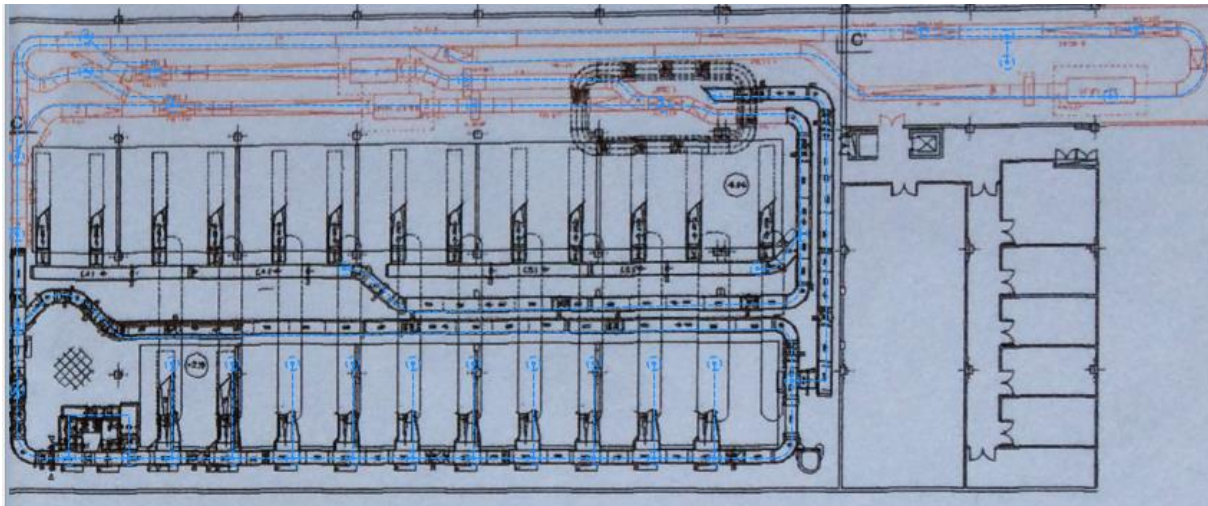


Figura 13 – Rede de nós e caminhos alusiva à ZP1, traçada no *AnyLogic*.

Como foi explanado previamente no capítulo de estado da arte, os caminhos desta rede representam os tapetes rolantes do BHS, que permitem a movimentação das bagagens, enquanto os nós têm como objetivo representar os diversos serviços e outros componentes incluídos no sistema, tais como:

- ✘ Pontos de entrada e saída de bagagens do sistema (coletoras de *check-in* e chutes);
- ✘ Níveis de segurança do BHS;
- ✘ Zonas de intersecção ou bifurcação de tapetes rolantes;
- ✘ Zonas em que se verifica uma mudança de velocidade dos tapetes rolantes.

Posteriormente, após o traçado da rede, surgiu a necessidade de conferir a cada um destes nós o respetivo significado físico, com o auxílio dos operadores do *AnyLogic*. Na tabela que se segue, encontram-se expostos os diversos operadores utilizados na construção do modelo, bem como os elementos que representam na realidade.







OPERADOR NO ANYLOGIC	SIGNIFICADO NO MODELO	ELEMENTO REPRESENTADO NA REALIDADE
 Source	Nós de entrada de bagagens	Coletoras de <i>check-in</i>
 Sink	Nós de saída de bagagens	Chutes, zona de armazenamento temporário e local onde se retiram as bagagens rejeitadas no último nível de segurança
 Conveyor	Caminhos que permitem a movimentação de bagagens	Tapetes rolantes
 Queue	Nós onde pode existir formação de filas de espera	Intersecção de tapetes rolantes e zonas imediatamente anteriores aos níveis de segurança
 Select Output	Nós onde se verifica uma bifurcação de caminhos	<i>Vertisorters, pushers e deviators</i>
 Delay	Nós onde as bagagens ficam momentaneamente imobilizadas	Níveis de segurança 4 e 5

Tabela 3 – Operadores do *AnyLogic* utilizados na construção do modelo de simulação.

Todos os operadores acima mencionados são programáveis em Java mas, para facilitar a construção do modelo, o *AnyLogic* já inclui algumas definições iniciais para cada um destes elementos que permitiram colocar o modelo em funcionamento com relativa celeridade. A *Source* tanto permite definir uma taxa fixa de entrada de bagagens no sistema como uma taxa variável tendo por base uma função de distribuição de probabilidades. O *Conveyor* define logo à partida uma velocidade de funcionamento para cada troço de tapete rolante representado. A *Queue* permite fixar um número máximo de bagagens que pode estar acumulado num determinado ponto do sistema. O *Select Output* estipula uma probabilidade para as bagagens seguirem por cada um dos caminhos de uma bifurcação ou, por outro lado, permite definir uma condição associada a cada um destes caminhos, como por exemplo se o valor de um determinado parâmetro é par ou ímpar. Por fim, o *Delay* possibilita a definição de um tempo fixo para a duração de um certo serviço ou de um tempo variável tendo por base uma função de distribuição de probabilidades.

O modelo de simulação do BHS do Aeroporto de Faro, construído com base nos operadores supracitados, é constituído por quatro módulos principais, tal como se encontra na Figura 14: injeção de bagagens, movimentação de bagagens, níveis de segurança e chutes.

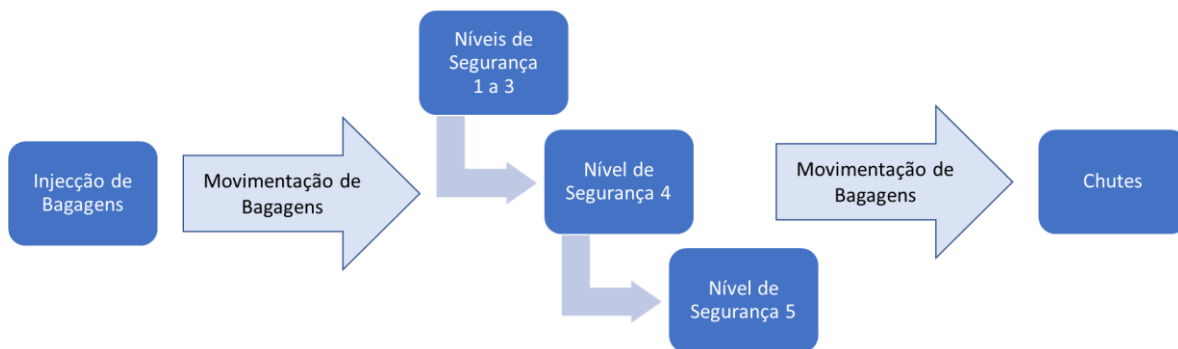


Figura 14 – Principais etapas de construção do modelo de simulação do BHS do Aeroporto de Faro.

No modelo de simulação, a injeção de bagagens é realizada através de programação, mais propriamente, através de funções de injeção tendo por base uma função de distribuição de probabilidades, que têm como objetivo recriar as variações que a taxa de entrada de bagagens no sistema tem, por hora, ao longo de um dia de funcionamento. A função de probabilidades utilizada foi a distribuição uniforme, cujos limites inferior e superior foram definidos com base numa análise previamente realizada numa folha Excel, que contém os resultados obtidos na cenarização, e posteriormente introduzida no *AnyLogic* através de uma *Source* devidamente programada. Tal como pode ser observado na Figura 15, a introdução de uma *Source* tem de ser sucedida pela inserção de uma *Queue*, por forma a permitir a formação de uma fila de espera caso não haja capacidade de escoamento para as bagagens que dão entrada no sistema por parte dos *Conveyors* que as movimentam. Como esta falta de capacidade se trata de uma situação completamente inadmissível para o bom funcionamento do BHS, o limite máximo de bagagens definido em cada *Queue* é de apenas uma, o que leva ao término da simulação caso se verifique algum problema ao nível da injeção de bagagens no sistema.

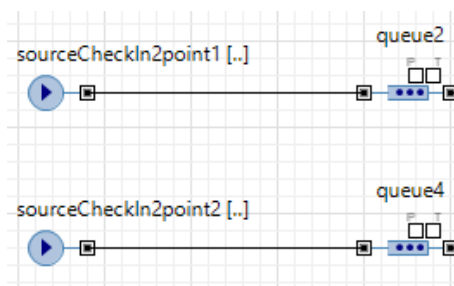


Figura 15 – Exemplo de 2 *Sources* introduzidas no modelo de simulação, para injeção de bagagens na ZP2.

A movimentação das bagagens nos tapetes rolantes foi definida com recurso a velocidades constantes nos *Conveyors*, tendo em conta informações recolhidas junto da ANA e nas visitas efetuadas ao BHS do Aeroporto de Faro. Além disso, na fase de calibração do modelo, ainda houve alguns ajustes a estas velocidades com o objetivo de retratar a realidade da forma mais exata possível, no que diz respeito ao tempo que as bagagens levam a percorrer o sistema.

O desempenho dos diversos níveis de segurança encontra-se retratado através de taxas de aprovação das bagagens, ou seja, a cada *vertisorter* que sucede um determinado nível está

associado um *Select Output* no qual foi definida a probabilidade de uma bagagem ser aprovada nesse mesmo nível de segurança. Estas probabilidades foram calculadas com base em dados estatísticos recolhidos num *software* pertencente à ANA e que contém informações alusivas ao desempenho do BHS de Faro ao longo dos últimos anos. Os dados recolhidos foram sujeitos à devida análise e conseqüente tratamento, tal como será exposto no próximo capítulo, relativo à calibração do modelo de simulação.

O funcionamento das chutes, apesar de não ser um aspeto relevante para o presente trabalho pois o estudo do BHS encontrou-se concentrado a montante, foi devidamente programado com o objetivo de manter a coerência entre o modelo de simulação e a realidade. Assim, como o número de chutes depende não só do período do ano em questão, mas também do período do dia em análise, foram definidas funções que permitiram a representação da variação da probabilidade de uma determinada bagagem abandonar o sistema por uma certa chute. Por outras palavras, a cada chute ficou associada uma função que indica, para cada momento do dia, a probabilidade de uma bagagem ser retirada do BHS através dessa mesma chute. A calibração destas probabilidades será futuramente apresentada no capítulo apropriado para o efeito.

Por fim, apenas restam algumas zonas de bifurcação de tapetes rolantes, as quais também se encontram relacionadas com *Select Output's*, mas que ficaram definidas com um determinado valor de probabilidade fixo, tal como no caso dos níveis de segurança. Destas bifurcações fazem parte a zona de leitura manual de códigos de destino de bagagens, as redundâncias do sistema, as ligações entre diferentes zonas de processamento, as ligações às zonas de armazenamento temporário de bagagens e os *vertisorter* que apenas têm como objetivo dividir as bagagens por dois caminhos para evitar congestionamento num só tapete rolante. Estes últimos casos estão diretamente associados a alguns troços alternativos que serviram de base para as análises de desempenho realizadas aquando da recolha de resultados, os quais foram devidamente programados com recurso a linguagem Java.

Também é importante referir que foi definido, logo à partida, o modo de funcionamento das simulações e conseqüente recolha de resultados. Em primeiro lugar, optou-se por definir um período de simulação equivalente apenas a um dia de funcionamento do BHS, em detrimento de uma simulação longa, porém são corridas diversas simulações para o mesmo período e calculam-se médias destas diferentes corridas aquando da recolha de resultados. Por outro lado, optou-se por não utilizar um período de aquecimento e adoptou-se uma inicialização do sistema em vazio, tal como acontece na realidade no sistema de bagagens dos aeroportos: cada simulação é iniciada às 00h00 e a entrada de bagagens só começa a ser verificada a partir da hora de abertura aos passageiros da infraestrutura aeroportuária (por volta das 4h00) e, posteriormente, a simulação termina às 23h59.

Assim, tendo por base a rede de nós e caminhos traçada sobre a planta do BHS e com recurso a todos os operadores até agora apresentados, foi possível construir o diagrama de interação de elementos apresentado na Figura 16, e que pode ser consultado de forma mais adequada e pormenorizada em anexo (ANEXO I).

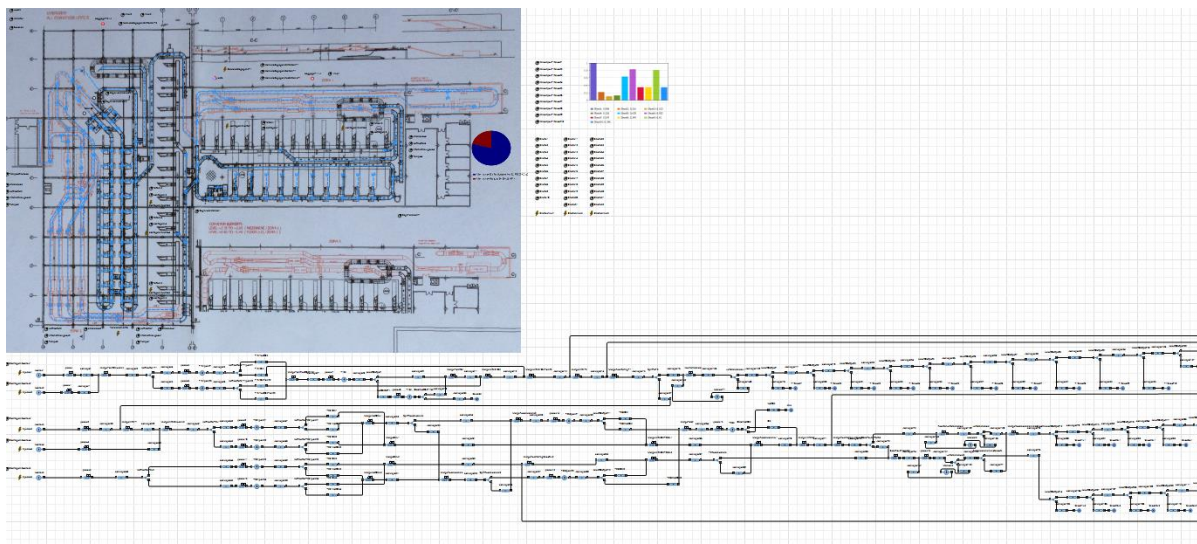


Figura 16 – Modelo de simulação construído no AnyLogic.

Posteriormente, procedeu-se à criação do elemento base do BHS: a bagagem. No *AnyLogic*, a bagagem corresponde a um agente, o qual é transportado entre os diversos serviços e elementos que integram o modelo de simulação. Este *software* já possui um reportório de objetos em 2D e 3D relacionados com o ambiente aeroportuário, pelo que foi escolhida uma das animações correspondentes a bagagens de porão daquelas que o *AnyLogic* disponibiliza, tal como pode ser observado na Figura 17.

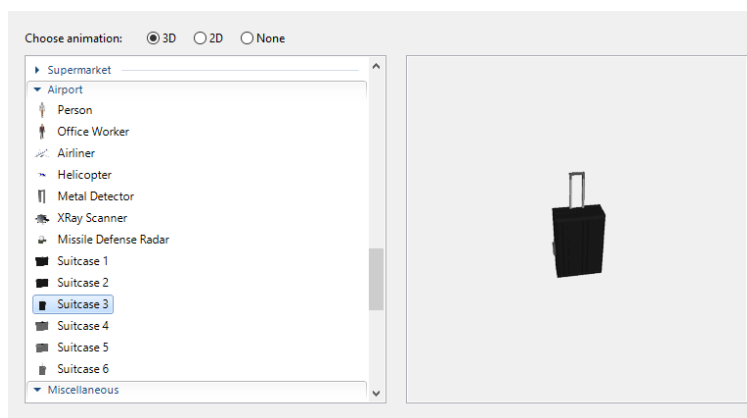


Figura 17 – Criação do agente correspondente às bagagens no *AnyLogic*.

Para uma melhor diferenciação do que decorre em cada uma das zonas de processamento, optou-se por distinguir as bagagens da ZP1 colocando-as a azul, enquanto as bagagens que circulam na ZP2 se encontram a vermelho, como pode ser comprovado pela Figura 18.

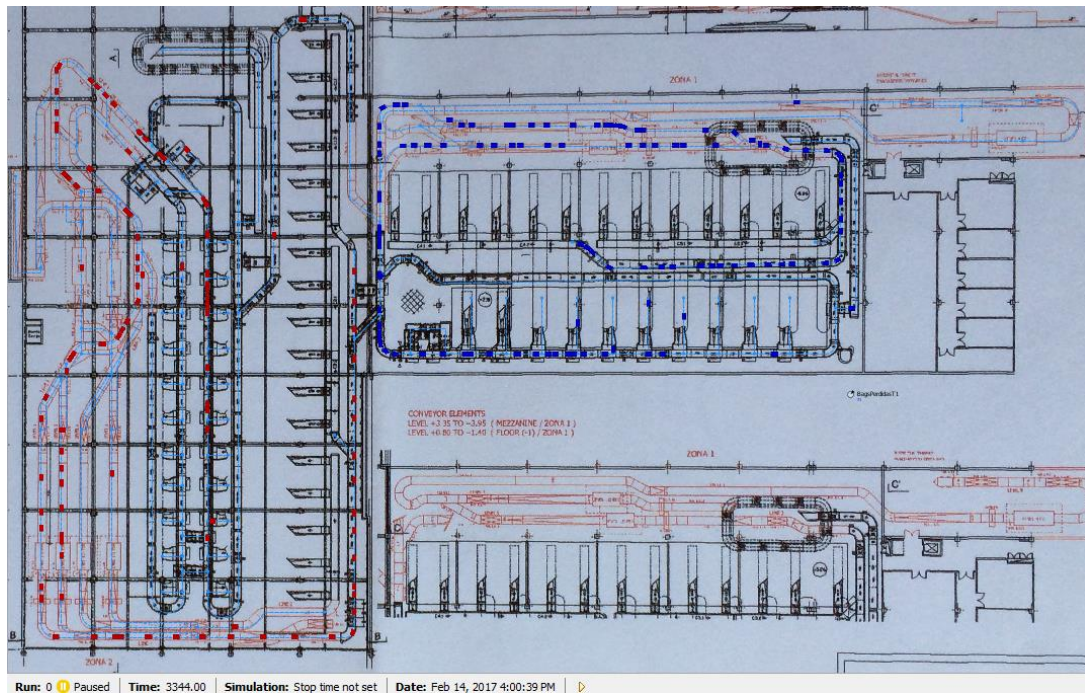


Figura 18 – Distinção de cores entre as bagagens correspondentes à ZP1, a azul, e as da ZP2, a vermelho.

Assim, ficou concluída uma primeira fase de construção do modelo de simulação, tendo sido obtida uma representação dos diversos componentes físicos do BHS e do transporte das bagagens ao longo do mesmo. Porém, esta primeira representação era totalmente baseada em fatores aleatórios no que diz respeito ao modo como as bagagens são processadas no sistema, ou seja, para o modelo se tornar numa representação fidedigna daquilo que se verifica na realidade em Faro foi necessário proceder à calibração e posterior validação do modelo, a qual se encontra apresentada seguidamente.

4.2. Calibração e validação do modelo

4.2.1. Probabilidade de aprovação das bagagens nos diferentes níveis de segurança

Numa fase inicial, a calibração do modelo passou por definir a probabilidade de as bagagens serem aprovadas ou rejeitadas em cada um dos níveis de segurança. Começou-se por investigar se existe alguma relação entre a companhia aérea pela qual a bagagem é transportada ou o destino para onde irá ser levada e o desempenho nos diferentes níveis de segurança, e chegou-se à conclusão de que não havia qualquer relação. Assim, não foi necessário proceder a uma programação detalhada para o tipo de voo ao qual cada bagagem está associada e pôde ser admitido um valor de probabilidade de aprovação para cada nível de segurança comum para toda e qualquer bagagem, o qual ficou definido no modelo de simulação através do *Select Output* associado aos *vertisorters* que sucedem as zonas de controlo de segurança.

Como pode ser observado na Tabela 4, os dados providenciados pela ANA distinguem o processamento efetuado nos primeiros dois níveis daquele que é efetuado no terceiro. No entanto, no modelo de simulação o *vertisorter* que procede à separação das bagagens aprovadas e rejeitadas encontra-se apenas após o terceiro nível, pelo que foi necessário obter uma probabilidade de aprovação correspondente ao desempenho conjunto dos primeiros três níveis de segurança.

Level	OK	%	NotOK	%	Time Out	%	Not Scan	%
1&2	22,260	60.04%	14,789	39.89%	0	0.00%	24	0.06%
3A	14,448	97.78%	251	1.70%	55	0.37%	22	0.15%
4	1,138	98.61%	15	1.30%	0	0.00%	1	0.09%
Total	37,846	71.40%	15,055	28.40%	55	0.10%	47	0.09%

Tabela 4 – Exemplo de dados fornecidos pela ANA alusivos ao desempenho dos diversos níveis de segurança.

Como os dados supracitados não só apresentam as percentagens de aprovação, mas também o número de bagagens aprovadas e rejeitadas, facilmente se conseguiu obter a taxa de aprovação de bagagens para o desempenho total dos primeiros três níveis através da expressão matemática que se apresenta de seguida:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Percentagem de aprovação}_{\text{Níveis 1 a 3}} = \\
 & = \frac{OK_{\text{Nível 1\&2}} + OK_{\text{Nível 3}}}{OK_{\text{Nível 1\&2}} + \textit{NotOK}_{\text{Nível 1\&2}} + \textit{Time Out}_{\text{Nível 1\&2}} + \textit{Not Scan}_{\text{Nível 1\&2}}}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Relativamente ao quarto nível de segurança, a taxa apresentada nos dados providenciados pode ser usada diretamente pelo que, com o auxílio da expressão matemática supracitada, foram obtidos os resultados alusivos ao desempenho dos níveis de segurança que se encontram abaixo.

Verão – Época Alta		Inverno – Época Baixa	
Níveis 1 a 3		Níveis 1 a 3	
2012	99,03%	2012	98,47%
2013	98,80%	2013	99,02%
2014	99,00%	2014	98,68%
2015	99,13%	2015	98,81%
Média	98,89%	Média	98,74%

Tabela 5 – Percentagem de bagagens aprovadas nos níveis de segurança 1 a 3.

