

Análise à Conetividade do Aeroporto Humberto Delgado Enquanto Fator de Desenvolvimento do Conceito de Aeroporto Cidade

Assessment of the Connectivity of the Airport Humberto Delgado (Lisbon) as Key Factor to the Development of the Airport City Concept

Vasco Reis

vascoreis@tecnico.ulisboa.pt

CERIS, CESUR, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Maria Braga Pestana

mariabragapestana@hotmail.com

CERIS, CESUR, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Resumo/Abstract

O Aeroporto Cidade é uma das várias formas de desenvolvimento aeroportuário reconhecidas na literatura, a qual se caracteriza por uma manifestação espacial de atividades de negócio multifuncionais com interesses na atividade aeroportuária. A evolução desta forma depende da satisfação simultânea de quatro critérios, sendo um deles a da conetividade. Este artigo apresenta uma investigação ao estágio de evolução do Aeroporto Humberto Delgado no que diz respeito à conetividade aérea. Os resultados indicam que este aeroporto apresenta conetividade consistente com outros tipos como Aeroporto-Cidade. O que evidencia a satisfação deste critério. Não obstante, existem diversas oportunidades de melhoria nomeadamente a nível dos destinos e da dispersão temporal dos voos.

Palavras-chave: Aeroporto Cidade; Redes de Transporte Aéreo; Conetividade; Aeroporto Humberto Delgado.

Código JEL: R42, R52, C58

Airport City is one of proposed concepts of airport development identified in the literature. The emergence of an Airport City depends on the interplay of four key factors, one of which is the connectivity. This paper presents the results of a research aimed to assess the stage of development of the Airport Humberto Delgado with regards to the concept of Airport City, in respect to the factor air connectivity. The research method included a benchmarking exercise of the connectivity of the Airport Humberto Delgado against a set of other Airports City. The results suggest that the airport already satisfies this factor. Nonetheless, there is room for improvement in what concerns the amount of destinations or of the distribution of flights (wave system).

Keywords: Airport-City; Air Transport Networks; Connectivity; Lisbon Airport.

JEL Codes: R42, R52, C58

1. INTRODUÇÃO

O sector do transporte aéreo vivenciou um período de estabilidade e crescimento nas décadas subsequentes à Segunda Guerra Mundial. Decorrente das negociações da Convenção de Chicago de 1944, o mercado do transporte aéreo a nível mundial evoluiu em poucos anos para uma configuração de regulação estatal (Rhoades, 2014). Neste período, o negócio aeroportuário consistia essencialmente na provisão de serviços aeronáuticos nomeadamente de assistência às aeronaves. Os aeroportos usufruíam de um posicionamento privilegiado não havendo competição efetiva entre eles (Doganis, 2006).

A partir da década de 70, o paradigma vigente no sector do transporte aéreo sofreu profundas alterações. Por um lado, em 1978 nos Estados Unidos dá-se início a uma onda de liberalizações que viria a varrer outros mercados domésticos (ex.: Estados Unidos, Austrália ou Canadá) e internacionais (ex.: União Europeia) de transporte aéreo nas décadas seguintes (Macário, 2008). Os impactos foram profundos e prolongados, nomeadamente, verificou-se um aumento da volatilidade e incerteza na procura por serviços aeronáuticos e um aumento do poder de mercado das companhias aéreas, em particular, das designadas companhias de baixo custo (Sinha, 1999; Reis, 2005). Por outro lado, diversos governos decidiram alterar a forma de controlo dos seus principais aeroportos. Diferentes esquemas foram utilizados, entre eles privatização, concessão ou transformação em empresas públicas com gestão empresarial, sempre com acesso limitado a fundos públicos (Doganis, 2006). A título exemplificativo o governo Australiano já privatizou um total de vinte e dois aeroportos desde 1996 (Freestone, 2009) e no ano de 2013 o governo Português privatizou a rede nacional de aeroportos.

Durante este período, os aeroportos viram o seu posicionamento privilegiado ser erodido, sentindo pela primeira vez a necessidade de competirem por companhias aéreas, passageiros, mercadorias ou empresas. Um crescente número de aeroportos adota então uma gestão pró-ativa orientada para o mercado. Nesta evolução assiste-se a uma gradual diversificação do negócio através da inclusão de atividades não-aeronáuticas, nomeadamente comércio a retalho, hotelaria, restauração, serviços de saúde, ou atividade imobiliária (Jarach, 2001). As

atividades não-aeronáuticas apresentam uma maior estabilidade e previsibilidade (Reiss, 2007). A importância destas atividades tem vindo a crescer continuamente, correspondendo a 41% (ano 2011) e 45% (ano 2012) do total de receitas dos aeroportos Europeus e dos Estados Unidos (ACI, 2013; Bush & Storey, 2013). Além do mais, permitem financiar as atividades aeronáuticas, contribuindo para a melhoria da posição competitiva do aeroporto. Como exemplo, os aeroportos de Atenas (Grécia) e Vancouver (Canadá) utilizam as receitas não-aeronáuticas na criação de incentivos financeiros à entrada de novas companhias.

O desenvolvimento aeroportuário da componente não-aeronáutica, nomeadamente comércio, serviços ou habitação, pode ocorrer a diferentes escalas e formas, dependendo da dimensão geográfica, da abordagem do negócio por parte do operador e da maturidade das atividades comerciais do aeroporto (Fraport AG, 2007). Alguns conceitos mais relevantes são: *Aeroporto Cidade (Airport City)* de Conway (1980), *Aerotropolis* de Kasarda (1991), *Aeroporto Região (Airport Region)* de Fraport AG (2007) e *Aeroporto Corredor (Airport Corridor)* de Schaafsma et al. (2010). A reflexão e discussão destes conceitos sai fora do âmbito do presente artigo. O leitor interessado é convidado a ler a literatura existente, tal como por exemplo Correia e Silva (2015). No âmbito do presente artigo adotou-se o seguinte conceito de Aeroporto Cidade, adaptado de Kasarda (2008) e Pougias (2009): como sendo a manifestação espacial das atividades de negócio multifuncionais com interesses na atividade aeroportuária.

A investigação apresentada neste artigo teve como ponto de partida a hipótese inicialmente elaborada por Peneda et al. (2011) e, entretanto, apoiada por outros (Kasarda, 2012). De acordo com aqueles autores a evolução de um aeroporto para o conceito de Aeroporto Cidade depende da satisfação simultânea de quatro requisitos, a saber: 1) a conectividade do aeroporto, 2) o potencial económico do território, 3) a atitude comercial do gestor aeroportuário e 4) a existência de uma estratégia de desenvolvimento sustentada. A investigação debruçou-se no primeiro critério. A conectividade¹ é uma medida de acessibilidade que avalia a diversidade de destinos e a respetiva

¹ O conceito de conectividade será abordado em maior detalhe na Secção 2.

comodidade em os alcançar (ex.: frequência, horários, preços, tempos).

Em Portugal, o Aeroporto Humberto Delgado pela sua dimensão e relevância no mercado aéreo nacional é aquele que apresenta maior propensão de evoluir no sentido do conceito de Aeroporto Cidade. Assim sendo, o objetivo da investigação apresentada no presente artigo foi a análise do posicionamento do Aeroporto Humberto Delgado no processo evolutivo de transformação em Aeroporto Cidade, relativamente a uma propriedade específica: a conetividade aérea.

A conetividade do Aeroporto Humberto Delgado foi comparada, ao longo de duas semanas representativas do Verão e Inverno IATA (Internacional Civil Aviation Authority) para o ano de 2010, a um conjunto de trinta e dois outros aeroportos internacionais já referenciados como Aeroporto Cidade. A análise comparativa foi realizada com base em descritores estatísticos e dados operacionais.

A ferramenta utilizada para o cálculo da conetividade foi adaptada a partir da formulação originalmente concebida por Burghouwt e de Wit (2005). Esta formulação estabelece combinações entre pares de voos (origem - destino) de acordo com determinadas condições iniciais. A conetividade é calculada com base neste conjunto de combinações. A formulação foi melhorada pela introdução de, por exemplo, modificações nas designações atribuídas ao tipo de conexão ou alteração das condições de cálculo das combinações. A ferramenta foi desenvolvida com recurso à linguagem de programação Visual Basic para Aplicações (implementada num ficheiro de Microsoft Excel).

No decorrer da investigação, os autores não identificaram outro estudo semelhante ao apresentado neste artigo realizado para qualquer aeroporto nacional, pelo que o presente estudo é inovador e reveste-se de importância.