Verão – Época Alta		Inverno – Época Baixa	
Nível 4		Nível 4	
2012	98,03%	2012	98,70%
2013	99,51%	2013	98,61%
2014	99,01%	2014	99,61%
2015	98,81%	2015	97,96%
Média	98,89%	Média	98,74%

Tabela 6 – Percentagem de bagagens aprovadas no nível de segurança 4.

Além disso, os dados fornecidos são alusivos aos últimos 5 anos e dizem respeito a dois períodos distintos do ano: mês de Janeiro, considerado o pico da época baixa, e mês de Agosto, pico da época alta. Então, foi necessário averiguar se existe uma diferença significativa no que diz respeito ao desempenho dos diferentes níveis de segurança consoante o período do ano, recorrendo a uma análise de variância (ANOVA). Note-se que, era preferível ter amostras com dimensões bastante superiores, que permitiriam uma análise estatística com resultados mais robustos e, além disso, possibilitariam uma análise de tendências por forma a averiguar se estes valores têm verificado uma certa propensão para estabilizarem ou se o mais adequado seria considerar valores médios. Como não foi possível obter dados mais extensos, avançou-se com a análise de variância por forma a apurar se poderia ser utilizado o valor médio das médias de Janeiro e Agosto.

Nas tabelas 7 e 8 apresentam-se os resultados obtidos na análise de variância (ANOVA), a qual teve por base os seguintes pressupostos:

- Populações com distribuições normais;
- Populações com igual variância;
- Amostras aleatórias e independentes.

Resultados ANOVA – Níveis de segurança 1 a 3			
Valor de F	Valor de F crítico	Valor p	Nível de significância
3,40	5,99	0,12	0,05

Tabela 7 – Resultados obtidos na análise de variância (ANOVA) para os níveis de segurança 1 a 3.

Resultados ANOVA – Nível de segurança 4			
Valor de F	Valor de F crítico	Valor p	Nível de significância
0,07	5,99	0,80	0,05

Tabela 8 – Resultados obtidos na análise de variância (ANOVA) para o nível de segurança 4.

Como pode ser observado acima, o valor de F é inferior ao valor de F crítico ou, por outro lado, o valor p é superior ao nível de significância de 5% que foi adotado. Logo, tanto para os níveis de segurança 1 a 3 como para o nível 4, as análises de variância obtiveram o mesmo resultado: não foi rejeitada a hipótese nula, ou seja, as médias são consideradas iguais. Assim sendo, pode ser assumido o valor médio das médias de época alta e época baixa como valor de taxa de aprovação

para estes níveis de segurança, independentemente do período do ano que venha a ser analisado com este modelo de simulação.

Nas tabelas abaixo apresentam-se os valores alusivos à probabilidade de uma bagagem ser aprovada que foi considerado, no modelo de simulação, para o *vertisorter* que sucede os níveis de segurança 1 a 3 e para o *vertisorter* que sucede o nível de segurança 4, respetivamente.

Níveis de segurança 1 a 3		
Época	Média das taxas de aprovação	Probabilidade de aprovação
Alta	98,99%	98,87%
Baixa	98,74%	

Tabela 9 – Valor de probabilidade de aprovação de uma bagagem adotado no modelo de simulação, para o *vertisorter* que sucede os níveis de segurança 1 a 3.

Nível de segurança 4		
Época	Média das taxas de aprovação	Probabilidade de aprovação
Alta	98,84%	98,78%
Baixa	98,72%	

Tabela 10 – Valor de probabilidade de aprovação de uma bagagem assumido no modelo de simulação, para o *vertisorter* que sucede o nível de segurança 4.

Para finalizar esta fase da calibração, apenas resta definir o valor de probabilidade de aprovação de uma bagagem que deve ser atribuído ao *vertisorter* que sucede o quinto e último nível de segurança, relativamente ao qual não foram recebidos quaisquer dados estatísticos. Como pode ser concluído pela análise das tabelas 9 e 10, de todas as bagagens que dão entrada no sistema apenas sensivelmente 1% são rejeitadas para o quarto nível e, posteriormente, destas somente cerca de 1% é que são rejeitadas para o quinto nível. Portanto, o número de bagagens que atinge o nível 5 é extremamente reduzido e, conseqüentemente, o desempenho deste nível de segurança tem um impacto bastante diminuto no funcionamento do BHS. Além disso, decorrente da visita ao Aeroporto de Faro, a informação recolhida foi de que é extraordinariamente raro uma bagagem ser rejeitada no nível 5 e ter de ser definitivamente retirada do sistema. Logo, tendo em consideração os aspetos mencionados, e a conselho da ANA, foi considerada uma probabilidade de aprovação das bagagens para o nível de segurança 5 correspondente a 100%.

4.2.2. Probabilidade de recurso a leitura manual do código de destino das bagagens

A segunda fase de calibração teve como objetivo definir a probabilidade de ocorrência de problemas na leitura automática do código de destino das bagagens, ou seja, a probabilidade de uma bagagem ter de ser encaminhada para a zona de leitura manual de códigos. À semelhança do que já foi apresentado na calibração do desempenho dos níveis de segurança, foi verificada a possibilidade de existência de alguma relação entre a companhia aérea responsável pela bagagem ou o destino para o qual esta será transportada e a ocorrência de erros na leitura automatizada dos códigos de

destino das bagagens, tendo sido concluído que não existe qualquer relação. Novamente, não foi necessário proceder a uma programação detalhada para o tipo de voo ao qual cada bagagem está associada e pôde ser admitido um valor de probabilidade de recurso de leitura manual do código de destino comum para toda e qualquer bagagem, o qual ficou definido no modelo de simulação através do *Select Output* associado às bifurcações existentes junto às zonas de leitura manual, imediatamente antes das chutes.

No entanto, mais uma vez, os dados estatísticos recolhidos através da ANA fazem distinção entre o processamento efetuado durante um período de época alta e outro de época baixa, tal como se encontra exposto na tabela abaixo.

Verão – Época Alta		Inverno – Época Baixa	
Leitura Manual		Leitura Manual	
2012	6,63%	2012	11,08%
2013	5,15%	2013	11,46%
2014	6,14%	2014	7,57%
2015	6,05%	2015	7,05%
Média	5,99%	Média	9,29%

Tabela 11 – Percentagens de bagagens encaminhadas para a zona de leitura manual.

Para averiguar se poderia ser utilizado o valor médio das médias de cada uma das épocas como probabilidade de uma bagagem ser encaminhada para a zona de leitura manual de códigos de destino, independentemente da época do ano, recorreu-se a uma análise de variância. Os resultados obtidos nesta análise encontram-se apresentados na tabela seguinte.

Resultados ANOVA – Leitura Manual			
Valor de F	Valor de F crítico	Valor p	Nível de significância
7,66	5,99	0,03	0,05

Tabela 12 – Resultados obtidos através da análise de variância (ANOVA) para a zona de leitura manual de códigos de destino.

Como o valor de F é superior ao valor crítico de F ou, por outro lado, como o valor p é inferior ao nível de significância admitido para a análise de variância em questão, conclui-se que não pode ser utilizado o valor médio das médias. Portanto, procedeu-se à gravação de duas versões diferentes do mesmo modelo: uma versão que permite a simulação do comportamento do BHS de Faro num período de época alta, na qual foi assumida uma probabilidade de encaminhamento das bagagens para a zona de leitura manual do código de destino de 5,99%; por outro lado, uma versão representativa do sistema num período de época baixa, na qual foi adotado um valor de probabilidade de encaminhamento para a zona de leitura manual do código de destino de 9,29%.

Note-se que a criação destes dois modelos de simulação do BHS do Aeroporto Internacional de Faro, sendo um alusivo ao Inverno e outro ao Verão, já iria ser realizada no decorrer da fase de cenarização, independentemente do resultado obtido nesta fase da calibração.

4.2.3. Movimentação das bagagens ao longo do sistema

Como foi apresentado no começo do presente capítulo, a construção do modelo teve por base uma planta do BHS de Faro, através da qual se procedeu a uma representação do sistema a duas dimensões (2D). Porém, na realidade o sistema desenvolve-se com um desnivelamento de cotas, o que originou algumas imprecisões que foram, logo à partida, assumidas nas distâncias devido à representação de trechos com inclinação como se se tratassem de caminhos apenas a uma determinada cota. Assim sendo, estas pequenas distorções manifestaram o seu impacto no modo de movimentação das bagagens ao longo do modelo de simulação.

Existem três dimensões fundamentais a partir das quais era possível proceder à calibração das movimentações das bagagens neste modelo de simulação: distância, velocidade e tempo. Como é lógico, apenas é necessário que duas destas dimensões estejam de acordo com a realidade, para que a terceira também fique devidamente alinhada com o que se verifica em Faro.

A velocidade dos tapetes rolantes varia consideravelmente consoante os trechos do sistema: em linha reta a velocidade costuma ser superior aos restantes trechos, assumindo valores de cerca de 1 m/s, nos trechos curvos é habitualmente inferior aos percursos rectos e, por fim, nas zonas de segurança, em que se procede ao *tracking* das bagagens, a velocidade de circulação ainda é mais reduzida, chegando a diminuir para 0,7 m/s. Então, como o BHS de Faro é relativamente complexo, contendo uma enorme variação entre trechos rectos e curvos e incluindo diversas zonas de segurança, concluiu-se que seria necessário despende muito tempo a efetuar medições *in loco* para conseguir registar todas as variações de velocidades existentes ao longo do sistema, o que não é propriamente fácil de agendar devido ao estrito controlo de segurança associado às visitas ao BHS do Aeroporto de Faro. Portanto, por exclusão de partes, decidiu-se proceder à calibração do modelo com base no comprimento dos trechos e no tempo que as bagagens demoram a percorrer cada um deles.

Numa primeira etapa de calibração, com base numa medição realizada no local através da qual se concluiu que a largura dos tapetes rolantes é aproximadamente 1 m, foi introduzida uma escala gráfica no modelo de simulação, tal como se encontra exposto abaixo. É necessário ter em atenção que as imprecisões previamente anunciadas são decorrentes da inserção desta escala gráfica, no entanto esta foi considerada a melhor alternativa para proceder à calibração do modelo de simulação.

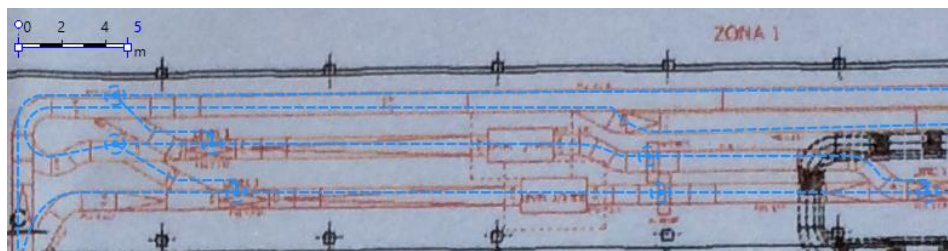


Figura 19 – Pormenor do modelo de simulação no qual foi introduzida a escala gráfica.

Depois, com a definição da escala gráfica, apenas restava calibrar o tempo que as bagagens levam a percorrer os diversos troços do sistema. O ideal seria ter tido acesso a dados relativos ao BHS de Faro que explicitassem de forma distinta o tempo exato que uma bagagem leva a percorrer cada trecho do sistema em condições normais de funcionamento, porém tal não foi possível. Os dados recebidos para proceder a esta etapa da calibração corresponderam a um conjunto de 13 documentos intitulados “Eventos de Bagagens”, que se tratam de informações retiradas em tempo real e que permitem ver a que hora é que uma determinada peça de bagagem entrou no sistema, a que hora é que deu entrada em cada uma das zonas de *tracking* e a hora a que abandonou o BHS. Então, com base nestes 13 documentos, foram sendo efetuados ajustes na velocidade dos *conveyors*, por forma a que as bagagens levassem os tempos indicados na documentação a percorrer o sistema e, conseqüentemente, de modo a que modelo de simulação passasse a representar a realidade da forma mais aproximada possível.

Assim, obteve-se uma versão mais aperfeiçoada do modelo de simulação do BHS do Aeroporto de Faro, o qual já representa sistematicamente uma parte da realidade, pois encontra-se de acordo com o total do conjunto de eventos de bagagens fornecidos. Por outras palavras, já se está na presença de um modelo calibrado e devidamente validado.

Como é óbvio, seria bastante positivo ter um modelo de simulação que conseguisse representar a totalidade da realidade, no entanto isso envolveria muito mais tempo de trabalho e uma quantidade de dados muito superior àquela que foi recebida para proceder à calibração do modelo, como por exemplo mais de uma centena de eventos de bagagens. Por outro lado, para uma representação ainda mais realista do BHS de Faro, o mais adequado seria ter tido acesso, logo à partida, a uma planta com a respetiva escala, o que evitaria a propagação de erros decorrentes de medições e facilitaria imenso o processo de calibração e validação do modelo. Além disso, o acesso ilimitado ao próprio BHS, por forma a poder efetuar um número ilimitado de medições *in loco* seria o ideal para uma perfeita calibração do modelo. Porém, também é importante salientar que se pretendia um modelo de simulação construído à medida dos objetivos a que a presente dissertação se propunha, pelo que revelar-se-ia inadequado investir demasiado tempo e recursos na elaboração de um modelo demasiado complexo e que produzisse determinados resultados que em nada contribuiriam para as conclusões e para alcançar as metas definidas à partida. Assim, procede-se ao avanço do trabalho com o modelo de simulação nas condições explicitadas até ao momento.

4.2.4. Chutes

Em primeiro lugar, para calibrar o funcionamento das chutes no modelo de simulação, foi questionado à ANA qual a forma mais adequada para programar o modo de operação destes elementos.

De acordo com as informações recolhidas, a localização das chutes que estão abertas em cada período horário está intimamente relacionada com as preferências de cada companhia aérea que tenha voos a serem operados nesse mesmo período. Assim, como o grau de detalhe do modelo de simulação não é assim tão elevado ao ponto de diferenciar as bagagens por companhia aérea por elas encarregue, foi adotada uma alocação das chutes abertas por ordem de proximidade ao início do troço em que as próprias chutes se encontram, ou seja, para cada período horário foram sempre abertas as primeiras chutes que as bagagens atravessam no modelo.

Por outro lado, para conferir maior veracidade e proximidade à realidade ao modelo de simulação, foi efetuada uma análise estatística por forma a concluir qual o número de chutes abertas, para cada período horário de funcionamento do sistema, tendo em consideração se se trata de uma simulação alusiva a época alta ou a época baixa. Os resultados obtidos após processamento dos dados estatísticos recolhidos e que serviram de base para esta etapa da calibração encontram-se apresentados em anexo (ANEXO III).

Por fim, para cada chute do modelo foi programada a probabilidade de uma bagagem ser encaminhada para a mesma, para cada período horário de funcionamento. Sabendo o número total de chutes abertas no período em questão e tendo definido que se procedia á ativação das chutes pela ordem em que surgem no sistema, a probabilidade aplicada e devidamente configurada em cada chute do modelo é dada pela equação que se encontra apresentada de seguida:

$$P_{\text{bagagem sair na chute}} = \frac{1}{N^{\circ} \text{ de chutes abertas a jusante (incluindo a própria)}} \quad (2)$$

Como é lógico, nos casos em que o número de chutes abertas a jusante (incluindo a própria) é zero, esta fórmula não se aplica e a probabilidade configurada nessa chute é assumida como igualmente nula.

4.2.5. Troços redundantes do sistema

Os troços redundantes do sistema são, na verdade, o aspeto fulcral para o desenvolvimento da presente dissertação. É com base nestes troços, que funcionam como caminhos alternativos aos percursos principais, que serão obtidos os resultados do modelo de simulação e, posteriormente, elaboradas as propostas de intervenções para o BHS do Aeroporto de Faro.

Algumas das redundâncias existentes no sistema não foram consideradas potencialmente úteis na perspetiva de permitirem uma eventual contenção de gastos, devido às suas localizações ou porque, caso fossem desligadas, afetariam a eficiência ou até mesmo a eficácia do processamento das bagagens de porão.

Assim, na Figura 20 e Figura 21 encontram-se apresentadas as alternativas consideradas viáveis para serem eventualmente desligadas e possibilitarem reduzir ligeiramente as despesas associadas ao BHS de Faro.

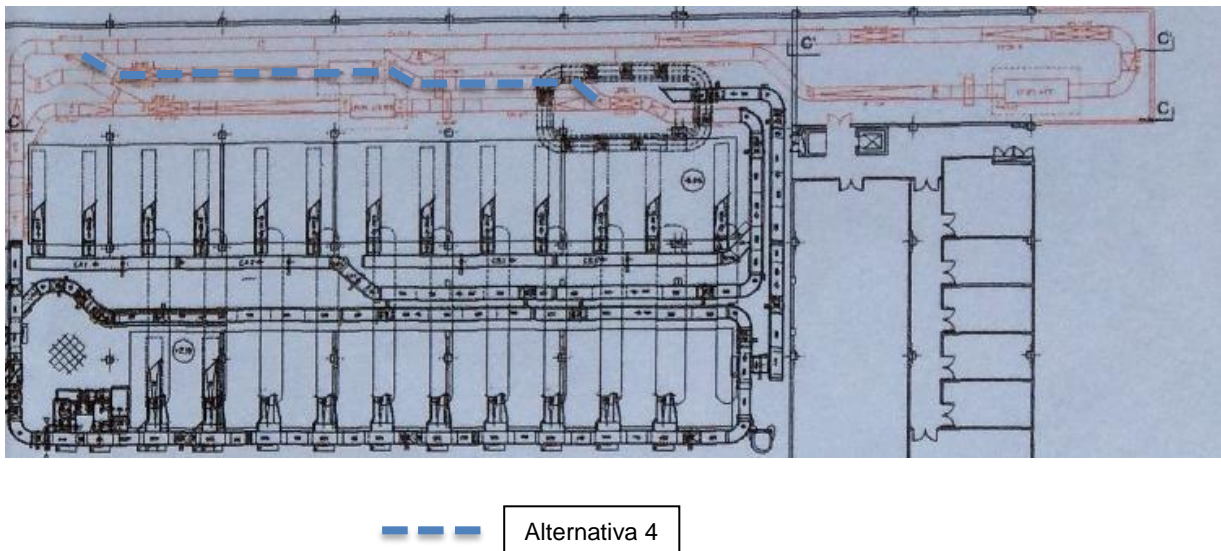


Figura 20 – Representação da alternativa 4, localizada na ZP1, que foi considerada durante a fase de simulação e discussão de resultados.

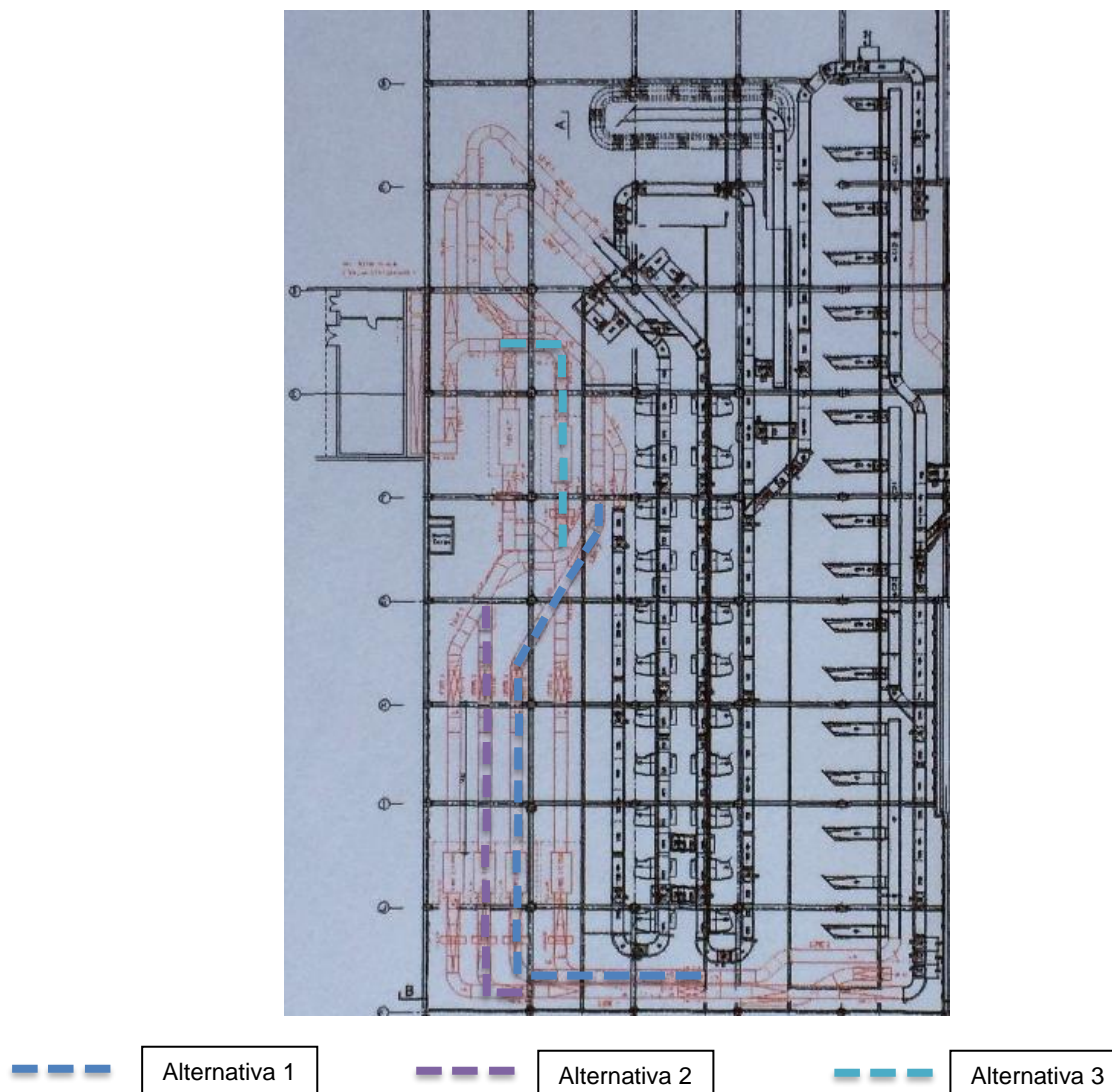


Figura 21 - Representação das alternativas 1, 2 e 3, localizadas na ZP2, que foram tidas em consideração durante a fase de simulação e discussão de resultados.