O presente artigo apresenta a seguinte estrutura de secções. A Secção 2 descreve o método utilizado no processo de investigação. A Secção 3 apresenta um breve resumo da literatura em tópicos relevantes à investigação. De entre as temáticas estudadas salienta-se a teoria das redes e respetiva aplicação ao transporte aéreo, e o conceito de conetividade. A Secção 4 é dedicado à descrição do caso de estudo do Aeroporto Humberto Delgado. Os resultados são apresentados na Secção 5. Por fim, a Sec-

ção 6 apresenta as conclusões da investigação e lança novos desafios de investigação.

2. BREVE REVISÃO DOS CONCEITOS DE REDES E CONETIVIDADE E DAS FERRAMENTAS PARA A AVALIAÇÃO DA CONETIVIDADE

A teoria dos grafos e redes, originária dos estudos de Euler no Séc. XVIII, apresenta-se mais vocacionada ao estudo de redes estáticas. No passado, as redes tendiam a ser abordadas como estruturas estáticas, mas estudos recentes têm reconhecido que as redes evoluem ao longo do tempo, sendo um produto do dinamismo de adição e remoção de vértices ou ligações (Barabási & Albert, 1999; Watts, 1999).

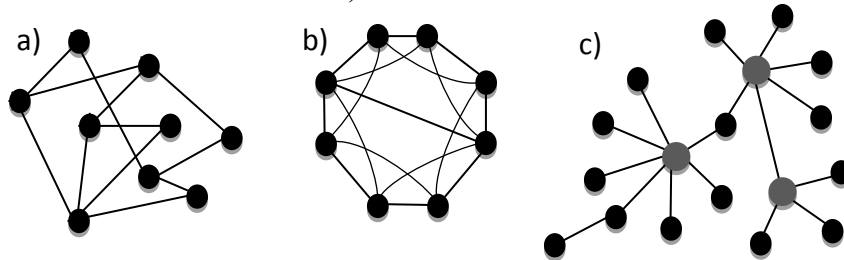
Estudos contemporâneos têm-se focado nas designadas redes reais (*real-world networks*). Este tipo de redes é dinâmico, surgindo de forma natural e caracterizando-se tipicamente pela ausência de planeamento e por uma descentralização. Exemplos deste tipo de redes são as sociais (ex.: Facebook), biológicas (ex.: rede cerebral) ou de informação (ex.: a World Wide Web ou as de citações científicas). É nesta categoria que as redes pertencentes ao ambiente construído, tais como as de comunicação, transporte ou fornecimento de energia, são também classificadas, pois, após construção, são ampliadas num longo período de tempo e por diferentes agentes (Newman, Barabási, & Watts, 2006). Estudos em diferentes áreas científicas, tais como economia, sociologia, saúde, matemática, permitiram a identificação de diferentes conceitos de redes (Figura 1), a saber: grafos aleatórios (*random graphs*), redes de pequeno mundo (*small-world*) e redes sem escala (*scale-free*). Informação adicional sobre as propriedades destas redes pode ser obtida em Erdős e Rényi (1960), Watts e Strogatz (1998), Barabási e Albert (1999), Recuero (2004), Newman et al. (2006) ou Amaral et al. (2000).

As redes de transporte aéreo têm sido classificadas como sistemas *small-world* de classe *scale-free*, sendo exemplo a rede Europeia (Guimera, Mossa, Turttschi, & Amaral, 2005), a rede Indiana (Bagler, 2008), a rede Chinesa (Li & Cai, 2004) ou a rede Italiana (Guida & Maria, 2007). No conjunto das redes pequeno mundo existem dois conceitos que são usualmente utilizados para descrever as redes de transporte aéreo: rede ponto-a-ponto (point-to-

point) e rede hub and spoke (Figura 2). O primeiro conceito caracteriza-se pela existência exclusiva de ligações diretas entre diferentes aeroportos (tipicamente utilizadas pelas companhias de baixo custo), e o segundo por uma

concentração de voos num número reduzido de aeroportos (*hubs*), ou seja, pontos peculiares da rede que funcionam como pontos de transferência e amplificadores de potencialidade.

Figura 1 - Exemplos de modelos de redes: a) grafos aleatórios, b) pequeno mundo, c) sem escala

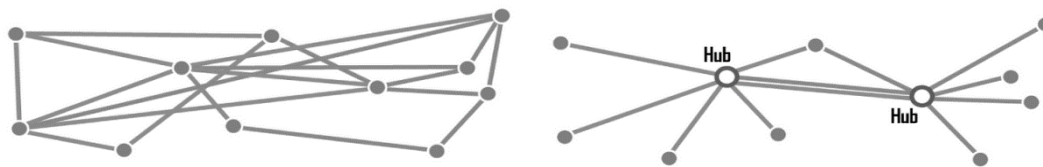


Fonte: autores

No contexto de uma rede, a conectividade caracteriza a organização dos nós e a forma como se interrelacionam. A conectividade entre dois quaisquer nós (i.e., aeroportos) pressupõe a existência de uma ligação ou caminho entre

eles. Burghowt e Redondi (2013) classificam a conectividade da rede aérea de um aeroporto de duas perspetivas diferentes (Figura 3): acessibilidade e centralidade.

Figura 2 - Representações da rede de transporte aéreo: do tipo *point-to-point* (esquerda) e do tipo *hub-and-spoke* (direita).



Fonte: Rodrigue et al. (2013)

De acordo com a perspetiva da acessibilidade, a conectividade pode ser classificada em dois tipos: direta ou indireta. A conectividade de dois aeroportos é direta quando existe pelo menos um voo direto entre eles (típico de uma rede ponto-a-ponto). Por outro lado, conectividade de dois aeroportos é indireta quando não existe voo direto entre eles (típico de uma rede *hub-and-spoke*), sendo preciso realizar pelo menos um voo adicional (utilizando um terceiro aeroporto).

De acordo com a perspetiva de centralidade, a conectividade refere-se à quantidade de aeroportos que é possível alcançar a partir de um dado aeroporto central (Apt. X na Figura 3). Pode ser considerado somente voos diretos (1 etapa na Figura 3) ou a conjugação de voos diretos e indiretos (2 ou mais etapas na Figura 3). A conectividade de centralidade (1 etapa)

corresponde na prática a um conjunto de conectividades diretas entre o aeroporto central e os demais.

A conectividade de centralidade pode ser utilizada para avaliar a capacidade de um dado aeroporto estabelecer conexões (diretas ou indiretas) entre diferentes regiões. Conforme a discussão na Secção 1, esta é uma propriedade fundamental para o surgimento e crescimento de um Aeroporto Cidade. Este tipo de conectividade está ainda relacionado com o nível de *hubbing*² de um dado aeroporto.

No presente artigo, a conectividade foi avaliada em termos de centralidade (uma etapa)

² Nível de *hubbing* refere-se à quantidade de voos de ligação que são realizados no aeroporto. São normalmente realizados pela companhia aérea, que utiliza aquele aeroporto como base operacional, e por outras companhias com quem possui acordos comerciais.

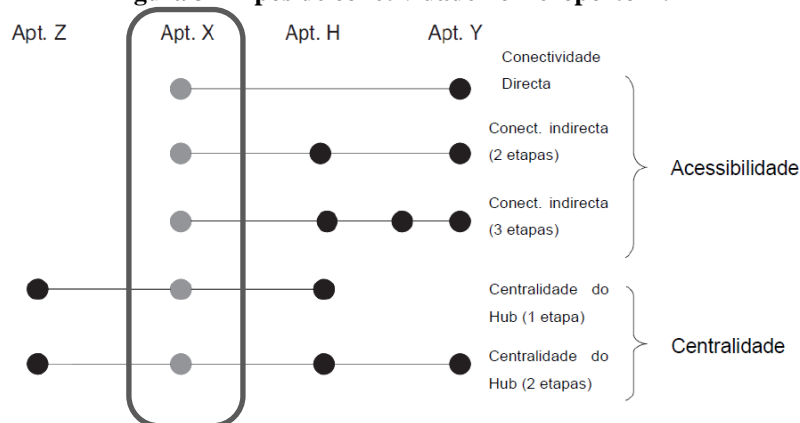
para cada um dos aeroportos em estudo. Este tipo de avaliação depende de dois fatores:

- Fator A: do número de conexões/transferências no aeroporto central (*hub*) e
- Fator B: da qualidade individual de cada conexão indireta.