As alternativas consideradas e supracitadas foram as escolhidas para as eventuais propostas de intervenções no BHS por se tratarem de caminhos totalmente paralelos àqueles que foram adotados como caminhos principais e que, sendo assim, caso sejam desligadas não afetam a eficácia do sistema, pois existe sempre uma forma de encaminhar as bagagens para o seu destino final.

No modelo de simulação, estes troços alternativos foram programados por a forma a estarem sempre desligados e apenas serem ativados caso sejam mesmo necessários para evitar comprometer o processamento de bagagens. Ou seja, o modelo está configurado de tal maneira que as bagagens são sempre encaminhadas pelos percursos principais e apenas em situações em que a capacidade destes troços é ultrapassada é que as alternativas são acionadas, e as bagagens passam momentaneamente a serem transportadas para lá, até a capacidade dos caminhos principais ser reestabelecida.

A capacidade máxima dos troços principais, que no modelo foi programada como a condição de ativação das alternativas, foi definida com um cariz conservativo, por forma a existir sempre uma reserva de capacidade e não existir qualquer risco das eventuais propostas de intervenção induzirem situações de congestionamento do sistema. Assim, a capacidade de cada troço principal foi calculada tendo por base o número máximo de bagagens que podem circular em simultâneo nesse troço e assumindo um critério conservativo de espaçamento entre bagagens igual ao comprimento máximo de uma bagagem. Os valores obtidos e incorporados no modelo de simulação encontram-se apresentados na tabela exposta de seguida.

Alternativa	Capacidade do troço principal paralelo
1	5 bagagens
2	9 bagagens
3	1 bagagem
4	6 bagagens

Tabela 13 – Valores calculados alusivos a capacidade de transporte de bagagens dos troços principais.

Note-se que a alternativa 3, localizada no segundo nível de segurança, é acionada pelo modelo a partir do momento em sejam encaminhadas, no mínimo, 2 bagagens para o troço principal paralelo. É importante explicitar que este valor não foi calculado como os restantes: tendo em consideração que se trata de uma zona de inspeção manual de bagagens, foi adotado de forma conservativa a inexistência de uma reserva de espaço físico para armazenar uma determinada bagagem que se encontre em espera, enquanto o funcionário deste nível de segurança termina a inspeção de outra bagagem que foi para lá transportada em primeiro lugar. Na realidade, existe possibilidade de formação de uma pequena fila de espera antecedente à zona de rastreio, pelo que este se trata de um critério consideravelmente conservativo que visa assegurar que, para uma situação extrema em que a primeira bagagem leve demasiado tempo a ser rastreada pelo funcionário, a segunda bagagem nunca corre o risco de chegar atrasada ao seu destino e, conseqüentemente, é imediatamente encaminhada para o troço alternativo.

4.3. Cenarização

4.3.1. Projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro com base em dados do INE

Numa primeira etapa, procurou-se fazer uma projeção que permitisse obter o número de passageiros que irão embarcar no Aeroporto Internacional de Faro nos anos que se seguem, tendo por base dados recolhidos através do INE. Assim sendo, em primeiro lugar visitou-se o portal deste instituto e foram reunidos os dados que se encontram apresentados na Figura 22.

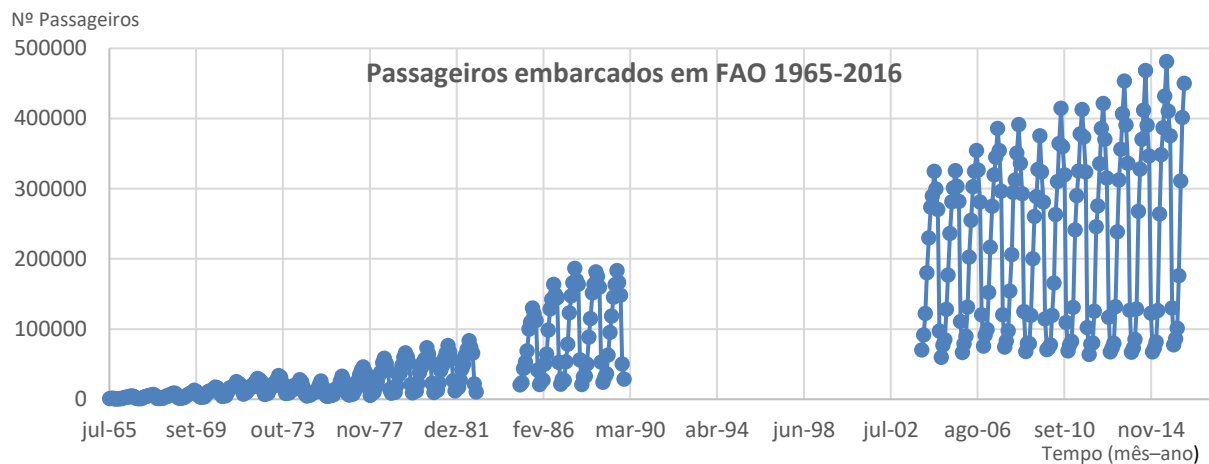


Figura 22 – Número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro entre 1965 e 2016 (INE, 2016).

Como pode ser observado, verifica-se uma lacuna nos dados estatísticos recolhidos, não havendo qualquer informação nos anos 1983 e 1984 e, posteriormente, entre os anos 1990 e 2003. Porém, pela Figura 22 é facilmente perceptível a sazonalidade inerente a Aeroporto de Faro e que tem sido um dos pilares do presente caso de estudo, sendo que os picos máximos deste gráfico correspondem a valores de época alta, associados ao mês de Agosto, enquanto os valores mínimos se tratam de valores de época baixa e associados ao mês de Dezembro. Além disso, nota-se uma periodicidade entre valores extremos, que corresponde obviamente a ciclos de 12 meses, e uma tendência para um aumento do número de passageiros embarcados ao longo dos anos.

Então, a decomposição clássica foi a forma considerada mais adequada para abordar uma série com tendência e sazonalidade. Este método tem como objetivo identificar e isolar cada um dos componentes da série em questão, bem como encontrar processos adequados para estimar cada um deles. Portanto, procedeu-se ao cálculo da média móvel centrada (M_t) de comprimento $N = 12$ meses, tendo por base a seguinte expressão matemática.

$$M_t = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{2} Y_{t-n} + Y_{t-n+1} + \dots + Y_t + \dots + Y_{t+n-1} + \frac{1}{2} Y_{t+n} \right)$$

(3)

A totalidade dos resultados obtidos encontram-se expostos em anexo (ANEXO III) e, seguidamente, apresenta-se a Figura 23 com a representação da média móvel centrada obtida. Esta é definida como a média aritmética das observações da variável numa vizinhança do instante t.

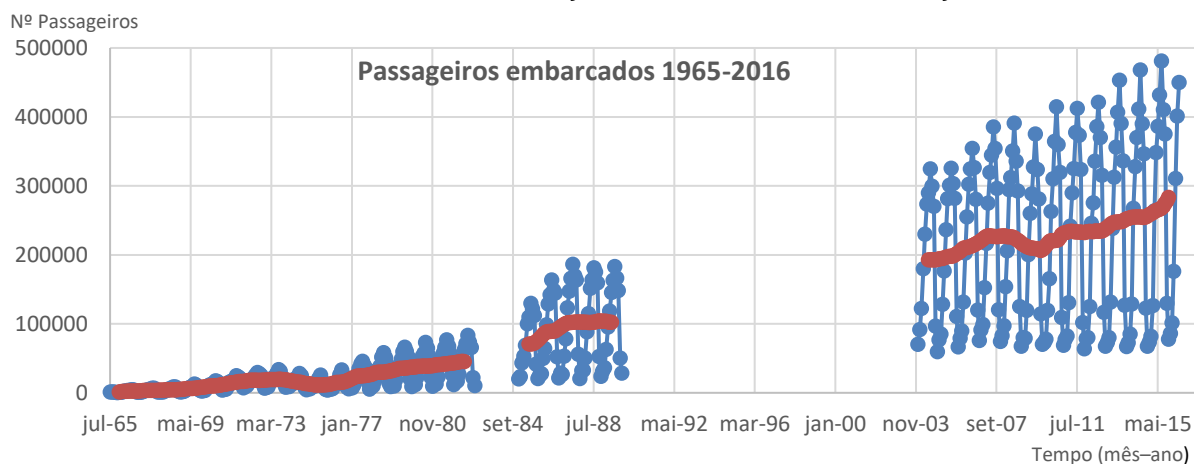


Figura 23 – Representação, a laranja, da média centrada móvel de comprimento N = 12 meses alusiva ao número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro entre 1965 e 2016.

Para proceder ao estudo de uma tendência desta média móvel centrada, com base num método de regressão linear simples, focou-se a análise no último período para o qual se tinham dados de forma contínua, compreendido entre os anos 2004 e 2016. Para adaptar a escala do eixo das abcissas de forma conveniente e para uma fácil compreensão e utilização da reta de regressão, atribui-se o valor 1 ao mês de Janeiro de 2004 e por aí sucessivamente, seguindo o conjunto dos números naturais. Posteriormente, procedeu-se então à obtenção da equação da reta de tendência da média móvel centrada, tal como se encontra exposto na Figura 24.

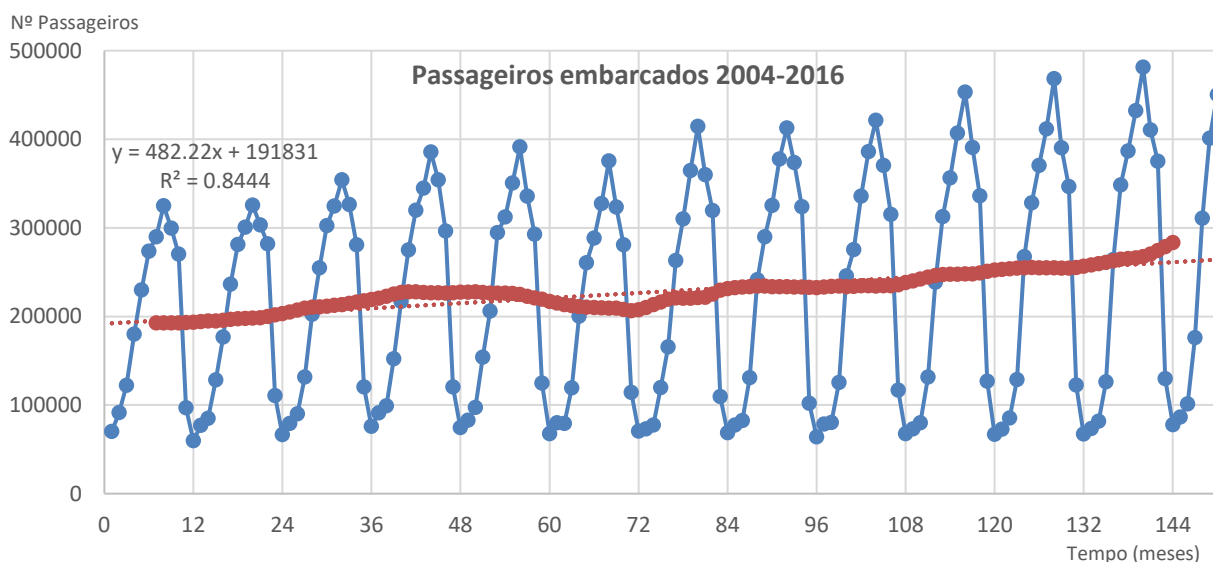


Figura 24 – Passageiros embarcados em FAO entre 2004 e 2016, com a respetiva média centrada móvel assinalada a laranja e a reta de tendência a tracejado.

Tal como se encontra registado na Figura 24, os resultados obtidos na regressão linear simples são consideravelmente bons, tendo sido obtido um coeficiente de determinação (R^2) de 0,8444, ou seja, 84,44% dos valores observados são explicados por este modelo de regressão. A equação da reta de regressão, e que servirá de base para o cálculo das projeções é dada por:

$$N^{\circ} \text{ de passageiro embarcados} = 482.22 \times \text{Mês} + 191831$$

(4)

Como se trata da equação da reta de tendência da média móvel centrada de comprimento $N = 12$ meses, esta expressão apenas permite calcular o número de passageiros embarcados desprovido do efeito da sazonalidade. Então, para adicionar a variabilidade sazonal às projeções, foi necessário proceder ao cálculo dos fatores sazonais. Como a amplitude das oscilações sazonais aumenta com o nível da série de dados em estudo, o modelo mais adequado para decomposição do efeito da sazonalidade é o modelo multiplicativo.

Segundo o modelo multiplicativo, para o cálculo dos coeficientes sazonais começa-se pela construção de uma série auxiliar X_t , que resulta do quociente entre o número de passageiros embarcados com base na reta de tendência sobre o número de passageiros embarcados registados na realidade nesse mesmo mês, e, por sua vez, o fator sazonal para cada um dos meses do ano é estimado através da média dos valores da série auxiliar correspondentes ao mês em questão. A soma dos fatores sazonais deve ser igual ao número de meses do ano, pelo que se procede a uma correção das estimativas dos fatores sazonais através da multiplicação de cada um destes valores pelo seguinte fator corretivo:

$$\frac{12}{\sum_{j=1}^{12} \text{fator sazonal}_j}$$

(5)

Assim, com base na metodologia anteriormente descrita, foram obtidos os valores relativamente a previsão do número de passageiros para 2026 que se encontram apresentados na tabela que se segue.

VALORES	JANEIRO DE 2026	AGOSTO DE 2026
PREVISÃO PELA RETA DE TENDÊNCIA	319619	322995
FATOR SAZONAL	0,3462	1,7388
Nº DE PASSAGEIROS PREVISTO	110645	561638

Tabela 14 – Valores previstos alusivos a número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro em 2026, segundo uma projeção realizada com base em dados estatísticos recolhidos do INE.

Através de uma análise dos resultados obtidos, realizada com auxílio do Excel, conclui-se que esta projeção com base em dados do INE resulta numa taxa de crescimento médio de 2% por ano, no que diz respeito ao número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro.

4.3.2. Projeções alternativas para o número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro

Para obter uma projeção alternativa à que foi apresentada no subcapítulo anterior, foram consultados os documentos relativos a uma análise de mercado, no que diz respeito ao sector da aviação, elaborados pela Airbus, Boeing e Eurocontrol.

Os relatórios da Eurocontrol acabaram por se revelar pouco úteis pois o horizonte das projeções era apenas alusivo a sete anos, o que é demasiado curto para o caso de estudo em análise, para o qual se pretende fazer uma projeção, no mínimo, a dez anos. Além disso, a unidade utilizada maioritariamente é a de número de voos efetuados, e as projeções em questão são relativas a número de passageiros. Por outro lado, as previsões da Airbus e da Boeing já se verificaram mais adequadas ao presente caso, ao apresentarem taxas anuais de crescimento referentes a número de passageiros e ao terem horizontes de projeção de aproximadamente 20 anos. Os valores recolhidos nos estudos de mercado destas empresas encontram-se apresentados na tabela abaixo.

Airbus	Boeing
<i>Taxa de crescimento anual do número de passageiros em voos com origem e destino na Europa</i>	<i>Taxa de crescimento anual do número de passageiros em voos apenas no continente Europeu</i>
3,7%	3,2%

Tabela 15 – Taxas de crescimento anual de passageiros recolhidas de análises de mercado da Airbus e da Boeing. Fontes: (Airbus, 2016; Boeing, 2016).

Entre os dois valores recolhidos e previamente apresentados, o mais adequado para o caso de estudo do Aeroporto Internacional de Faro é aquele que foi obtido através da análise de mercado realizada por parte da Boeing, pois a maioria dos voos deste aeroporto têm origem e destino na Europa. Então, a segunda projeção relativamente ao número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro em 2027 foi calculada com base numa taxa de aumento do número de passageiros de 3,2% ao ano, a qual conduziu aos resultados apresentados na tabela seguinte.

VALOR	JANEIRO DE 2026	AGOSTO DE 2026
Nº DE PASSAGEIROS PREVISTO	103794	680549

Tabela 16 - Valores previstos alusivos a número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro em 2027, segundo uma projeção realizada com base em dados provenientes de uma análise de mercado da Boeing.

Para aprofundar um pouco mais a análise, ainda se procurou uma segunda projeção alternativa, que preferencialmente fosse além dos cenários tendenciais já estipulados e permitisse a avaliação do desempenho do BHS de Faro num cenário considerado agressivo. Para o efeito, foram calculados novos valores relativos ao número de passageiros embarcados no aeroporto em 2027, tendo por base fatores sazonais assumidos, por forma a serem mais condicionantes para o presente caso de estudo, e que se encontram expostos seguidamente.

VALORES	JANEIRO DE 2027	AGOSTO DE 2027
PREVISÃO PELA RETA DE TENDÊNCIA	319619	322995
FATOR SAZONAL	0,25	1,30
Nº DE PASSAGEIROS PREVISTO	79905	419893

Tabela 17 - Valores previstos alusivos a número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro em 2027, segundo uma projeção com fatores sazonais assumidos por forma a providenciar um cenário agressivo.

4.3.3. Projeções do fator bagagem no Aeroporto de Faro

Infelizmente, a ANA não conseguiu providenciar dados estatísticos alusivos ao número de bagagens de porão transportadas por passageiro, pelo que estes valores tiveram de ser calculados. Assim, por um lado tendo por base o número de bagagens de porão que deram entrada no BHS de Faro nos últimos 7 anos, que foi fornecido pela ANA, e, por outro lado, com o número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, recolhido do INE, foi possível obter estatísticas alusivas a esta variável com base na seguinte expressão matemática.

$$Fator\ bagagem = \frac{N^{\circ}\ de\ bagagens\ de\ por\ \tilde{a}o}{N^{\circ}\ de\ passageiros\ embarcados}$$

(6)

Posteriormente, para obtenção de uma primeira estimativa deste valor no ano 2026, procedeu-se à observação da Figura 25, a qual representa a evolução do fator bagagem entre os anos 2010 e 2016.

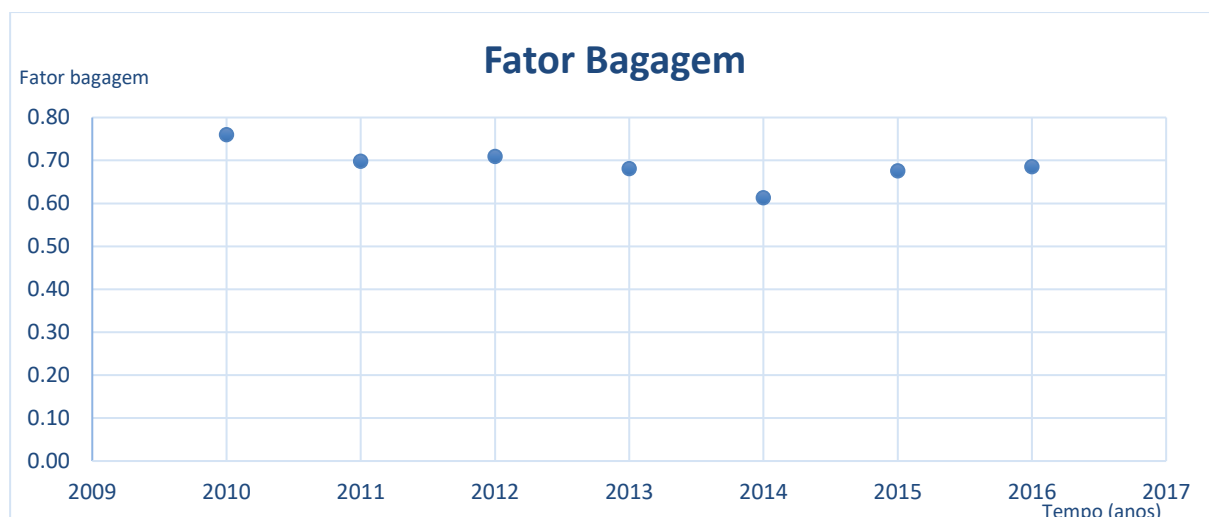


Figura 25 – Evolução do número de bagagens de porão por passageiro embarcado, entre os anos 2010 e 2016.

Através de uma simples observação do Figura 25, sem recorrer a uma análise aprofundada, verifica-se uma certa tendência para a estabilização do valor do fator bagagem. É óbvio que o ideal seria ter acesso a uma série estatística consideravelmente mais extensa e que, por sua vez,

permitisse uma investigação mais rigorosa. Porém, como tal não foi possível, avançou-se com estes dados e, tendo em conta o cenário de estabilização, decidiu-se utilizar a média do valor de factor bagagem dos últimos seis anos como previsão para 2026, tendo sido obtido o resultado apresentado na tabela que se segue.

VALOR	ANO 2026	UNIDADE
FATOR BAGAGEM	0,69	Bagagens de porão/passageiro embarcado

Tabela 18 – Previsão do fator bagagem para o ano 2026, tendo por base uma média do valor verificado nos últimos seis anos.

De seguida, por forma a obter uma previsão alternativa para este valor, considerou-se o cálculo de uma regressão linear simples aplicada aos dados estatísticos apresentados na página anterior.

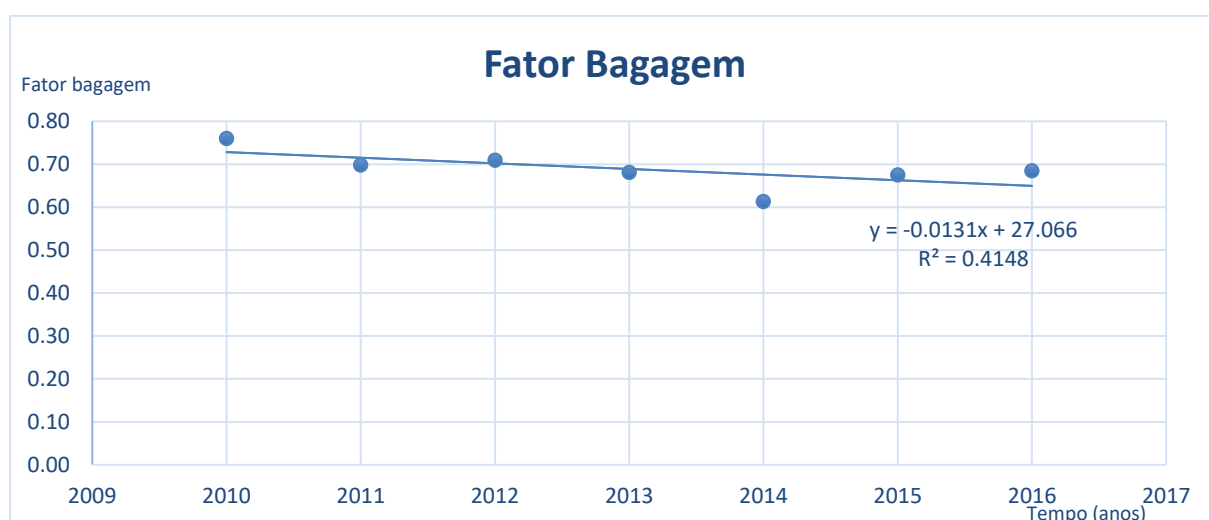


Figura 26 – Equação do modelo de regressão linear simples para projeção da evolução do fator bagagem.

Neste caso, o coeficiente de determinação (R^2) obtido é bastante reduzido pelo que é importante salientar, mais uma vez, que seria de extrema utilidade proceder a este cálculo com base numa série mais extensa, o que até permitiria aumentar a capacidade explicativa do modelo de regressão. No entanto, como não houve acesso a um maior número de dados e como o modelo até está em conformidade com o que foi apresentado pela ANA, que já havia avançado com a possibilidade de se verificar uma tendência para a redução deste valor ao longo dos anos, determinou-se que este modelo de regressão seria uma forma adequada para calcular uma alternativa para o valor do fator bagagem em 2026, tendo sido obtido o resultado apresentado abaixo.

VALOR	ANO 2026	UNIDADE
FATOR BAGAGEM	0,53	Bagagens de porão/passageiro embarcado

Tabela 19 - Previsão do fator bagagem para o ano 2026, tendo por base um modelo de regressão linear simples aplicado a dados estatísticos alusivos aos últimos seis anos.

Por fim, para determinação de uma terceira e última alternativa relativamente a uma possibilidade do valor do fator bagagem dentro de cerca de dez anos, considerou-se a construção de mais um cenário agressivo, isto é, assumiu-se um valor que seria ainda mais condicionante para o BHS do caso de estudo em análise. Então, adotou-se um valor que conduzisse a um número de

bagagens de porão a dar entrada no sistema notavelmente inferior ao que será obtido com recurso aos fatores bagagem até agora apresentados, tal como pode ser observado na tabela seguinte.

VALOR	ANO 2026	UNIDADE
FATOR BAGAGEM	0,25	Bagagens de porão/passageiro embarcado

Tabela 20 – Valor assumido para o fator bagagem em 2026, por forma a construir um cenário condicionante para o BHS do Aeroporto de Faro.

4.3.4. Construção dos cenários utilizados nas simulações

Os cenários que serviram de base para as simulações foram construídos com recurso a diferentes combinações entre as projeções até aqui apresentadas, ou seja, a combinação de três previsões de evolução do número de passageiros embarcados com outras três projeções de evolução do fator bagagem permitiram a construção de nove cenários, tal como se encontra exposto nas tabelas que se seguem.

- ✕ **Cenário 1:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, tendo por base dados estatísticos recolhidos do INE, com uma previsão do fator bagagem calculado através de uma média do valor verificado nos últimos seis anos;

Cenário 1		
	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
Passageiros embarcados	110 654	561 638
Fator bagagem	0,69	0,69
Nº mensal de bagagens	76 228	386 937

Tabela 21 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 1.

- ✕ **Cenário 2:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, segundo uma análise de mercado efetuada pela Boeing, com uma previsão do fator bagagem calculado através de uma média do valor verificado nos últimos seis anos;

Cenário 2		
	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
Passageiros embarcados	103 794	680 549
Fator bagagem	0,69	0,69
Nº mensal de bagagens	71 509	468 860

Tabela 22 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 2.

- ✕ **Cenário 3:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, elaborada com base em dados estatísticos do INE, com uma previsão do fator bagagem calculado através de um modelo de regressão linear simples;

Cenário 3		
Passageiros embarcados	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
		110 645
Fator bagagem	0,53	0,53
Nº mensal de bagagens	58 133	295 085

Tabela 23 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 3.

- ✕ **Cenário 4:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, baseada numa análise de mercado da Boeing, com uma previsão do fator bagagem calculado através de um modelo de regressão linear simples;

Cenário 4		
Passageiros embarcados	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
		103 794
Fator bagagem	0,53	0,53
Nº mensal de bagagens	54 534	357 561

Tabela 24 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 4.

- ✕ **Cenário 5:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, baseada em dados estatísticos do INE, com uma previsão do fator bagagem assumido como um valor adequado a ser considerado num cenário agressivo;

Cenário 5		
Passageiros embarcados	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
		110 645
Fator bagagem	0,25	0,25
Nº mensal de bagagens	27 662	140 410

Tabela 25 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 5.

- ✕ **Cenário 6:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, tendo por base uma análise de mercado efetuada pela Boeing, com uma previsão do fator bagagem assumido como um valor adequado a ser considerado num cenário agressivo;

Cenário 6		
Passageiros embarcados	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
		103 794
Fator bagagem	0,25	0,25
Nº mensal de bagagens	25 949	170 138

Tabela 26 – Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 6.

- ✕ **Cenário 7:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, calculado adotando coeficientes sazonais considerados mais condicionantes para o caso de estudo, com uma previsão do fator bagagem calculado através de uma média do valor verificado nos últimos seis anos;

Cenário 7		
	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
Passageiros embarcados	79 905	419 893
Fator bagagem	0,69	0,69
Nº mensal de bagagens	55 050	289 283

Tabela 27 - Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 7.

- ✕ **Cenário 8:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, calculado adotando coeficientes sazonais considerados mais condicionantes para o caso de estudo, com uma previsão do fator bagagem calculado através de um modelo de regressão linear simples;

Cenário 8		
	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
Passageiros embarcados	79 905	419 893
Fator bagagem	0,53	0,53
Nº mensal de bagagens	41 982	220 612

Tabela 28 - Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 8.

- ✕ **Cenário 9:** combinação da projeção do número de passageiros embarcados no Aeroporto de Faro, calculado adotando coeficientes sazonais considerados mais condicionantes para o caso de estudo, com uma previsão do fator bagagem assumido como um valor adequado a ser considerado num cenário agressivo;

Cenário 9		
	Época Baixa - Janeiro	Época Alta - Agosto
Passageiros embarcados	79 905	419 893
fator bagagem	0,25	0,25
Nº mensal de bagagens	19 977	104 974

Tabela 29 - Número de bagagens que dão entrada no BHS do Aeroporto de Faro no Cenário 9.

É importante salientar que, destes nove cenários construídos, existem alguns que acabaram por conduzir a um número mensal de bagagens que dão entrada no BHS muito semelhante. Assim, como não há necessidade de repetir simulações com parâmetros de entrada tão idênticos, alguns cenários acabaram por não ser implementados aquando da extração de resultados das simulações. Na Tabela 29 encontram-se apresentadas as simulações que foram suprimidas.

Simulação suprimida		Observações
Cenário 1	Época Baixa - Janeiro	Representa apenas um acréscimo inferior a 7% das bagagens quando comparado com o Cenário 2
Cenário 3	Época Baixa - Janeiro	Representa apenas um acréscimo inferior a 7% das bagagens em comparação com o Cenário 4
Cenário 3	Época Alta - Agosto	Representa apenas um acréscimo de aproximadamente 2% das bagagens em comparação com o Cenário 7
Cenário 5	Época Baixa - Janeiro	Representa apenas um acréscimo inferior a 7% das bagagens quando comparado com o Cenário 6
Cenário 7	Época Baixa - Janeiro	Representa apenas um acréscimo inferior a 1% das bagagens quando comparado com o Cenário 4

Tabela 30 – Simulações suprimidas aquando da recolha de resultados visando evitar a obtenção de resultados repetitivos.

Então, tendo em consideração estas simulações que não foram efetuadas por forma a evitar análises repetitivas, o conjunto dos nove cenários originou um total de no mínimo treze simulações, a partir das quais foram extraídos resultados que, por sua vez, permitiram retirar conclusões relativamente ao desempenho previsto para o BHS do Aeroporto Internacional de Faro em 2026.

Além disso, ainda foram acrescentadas mais duas simulações associadas a dois cenários alternativos (considerados como cenário 10 e cenário 11) com o objetivo de avaliar o comportamento do sistema de bagagens caso fosse desligado um dos anéis da segunda zona de processamento, no decorrer de um período de época alta, e para dois cenários diferentes (Cenário 3 e Cenário 5). Por uma questão de facilidade de programação no modelo de simulação e por, teoricamente, permitir uma maior contenção de gastos por se tratar do anel mais extenso, optou-se por desativar o terceiro anel, apesar de na prática não ser uma opção inteiramente viável por implicar o encerramento de dois conjuntos de balcões de *check-in*.

5. Discussão de resultados

5.1. Análise dos resultados obtidos

5.1.1. Cenário 1

Os resultados obtidos nas simulações realizadas para este cenário e para o dia de menor movimento de um período de época alta encontram-se expostos na tabela apresentada abaixo.

CENÁRIO 1 – DIA MENOS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	168	254	96	173
2	106	87	99	97
3	22	0	22	15
4	161	76	406	214

Tabela 31 – Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia menos movimentado do período de época alta, com base no Cenário 1.

Como pode ser observado, para este cenário as rotas alternativas são utilizadas durante períodos extremamente diminutos, nunca ultrapassando os 4 minutos de tempo útil de utilização, no que diz respeito aos dias menos movimentados da época alta. Além disso, é necessário ter em consideração que estes minutos em que os troços alternativos foram utilizados estão relacionados com uma adaptação que o modelo procura fazer à realidade, através da qual, no final de cada período horário e por forma a que o número de bagagens que dão entrada no sistema coincida com a média, insere todas as bagagens que estejam eventualmente em falta, nos últimos segundos desse mesmo período horário, provocando um leve sobrecarregar do sistema durante alguns segundos.

Assim, tendo em conta os resultados obtidos, conclui-se que, para este cenário, estas quatro redundâncias do sistema poderiam ser desativadas nos dias menos movimentados, sem terem qualquer impacto no funcionamento habitual do aeroporto e, mais especificamente, na eficiência do processamento das bagagens de porão dos voos de partida.

Porém, nem sempre é fácil prever quais serão os dias menos movimentados de um aeroporto, principalmente quando se trata de um período de época alta. Então, a análise mais condicionante, e que poderá ditar se estas partes do sistema podem ser completamente desativadas durante a totalidade deste período, corresponde à dos dias mais movimentados, cujos resultados obtidos nas simulações se encontram expostos seguidamente.

CENÁRIO 1 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	669	790	1044	834
2	7251	7815	7862	7643
3	65	44	66	58
4	8897	8575	8743	8738

Tabela 32 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 1.

Através da análise da tabela acima conclui-se que, para este cenário, afinal não poderiam ser desativadas as 4 zonas em análise. Como é facilmente perceptível, os troços alternativos 2 e 4 acabam por ter um tempo útil de utilização superior a 2 horas, nos dias de maior movimento. No caso da zona crítica 2, esta utilização está intimamente relacionada com o período de ponta do anel 3, entre as 8h00 e as 10h00, enquanto no caso da zona crítica 4 se encontra associado às horas de ponta do anel 1, entre as 8h00 e as 11h00.

Por outro lado, confirma-se que, para o cenário em questão, as zonas críticas 1 e 3 poderiam ser desativadas, visto terem um tempo útil de utilização inferior a 15 minutos. Mais uma vez, recorda-se o facto destes tempos de funcionamento estarem muito provavelmente associados à tal particularidade do modelo que o leva a, por vezes, introduzir diversas bagagens em poucos segundos e, conseqüentemente, acionar as alternativas devido à elevada taxa de entrada de bagagens registada nestas ocasiões pontuais.

5.1.2. Cenário 2

O segundo cenário foi o primeiro para o qual foram recolhidos resultados que permitissem uma análise ao desempenho do sistema em época baixa. Numa fase inicial, por forma a testar o BHS com as menores taxas de entrada de bagagens possíveis, foram conduzidas simulações para o dia de menor movimento. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na tabela que se segue.

CENÁRIO 2 – DIA MENOS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA BAIXA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
4	0	0	0	0

Tabela 33 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia menos movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 2.

Como pode ser constatado, estes resultados acabaram por corroborar os pressupostos teóricos, que indicavam um sobredimensionamento do sistema para cenários futuros, visto nunca ter sido ativado o troço alternativo aquando destas simulações. Porém, tratando-se do dia menos movimentado, estes resultados não são conclusivos relativamente às possíveis intervenções no BHS,

para este cenário e no que diz respeito ao período de época baixa, sendo necessário recolher a simulações alusivas ao dia mais movimentado para retirar conclusões finais.

CENÁRIO 2 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA BAIXA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
4	4860	5005	4684	4850

Tabela 34 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 2.

Os resultados recolhidos para o dia mais movimentado do período de época baixa, expostos na tabela anterior, permitem chegar à conclusão de que o troço alternativo do anel 1 acaba por revelar a sua utilidade durante pouco mais de uma hora, correspondente à hora de ponta deste mesmo anel entre as 9h00 e as 10h00. Assim, à partida a alternativa não poderia ser totalmente desativada para o cenário em questão.

No entanto, é importante lembrar que estas simulações foram efetuadas tendo por base alguns critérios conservativos pelo que, tendo em conta o tempo útil de funcionamento inferior a 1,5 hora, até pode haver uma possibilidade do BHS funcionar sem problemas caso a alternativa em análise fosse completamente desligada, para a época baixa alusiva ao cenário 2.

Por outro lado, no que diz respeito ao período de época alta, não voltaram a ser recolhidos resultados para o dia menos movimentado, tendo em conta o carácter decisivo do dia de maior movimento. Os resultados obtidos para o dia mais movimentado estão representados na tabela que se segue.

CENÁRIO 2 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	1777	1722	1996	1832
2	13703	13821	14031	13852
3	66	132	198	132
4	13479	13971	13575	13675

Tabela 35 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 2.

Mais uma vez, os troços alternativos 2 e 4 voltam a demonstrar a sua importância, desta vez para este cenário 2. Com um tempo útil de utilização perto de alcançar as 4 horas, estes dois troços apresentam-se como imprescindíveis para o bom funcionamento do BHS.

Neste período de época alta do segundo cenário, a alternativa 1 é utilizada durante aproximadamente 0,5 hora, não permitindo tirar conclusões sólidas sobre a sua verdadeira utilidade para o bom desempenho do anel 2. Parte destes minutos estão relacionados com o tal acerto que leva o modelo a injetar diversas bagagens em poucos segundos, no entanto outra parte está claramente associada a períodos em que o anel se encontra pontualmente sobrecarregado. Tendo

em conta o caráter conservativo dos critérios assumidos nas simulações, pode dizer-se que esta alternativa, à partida, pode ser completamente desativada sem causar problemas no processamento das bagagens para este segundo cenário, porém é necessário guardar algumas reservas.

Por fim, a zona crítica 3, associada ao segundo nível de segurança, apresenta-se novamente como sobredimensionada, tendo em conta que a alternativa só foi acionada durante um total de 2 minutos, equivalentes a cerca de 5 a 7 bagagens que foram conduzidas para o troço alternativo, em situações isoladas. Se o troço alternativo fosse completamente desligado durante o período de época alta e para as condições pressupostas neste cenário, não existiram repercussões negativas que afetassem a eficiência deste nível de segurança ou que prejudicassem o bom desempenho do BHS.

5.1.3. Cenário 3

Para o cenário 3 apenas foram recolhidos resultados alusivos ao desempenho do sistema no dia de maior movimento da época alta, os quais se encontram expostos na tabela abaixo.

CENÁRIO 3 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	343	418	508	423
2	3598	4233	3982	3938
3	22	66	110	66
4	2953	3043	3592	3196

Tabela 36 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 3.

Os troços alternativos 2 e 4 continuam a demonstrar ser os mais preponderantes neste cenário, porém apresentam valores bastante mais baixos do que tinham apresentado nos cenários anteriores e no período análogo, com o tempo útil de funcionamento a rondar 1 hora. Para o cenário em questão, já não há uma certeza destes troços serem imprescindíveis sendo que, tendo em conta que foram assumidos diversos critérios conservativos, até existe uma boa possibilidade do BHS manter os seus níveis de desempenho regularizados caso estes troços fossem desativados. No entanto, é necessária alguma reserva pois ambos os troços podem ser essenciais em situações pontuais em que o sistema esteja sobrecarregado durante a hora de ponta.

As alternativas 1 e 3 apresentam valores de tempo útil de utilização inferiores a 10 min, comprovando que, para este terceiro cenário, poderiam certamente ser desligadas sem causarem qualquer impacto no bom funcionamento do sistema de processamento.

5.1.4. Cenário 4

Para o quarto cenário, foram novamente realizadas simulações para o dia menos movimentado do período de época baixa, visando averiguar se os resultados seriam tão surpreendentes como os que foram verificados no cenário 2, em situação análoga.

CENÁRIO 4 – DIA MENOS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA BAIXA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
4	0	0	0	0

Tabela 37 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia menos movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 4.

Como pode ser observado, comprova-se que o sistema se encontra claramente sobredimensionado caso venham a ser verificadas as condições proporcionadas pelo cenário 4, para os dias de menor movimento. Todavia, é novamente necessário recorrer a simulações do dia mais movimentado por forma a retirar conclusões definitivas relativamente a possíveis intervenções no BHS, para o cenário em questão. Os resultados recolhidos encontram-se apresentados abaixo.

CENÁRIO 4 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA BAIXA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
4	2460	2303	2368	2377

Tabela 38 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 4.

Apesar do valor de tempo útil de funcionamento ter diminuído, continua a ser superior a 30 minutos. Este facto dá-nos a indicação de que o troço em questão pode ser fulcral para manter a eficiência do BHS durante a hora de ponta. Contudo, recorda-se novamente que o modelo de simulação por vezes tem necessidade de injetar diversas bagagens em poucos segundos, o que teve certamente influência em parte destes minutos de utilização, pelo que este troço já não tem um carácter tão preponderante para este período de época baixa deste quarto cenário de simulação, podendo a sua desativação ser tida em consideração.

CENÁRIO 4 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	922	898	650	823
2	7161	6439	7201	6934
3	66	66	80	71
4	7734	7584	6261	7193

Tabela 39 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 4.

Na tabela anterior encontram-se representados os resultados alusivos às simulações realizadas para o período de época alta do cenário em análise. Com aproximadamente 2 horas de tempo útil de funcionamento, os troços alternativos 2 e 4 voltam a apresentar-se como cruciais durante as horas de ponta dos anéis 3 e 1, respetivamente.

Por outro lado, as alternativas 1 e 3 assumem novamente valores de tempo de utilização inferiores a 15 minutos, demonstrando que poderiam ser desligadas caso se verifiquem as condições figuradas no cenário 4, para um período de época alta.

5.1.5. Cenário 5

Para o cenário apenas foram efetuadas simulações para o dia mais movimentado de época alta, cujos resultados se encontram na tabela que se segue.

CENÁRIO 5 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	182	0	246	143
2	180	296	205	227
3	0	0	0	0
4	169	243	159	190

Tabela 40 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 5.

Como se pode constatar pela análise da tabela anterior, os resultados obtidos foram semelhantes para todos os troços em análise, tendo sido registado um tempo útil de funcionamento dos caminhos alternativos inferior a 5 minutos. Assim sendo, e tendo em consideração que estes minutos estão principalmente associado às tais situações de súbita injeção de diversas bagagens no final de cada período horário, conclui-se que todos os troços alternativos poderiam ser completamente desligados, para o cenário em questão.

5.1.6. Cenário 6

Na tabela seguinte encontram-se representados os valores de tempo útil de funcionamento registados nos diferentes troços alternativos em análise, para as condições proporcionadas pelo cenário 6 durante o dia mais movimentado da época baixa.

CENÁRIO 6 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA BAIXA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
4	182	95	167	148

Tabela 41 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 6.

Ao contrário do que se verificou nas restantes simulações alusivas a época baixa, os resultados obtidos nestas simulações não deixam qualquer dúvida relativamente ao papel que esta alternativa 4 desempenha noanel 1 do BHS, para as condições em questão: um papel completamente prescindível, tendo em consideração que este troço foi acionado durante pouco mais de 2 minutos.

CENÁRIO 6 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	183	176	388	249
2	551	387	373	437
3	22	0	0	7
4	488	197	527	404

Tabela 42 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 6.

No que diz respeito ao dia mais movimentado do período de época alta, para o qual os resultados se encontram expostos na tabela acima, as conclusões foram em tudo semelhantes às retiradas aquando da análise do cenário 5, o que já seria expectável tendo em conta que ambas têm por base um fator de bagagem mínimo, assumido por forma a representar cenários agressivos para o BHS. Nesse caso, conclui-se novamente que, para estas condições, os caminhos alternativos em análise tornam-se totalmente dispensáveis e podem ser desativados, sem perturbarem o bom funcionamento do processamento das bagagens de porão, o que é claramente evidenciado pelo facto de apenas terem sido postos em funcionamento por um período total inferior a 10 minutos.