No estudo serão tidos em conta os dois fatores. O cálculo do primeiro fator é trivial

pois corresponde ao cálculo da quantidade de conexões possíveis mediante determinadas condições. O cálculo do segundo fator reveste-se de dificuldade acrescida, pois implica a definição de um conjunto de pressupostos. Apresenta-se de seguida uma breve revisão aos métodos propostos na literatura para o cálculo deste fator.

Figura 3 - Tipos de conetividade no Aeroporto X.



Fonte: Burghouwt e Redondi (2013)

As formulações de avaliação de conetividade estimam o desempenho das redes aéreas, aeroportos ou regiões, medindo a facilidade de conexão entre diferentes pontos (IATA, 2000, 2014; Veldhuis & Kroes, 2002; Burghouwt & Veldhuis, 2006; Malighetti, Paleari, & Redondi, 2008; Matsumoto, Veldhuis, J, & Burghouwt, 2008). As formulações analisadas, num total de onze, estão brevemente descritas noutro documento³, considerando um conjunto de aspetos, a saber: tipo de dados de entrada e de saída, classificação do modelo, consideração de coordenação temporal, factor de *routing*, avaliação da qualidade de conexão, e número de transferências máximas admitidas. Apresenta-se ainda uma breve reflexão das vantagens e limitações à aplicação ao caso de estudo.

Verificou-se que as formulações mais adequadas a aplicar ao caso de estudo seriam a *Weighted Connectivity* (WNX) ou a *Netscan*, uma vez que ambas são modelos contínuos e, portanto, fornecem valores mais precisos. Outra vantagem destas propostas é que ambas calculam um valor absoluto da conetividade e não somente uma posição relativa em relação a um conjunto de aeroportos tal como fazem as

demais formulações. Uma terceira propriedade é que ambas as formulações têm em conta a coordenação temporal e o factor de *routing*, portanto, avaliam os tempos de transporte (voo e transferência no hub), e a coordenação espacial e qualidade das rotas. Uma última propriedade está relacionada com o facto de serem formulações locais, isto é, consideram somente uma transferência, o que reduz a complexidade no cálculo. A escolha final recaiu sobre a formulação WNX, de Burghouwt e de Wit (2005), pelo facto de o formato dos dados compilados, a partir da base de dados OAG Aviation Worldwide Limited, corresponderem ao formato requerido por esta formulação – isto é, agregados à semana.

3. CASO DE ESTUDO

3.1 Aeroporto Humberto Delgado

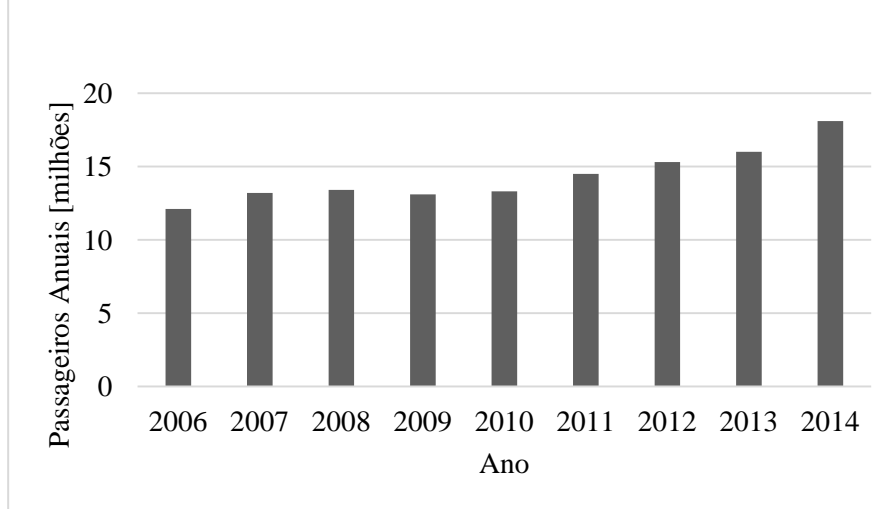
O Aeroporto Humberto Delgado, também designado por Aeroporto da Portela, (código IATA: LIS e ICAO: LPPT) localiza-se no município de Lisboa, distando cerca de 7 quilómetros do centro da cidade. O seu tráfego anual tem vindo a crescer continuamente ao longo dos últimos anos. No ano de 2010, ano a

³ Disponível em: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist32332/ms.pdf>

que se referem os dados, o volume anual foi próximo dos 13.3 milhões de passageiros (Figura 4). De acordo com o Instituto Nacional de Estatística, neste ano, o Aeroporto Humber-

to Delgado teve um volume de vendas no total de 206 milhões de euros, com um correspondente valor acrescentado bruto de 147 milhões de euros (INE, 2010).

Figura 4 – Evolução do tráfego anual, 2006 a 2014, do Aeroporto Humberto Delgado



Fonte: ANA Aeroportos de Portugal S.A., 2014

3.2 Dados

Por forma a obter a necessária representatividade dos resultados foi decido considerar um período de uma semana (sete dias). O estudo considerou as duas épocas anuais da aviação civil definidas pela IATA: verão e inverno. Foi escolhida uma semana em cada época. Por fim, na escolha da semana foi considerado a ausência de feriados ou outras festividades, assim como se evitou os períodos tradicionalmente associados a férias. Os períodos em análise foram:

- Semana 1 – 24 a 30 de maio de 2010 (verão IATA) e
- Semana 2 – 11 a 17 de outubro de 2010 (inverno IATA).

Os dados foram fornecidos pelo Official Airline Guide da empresa OAG Aviation Worldwide Limited⁴. O programa Microsoft Excel foi utilizado na manipulação dos dados e recorreu-se ainda à seguinte linguagem de programação Visual Basic para Aplicações. Foram avaliados trinta e dois aeroportos listados no Anexo.

O Anexo resume os dados principais de cada aeroporto necessário ao cálculo da conectividade e análises⁵. Os aeroportos seleciona-

dos baseiam-se na lista proposta por Kasarda (2011), assumindo-se que todos os aeroportos cumprem os critérios que definem um aeroporto cidade. Foi ainda considerado o Aeroporto Humberto Delgado, sendo este o principal objeto em análise.

3.3 Ferramenta de Cálculo

A Figura 6 apresenta um esquema da ferramenta de cálculo da conectividade, a qual foi organizada em cinco módulos que se descrevem de seguida.

- *Módulo 1 – Cálculo das Conexões*

O primeiro módulo da ferramenta consiste na combinação de pares origem-destino com transferência em cada um dos aeroportos em estudo. Segundo a metodologia original desenvolvida por Burghouwt e de Wit (2005) a combinação de pares depende apenas do intervalo de tempo de espera. Relativamente à atribuição de limites de tempo de espera (tempo mínimo, M_{ij} , e máximo, T_{ij} , de transferência), aqueles autores optaram por definir os intervalos de tempo de espera em função dos voos serem continentais ou intercontinentais. Contudo, tal divisão é suscetível de erros vários, nomeadamente, na classificação dos mesmos, e no facto de o tempo de transferência não estar diretamente relacionado com esta classificação. Por esta razão, neste estudo, os limites de tempos máximos e mínimos de transferência

⁴ Mais informações disponíveis em: www.oag.com (acedido em 4 de Abril de 2016).

⁵ Os dados completos, em formato Excel ou similar, estão disponíveis mediante pedido aos autores.

Deste modo, todos os pares cujo T_h , tempo efetivo de transferência, seja superior ao limite mínimo e inferior ao máximo, ou seja, que cumpram os limites de tempos de transferência acima referidos são consideradas conexões possíveis.

Um outro aspeto importante foi a consideração de *self-help hubbing*, ou seja, a conexão é considerada uma escolha do passageiro, não tendo apenas em conta transferências entre voos da mesma companhia aérea ou aliança, mas sim todas as possibilidades disponíveis no aeroporto.

Quadro 1 - Tempos de transferência mínimos e máximos

Tipo de Transferência	M _{i,j} – tempo de transferência mínimo (minutos)	T _j – tempo de transferência máximo (minutos)
Curto/Médio Curso - Curto/Médio Curso	45	120
Curto/Médio Curso – Longo Curso	60	180
Longo Curso – Curto/Médio Curso	60	180
Longo Curso – Longo Curso	60	240

Adaptado de Danesi, 2006

• *Módulo 2 – Cálculo das Rotas*

O segundo módulo do processo corresponde a um cálculo auxiliar, distância de grande círculo, cujo resultado é necessário no módulo subsequente. Esta distância corresponde à menor medida entre dois pontos, neste caso origem e destino, ao longo da superfície da terra. Para tal, usaram-se os códigos IATA de cada aeroporto e respetivas latitudes e longitudes. A distância obtida foi posteriormente relacionada com uma velocidade de cruzeiro média, 805 km/h, sendo esta a regularmente adotada, obtendo-se desta forma o dado de entrada DTT (duração do voo direto). A duração da viagem com transferência, IDT (duração do voo indireto) é obtida diretamente dos dados fornecidos pelo OAG, somando a duração dos dois voos contidos na viagem, desconsiderando o tempo de transferência.

• *Módulo 3 – Cálculo da Qualidade da Conexão – Índice WI*

Neste módulo é calculado WI, isto é, o valor correspondente à qualidade de cada uma das conexões. A formulação utilizada é apresentada em seguida.

$$WI = \frac{2,4 \times TI + RI}{3,4}$$

$$\begin{cases} TI = 1 - \frac{1}{T_j - M_{i,j}} \times T_h, & \text{for } T_h > M \\ TI = 0, & \text{for } T_h \leq M \end{cases}$$

$$\begin{cases} RI = 1 - \left(2 \cdot \frac{1}{2} \cdot R - 2 \cdot \frac{1}{2}\right), & \text{for } 1 \leq R \leq 1,4 \\ RI = 0, & \text{for } R > 1,4 \end{cases}$$

$$R = \frac{IDT}{DTT}$$

Onde,

WI corresponde à qualidade da conexão,
 TI corresponde ao índice de transferência,
 RI ao índice de *routing*,

M_{i,j} ao tempo mínimo de conexão para a conexão j no aeroporto i,

T_j ao tempo máximo de conexão para a conexão j,

T_h ao tempo de transferência no *hub*,

IDT ao tempo de voo efetivo com conexão,

DTT ao tempo estimado de voo direto baseado na distância de grande círculo, e,

R ao fator de *routing*.

• *Módulo 4 – Cálculo da Conetividade*

Foi ainda introduzida uma outra alteração à formulação original com o propósito de eliminar conexões impraticáveis ou não razoáveis, a saber:

• Conexões que apresentavam a mesma origem e destino (mesmos voos);

• Conexões cujo valor de IDT fosse o dobro de DTT, no caso de IDT ≤ 6 horas, e 1,6 vezes superior a DTT, no caso de IDT > 6 horas.

A segunda condição tem como propósito eliminar ligações que, apesar da plausibilidade do ponto de vista operacional, não é expetável que sejam utilizadas por qualquer passageiro, visto que o tempo de transporte é excessivamente longo, quando comparado com outras conexões.

• *Módulo 5 – Cálculo dos Descritores Estatísticos*

Neste último módulo os resultados de WI foram sujeitos a uma análise estatística por forma a permitir uma análise mais adequada.

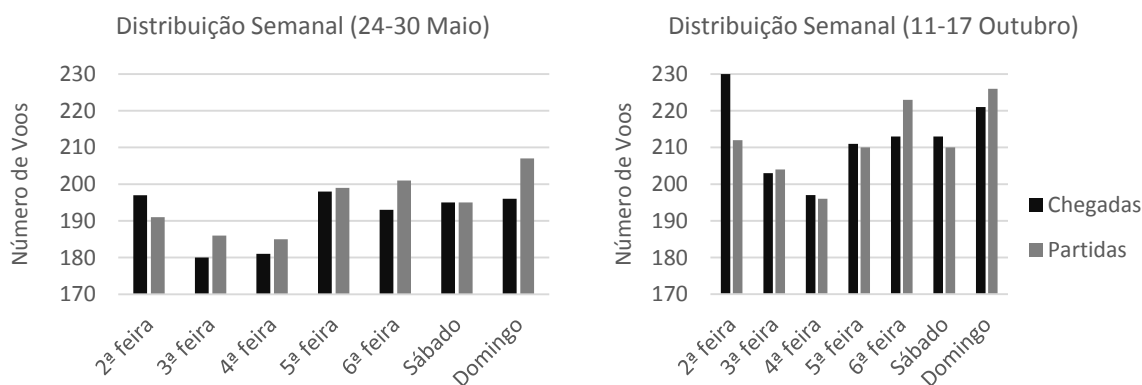
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Aeroporto Humberto Delgado

Com base nos dados fornecidos, o Aeroporto Humberto Delgado, no ano de 2010, apre-

sentou 1340 chegadas e 1364 partidas durante a semana de verão, e 1488 chegadas e 1481 partidas durante a semana de inverno. A figura seguinte apresenta a distribuição semanal de voos para as duas semanas analisadas, no ano de 2010.

Figura 7 – Distribuição semanal de voos no Aeroporto Humberto Delgado, para o ano de 2010



Fonte: autores

Constata-se ainda que a média diária de voos de partida é de 193 e 213 na semana de verão e inverno, respetivamente, enquanto a média dos voos de chegada é de 194 e 212 naquelas semanas.

Analisando a distribuição de voos por região verifica-se uma forte predominância dos destinos Europeus, com cerca de 88% dos voos. Seguem-se os destinos na América, com 7%, África com 5% e Médio Oriente com 1%. O Aeroporto Humberto Delgado apresenta ainda uma elevada concentração geográfica de voos, nomeadamente em voos regionais e continentais. Esta situação não é a esperada de um Aeroporto Cidade, o qual deve ambicionar uma alargada distribuição geográfica.

4.2 Resultados do Cálculo da Conetividade – Fator A: número de conexões no aeroporto central

Como discutido na Secção 2, esta conetividade refere-se à soma simples das conexões de um aeroporto. Tal como explicado na Secção 3, as conexões estão diretamente relacionadas com a quantidade de destinos e com as possíveis combinações de voos para cada par de destinos. Ainda nesta secção foram apresentados os critérios para o cálculo das conexões.

Os valores obtidos para cada um dos aeroportos estudados para ambas as semanas estão apresentados no Anexo.

Da análise dos resultados é possível verificar que os aeroportos com o número de conexões mínimo e máximo são WAW (807 conexões diárias), e LHR (32.700 conexões diárias). No contexto desta amostra, o LIS encontra-se no quartil inferior, estando somente à frente de WAW, BUD e DUB. Estes resultados refletem o número relativamente baixo de voos semanais e de destinos. Estas assunções são corroboradas pelos resultados apresentados nas Secções 4.3.3 e 4.3.4. Constata-se ainda um crescimento próximo do exponencial do número de conexões em função do número de passageiros. A Figura 8 apresenta as funções das regressões exponenciais e respetivos coeficientes de determinação.

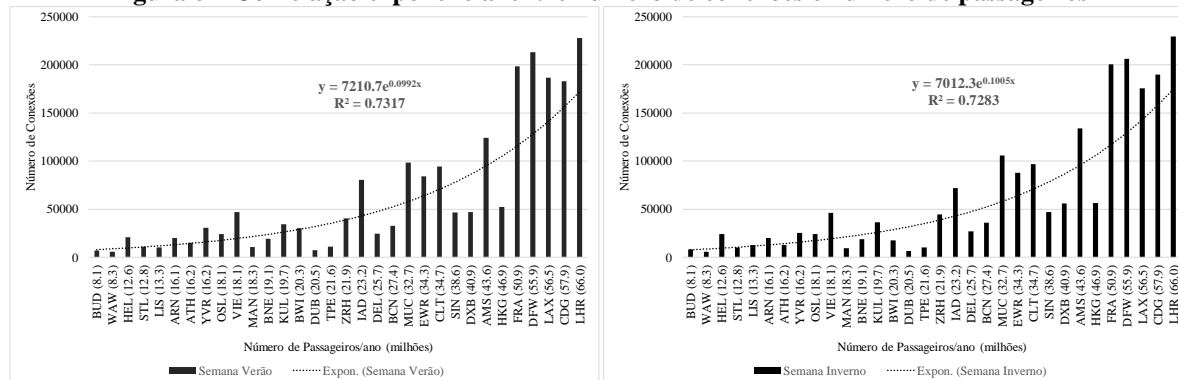
A Figura 9 organiza os aeroportos por tráfego anual de passageiros, usando uma divisão em cinco escalões⁶. Dentro de cada escalão, os aeroportos estão ordenados por valor crescente da conexão da semana de verão. A correlação acima descrita é visível agora a nível dos escalões. Há, porém, aeroportos de escalão superior

⁶ Baseada na classificação atribuída pelo Airports Council International no âmbito do programa de Qualidade de Serviço Aeroportuário (ACI, 2016).

com menor quantidade de conexões. Os resultados do LIS tornam-se mais compreensíveis à luz desta análise, dado que o volume de passageiros também é um dos mais baixos. Porém, este aeroporto apresenta menor quantidade de

conexões do que STL e HEL, apesar de ter maior número de passageiros. Haverá, portanto, oportunidades de melhoria, caso o Aeroporto Humberto Delgado seja capaz de aumentar o volume anual de passageiros.