5.1.7. Cenário 7

Os resultados registados aquando das simulações efetuadas para o dia mais movimentado do período de época alta, associado às condições resultantes do cenário 7, estão apresentados na tabela que se encontra na página seguinte.

CENÁRIO 7 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	273	450	490	404
2	3285	3078	3434	3266
3	66	44	0	37
4	3028	2951	2413	2797

Tabela 43 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 7.

Neste cenário, retomou-se a consideração de um fator bagagem mais aproximado da realidade, o que se refletiu claramente nos resultados: os troços alternativos 2 e 4 voltam a demonstrar algum impacto, permitindo que o BHS mantenha os seus níveis de serviço durante o período de ponta associado a cada um dos respetivos anéis.

No entanto, como ambos apresentam tempos úteis de funcionamento ligeiramente inferiores a 1 hora, e tendo em consideração o carácter conservativo das simulações e que parte destes tempos de funcionamento advêm da tal adaptação do modelo que o leva a injetar diversas bagagens em poucos segundos, é importante referir que há uma forte possibilidade de, na realidade e para as condições oferecidas por este cenário, estes caminhos alternativos poderem ser desligados sem comprometer a eficiência do sistema.

Relativamente aos dois troços restantes, os quais registaram valores inferiores a 10 minutos em funcionamento, facilmente se conclui que podem ser desativados sem consequências nefastas para o processamento por parte do BHS, para o cenário em questão.

5.1.8. Cenário 8

Para as condições características do cenário 8, começaram por ser realizadas simulações associadas ao dia mais movimentado do período de época baixa. Os resultados registados podem ser consultados na tabela apresentada abaixo.

CENÁRIO 8 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA BAIXA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
4	809	643	892	781

Tabela 44 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 8.

Neste caso, os valores de tempo útil de funcionamento obtidos são ligeiramente superiores aos mencionados na análise em condições análogas do cenário 6, porém continuam a não ultrapassar sequer os 15 minutos. Assim, pode concluir-se que o troço alternativo 4 também poderia ser desligado, caso se verificassem as condições do cenário 8.

Nas simulações relativas ao dia mais movimentado do período de época alta, foram obtidos os resultados que se expõe na tabela que se segue.

CENÁRIO 8 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	98	175	338	204
2	1043	675	962	893
3	44	22	0	22
4	1787	974	1234	1332

Tabela 45 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 8.

Para as alternativas 1 e 3, os resultados são inequívocos e, com tempos de funcionamento útil inferiores a 5 minutos, possibilitam chegar à conclusão que estes troços podem ser desligados, para o cenário em análise.

Por outro lado, no caso das alternativas 2 e 4 os resultados podem ser considerados ligeiramente dúbios visto terem sido registados tempos entre os 15 e os 25 minutos de funcionamento. Todavia, recordando a particularidade do modelo de simulação que o leva a compensar as bagagens que estejam em falta no sistema, no final de cada período horário, injetando-as todas em poucos segundos, e o carácter conservativo dos critérios adotados nas simulações, facilmente se alcança uma conclusão semelhante para estes dois troços: para condições semelhantes às do cenário 8, poderiam ser desativados sem afetarem o funcionamento adequado do BHS nem comprometer a eficiência do sistema.

5.1.9. Cenário 9

Para o cenário 9, em primeiro lugar, as simulações foram realizadas para o dia mais movimentado do período de época baixa, tendo sido obtidos os resultados que se encontram apresentados seguidamente.

CENÁRIO 9 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA BAIXA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
4	0	80	79	53

Tabela 46 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época baixa, com base no Cenário 9.

Como pode ser observado na tabela anterior, com um tempo médio de funcionamento útil inferior a 1 minuto, o troço alternativo 4 mostra ser perfeitamente dispensável e, conseqüentemente, pode ser desligado caso se verifiquem condições semelhantes às do cenário 9.

Analisando o dia mais movimentado, mas para o período de época alta, através das simulações foram obtidos os resultados que se encontram expostos na tabela abaixo.

CENÁRIO 9 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	89	91	163	114
2	104	86	103	98
3	0	0	0	0
4	186	157	263	202

Tabela 47 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 9.

Mais uma vez, para um cenário construído tendo por base um coeficiente de bagagem extremamente baixo e propositadamente assumido com o objetivo de representar uma situação agressiva para o modelo no contexto da presente dissertação, os troços alternativos registaram tempos de funcionamento quase nulos, sempre inferiores a 4 minutos. Então, conclui-se que para condições análogas às do cenário 9 e em período de época alta, independentemente do dia, as 4 alternativas em análise podem ser desativas e, mesmo assim, o sistema permanecerá com o seu funcionamento da habitual.

5.1.10. Cenário 10

O cenário 10 é o primeiro cenário no qual se considera uma alteração profunda à infraestrutura do BHS, pois procedeu-se à eliminação do anel 3 e, para o dia mais movimentado do período de época alta, foram conduzidas simulações por forma a analisar o desempenho do anel 2 nestas novas condições. Os resultados registados estão representados na tabela que se apresenta de seguida.

CENÁRIO 10 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	11333	12238	12095	11889
3	88	196	131	138

Tabela 48 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 10.

Como pode ser constatado, o troço alternativo 3 continua a ser utilizado durante um tempo extremamente diminuto, neste caso inferior a 3 minutos, o que permite chegar à conclusão que podia ser desativado sem trazer consequências para o bom desempenho do BHS, independentemente do facto do anel 2 ter sido sobrecarregado.

Porém, a conclusão mais interessante a retirar destes resultados é a seguinte: apesar do anel 2 estar fortemente sobrecarregado nas condições proporcionadas pelo cenário 10, o tempo útil de funcionamento do troço alternativo 1 nem é assim tão elevado como se esperava, tendo sido acionado durante um período total inferior a 3,5 horas.

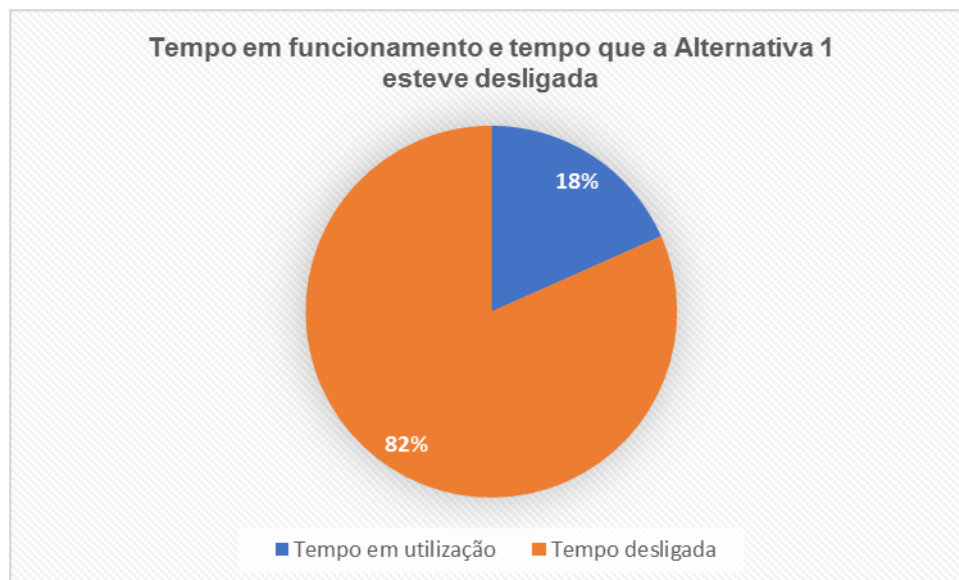


Figura 27 – Tempo em que a alternativa 1 esteve em funcionamento e tempo em que esteve desligada, para o dia mais movimentado do período de época alta do cenário 10.

Como se constata na Figura 27, a alternativa 1 acabou por estar desativada durante 82% do tempo de simulação, o que reflete que, apesar de sobrecarregado nas horas de ponta, o anel 2 é suficiente para possibilitar o funcionamento eficiente e eficaz do BHS, para condições semelhantes às do cenário 10. Ou seja, para estas mesmas condições, o anel 3 pode ser desativado sem existirem consequências nefasta para o processamento das bagagens de porão.

Por outro lado, e tal como seria expectável, a mesma conclusão não pode ser retirada relativamente ao troço alternativo 1, o qual se revela imprescindível para um bom desempenho do BHS, quando se desativa o anel 3 e para conjunturas análogas ao cenário 10.

5.1.11. Cenário 11

O cenário 11 tinha como objetivo testar a mesma alteração de infraestrutura aplicada no cenário anterior, mas com o pormenor de ser aplicado um fator bagagem consideravelmente menor, visando analisar se, em condições bastante agressivas no contexto da dissertação, seria possível colocar o BHS em funcionamento e por forma a que tanto o anel 3 como as alternativas 1 e 3 fossem possivelmente dispensadas, durante o dia mais movimentado de época alta. Os resultados registados encontram-se expostos na tabela abaixo.

CENÁRIO 11 – DIA MAIS MOVIMENTADO EM PERÍODO DE ÉPOCA ALTA

ALTERNATIVA	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Tempo em funcionamento (média, em segundos)
1	2215	1692	1534	1814
3	44	22	44	37

Tabela 49 - Resultados obtidos no modelo de simulação para o dia mais movimentado do período de época alta, com base no Cenário 11.

O troço alternativo 3, como tem sido hábito ao longo das diversas simulações, revela-se novamente perfeitamente prescindível e, no contexto do cenário 11, também pode ser desativado sem ter um impacto relevante no funcionamento do BHS.

Analisando noutra perspetiva, constata-se que, com um coeficiente de bagagem consideravelmente mais baixo, a alternativa 1 diminui o seu tempo de utilização para aproximadamente 30 minutos e, no geral, acaba por só ser acionada durante 3% do tempo de funcionamento do anel 2, tal como se encontra ilustrado na Figura 28.



Figura 28 - Tempo em que a alternativa 1 esteve em funcionamento e tempo em que esteve desligada, para o dia mais movimentado do período de época alta do cenário 11.

Assim, tendo em consideração o carácter conservativo dos critérios assumidos aquando das simulações e a leve influência que a compensação feita pelo modelo de simulação no final de cada período horário, caso estejam diversas bagagens ainda por dar entrada no sistema, têm nos resultados obtidos, pode concluir-se que, à partida, para uma conjuntura semelhante à que é representada pelo cenário 11, o processamento de bagagens de porão dos voos de partida poderia ser feito recorrendo apenas ao troço principal do anel 2. Por outras palavras, para condições análogas às do cenário em questão, tanto o anel 3 como o troço alternativo 1 poderiam ser desligados, sem que isso tivesse impacto na eficácia e eficiência do BHS do aeroporto.

5.2. Propostas de intervenções no BHS

5.2.1. Alternativa 1

Na tabela que se apresenta de seguida encontra-se um resumo das conclusões retiradas nas análises realizadas no capítulo antecedente, relativamente à decisão a tomar para a alternativa 1.

Cenário	Decisão
Cenário 1	Desligar
Cenário 2	Desligar
Cenário 3	Desligar
Cenário 4	Desligar
Cenário 5	Desligar
Cenário 6	Desligar
Cenário 7	Desligar
Cenário 8	Desligar
Cenário 9	Desligar
Cenário 10	Manter ligada
Cenário 11	Desligar

Tabela 50 – Resumo das conclusões retiradas relativamente à decisão no que diz respeito à alternativa 1, para cada um dos cenários.

Como pode ser observado, os resultados permitiram concluir que a alternativa 1 poderia ser desligada sem afetar a eficiência do BHS para todos os cenários considerados, à exceção do cenário 10. No entanto, é preciso ter em atenção que o este cenário é um daqueles no qual se procederam a reformulações profundas na infraestrutura do sistema e um dos anéis foi totalmente desativado.

Assim, mantendo as condições atuais da infraestrutura do BHS do Aeroporto de Faro, concluiu-se que, independentemente do cenário de evolução de passageiros e bagagens que venha a ser verificado (desde que não haja um aumento descomunal e completamente imprevisto), o troço alternativo 1 poderia ser desligado e, conseqüentemente, proceder-se a uma contenção de gastos. O impacto monetário desta intervenção no sistema seria:

- ✕ Seriam suprimidos aproximadamente 100 m de transportadores com tapetes rolantes, o que possibilitava a subtração de cerca de 240 m² de tela lisa de tapete rolante, de 2 telas curvas de 45° e outra tela curva de 90° (mais caras do que as telas lisas), bem como de diversos equipamentos equipados com veios cónicos e que, por sua vez, se traduziria numa diminuição do orçamento necessário para os planos anuais de reparações e manutenção dos elementos do sistema;

- ✘ Seria retirada do sistema uma das 4 máquinas EDS associadas ao primeiro nível de segurança, as quais têm uma manutenção algo dispendiosa e através da venda da qual seria possível obter receitas monetárias;
- ✘ As despesas em eletricidade veriam os seus valores serem diminuídos devido à quantidade de aparelhos eletrónicos que iriam ser desligados.

Como se constata, esta intervenção permitiria trazer diversas vantagens económicas para o BHS de Faro durante os períodos de época alta. No entanto, deveria ser tida em consideração a hipótese de desativar o troço associado à alternativa 1, mas mantê-lo como reserva de capacidade do sistema ou como redundância pronta a ser ativada em caso de uma avaria nos tapetes rolantes ou na máquina EDS do troço principal. Assim, a contenção de gastos não seria tão notável como a que foi descrita anteriormente, mas tomava-se uma decisão mais segura enquanto se continuava a proceder a uma contenção das despesas, ainda que não tão acentuada.

5.2.2. Alternativa 2

Na tabela exposta abaixo pode ser consultado um resumo das decisões tomadas, para cada um dos cenários de simulação, relativamente à alternativa 2.

Cenário	Decisão
Cenário 1	Manter ligada
Cenário 2	Manter ligada
Cenário 3	Desligar
Cenário 4	Manter ligada
Cenário 5	Desligar
Cenário 6	Desligar
Cenário 7	Desligar
Cenário 8	Desligar
Cenário 9	Desligar
Cenário 10	Não se aplica
Cenário 11	Não se aplica

Tabela 51 - Resumo das conclusões retiradas relativamente à decisão no que diz respeito à alternativa 2, para cada um dos cenários.

Para os cenários 1, 2 e 4 a alternativa 2 demonstrou ser indispensável para o bom funcionamento do sistema. Note-se que estes cenários são aqueles que se encontram teoricamente mais aproximados daquilo que serão as condições verificadas no BHS do Aeroporto de Faro num futuro mais próximo, pelo que esta decisão de manter a alternativa ligada terá de ser a adotada por agora.

Por outro lado, é importante realçar que, entre os restantes cenários considerados, existem alguns cuja probabilidade de se virem a verificar num futuro ligeiramente mais longínquo até é bastante elevada. Assim sendo, caso o impacto das LCC em Faro se venha a tornar tão vigoroso que

induza uma conjuntura semelhante à representada num dos restantes cenários, há que considerar veemente a desativação da alternativa 2, o que possibilitará uma contenção de gastos para a administração do aeroporto através dos seguintes aspetos:

- ✘ Com a eliminação deste troço, seriam extraídos mais de 70 m de transportadores com tapetes rolantes, o que permitiria reduzir o orçamento reservado para os planos anuais de reparações e manutenção dos elementos do sistema, através da remoção de aproximadamente 170 m² de tela lisa de tapete rolante, de uma tela curva de 90° (mais cara do que as telas lisas) e também de diversos equipamentos equipados com veios cónicos;
- ✘ Uma das 4 máquinas EDS associadas ao primeiro nível de segurança poderia abandonar o BHS, o que representaria uma diminuição nos custos anuais de manutenção e, além disso, caso fosse vendida seria possibilitaria a obtenção de retorno monetário;
- ✘ Com a eliminação de alguns aparelhos eletrónicos, as despesas com eletricidade certamente veriam um ligeiro decréscimo.

Todavia, recorde-se que esta decisão só poderá ser adotada caso se verifique uma mudança profunda no paradigma das bagagens que dão entrada no BHS de Faro e que, para já, a alternativa 2 deve ser mantida como se encontra atualmente por forma a assegurar o funcionamento eficaz e eficiente do processamento de bagagens de porão dos voos de partida.

5.2.3. Alternativa 3

No que diz respeito à alternativa 3, os resultados foram semelhantes para todos os cenários: o troço alternativo foi acionado durante tempos úteis de funcionamento consideravelmente pequenos. O critério utilizado durante a simulação, que conduziu a uma análise conservativa, consistiu em assumir que a capacidade máxima do segundo nível de segurança era apenas de uma bagagem. Como, na realidade, existe espaço físico na zona que antecede a máquina EDS deste nível de segurança, é certo que as bagagens que pontualmente foram encaminhadas para o troço alternativo não vão causar qualquer impacto no habitual processamento das bagagens de porão caso a alternativa 3 seja desligada. Esta intervenção no BHS permitiria conter alguns gastos monetários da seguinte forma:

- ✘ Com a eliminação do troço alternativo, seriam retirados do sistema mais de 15 m de transportadores com tapetes rolantes, o que se traduziria em menos aproximadamente 40 m² de tela lisa de tapete rolante, uma tela curva de 90° (mais cara do que a tela lisa) e diversos equipamentos equipados com veios cónicos que já não teriam de ser considerados nos planos anuais de reparações e manutenção;
- ✘ Seria retirada uma máquina EDS, cuja manutenção é bastante dispendiosa e cuja venda poderia reverter em receitas para futuro investimento no BHS;

- ✘ Os gastos com eletricidade seriam levemente reduzidos com a exclusão dos elementos mencionados nos dois pontos anteriores;
- ✘ Seria dispensado o segundo funcionário associado ao segundo nível de segurança, o que representava um ligeiro decréscimo nos vencimentos mensais dos trabalhadores do BHS.

À semelhança do que já foi proposto para a alternativa 1, também neste caso deveria ser tida em consideração a hipótese de, em vez de proceder a uma completa remoção deste troço alternativo, simplesmente desliga-lo e deixá-lo pronto para servir como reserva de capacidade ou como redundância em caso de se verificar uma avaria no troço principal do segundo nível de segurança. A contenção das despesas não seria tão acentuada, mas tomava-se uma decisão mais segura numa perspetiva a longo prazo.

5.2.4. Alternativa 4

Seguidamente, apresenta-se uma tabela com um resumo das conclusões retiradas no capítulo de discussão dos resultados obtidos nas simulações, no que diz respeito à alternativa 4, tanto para o período de época alta como para o de época baixa.

Cenário	Decisão Época Baixa	Decisão Época Alta
Cenário 1	Não se aplica	Manter ligada
Cenário 2	Ligado	Manter ligada
Cenário 3	Não se aplica	Desligar
Cenário 4	Desligar	Manter ligada
Cenário 5	Não se aplica	Desligar
Cenário 6	Desligar	Desligar
Cenário 7	Não se aplica	Desligar
Cenário 8	Desligar	Desligar
Cenário 9	Desligar	Desligar
Cenário 10	Não se aplica	Não se aplica
Cenário 11	Não se aplica	Não se aplica

Tabela 52 - Resumo das conclusões retiradas relativamente à decisão no que diz respeito à alternativa 4, para cada um dos cenários e para as duas épocas do ano em análise.

Para a alternativa 4, acabam por ser retiradas conclusões semelhantes para a época baixa e para a época alta, e também com uma parecença notável com o que se verificou para a alternativa 2. Nos cenários cujas condições proporcionadas às simulações se aproximam mais da realidade mais provável de vir a ser verificada num futuro imediato, concluiu-se que este troço alternativo não poderia ser desligado pois, independentemente da altura do ano em questão, iria comprometer a eficiência do processamento de bagagens de porão no Aeroporto de Faro.

Porém, reitera-se novamente que as condições associadas aos restantes cenários são perfeitamente plausíveis de se virem a confirmar para o aeroporto de Faro, porém a um médio ou

longo prazo. Nesse caso, a desativação da alternativa 4 trará benefícios para administração por possibilitar conter alguns gastos através de:

- ✘ Remoção de aproximadamente 70 m de transportadores com tapetes rolantes, o que possibilitava retirar do sistema cerca de 170 m² de tela lisa de tapete rolante, 7 telas curvas de 45° (mais caras do que as telas lisas) e ainda vários equipamentos incorporados com veios cónicos, o que por sua vez se traduziria numa diminuição do orçamento necessário para os planos anuais de reparações e manutenção dos elementos do sistema;
- ✘ Seria efetuada a subtração de uma das 4 máquinas EDS associadas ao primeiro nível de segurança, o que possibilitaria uma redução nos gastos com manutenção de equipamentos e através da qual seria possível obter receitas monetárias caso esta fosse vendida;
- ✘ As despesas de eletricidade seriam alvo de uma diminuição ténue devido à quantidade de aparelhos eletrónicos que iriam ser desativados.

No entanto, é importante realçar que a decisão a tomar para um futuro imediato é a de manter a alternativa 4 ligada, pois é indispensável para o funcionamento adequado do BHS. Só se poderá desligar este troço redundante e, conseqüentemente, usufruir das vantagens anteriormente descritas caso o número de bagagens que dão entrada no aeroporto de Faro reduzam drasticamente, quer seja por influência das LCC ou não.

5.3. Resumo

Cenário	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	
				Época Baixa	Época Alta
Cenário 1	Desligar	Manter ligada	Desligar	Não se aplica	Manter ligada
Cenário 2	Desligar	Manter ligada	Desligar	Manter ligada	Manter ligada
Cenário 3	Desligar	Desligar	Desligar	Não se aplica	Desligar
Cenário 4	Desligar	Manter ligada	Desligar	Deactivate	Manter ligada
Cenário 5	Desligar	Desligar	Desligar	Não se aplica	Desligar
Cenário 6	Desligar	Desligar	Desligar	Deactivate	Desligar
Cenário 7	Desligar	Desligar	Desligar	Não se aplica	Desligar
Cenário 8	Desligar	Desligar	Desligar	Desligar	Desligar
Cenário 9	Desligar	Desligar	Desligar	Desligar	Desligar
Cenário 10	Manter ligada	Não se aplica	Desligar	Não se aplica	Não se aplica
Cenário 11	Desligar	Não se aplica	Desligar	Não se aplica	Não se aplica

Tabela 53 – Resumo das propostas de intervenção para o BHS com base nos resultados obtidos nas simulações.

6. Conclusões

As metas definidas para a presente dissertação consistiam em realizar um estudo abordando uma temática relacionada com o transporte aéreo e, mais concretamente, providenciar à ANA não só uma análise do desempenho do BHS do Aeroporto de Faro, mas também elaborar algumas propostas de melhoria que possibilitem, no futuro, economizar e diminuir as despesas associadas a este sistema de bagagens.

Assim, iniciou-se por uma revisão da literatura por forma a reunir elementos que permitissem aumentar o conhecimento adquirido sobre este tema e compreender os avanços científicos já realizados nesta temática. Posteriormente, aplicou-se a metodologia delineada, construindo-se um modelo de simulação de eventos discretos que representa o BHS e formulando cenários teoricamente possíveis para a evolução da taxa de bagagens que entram no sistema. Então, após reunir estes elementos de trabalho, procedeu-se à etapa de simulações e recolha de resultados, os quais por sua vez possibilitaram a proposta de melhorias para o sistema de bagagens em análise.

Logo, considera-se que o objetivo delineado inicialmente foi alcançado e devidamente cumprido. A análise realizada ao BHS do Aeroporto de Faro provou ser oportuna pois, com o impacto que as LCC começam a ter nas atividades aeroportuárias através da diminuição do número de bagagens que dão entrada nos sistemas de processamento, surge a necessidade de ponderar algumas adaptações do sistema ao novo paradigma que se avizinha. Além disso, as temáticas abordadas aquando da discussão de resultados, bem como as propostas de intervenção elaboradas, demonstraram ser bastante convenientes para a administração do Aeroporto de Faro, pois permitem uma clara redução dos custos de manutenção e despesas de funcionamento, caso se verifique uma conjuntura análoga à que foi representada por alguns dos cenários analisados.

Por outro lado, há que salientar o seguinte facto: a investigação levada a cabo nesta dissertação possibilita não só à administração do Aeroporto de Faro retirar conclusões frutíferas e com considerável utilidade para o futuro, mas também abre portas para estudos vindouros que eventualmente venham a ser elaborados para aeroportos em condições semelhantes. Por outras palavras, salienta-se que o presente trabalho, tal como foi desenvolvido, demonstrou as suas valências para todos os aeroportos cujo BHS tenha sido dimensionado num período anterior ao ano 2000, antes da entrada das LCC no mercado, e que atualmente verifique uma evolução notável da representatividade deste tipo de companhias aéreas, de tal forma que supere os 70%. Além disso, o estudo foi realizado tendo por base a crescente influência das LCC, todavia a sua utilidade estende-se a todo e qualquer fator que induza uma redução das taxas de entrada de bagagens no BHS de um aeroporto. Tendo em conta a escassez de trabalhos realizados com este enfoque, denotada durante a fase de revisão da literatura, a presente dissertação apresenta-se como um exemplo de um tipo de investigação a considerar para os aeroportos que se revejam nestas condições e que, possivelmente, serão mais numerosos no futuro.

Como este tema ainda não foi devidamente abordado a nível internacional, verificou-se uma dificuldade em captar insuficiências que fossem comuns entre o Aeroporto de Faro e outros

aeroportos em condições análogas, o que resultou numa metodologia extremamente personalizada para o BHS de Faro, em vez de ter sido desenvolvida de uma forma mais generalizada e que viabilizasse uma contribuição de forma mais direta para outras infraestruturas deste tipo. No entanto, é importante ter em atenção que a metodologia posta em prática no presente trabalho pode ser facilmente adaptada a outros casos de estudo, incluindo casos nos quais a problemática que se coloca é exatamente a oposta: uma falta de capacidade do sistema para processar um número de bagagens que tem tendência para aumentar. Neste caso, poder-se-ia recorrer à metodologia utilizada, substituindo a fase de análise de troços redundantes existentes por uma fase de projeção de potenciais troços alternativos e, no final da investigação, concluir-se-ia se existe ou não a necessidade de incorporar esses troços projetados no BHS, tendo em conta os cenários admitidos.

Note-se também que a metodologia desenvolvida neste trabalho pode ser igualmente aplicada a sistemas de processamento de materiais (MHS – *Material Handling System*) em geral, como por exemplo uma linha de transporte de mercadorias num armazém. Caso se verifique um decréscimo considerável do número de unidades do material a transportar e que dão entrada no sistema, o processo utilizado para o BHS do Aeroporto de Faro pode possibilitar uma contenção de gastos no armazém em questão, fornecendo respostas relativamente a que troços podem ser desligados, caso se verifiquem condições para tal.

Caso houvesse oportunidade de alongar este estudo, o primeiro passo que seria aprofundar o conhecimento sobre o Aeroporto de Faro. Tal como foi referido durante a fase de calibração, verificou-se uma falta de dados mais precisos e que fossem fidedignos para proceder à construção do modelo de simulação da forma mais correta possível. Na eventualidade de existir tempo e orçamento monetário que permitissem uma recolha de dados mais exaustiva e com um maior número de visitas de campo, proporcionava-se uma oportunidade para aprimorar a qualidade do modelo e, conseqüentemente, dos resultados obtidos e das intervenções propostas para o sistema. Em segundo lugar, caso esta investigação pudesse ser alongada, seria dedicado algum tempo a estudar e construir cenários que se aproximassem cada vez mais da realidade futura e que possibilitassem alcançar resultados mais confiáveis e facilmente transpostos para a realidade do BHS. Por fim, caso a ocasião assim permitisse, também seria de extrema utilidade aprofundar a fase de propostas de intervenção no BHS por forma a que pudesse ser realizada uma análise económica consideravelmente mais apurada e que quantificasse as vantagens decorrentes destas intervenções em valores palpáveis, mais perceptíveis para a comunidade e mais apetecíveis para as entidades gestoras de infraestruturas aeroportuárias, como é o caso da ANA.

Resumindo e concluindo, os objetivos a que o presente trabalho se propôs foram devidamente atingidos. Consoante o cenário de evolução da taxa de entrada de bagagens que venha a ser registado no futuro, esta dissertação identifica o rumo que deve ser tomado no que diz respeito à gestão da infraestruturas do processamento de bagagens deste aeroporto. Além disso, ficou demonstrado o potencial da metodologia utilizada que, por ventura, pode ser aplicada noutros aeroportos ou sistemas de processamento de materiais em que seja verificada uma conjuntura semelhante à que se verifica hoje em dia no Aeroporto de Faro.

Bibliografia

- Abdelghany, A., Abdelghany, K., & Narasimhan, R. (2006). Scheduling baggage-handling facilities in congested airports. *Journal of Air Transport Management*, 12(2), 76–81. <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2005.10.001>
- Airbus. (2016). *Global Market Forecast*.
- Airport Cooperative Research Program. (2010). *Airport Passenger Terminal Planning and Design* (Vol. 1).
- ANA Aeroportos de Portugal. (2015a). Aeroporto de Faro totalmente renovado até 2017. Retrieved from <http://www.aeroportodefaro.com/noticias/aeroporto-de-faro-totalmente-renovado-ate-2017>
- ANA Aeroportos de Portugal. (2015b). *Annual Report 2015*.
- ANA Aeroportos de Portugal. (2015c). Um Aeroporto Melhor Ganha Vida. In *Plano de Desenvolvimento do Aeroporto de Faro \ 2015-2017*.
- ANA Aeroportos de Portugal. (2016). Aeroporto de Faro. Retrieved from <http://www.aeroportodefaro.com/>
- Ashford, N. J., Mumayiz, S. A., & Wright, P. H. (2011). *Airport Engineering - Planning, Design, and Development of 21st Century Airports* (Vol. 1).
- Bardonet, G., Tewoldeberhan, T. W., Valentin, E., & Verbraeck, A. (2002). An Evaluation And Selection Methodology For Discrete-Event Simulation Software. In *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference* (pp. 67–75).
- Belliotti, R. (2008). *Common Use Facilities and Equipment at Airports*. Washington, D.C.
- Boeing. (2016). *Current Market Outlook 2016-2035*. www.boeing.com/cmo. Retrieved from http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/Boeing_Current_Market_Outlook_2015.pdf
- Bradley, A. L. W. (2010). *The Independent Airport Planning Manual*.
- Castillo-Manzano, J. I., & López-Valpuesta, L. (2013). Check-in services and passenger behaviour: Self service technologies in airport systems. *Computers in Human Behavior*, 29, 2431–2437.
- Castro, P. (2012). Aeródromo, aeroporto, cidade-aeroporto e aerotropolis. Uma (re)visão de conceitos, 11–22.
- Cole, M. (2014). Journal of Air Transport Management Towards proactive airport security management : Supporting decision making through systematic threat scenario assessment q. *Journal of Air Transport Management*, 35, 12–18. <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.11.002>
- Comissão Europeia. (2015). Regulamento de execução (UE) 2015/1998 da Comissão de 5 de Novembro de 2015 que estabelece as medidas de execução das normas de base comuns sobre a segurança da aviação. *Jornal Oficial Da União Europeia*.
- Dias, L. M. S., Pereira, G. A. B., Vik, P., & Oliveira, J. A. (2011). Discrete Simulation Tools Ranking – A Commercial Software Packages Comparison Based on Popularity. *Industrial Simulation Conference*. <http://doi.org/978-90-77381-63-2>
- Federal Aviation Administration. (1988). *Advisory Circular: Planning and Design Guidelines for Airport Terminal Facilities*. Retrieved from http://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/22618

- Feng, Q., Sahin, H., & Kapur, K. C. (2009). Designing airport checked-baggage-screening strategies considering system capability and reliability. *Reliability Engineering and System Safety*, 94(2), 618–627. <http://doi.org/10.1016/j.ress.2008.06.015>
- Graham, A. (2008). *Managing Airports*.
- Grigoryev, I. (2015). *Anylogic in three days*.
- Hanaoka, S., & Saraswati, B. (2011). Low cost airport terminal locations and configurations. *Journal of Air Transport Management*, 17(5), 314–319. <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2011.03.009>
- Haneyah, S. W. A., Schutten, J. M. J., Schuur, P. C., & Zijm, W. H. M. (2013). Generic planning and control of automated material handling systems: Practical requirements versus existing theory. *Computers in Industry*, 64(3), 177–190. <http://doi.org/10.1016/j.compind.2012.11.003>
- Heinz, S. F., & Pitfield, D. E. (2011). British airways' move to Terminal 5 at London Heathrow airport: A statistical analysis of transfer baggage performance. *Journal of Air Transport Management*, 17(2), 101–105. <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2010.10.001>
- Hepler, W., & Wendt, D. (2003). Using Simulation to Evaluate Impacts of Airport Security. *Transportation Research, E-C060*, 16–20.
- Horonjeff, R., Mckelvey, F. X., Sproule, W. J., & Young, S. B. (2010). *Planning and Design of Airports*.
- INE. (2016). Passageiros embarcados (N.º) nos aeroportos por Localização geográfica, Tipo de tráfego e Natureza do tráfego; Mensal - INE, Inquérito aos Aeroportos e Aeródromos. Retrieved from https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000861&xlang=pt&contexto=bd&selTab=tab2
- Instituto Nacional de Aviação Civil. (2015). *Boletim Estatístico Trimestral N.º 25 - 1º Trimestre 2015*.
- International Civil Aviation Organization. (2006). *The Convention on International Civil Aviation - Annexes 1 to 18*.
- Jadrić, M., Ćukušić, M., & Bralić, A. (2014). Comparison of discrete event simulation tools in an academic environment, 5, 203–219.
- Johnstone, M., Creighton, D., & Nahavandi, S. (2015). Simulation-based baggage handling system merge analysis. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 53, 45–59. <http://doi.org/10.1016/j.simpat.2015.01.003>
- Kazda, A., & Caves, R. E. (2000). *Airport Design and Operation*.
- Kirschenbaum, A. (2013). The cost of airport security : The passenger dilemma. *Journal of Air Transport Management*, 30, 39–45. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.05.002>
- Korkmaz, S. V., Hoyle, J. A., Knapik, G. G., Splittstoesser, R. E., Yang, G., Trippany, D. R., ... Marras, W. S. (2006). Baggage handling in an airplane cargo hold: An ergonomic intervention study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(4), 301–312. <http://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.12.001>
- Lange, R. De, Samoilovich, I., & Rhee, B. Van Der. (2013). Virtual queuing at airport security lanes. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 153–165. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.025>
- Leone, K., & Liu, R. (2005). The key design parameters of checked baggage security screening systems in airports. *Journal of Air Transport Management*, 11(2), 69–78. <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2004.09.004>
- Logital Digital Media, & Aeroporto Guglielmo Marconi Bologna. (2016). A self operating device for automatic check of hand luggage at airports. Retrieved from

http://www.logiscan.it/eng_index.html

- Lufthansa. (2016). Free baggage rules. Retrieved from <http://www.lufthansa.com/us/en/Free-baggage-rules>
- Mumayiz, S. A., & Jain, R. K. (1991). Interactive Airport Landside Simulation: An Object-Oriented Approach. *Transportation Research Record*, 13–22.
- Neufville, R. de. (2008). Low-Cost Airports for Low-Cost Airlines: Flexible Design to Manage the Risks. *Transportation Planning and Technology*, 31(No. 1), 35–68.
- Pagani, J., Halim, A. O. A. El, Hassan, Y., & Easa, S. (2016). User-Perceived Level-of-Service Evaluation Model for Airport Baggage-Handling Systems. *Transportation Research*, 1788(January 2002), 33–42. <http://doi.org/10.3141/1788-05>
- Passenier, D., Sharpanskykh, A., & de Boer, R. J. (2015). When to STAMP? A Case Study in Aircraft Ground Handling Services. *Procedia Engineering*, 128, 35–43. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.502>
- Perboli, G., Musso, S., Perfetti, F., & Trapani, P. (2014). Simulation of New Policies for the Baggage Check in the Security Gates of the Airports: The Logiscan Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111(2014), 58–67. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.038>
- PORDATA. (2016). Passageiros transportados por via aérea: chegadas e partidas. Retrieved from <http://www.pordata.pt/DB/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>
- Rengelink, W., & Saanen, Y. A. (2002). Improving The Quality Of Controls And Reducing Costs For On-Site Adjustments With Emulation: An Example Of Emulation In Baggage Handling. In *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference* (pp. 1689–1694). Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1030453.1030700>
- Sabar, R. (2009). *An Evaluation of the Provision of Terminal Facilities for the Design of Low Cost Airport Terminals*. Cranfield University.
- SITA. (2015). *Air Transport Industry Insights: The Baggage Report*.
- Skorupski, J., & Uchroński, P. (2015). Fuzzy inference system for the efficiency assessment of hold baggage security control at the airport. *Safety Science*, 79, 314–323. <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.06.020>
- Stewart, M. G., & Mueller, J. (2014). Journal of Air Transport Management Cost-benefit analysis of airport security: Are airports too safe? *Journal of Air Transport Management*, 35, 19–28. <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.11.003>
- TAP Portugal. (2016). Bagagem de Porão. Retrieved from <http://www.flytap.com/Portugal/pt/planear-reservar/preparar-viagem/bagagem/bagagem-de-porao>
- Tarâu, A. N., De Schutter, B., & Hellendoorn, J. (2011). Predictive route control for automated baggage handling systems using mixed-integer linear programming. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(3), 424–439. <http://doi.org/10.1016/j.trc.2010.06.004>
- Thomas, R. G., Baar, C. E. van, & Stee, M. J. van der. (1995). Baggage handling postures and the design of conveyors. *Applied Ergonomics*, 26(2), 123–127. [http://doi.org/10.1016/0003-6870\(95\)00005-W](http://doi.org/10.1016/0003-6870(95)00005-W)
- Verbraeck, A., & Valentin, E. (2002). Simulation Building Blocks For Airport Terminal Modeling. In *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference* (pp. 1199–1206). <http://doi.org/10.1109/WSC.2002.1166378>
- Wang, Q., & Jia, H. (2012). Method of safety assessment for airport baggage conveyer belt. *Procedia Engineering*, 43, 561–564. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.098>
- Wells, A. T., & Young, S. (2004). *Airport Planning & Management*.

- Wu, P. P. Y., & Mengersen, K. (2013). A review of models and model usage scenarios for an airport complex system. *Transportation Research Part A*, 47, 124–140. <http://doi.org/10.1016/j.tra.2012.10.015>
- Yfantis, E. A. (1997). An intelligent baggage-tracking system for airport security. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 10(6), 603–606. [http://doi.org/10.1016/S0952-1976\(97\)00042-0](http://doi.org/10.1016/S0952-1976(97)00042-0)
- Yoon, S. W., & Jeong, S. J. (2015). An alternative methodology for planning baggage carousel capacity expansion: A case study of Incheon International Airport. *Journal of Air Transport Management*, 42, 63–74. <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2014.09.001>

ANEXOS

ANEXO I - Pormenores do modelo de simulação em AnyLogic

Diagrama de interação de elementos – injeção de bagagens e primeiros níveis de segurança para ambas as zonas de processamento

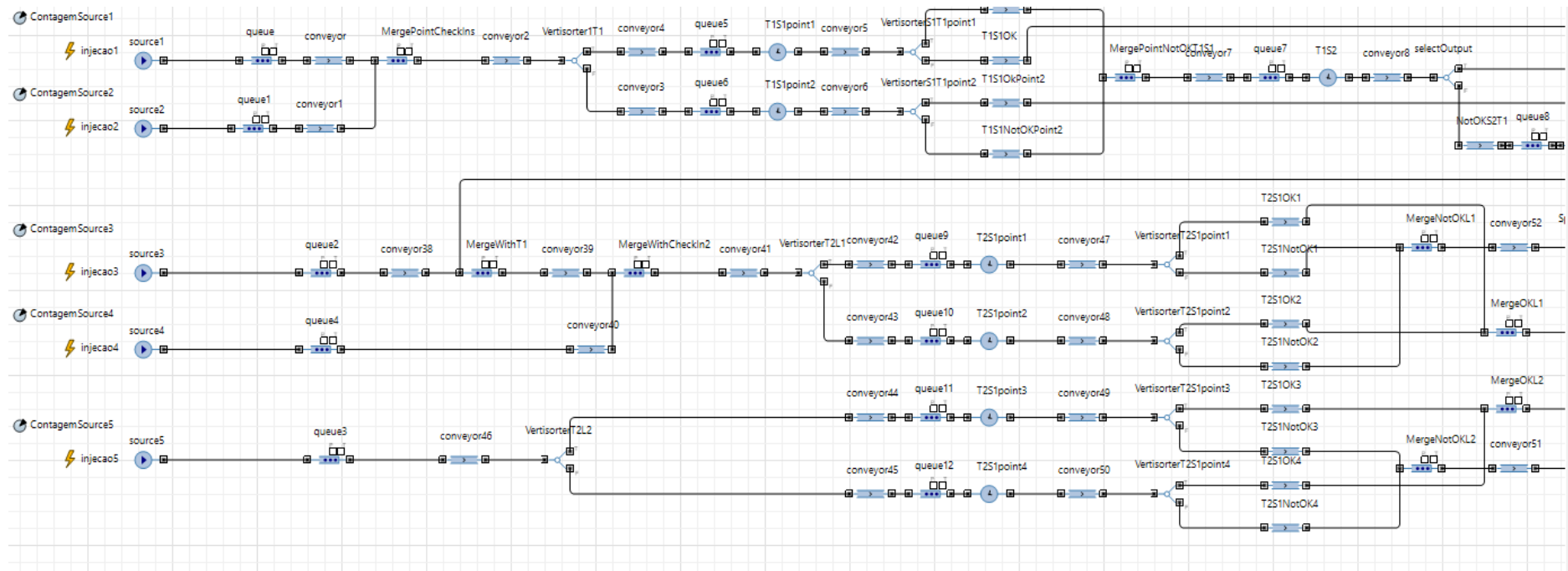


Diagrama de interação de elementos – níveis de segurança da ZP1

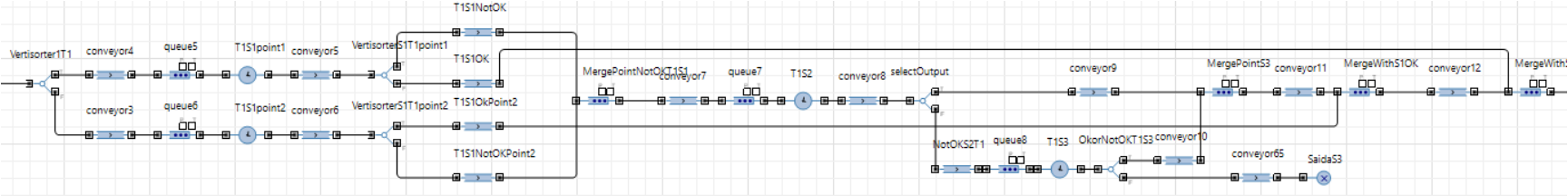


Diagrama de interação de elementos – níveis de segurança da ZP1

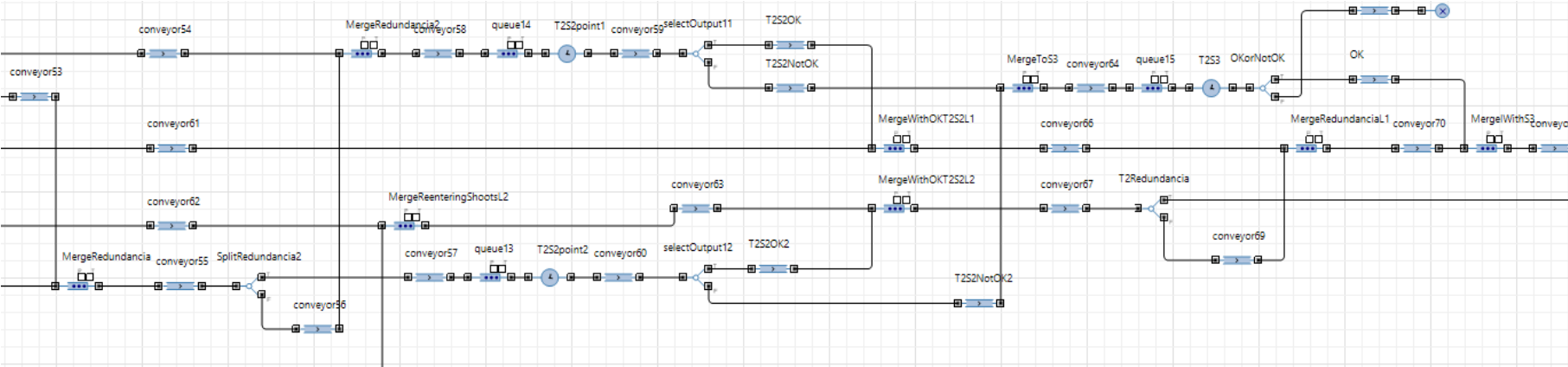
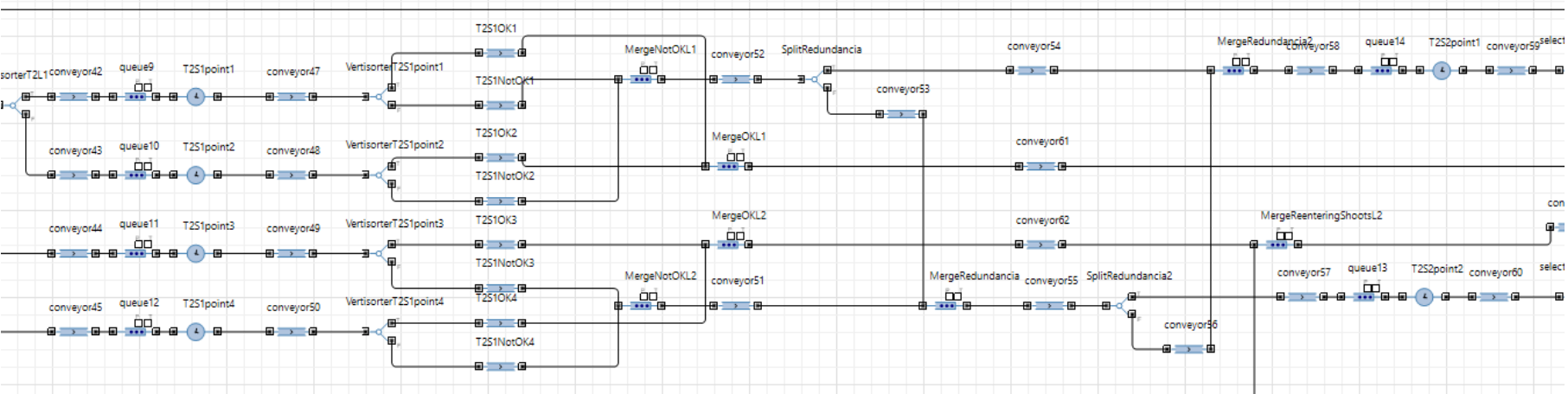