Figura 8 – Correlação exponencial entre número de conexões e número de passageiros



Fonte: autores

4.3 Resultados do Cálculo da Conetividade – Fator B: Qualidade individual de cada conexão indireta

Como discutido na Secção 2, esta conetividade refere-se à qualidade das ligações entre voos de um aeroporto. Na Secção 3 foi apresentada a ferramenta desenvolvida para o cálculo destas conexões. Os resultados são apresentados de forma lexicográfica para melhor compreensão. Os resultados em forma tabular estão apresentados no Anexo. Foram realizados seis tipos de análises, a saber:

- A. Localização Geográfica;
- B. Dimensão do Aeroporto (volume anual de passageiros);
- C. Número de conexões;
- D. Número de destinos;
- E. Prevalência (em percentagem de volume de passageiros anuais) de passageiros internacionais;
- F. Importância (em percentagem de volume de passageiros anuais) da Companhia Aérea Dominante.

Em todas as análises foi considerado o valor médio de conetividade (média de WI). Este indicador, WI, varia entre 0, evidenciando uma inexistência de conexão, e 1 evidenciando uma máxima ou excelente conexão.

Os resultados das duas semanas são semelhantes. Assim, e por forma a simplificar a análise, todos os resultados apresentados nesta

secção são relativos à semana de inverno IATA⁷.

A análise lexicográfica dos indicadores C a F foi realizada com recurso a gráficos bidimensionais com a consideração de três variáveis representadas da seguinte forma:

- O eixo das abcissas corresponde ao valor médio de WI;
- O eixo das ordenadas representa a variável em análise;
- O diâmetro dos círculos representa o valor do desvio padrão de WI;
- O ponto de intersecção entre eixos corresponde à média dos valores das ordenadas e das abcissas.

Estes gráfico podem ser divididos em quatro quadrantes – Q1 a Q4 (Figura 10). A distribuição dos aeroportos pelos quadrantes fornece evidência do posicionamento relativo de cada um. Assim, os aeroportos posicionados no Quadrante 1 (Q1) apresentam valores superiores à média. Os aeroportos posicionados no Q2 e Q4 apresentam valores inferiores à média numa das variáveis, enquanto que os aeroportos posicionados no Q3 apresentam valores inferiores à média em ambas as variáveis. As setas apresentadas na Figura 10 indicam os possíveis caminhos para a melhoria do posicionamento do aeroporto, consoante o quadrante de partida.

⁷ O leitor interessado poderá encontrar a descrição detalhada dos resultados em Pestana (2015).

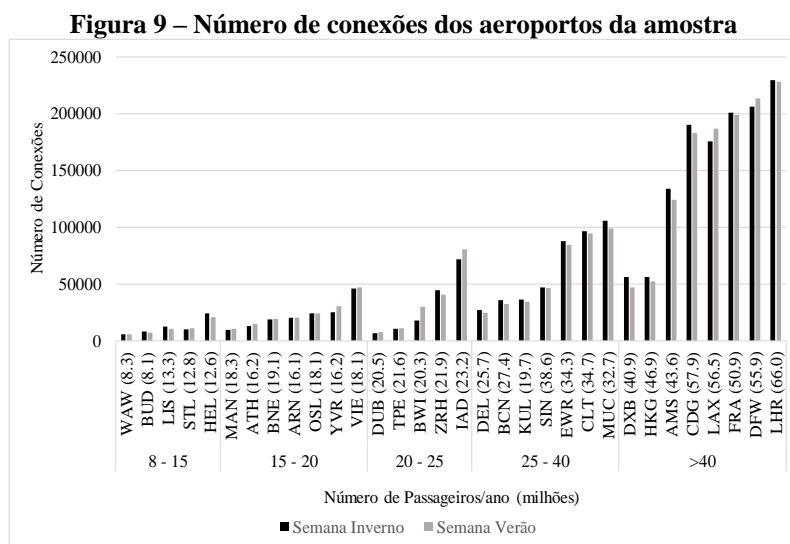
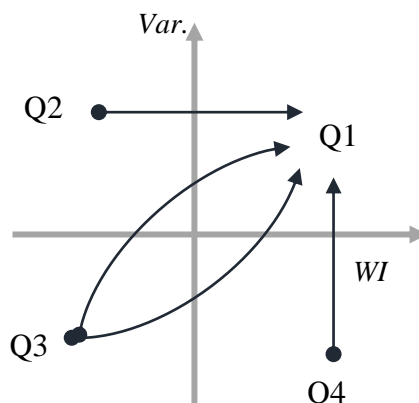


Figura 10 – Quadrantes e caminhos de evolução preferencial consoante posicionamento inicial do aeroporto



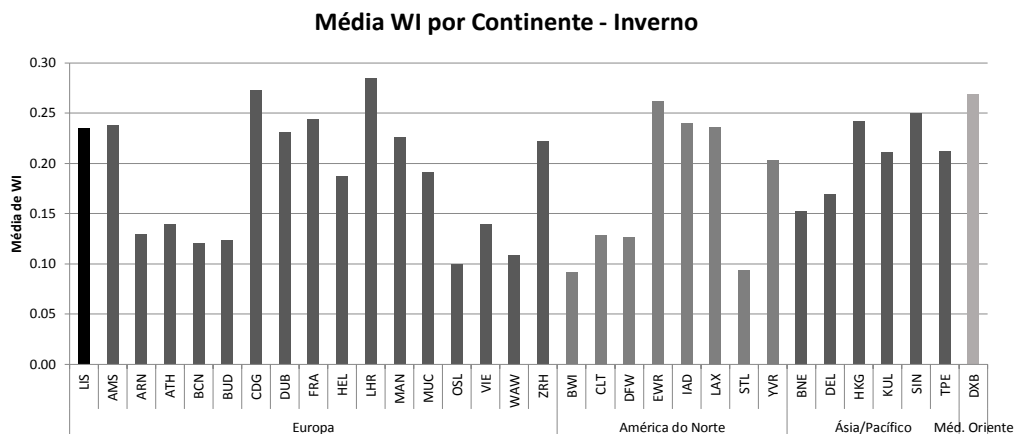
4.3.1 Análise A - Distribuição Geográfica

A Figura 11 apresenta o valor médio de conetividade (média de WI) da amostra de aeroportos selecionada. O LIS encontra-se na 11ª posição (WI= 0,235, barra colorida a preto ou cinzento escuro na Figura 11). O aeroporto com conetividade mais elevada corresponde a LHR (WI= 0,285) e o aeroporto com pior classificação do conjunto analisado corresponde a STL (WI= 0,094). Tendo como a unidade geográfica de análise o continente, aquele que apresenta maior conetividade é a região da Ásia/Pacífico uma vez que todos os aeroportos apresentam média de WI superior a 0,15. Os vários aeroportos estudados apresentam valores semelhantes de desvio padrão, variando entre 0,118 e 0,178.

A compreensão da dispersão dos valores de WI implica analisar cada uma das variáveis en-

volvidas no respetivo cálculo. Verifica-se que os valores que se encontram abaixo da média se devem a um valor muito reduzido ou mesmo nulo de TI, uma vez que a componente TI (70%) tem um peso muito superior a RI (30%) no cálculo de WI. Valores de TI muito reduzidos devem-se sobretudo a elevados valores de T_h , já que os outros intervenientes na obtenção de TI, T_j e $M_{i,j}$, são constantes que só variam consoante o tipo de voo. O T_h corresponde à diferença horária entre a hora de partida e a hora de chegada, aquando da ocorrência de conexão, isto é, corresponde ao tempo de espera no *hub*. Com vista à melhoria do valor médio de WI, os valores de T_h ou tempo de transferência teriam que ser minorados, o que só seria possível com o aumento do volume de voos ou com o incremento do número de ondas, isto é, concentrando os voos.