Diagrama de interação de elementos – zonas de leitura manual de ambas as zonas de processamento e primeiras chutes da ZP1

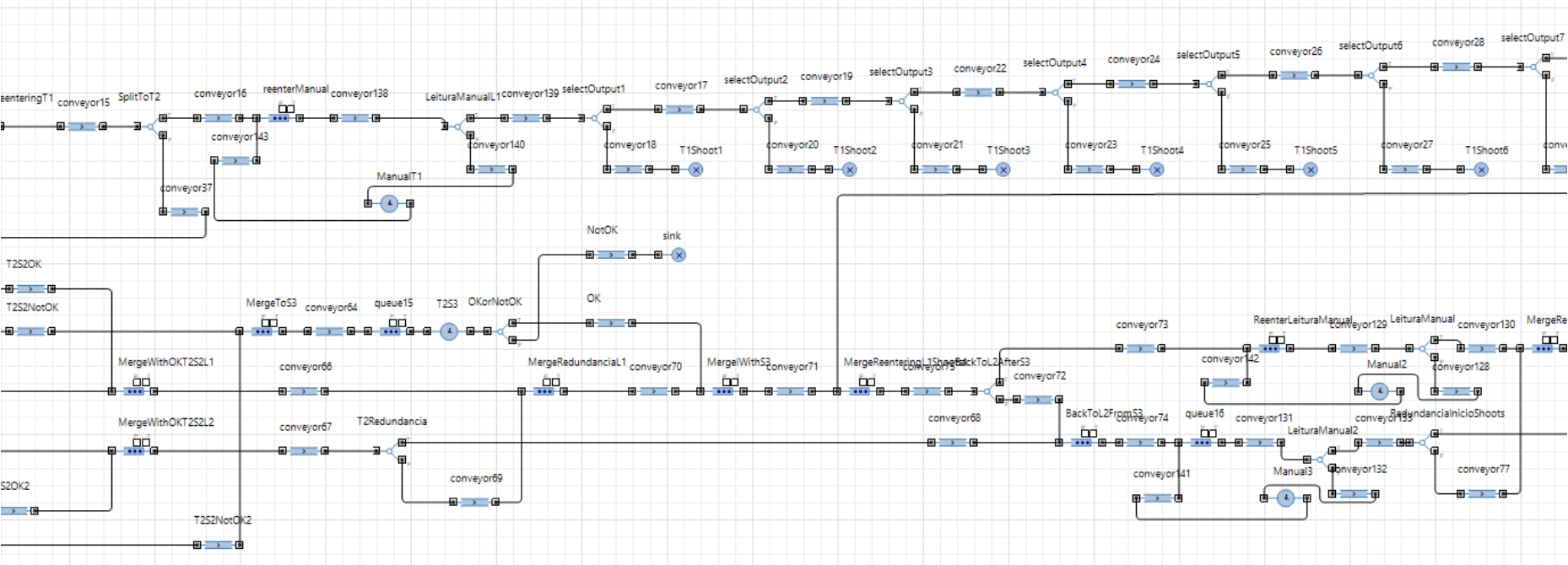
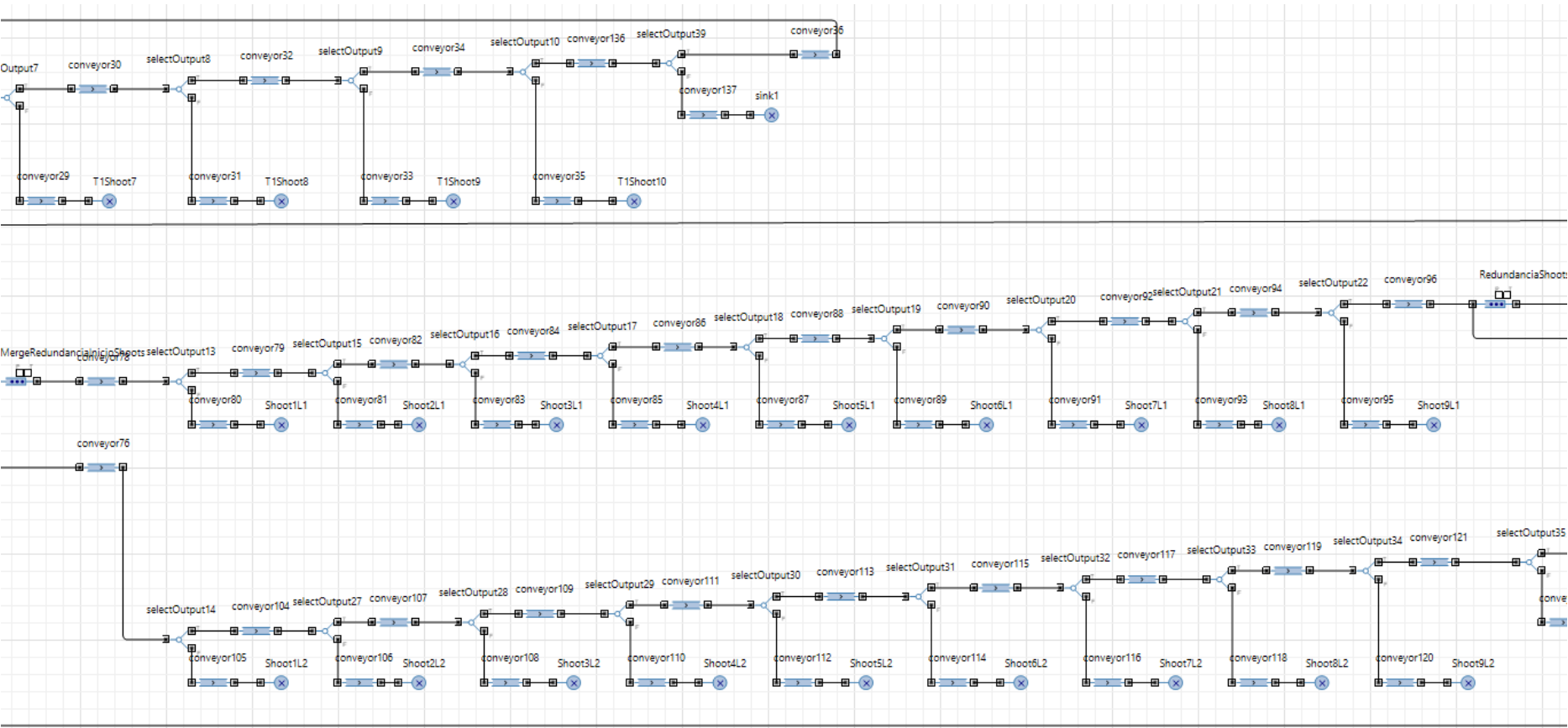
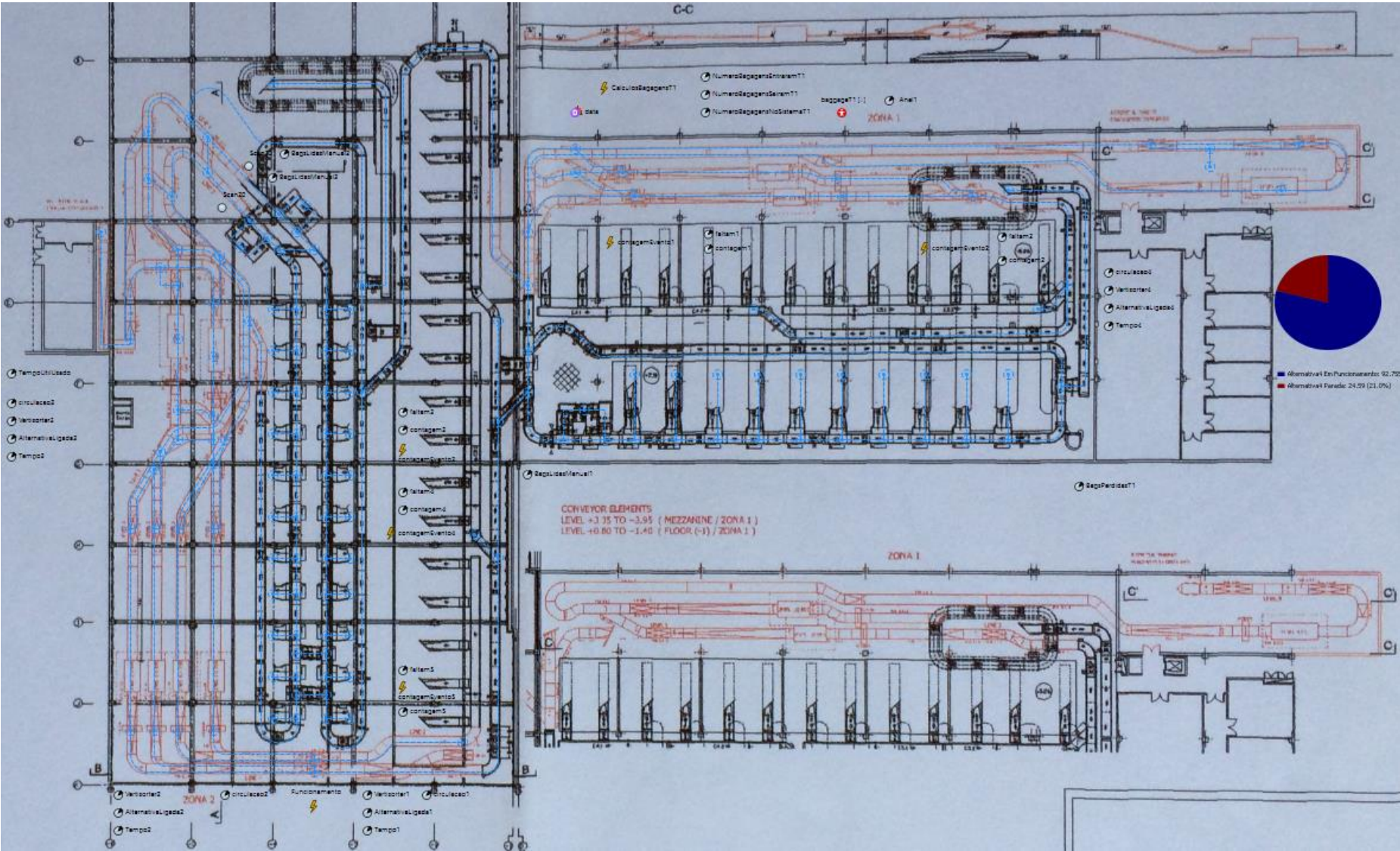


Diagrama de interação de elementos – chutes de ambas as zonas de processamento



Rede de nós e caminhos e outros elementos utilizados



ANEXO II - Principais funções programadas em Java no modelo de simulação em AnyLogic

Exemplo de um evento de definição da capacidade das alternativas e contagem do tempo que estão ligadas durante as simulações

```
circulacao1 = conveyor45.size();

if ( circulacao1 > 5 )
    Vertisorter1 = 1;
else Vertisorter1 = 0;

if (conveyor44.size() > 0 || conveyor49.size() > 0 || T2S1OK3.size() > 0 || T2S1NotOK3.size() > 0)
    AlternativaLigada1 = 1;
    else AlternativaLigada1 = 0;

if (AlternativaLigada1 == 1)
    Tempol +=1;
```

Exemplo de um evento de contagem do número de bagagens para cada período horário

```
if (Hours == 6)
    faltam5 = 132 - contagem5;

if (Hours == 7)
    faltam5 = 362 - contagem5;

if (Hours == 8)
    faltam5 = 516 - contagem5;

if (Hours == 9)
    faltam5 = 236 - contagem5;

if (Hours == 10)
    faltam5 = 125 - contagem5;
```



```
if (Hours == 11)
    faltam5 = 140 - contagem5;

if (Hours == 12)
    faltam5 = 65 - contagem5;

(...)

if (Hours == 19)
    faltam5 = 202 - contagem5;

if (Hours == 20)
    faltam5 = 208 - contagem5;

if (Hours == 21)
    faltam5 = 27 - contagem5;

if (Hours == 22)
    faltam5 = 0;

if (Hours == 23)
    faltam5 = 0;

if (Minutes == 59 && Seconds == 59)
{
    if (faltam5 > 1)
        source5.inject(faltam5);
}

if (Minutes == 0 && Seconds == 1)
{
    contagem5 = 0;
    contagem4 = 0;
    contagem3 = 0;
    contagem2 = 0;
    contagem1 = 0;
}
```

Exemplo de um evento de injeção de bagagens no sistema

```
source1.inject(1);

if (Hours == 4)
{
    int proxBag1 = uniform_discr(34, 74);
    if (Minutes <= 3)
        injecaol.restart(proxBag1);
    if (Minutes > 3)
        if (faltam1 == 2)
            injecaol.restart((59-Minutes)*60+61-Seconds);
        else injecaol.restart(proxBag1);
}

if (Hours == 5)
{
    int proxBag1 = uniform_discr(57, 97);
    if (Minutes <= 3)
        injecaol.restart(proxBag1);
    if (Minutes > 3)
        if (faltam1 == 2)
            injecaol.restart((59-Minutes)*60+61-Seconds);
        else injecaol.restart(proxBag1);
}

(...)

if (Hours == 23)
{
    int proxBag1 = 21600;
    if (Minutes <= 3)
        injecaol.restart(proxBag1);
    if (Minutes > 3)
        if (faltam1 == 2)
            injecaol.restart((59-Minutes)*60+61-Seconds);
        else injecaol.restart(proxBag1);
}
```

Exemplo de linhas de código presentes num elemento “Source”

```
add_baggageT1();  
NumeroBagagensEntraramT1 +=1;  
contagem1 +=1;  
Anel1 +=1;  
ContagemSource1 +=1;
```

Exemplo de um evento utilizado na programação das chutes

```
if (Hours == 11 || Hours == 16 || Hours == 17 || Hours == 18)  
{  
    Chute1 = 5./6;  
    Chute2 = 4./5;  
    Chute3 = 3./4;  
    Chute4 = 2./3;  
    Chute5 = 1./2;  
    Chute6 = 0;  
    Chute7 = 1;  
    Chute8 = 1;  
    Chute9 = 1;  
    Chute10 = 1;  
}
```

ANEXO III - Dados estatísticos recolhidos e devidamente processados, incluindo cálculos auxiliares

Fator bagagem e distribuição mensal das bagagens

Período de referência dos dados	Localização geográfica	Passageiros embarcados (N.º) nos aeroportos por Localização geográfica; Mensal	Porcentagem anual	bags-brr			Ver cálculo do número de bagagens
				Bagagens	Passageiros embarcados	Factor bagagem	
2016	Faro	450201	-	986297	1439490	0.69	Ver cálculo do número de bagagens
Maio de 2016	Faro	401097	-				
Abril de 2016	Faro	310869	-				
Março de 2016	Faro	176028	-				
Fevereiro de 2016	Faro	101295	-				
Janeiro de 2016	Faro	86 274	-				
2015	Faro	77664	2.44%	2152761	3186936	0.68	Ver cálculo do número de bagagens
Dezembro de 2015	Faro	129758	4.07%				
Novembro de 2015	Faro	375215	11.77%				
Outubro de 2015	Faro	410370	12.88%				
Setembro de 2015	Faro	481263	15.10%				
Agosto de 2015	Faro	432048	13.56%				
Julho de 2015	Faro	386539	12.13%				
Junho de 2015	Faro	348493	10.94%				
Maio de 2015	Faro	264074	8.29%				
Abril de 2015	Faro	126292	3.96%				
Março de 2015	Faro	81820	2.57%				
Fevereiro de 2015	Faro	73400	2.30%				
2014	Faro	67371	2.20%	1875440	3059297	0.61	Ver cálculo do número de bagagens
Dezembro de 2014	Faro	122703	4.01%				
Novembro de 2014	Faro	346403	11.32%				
Outubro de 2014	Faro	390267	12.76%				
Setembro de 2014	Faro	468207	15.30%				
Agosto de 2014	Faro	411670	13.46%				
Julho de 2014	Faro	370322	12.10%				
Junho de 2014	Faro	328047	10.72%				
Maio de 2014	Faro	267449	8.74%				
Abril de 2014	Faro	128779	4.21%				
Março de 2014	Faro	85294	2.79%				
Fevereiro de 2014	Faro	72785	2.38%				
Janeiro de 2014	Faro	66933	2.25%				
Dezembro de 2013	Faro	126757	4.16%	100.00%			

Factor Bagagem

$y = -0.0131x + 27.06$
 $R^2 = 0.4148$

Previsão factor bagagem pela recta de tendência	
Ano	Factor bagagem
2026	0.5254

Utilizando toda a série temporal	
Mês	Porcentagem média
Dezembro	2.56%
Novembro	4.57%
Outubro	11.57%
Setembro	13.62%
Agosto	15.22%
Julho	12.95%
Junho	11.41%
Maio	9.37%
Abril	7.89%
Março	4.94%
Fevereiro	3.06%
Janeiro	2.85%