Figura 11 - Resultados da média de WI por continente



Fonte: autores

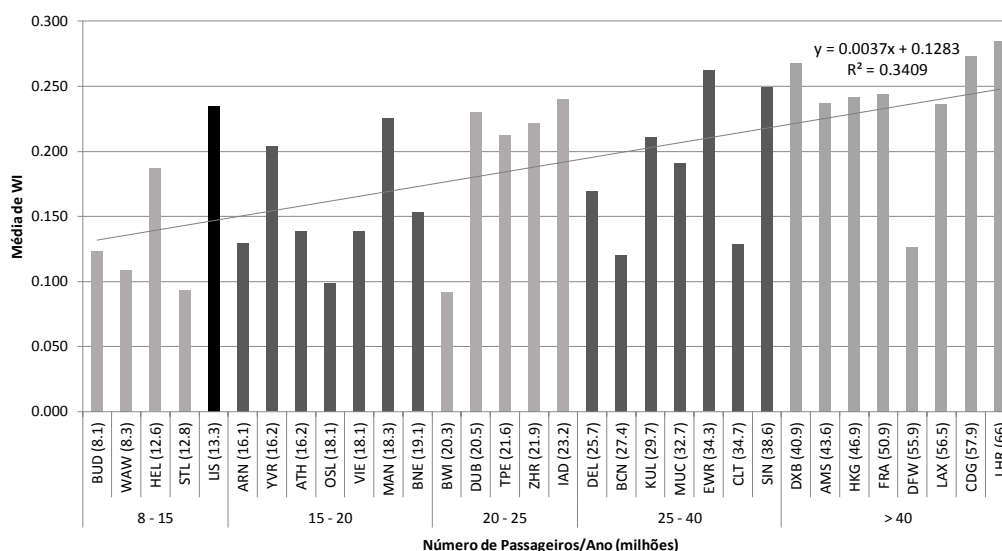
4.3.2 Análise B – Dimensão do Aeroporto

A Figura 12 agrupa a amostra de aeroportos por volume anual de passageiros num total de cinco escalões. Observando a relação entre a média de WI e o volume anual de passageiros, verifica-se a existência de uma correlação linear, apesar de ser de baixa intensidade. Os aeroportos com maior volume de passageiros, superior a 40 milhões anuais, apresentam conectividade mais elevada, em média de 0,239, indicando que há uma tendência de melhoria da conectividade com o aumento do volume de

passageiros, tal como se ilustra na linha desenhada na figura seguinte.

O Aeroporto Humberto Delgado apresenta conectividade de 0,235, sendo uma exceção, devido ao seu reduzido volume de passageiros, e, ainda assim, obter conectividade superior à média apresentada pelo conjunto de aeroportos com volumes até 20 milhões. A correlação identificada sugere que o volume de passageiros influencia positivamente a conectividade e, como tal, deverá ser um parâmetro a melhorar no aeroporto em estudo.

Figura 12 - Resultados da Média de WI por volume de passageiros por ano



Fonte: autores

4.3.3 Análise C – Número de Conexões

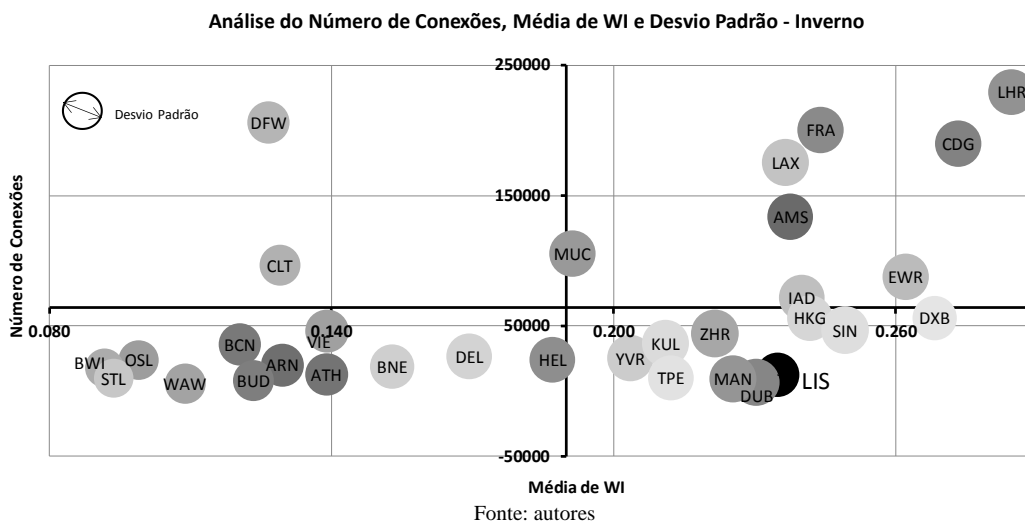
Relativamente ao número de conexões, isto é, o número de pares semanais origem-destino dentro de uma janela temporal, o Aeroporto

Humberto Delgado demonstra razoável conectividade quando comparado com aeroportos com semelhante volume de conexões. Os resultados encontram-se na Figura 13. Por outro lado ve-

rifica-se a existência de um maior distanciamento, em termos de conexões, entre o Aeroporto Humberto Delgado e os aeroportos com maior conetividade.

Constata-se a necessidade de haver melhoria no posicionamento do Aeroporto Humberto Delgado. Este parâmetro pode ser melhorado através da coordenação temporal ou da melho-

Figura 13 – Análise do Número de Conexões, Média de WI e Desvio Padrão (diâmetro dos círculos)



ria de qualidade do sistema de estrutura de ondas de voos presente no aeroporto.

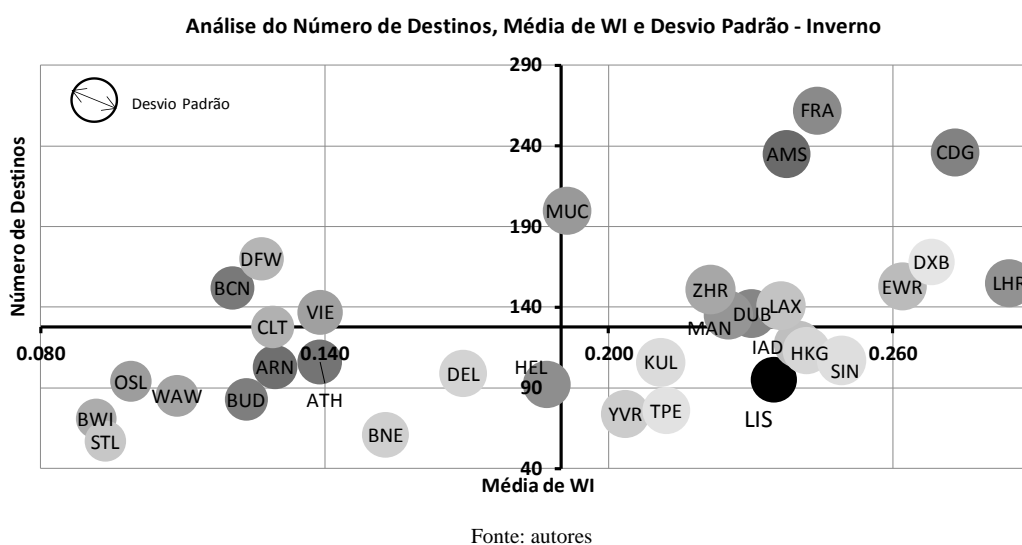
4.3.4 Análise D – Número de Destinos

O Aeroporto Humberto Delgado assegurava mais de 90 destinos semanais no ano em análise. Observando o grupo de aeroportos com semelhante variedade de destinos, até cerca de 130 destinos semanais, valor correspondente à

média do total da amostra, este apresenta-se na 4ª posição em termos de conetividade. Os valores obtidos encontram-se na Figura 14.

Contudo, todos os aeroportos que apresentam melhor conetividade apresentam também variedade de destinos superior, acima de 140 destinos semanais. À semelhança da análise anterior, constata-se haver aqui também espaço para melhorias.

Figura 14 – Análise do Número de Destinos, Média de WI e Desvio Padrão (diâmetro das bolas)



4.3.5 Análise E – Prevalência de Passageiros Internacionais

Noventa por cento dos passageiros do Aeroporto Humberto Delgado são passageiros internacionais. Este valor deve-se sobretudo à dimensão de Portugal. O Aeroporto Humberto Delgado está posicionado no Q1, pelo que não há por enquanto necessidade premente de melhoria. Os resultados são mostrados na Figura 15.