Cálculos auxiliares para obtenção dos fatores sazonais

Mês	Data	Passageiros embarcados	Média móvel centrada N=12	com base em Mt			com base na recta			Factor sazonal corrigido
				Factores sazonais	Factor sazonal (%)		Recta de tendência	Factores sazonais	Factor sazonal (%)	
150	jun-16	450201					264164.00	1.7042	170.42%	1.7653
149	mai-16	401097					263681.78	1.5211	152.11%	1.5757
148	abr-16	310869					263199.56	1.1811	118.11%	1.2234
147	mar-16	176028					262717.34	0.6700	67.00%	0.6940
146	fev-16	101295					262235.12	0.3863	38.63%	0.4001
145	jan-16	86274					261752.90	0.3296	32.96%	0.3414
144	dez-15	77664	283354	0.2741	27.41%		261270.68	0.2973	29.73%	0.2897
143	nov-15	129758	278510	0.4659	46.59%		260788.46	0.4976	49.76%	0.4850
142	out-15	375215	274368	1.3676	136.76%		260306.24	1.4414	144.14%	1.4050
141	set-15	410370	270346	1.5179	151.79%		259824.02	1.5794	157.94%	1.5395
140	ago-15	481263	267462	1.7994	179.94%		259341.80	1.8557	185.57%	1.8088
139	jul-15	432048	266114	1.6235	162.35%		258859.58	1.6690	166.90%	1.6269
138	jun-15	386539	265149	1.4578	145.78%	12	258377.36	1.4960	149.60%	1.4582
137	mai-15	348493	264426	1.3179	131.79%		257895.14	1.3513	135.13%	1.3172
136	abr-15	264074	262932	1.0043	100.43%		257412.92	1.0259	102.59%	1.0000
135	mar-15	126292	260894	0.4841	48.41%		256930.70	0.4915	49.15%	0.4791
134	fev-15	81820	259512	0.3153	31.53%		256448.48	0.3191	31.91%	0.3110
133	jan-15	73400	258119	0.2844	28.44%		255966.26	0.2868	28.68%	0.2795
132	dez-14	67371	256594	0.2626	26.26%		255484.04	0.2637	26.37%	0.2617
131	nov-14	122703	255067	0.4811	48.11%		255001.82	0.4812	48.12%	0.4776
130	out-14	346403	254355	1.3619	136.19%		254519.60	1.3610	136.10%	1.3509
129	set-14	390267	254600	1.5329	153.29%		254037.38	1.5363	153.63%	1.5249
128	ago-14	468207	254848	1.8372	183.72%		253555.16	1.8466	184.66%	1.8329
127	jul-14	411670	254967	1.6146	161.46%		253072.94	1.6267	162.67%	1.6146
126	jun-14	370322	254923	1.4527	145.27%	12	252590.72	1.4661	146.61%	1.4552
125	mai-14	328047	255074	1.2861	128.61%		252108.50	1.3012	130.12%	1.2916
124	abr-14	267449	254821	1.0496	104.96%		251626.28	1.0629	106.29%	1.0550
123	mar-14	128779	254413	0.5062	50.62%		251144.06	0.5128	51.28%	0.5090
122	fev-14	85294	253798	0.3361	33.61%		250661.84	0.3403	34.03%	0.3378
121	jan-14	72785	252970	0.2877	28.77%		250179.62	0.2909	29.09%	0.2888
120	dez-13	66933	252183	0.2654	26.54%		249697.40	0.2681	26.81%	0.2676
119	nov-13	126757	250945	0.5051	50.51%		249215.18	0.5086	50.86%	0.5078
118	out-13	336273	249087	1.3500	135.00%		248732.96	1.3519	135.19%	1.3496
117	set-13	390616	247999	1.5751	157.51%		248250.74	1.5735	157.35%	1.5708
116	ago-13	453105	247895	1.8278	182.78%		247768.52	1.8287	182.87%	1.8256
115	jul-13	405805	247680	1.6428	164.28%		247286.30	1.6454	164.54%	1.6425

116	ago-13	453105	247895	1.8278	182.78%	12	247768.52	1.8287	182.87%	12.02	1.8256	12.00
115	jul-13	406895	247689	1.6428	164.28%		247286.30	1.6454	164.54%		1.6426	
114	jun-13	356197	247727	1.4379	143.79%		246804.08	1.4432	144.32%		1.4408	
113	mai-13	312471	247330	1.2634	126.34%		246321.86	1.2685	126.85%		1.2664	
112	abr-13	238435	246032	0.9691	96.91%		245839.64	0.9699	96.99%		0.9682	
111	mar-13	131664	244312	0.5389	53.89%		245357.42	0.5366	53.66%		0.5357	
110	fev-13	79933	242150	0.3301	33.01%		244875.20	0.3264	32.64%		0.3259	
109	jan-13	73182	239953	0.3050	30.50%		244392.98	0.2994	29.94%		0.2989	
108	dez-12	67468	238223	0.2832	28.32%		243910.76	0.2766	27.66%		0.2844	
107	nov-12	116674	235828	0.4947	49.47%		243428.54	0.4793	47.93%		0.4929	
106	out-12	315208	234584	1.3437	134.37%	242946.32	1.2974	129.74%	1.3342			
105	set-12	370419	234616	1.5788	157.88%	242464.10	1.5277	152.77%	1.5710			
104	ago-12	421414	234365	1.7981	179.81%	241981.88	1.7415	174.15%	1.7908			
103	jul-12	385836	234604	1.6446	164.46%	241499.66	1.5977	159.77%	1.6429			
102	jun-12	335751	234679	1.4307	143.07%	241017.44	1.3931	139.31%	1.4325			
101	mai-12	275436	233914	1.1775	117.75%	240535.22	1.1451	114.51%	1.1775			
100	abr-12	245602	233662	1.0511	105.11%	240053.00	1.0231	102.31%	1.0521			
99	mar-12	125281	234156	0.5350	53.50%	239570.78	0.5229	52.29%	0.5377			
98	fev-12	80275	233916	0.3432	34.32%	239088.56	0.3358	33.58%	0.3453			
97	jan-12	78585	233213	0.3370	33.70%	238606.34	0.3294	32.94%	0.3387			
96	dez-11	63869	232439	0.2748	27.48%	238124.12	0.2682	26.82%	0.2708			
95	nov-11	101901	232601	0.4381	43.81%	237641.90	0.4288	42.88%	0.4330			
94	out-11	323949	233029	1.3902	139.02%	237159.68	1.3660	136.60%	1.3793			
93	set-11	373520	233085	1.6025	160.25%	236677.46	1.5782	157.82%	1.5936			
92	ago-11	412558	233405	1.7676	176.76%	236195.24	1.7467	174.67%	1.7637			
91	jul-11	377818	233446	1.6184	161.84%	235713.02	1.6029	160.29%	1.6185			
90	jun-11	325198	233602	1.3921	139.21%	235230.80	1.3825	138.25%	1.3960			
89	mai-11	289886	234122	1.2382	123.82%	234748.58	1.2349	123.49%	1.2469			
88	abr-11	241425	234252	1.0306	103.06%	234266.36	1.0306	103.06%	1.0406			
87	mar-11	130789	233498	0.5601	56.01%	233784.14	0.5594	55.94%	0.5649			
86	fev-11	82451	233014	0.3538	35.38%	233301.92	0.3534	35.34%	0.3569			
85	jan-11	77399	232543	0.3328	33.28%	232819.70	0.3324	33.24%	0.3357			
84	dez-10	68784	231363	0.2973	29.73%	232337.48	0.2961	29.61%	0.3088			
83	nov-10	109471	229621	0.4767	47.67%	231855.26	0.4722	47.22%	0.4925			
82	out-10	319498	225337	1.4179	141.79%	231373.04	1.3809	138.09%	1.4404			
81	set-10	359883	221706	1.6232	162.32%	230890.82	1.5587	155.87%	1.6258			
80	ago-10	414571	221038	1.8756	187.56%	230408.60	1.7993	179.93%	1.8768			
79	jul-10	364493	220649	1.6519	165.19%	229926.38	1.5853	158.53%	1.6536			
78	jun-10	310219	220535	1.4067	140.67%	229444.16	1.3520	135.20%	1.4103			

41	mai-07	275172	227590	1.2091	120.91%	12	211602.02	1.3004	130.04%	12.30	1.2147	12.00
40	abr-07	216698	226928	0.9549	95.49%		211119.80	1.0264	102.64%		0.9588	
39	mar-07	152307	225123	0.6765	67.65%		210637.58	0.7231	72.31%		0.6754	
38	fev-07	99188	222660	0.4455	44.55%		210155.36	0.4720	47.20%		0.4409	
37	jan-07	91053	220522	0.4129	41.29%		209673.14	0.4343	43.43%		0.4056	
36	dez-06	75801	218981	0.3462	34.62%		209190.92	0.3624	36.24%		0.3536	
35	nov-06	120239	217426	0.5530	55.30%		208708.70	0.5761	57.61%		0.5621	
34	out-06	280761	215986	1.2999	129.99%		208226.48	1.3483	134.83%		1.3156	
33	set-06	326447	214524	1.5217	152.17%		207744.26	1.5714	157.14%		1.5332	
32	ago-06	354224	213271	1.6609	166.09%		207262.04	1.7091	170.91%		1.6676	
31	jul-06	324715	212385	1.5289	152.89%		206779.82	1.5703	157.03%		1.5322	
30	jun-06	302652	211499	1.4310	143.10%		206297.60	1.4671	146.71%		1.4314	
29	mai-06	254888	210718	1.2096	120.96%	205815.38	1.2384	123.84%	1.2084			
28	abr-06	202414	210367	0.9622	96.22%	205333.16	0.9858	98.58%	0.9618			
27	mar-06	131499	209445	0.6278	62.78%	204850.94	0.6419	64.19%	0.6263			
26	fev-06	89925	207284	0.4338	43.38%	204368.72	0.4400	44.00%	0.4293			
25	jan-06	79066	205093	0.3855	38.55%	203886.50	0.3878	38.78%	0.3784			
24	dez-05	66515	203210	0.3273	32.73%	203404.28	0.3270	32.70%	0.3323			
23	nov-05	110779	201548	0.5496	54.96%	202922.06	0.5459	54.59%	0.5547			
22	out-05	281804	199708	1.4111	141.11%	202439.84	1.3920	139.20%	1.4144			
21	set-05	303261	198509	1.5277	152.77%	201957.62	1.5016	150.16%	1.5257			
20	ago-05	325556	198168	1.6428	164.28%	201475.40	1.6159	161.59%	1.6418			
19	jul-05	300806	197874	1.5202	152.02%	200993.18	1.4966	149.66%	1.5206			
18	jun-05	281357	197504	1.4246	142.46%	200510.96	1.4032	140.32%	1.4257			
17	mai-05	236294	196646	1.2016	120.16%	200028.74	1.1813	118.13%	1.2002			
16	abr-05	176852	195593	0.9042	90.42%	199546.52	0.8863	88.63%	0.9005			
15	mar-05	128276	194963	0.6580	65.80%	199064.30	0.6444	64.44%	0.6547			
14	fev-05	84972	194777	0.4363	43.63%	198582.08	0.4279	42.79%	0.4348			
13	jan-05	76957	194281	0.3961	39.61%	198099.86	0.3885	38.85%	0.3947			
12	dez-04	59760	193501	0.3088	30.88%	197617.64	0.3024	30.24%	0.2653			
11	nov-04	96943	192921	0.5025	50.25%	197135.42	0.4918	49.18%	0.4314			
10	out-04	270348	192793	1.4023	140.23%	196653.20	1.3747	137.47%	1.2060			
9	set-04	299597	192673	1.5549	155.49%	196170.98	1.5272	152.72%	1.3397			
8	ago-04	324771	192692	1.6854	168.54%	195688.76	1.6596	165.96%	1.4559			
7	jul-04	289679	192687	1.5034	150.34%	195206.54	1.4840	148.40%	1.3018			
6	jun-04	273762										
5	mai-04	229980										
4	abr-04	180088										
3	mar-04	122170										

Cálculos auxiliares associados à projeção do número de passageiros com base em dados da Boeing

Taxa anual de crescimento para o número de passageiros		3.20%								
Período 2016 - 2036		(RPK)								
jan-15	73400		Passageiros embarcados	Mês	out-17	399613	set-20	480368	set-23	527975
fev-15	81820		103794	Janeiro de 2026	nov-17	138195	out-20	439217	out-23	482745
mar-15	126292		680549	Agosto de 2026	dez-17	82714	nov-20	151891	nov-23	166944
abr-15	264074				jan-18	80674	dez-20	90911	dez-23	99921
mai-15	348493				fev-18	89929	jan-21	88669	jan-24	97457
jun-15	386539				mar-18	138808	fev-21	98841	fev-24	108637
jul-15	432048				abr-18	290245	mar-21	152565	mar-24	167685
ago-15	481263				mai-18	383030	abr-21	319010	abr-24	350625
set-15	410370				jun-18	424847	mai-21	420990	mai-24	462713
out-15	375215				jul-18	474866	jun-21	466951	jun-24	513228
nov-15	129758				ago-18	528958	jul-21	521928	jul-24	573653
dez-15	77664				set-18	451040	ago-21	581381	ago-24	638998
jan-16	75749				out-18	412401	set-21	495740	set-24	544870
fev-16	84438				nov-18	142618	out-21	453271	out-24	498193
mar-16	130333				dez-18	85361	nov-21	156752	nov-24	172287
abr-16	272524				jan-19	83256	dez-21	93821	dez-24	103119
mai-16	359645				fev-19	92806	jan-22	91507	jan-25	100576
jun-16	398908				mar-19	143250	fev-22	102004	fev-25	112113
jul-16	445874				abr-19	299533	mar-22	157447	mar-25	173050
ago-16	496663				mai-19	395287	abr-22	329218	abr-25	361845
set-16	423502				jun-19	438442	mai-22	434462	mai-25	477519
out-16	387222				jul-19	490062	jun-22	481894	jun-25	529652
nov-16	133910				ago-19	545885	jul-22	538629	jul-25	592010
dez-16	80149				set-19	465473	ago-22	599985	ago-25	659446
jan-17	78173				out-19	425597	set-22	511603	set-25	562306
fev-17	87140				nov-19	147181	out-22	467776	out-25	514135
mar-17	134504				dez-19	88092	nov-22	161768	nov-25	177800
abr-17	281245				jan-20	85920	dez-22	96823	dez-25	106418
mai-17	371153				fev-20	95776	jan-23	94435	jan-26	103794
jun-17	411673				mar-20	147834	fev-23	105268	fev-26	115701
jul-17	460141				abr-20	309118	mar-23	162485	mar-26	178588
ago-17	512557				mai-20	407936	abr-23	339753	abr-26	373424
set-17	437054				jun-20	452472	mai-23	448365	mai-26	492800
out-17	399613				jul-20	505744	jun-23	497314	jun-26	546600
nov-17	138195				ago-20	563353	jul-23	555865	jul-26	610954
					set-20	480368	ago-23	619184	ago-26	680549
					out-20	439217	set-23	527975	set-26	580300
					nov-20	151891	out-23	482745	out-26	530587
							nov-23	166944	nov-26	183489

Cálculos auxiliares para obtenção do número de chutes abertas para cada período horário – exemplo para período de época alta

Anel 1 - Época Alta - Agosto - Anel 1						Anel 2 - Época Alta - Agosto - Anel 2						Anel 3 - Época Alta - Agosto - Anel 3									
Intervalo horário	2012	2013	2014	2015	Média	Intervalo horário	2012	2013	2014	2015	Média	Intervalo horário	2012	2013	2014	2015	Média				
0.00%	00:00 - 01:00	0	0	0	0	0	0.00%	00:00 - 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0.00%	01:00 - 02:00	0	0	0	0	0	0.00%	01:00 - 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0.00%	02:00 - 03:00	0	0	0	0	0	0.00%	02:00 - 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0.00%	03:00 - 04:00	0	0	0	0	0	0.00%	03:00 - 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.85%	04:00 - 05:00	1	1	1	1	1	0.00%	04:00 - 05:00	0	0	0	0	0	0	1.31%	04:00 - 05:00	1	1	1	1	1
1.28%	05:00 - 06:00	2	2	2	2	2	0.00%	05:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	3.80%	05:00 - 06:00	3	2	2	3	3
3.25%	06:00 - 07:00	2	3	2	3	3	4.33%	06:00 - 07:00	7	2	2	3	4	4.90%	06:00 - 07:00	6	5	4	6	5	
7.33%	07:00 - 08:00	6	5	4	5	5	11.88%	07:00 - 08:00	7	6	5	5	6	8.27%	07:00 - 08:00	9	8	8	8	8	
10.43%	08:00 - 09:00	8	9	8	9	9	16.98%	08:00 - 09:00	7	6	5	6	6	14.07%	08:00 - 09:00	10	9	9	10	10	
13.21%	09:00 - 10:00	10	9	9	9	9	7.74%	09:00 - 10:00	6	5	5	5	5	11.10%	09:00 - 10:00	9	9	8	10	9	
10.48%	10:00 - 11:00	8	7	9	9	8	4.11%	10:00 - 11:00	4	2	2	2	3	7.43%	10:00 - 11:00	6	7	7	8	7	
3.87%	11:00 - 12:00	6	6	6	7	6	4.61%	11:00 - 12:00	3	2	2	2	2	3.46%	11:00 - 12:00	5	5	5	5	5	
4.68%	12:00 - 13:00	3	4	4	5	4	2.13%	12:00 - 13:00	3	2	2	2	2	3.76%	12:00 - 13:00	4	4	4	5	4	
4.70%	13:00 - 14:00	3	5	4	5	4	5.95%	13:00 - 14:00	3	3	3	2	3	4.02%	13:00 - 14:00	5	5	4	5	5	
5.22%	14:00 - 15:00	3	5	4	4	4	7.24%	14:00 - 15:00	3	4	3	2	3	6.26%	14:00 - 15:00	6	8	6	5	6	
5.94%	15:00 - 16:00	5	5	5	5	5	2.07%	15:00 - 16:00	4	3	3	1	3	7.48%	15:00 - 16:00	7	9	7	6	7	
7.21%	16:00 - 17:00	5	6	5	7	6	1.46%	16:00 - 17:00	4	1	1	1	2	6.35%	16:00 - 17:00	6	8	6	5	6	
6.78%	17:00 - 18:00	5	6	6	7	6	6.31%	17:00 - 18:00	5	3	3	3	4	7.35%	17:00 - 18:00	6	6	6	6	6	
5.82%	18:00 - 19:00	4	6	6	6	6	10.85%	18:00 - 19:00	5	3	4	4	4	5.79%	18:00 - 19:00	6	5	6	7	6	
3.71%	19:00 - 20:00	3	4	4	4	4	6.65%	19:00 - 20:00	4	3	5	4	4	2.94%	19:00 - 20:00	5	3	5	6	5	
1.76%	20:00 - 21:00	2	2	2	3	2	6.83%	20:00 - 21:00	4	3	3	3	3	0.96%	20:00 - 21:00	3	2	4	4	3	
2.14%	21:00 - 22:00	1	2	2	2	2	0.87%	21:00 - 22:00	3	2	1	2	2	0.59%	21:00 - 22:00	2	1	2	3	2	
0.46%	22:00 - 23:00	1	1	1	1	1	0.00%	22:00 - 23:00	1	1	1	1	1	0.00%	22:00 - 23:00	1	1	1	1	1	
0.00%	23:00 - 00:00	1	1	1	1	1	0.00%	23:00 - 00:00	0	0	0	0	0	0.00%	23:00 - 00:00	0	0	0	0	0	

Cálculos auxiliares para programação da injeção de bagagens no modelo de simulação

Dias menos movimentados			Menos movimentado		Mais movimentado		
			Época	Percentagem	Bagagens no dia	Percentagem	Bagagens no dia
			Época baixa 1	1.50%	1145	7.40%	5639
			Época alta 1	0.81%	3117	1.89%	7312
			Época alta 2	0.38%	1485	0.79%	3038
			Época alta 3	0.70%	2727	1.85%	7156
Valores cenarização			Época baixa - Janeiro	76228	Época alta - Agosto	386937	

Horário	Época baixa - Janeiro - ANEL 1				Época Alta - Agosto ANEL 1				Época Alta - Agosto ANEL 2				Época Alta - Agosto ANEL 3			
	Calculada	Corrigida	Bagagens	Seg/Bagagem	Calculada	Corrigida	Bagagens	Seg/Bagagem	Calculada	Corrigida	Bagagens	Seg/Bagagem	Calculada	Corrigida	Bagagens	Seg/Bagagem
00:00 - 01:00	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-
01:00 - 02:00	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-
02:00 - 03:00	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-
03:00 - 04:00	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-
04:00 - 05:00	3.66%	3.65%	42	86	1.85%	1.85%	58	62	0.00%	0.00%	0	-	1.31%	1.31%	36	100
05:00 - 06:00	4.02%	4.01%	46	78	1.28%	1.28%	40	90	0.00%	0.00%	0	-	3.80%	3.81%	104	35
06:00 - 07:00	1.97%	1.97%	23	157	3.25%	3.25%	102	35	4.33%	4.33%	65	55	4.90%	4.91%	134	27
07:00 - 08:00	4.50%	4.50%	52	69	7.33%	7.32%	229	16	11.88%	11.88%	177	20	8.27%	8.28%	226	16
08:00 - 09:00	12.65%	12.64%	145	25	10.43%	10.41%	325	11	16.98%	16.98%	253	14	14.07%	14.09%	385	9
09:00 - 10:00	18.94%	18.92%	217	17	13.21%	13.19%	412	9	7.74%	7.74%	115	31	11.10%	11.12%	304	12
10:00 - 11:00	6.40%	6.40%	74	49	10.48%	10.47%	327	11	4.11%	4.11%	62	58	7.43%	7.44%	203	18
11:00 - 12:00	2.60%	2.60%	30	120	3.87%	3.87%	121	30	4.61%	4.61%	69	52	3.46%	3.46%	95	38
12:00 - 13:00	3.80%	3.80%	44	82	4.68%	4.67%	146	25	2.13%	2.13%	32	113	3.76%	3.77%	103	35
13:00 - 14:00	4.12%	4.11%	48	75	4.70%	4.70%	147	24	5.95%	5.95%	89	40	4.02%	4.03%	110	33
14:00 - 15:00	6.67%	6.66%	77	47	5.22%	5.21%	163	22	7.24%	7.24%	108	33	6.26%	6.27%	171	21
15:00 - 16:00	9.20%	9.19%	106	34	5.94%	5.93%	185	19	2.07%	2.07%	31	116	7.48%	7.50%	205	18
16:00 - 17:00	6.55%	6.54%	75	48	7.21%	7.20%	225	16	1.46%	1.46%	22	164	6.35%	6.36%	174	21
17:00 - 18:00	10.62%	10.61%	122	30	6.78%	6.77%	212	17	6.31%	6.31%	94	38	7.35%	7.36%	201	18
18:00 - 19:00	3.03%	3.03%	35	103	5.82%	5.81%	182	20	10.85%	10.85%	162	22	5.79%	5.80%	159	23
19:00 - 20:00	1.36%	1.36%	16	225	3.71%	3.71%	116	31	6.65%	6.65%	99	36	2.94%	2.95%	81	44
20:00 - 21:00	0.00%	0.00%	0	-	1.76%	1.76%	55	65	6.83%	6.83%	102	35	0.96%	0.97%	27	133
21:00 - 22:00	0.00%	0.00%	0	-	2.14%	2.14%	67	54	0.87%	0.87%	13	277	0.59%	0.59%	17	212
22:00 - 23:00	0.00%	0.00%	0	-	0.46%	0.46%	15	240	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-
23:00 - 00:00	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-	0.00%	0.00%	0	-
Somas	100.08%	100.00%	1152		100.10%	100.00%	3127		100.00%	100.00%	1493	Injecao 5	99.83%	100.00%	2735	