4.3.6 Análise F – Importância da Companhia Aérea Dominante

Por último, a TAP, companhia dominante do Aeroporto Humberto Delgado, representa 50% do *hub*. Observando a amostra estudada, esta é uma das companhias dominantes com maior percentagem do aeroporto. Os resultados são mostrados na Figura 16. Somente aeroportos como ZHR, FRA, CDG ou AMS, num contexto Europeu, apresentam percentagem

Figura 15 – Análise da Percentagem de Passageiros Internacionais, Média de WI e Desvio Padrão (diâmetro das bolas)

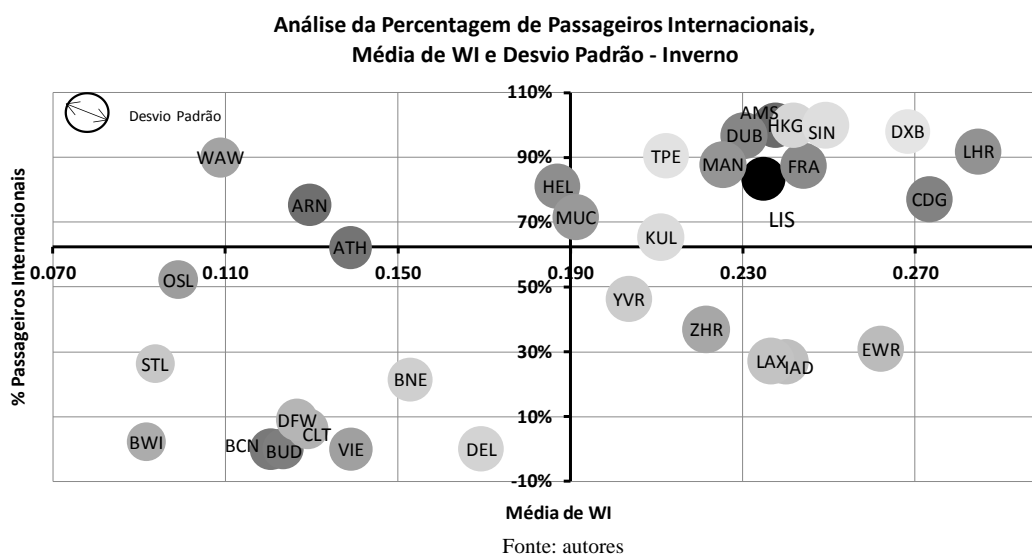
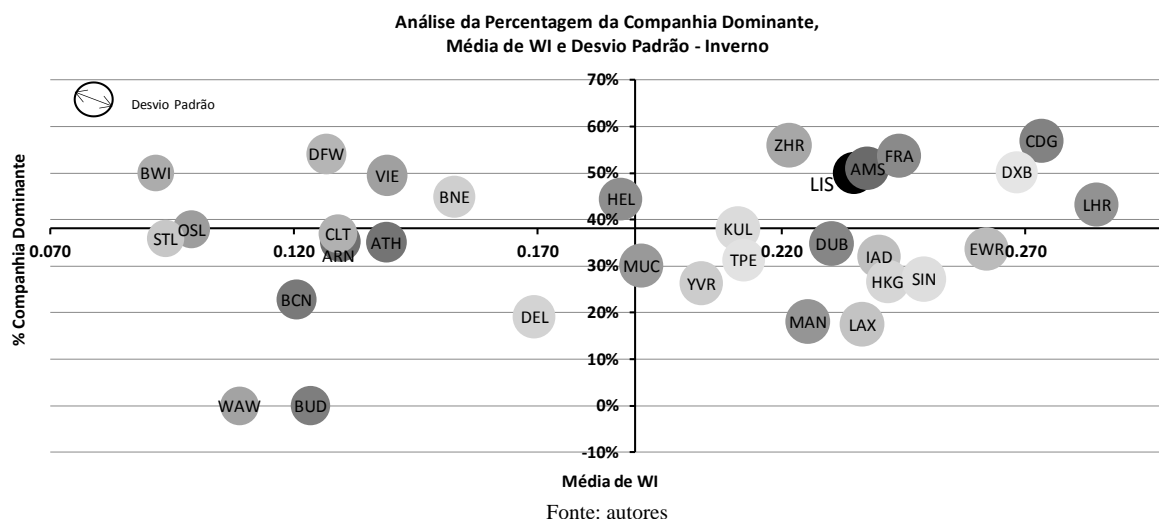


Figura 16 – Análise da Percentagem da Companhia Dominante, Média de WI e Desvio Padrão (diâmetro das bolas)



superior. O Aeroporto Humberto Delgado está posicionado no Q1, pelo que não se verifica

para os dados utilizados necessidade imediata de melhoria deste aspeto.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

O propósito do presente estudo foi o de analisar o posicionamento do Aeroporto Humberto Delgado no processo evolutivo de transformação em Aeroporto Cidade, relativamente a um requisito específico: a conetividade aérea.

O estudo baseou-se na definição de uma metodologia adequada de modo a avaliar a conetividade de aeroportos dentro de uma ampla variedade de possibilidades; na seleção de um conjunto de aeroportos já tidos como Aeroporto-Cidade; e, na avaliação da amostra relativamente à conetividade.

O conceito de conetividade tem vindo a ser estudado no contexto das redes, sendo considerado como um indicador de qualidade das conexões. A conetividade foi estudada em termos de centralidade. Este conceito é aquele que se adequa às propriedades que um Aeroporto Cidade deve exibir, nomeadamente em termos de opções de rotas e destinos. Por sua vez, este conceito foi analisado em duas perspetivas: número de conexões (Fator A) e qualidade das mesmas (Fator B).

A análise aos resultados referentes ao Fator A revela que o Aeroporto Humberto Delgado apresenta um baixo valor de conetividade, estando localizado no último quartil da amostra considerada. Estas conclusões foram corroboradas pelas análises ao Fator B, em particular a análise C (número de conexões) e a análise D (número de destinos), cujos resultados colocam o Aeroporto Humberto Delgado no quadrante 4 em ambos os casos. Os resultados sugerem a existência de uma correlação positiva entre o número de passageiros e a conexão. Os resultados sugerem uma correlação entre o volume de passageiros e o número de conexões. Assim, ganhos de conetividade estarão dependentes de subida de escalão de volume de passageiros, eventualmente, complementado com a atração de mais companhias aéreas. Não obstante, constata-se ainda a provável existência de oportunidades de ganhos, isto porque, aeroportos com menor volume de passageiros

apresentam maior número de conexões (ex.: Saint Louis (STL) e Helsínquia (HEL)).

Em relação ao Fator B, os resultados revelam que o Aeroporto Humberto Delgado apresenta em termos gerais uma conetividade de elevada qualidade. Em termos regionais (análise A – distribuição geográfica), este aeroporto apresenta a quinta melhor conetividade dos aeroportos localizados no continente Europeu, e a nível global localiza-se no quartil 2. De igual forma, o Aeroporto Humberto Delgado possui a conetividade mais elevada do seu escalão de volume de passageiros (análise B – dimensão do aeroporto). Os resultados da análise C (número de conexões) e da análise D (número de destinos) já foram apresentados aquando da discussão do Fator A da conetividade. Por fim, em relação à análise E (passageiros internacionais) e análise F (predominância da companhia aérea dominante) colocam o Aeroporto Humberto Delgado no quadrante 1 entre os aeroportos com melhor conetividade.

Em suma, os resultados sugerem que o Aeroporto Humberto Delgado apresenta valores de conetividade próprios de um Aeroporto Cidade. De facto, a conetividade deste aeroporto está alinhada com os demais aeroportos da amostra e, em algumas das análises, conseguiu valores superiores a outros aeroportos do mesmo escalão.

Uma segunda conclusão do estudo é a existência de uma correlação entre a conetividade e o volume anual de passageiros. Portanto, um aumento da conetividade no Aeroporto Humberto Delgado depende provavelmente de um continuado crescimento orgânico. Atendendo às limitações físicas que o mesmo apresenta, poderemos antecipar algumas dificuldades na persecução daquele objetivo a médio ou longo prazo.

O presente estudo levantou um conjunto de novas hipóteses, que carece agora de futura investigação, nomeadamente: atualização dos dados e aferição das tendências evolutivas, inclusão de outros aeroportos, avaliação dos demais componentes que definem um Aeroporto Cidade, ou inclusão na análise da conetividade os modos terrestres.

REFERÊNCIAS

ACI. (2013). *Airports flying high on non-aeronautical passenger revenue*. Retrieved from <http://aci-na.org/sites/default/files/conce>

[ssions_benchmarking_ppt_media_version.pdf](#)

ACI. (2016). ACI's Airport Service Quality Home. Retrieved January 7, 2016, from

<http://www.aci.aero/Airport-ServiceQuality/ASQ-Home>

Amaral, L. A. N., Scala, A., Barthelemy, M., & Stanley, H. E. (2000). Classes of small-world networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(21), 11149–11152. Retrieved from <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.200327197>

ANA Aeroportos de Portugal S.A. (2014). *Estatísticas de Tráfego Aéreo*. Lisboa, Portugal (vários anos).

Bagler, G. (2008). Analysis of the airport network of India as a complex weighted network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(12), 2972–2980. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378437108001131>

Barabási, A.-L., & Albert, R. (1999). Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, 286(5439), 509–512. Retrieved from <http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.286.5439.509>

Burghouwt, G., & Redondi, R. (2013). Connectivity in Air Transport Networks: An Assessment of Models and Applications. *Journal of Transport Economics and Policy*, 47(1), 35–53. *Journal of Transport Economics and Policy*. Retrieved January 5, 2016, from <http://www.ingentaconnect.com/content/lse/jtep/2013/00000047/00000001/art00003?crawler=true>

Burghouwt, G., & Veldhuis, J. (2006). The Competitive Position of Hub Airports in the Transatlantic Market. *Journal of Air Transportation*, 11(1), 106–130.

Burghouwt, G., & de Wit, J. (2005). Temporal configurations of European airline networks. *Journal of Air Transport Management*, 11(3), 185–198. Retrieved December 3, 2013, from <http://www.science-direct.com/science/article/pii/S0969699703000395>

Bush, H., & Storey, D. (2013). *The economics and regulation of on-board carriage of European airport retail sales*. Retrieved from <http://www.etr.org/uploads/downloads/the-economics-and-regulation-of-on-board-carriage-of-european-airport-retail-sales--september-2013.pdf>

Conway, H. M. (1980). *The Airport City: Development Concepts for the 21st Century*. Retrieved January 5, 2016, from https://books.google.pt/books/about/The_Airport_City.html?id=uLlhAQAAIAAJ&pgis=1

Correia, M., & Silva, J. de A. e. (2015). A Review of Airport Concepts and Their

Applicability to the New Lisbon Airport Process. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, 38(1), 47–58.

Danesi, A. (2006). Measuring airline hub timetable co-ordination and connectivity: definition of a new index and application to a sample of European hubs. *European Transport*, 34, 54–74.

Doganis, R. (2006). *The Airport Business*. Routledge.

Erdős, P., & Rényi, A. (1960). On the Evolution of Random Graphs. *Publication of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences* (pp. 17–61).

Fraport AG. (2007). Frankfurt Airport City Development.

Freestone, R. (2009). Planning, Sustainability and Airport-Led Urban Development. *International Planning Studies*, 14(2), 161–176. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13563470903021217>

Guida, M., & Maria, F. (2007). Topology of the Italian airport network: A scale-free small-world network with a fractal structure? *Chaos, Solitons & Fractals*, 31(3), 527–536. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960077906001792>

Guimera, R., Mossa, S., Turtschi, A., & Amaral, L. A. N. (2005). The worldwide air transportation network: Anomalous centrality, community structure, and cities' global roles. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 102, pp. 7794–7799). Retrieved from <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0407994102>

IATA. (2000). *Global Airport Connectivity Monitor*.

IATA. (2014). *Economic Performance of the Airline Industry*. Retrieved from <https://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/IATA-Economic-Performance-of-the-Industry-mid-year-2014-report.pdf>

INE. (2010). *Estatísticas dos Transportes 2010*. Lisboa, Portugal.

Jarach, D. (2001). The evolution of airport management practices: towards a multi-point, multi-service, marketing-driven firm. *Journal of Air Transport Management*, 7(2), 119–125. Retrieved November 29, 2015, from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699700000387>

Kasarda, J. (1991). An industrial/aviation complex for the future. *Urban Land*, 16–20.

Washington DC, United States. Retrieved from http://w.aerotropolis.com/files/1991_IndustrialAviationComplexFuture.pdf

Kasarda, J. (2008). *The Evolution. The transformation of airports into worldclass airport cities*. (Insight Media, Ed.). London, United Kingdom.

Kasarda, J. (2011). List of Aerotropolis and Airport Cities. Retrieved January 1, 2015, from www.aerotropolis.com

Kasarda, J. (2012). Airport cities: The evolution. *Airport World*, 18(2).

Li, W., & Cai, X. (2004). Statistical analysis of airport network of China. *Physical Review E*, 69(4), 046106. Retrieved from <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.69.046106>

Macário, R. (2008). Airports of the future: essentials for a renewed business model. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 8(2), 165–181. EDITORIAL BOARD EJTIR. Retrieved October 30, 2013, from http://www.ejtir.tbm.tudeflt.nl/issues/2008_02/pdf/2008_02_07.pdf

Malighetti, P., Pleari, S., & Redondi, R. (2008). Connectivity of the European airport network: “Self-help hubbing” and business implications. *Journal of Air Transport Management*, 14(2), 53–65. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0969699707000981>

Matsumoto, H., Veldhuis, J., J. W. de, & Burghouwt, G. (2008). Network performance, hub connectivity potential, and competitive position of primary airports in Asia/Pacific region. *Annual Conference of the Air Transport Research Society Conference*. Athens, Greece.

Newman, M., Barabási, A.-L., & Watts, D. J. (2006). *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton University Press. Retrieved January 5, 2016, from <https://books.google.com/books?id=6LvQIIP0TQ8C&pgis=1>

Peneda, M., Reis, V., & Macário, R. (2011). Critical Factors for Development of Airport Cities. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2214(-1), 1–9. NATL ACAD SCIENCES, 2101 CONSTITUTION AVE NW, WASHINGTON, DC 20418 USA. Retrieved October 24, 2013, from http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=Z2f5rvw1GgVzUPhoUZn&page=1&doc

=4

Pestana, M. (2015). *A conectividade no contexto do desenvolvimento do conceito de cidade-aeroporto: o caso de estudo do aeroporto de Lisboa*. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

Poungias, P. (2009). Airport city developments: An airport investor’s perspective. *Journal of Airport Management*, 4(2), 14–22.

Recuero, R. (2004). Redes sociais na Internet: Considerações iniciais. *IV Encontro dos Núcleos de Pesquisa da XXVII INTERCOM*. Porto Alegre, Brazil: 30 de agosto a 3 de setembro de 2004.

Reis, V. (2005). *The Performance of the European Liberalisation Process – an evaluation of the scheduled air transport market*. University of Oporto.

Reiss, B. (2007). Maximising non-aviation revenue for airports: Developing airport cities to optimise real estate and capitalise on land development opportunities. *Journal of Airport Management*, 1(3), 284–293.

Rhoades, P. D. L. (2014). *Evolution of International Aviation: Phoenix Rising* (Vol. 28). Ashgate Publishing, Ltd. Retrieved January 5, 2016, from <https://books.google.com/books?id=KjbjBAAAQBAJ&pgis=1>

Rodrigue, J., Comtois, C., & Slack, B. (2013). *The Geography of Transport Systems* (3rd Editio.). Abingdon, Reino Unido: Routledge. Retrieved April 4, 2016, from https://books.google.pt/books/about/The_Geography_of_Transport_Systems.html?id=PfEdAAAQBAJ&pgis=1

Schaafsma, M., Güller, M., & Amkreutz, J. (2010). *Airport and City: Airport Corridors : Drivers of Economic Development*. Retrieved January 5, 2016, from https://books.google.pt/books/about/Airport_and_City.html?id=sb1fnQEACAAJ&pgis=1

Sinha, D. (1999). The regulation and deregulation of US airlines. *The Journal of Transport History*, 20(1), 46–64. Retrieved November 29, 2013, from <http://manchester.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.7227/TJTH.20.1.4>

Veldhuis, J., & Kroes, E. (2002). Dynamics in relative network performance of the main European hub airports. *European Transport Conference*. Cambridge, Reino Unido.

Watts, D. J. (1999). *Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and*

Randomness. Retrieved April 4, 2016, from <https://books.google.pt/books/p/princeton?id=s0Ce7RulvZcC&pgis=1>
Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998).

Collective dynamics of “small-world” networks. *Nature*, 393(6684), 440–442. Retrieved from <http://www.nature.com/doi/10.1038/30918>