

CONTRIBUTO PARA A OPERAÇÃO DOMÉSTICA DA TAAG – LINHAS AÉREAS DE ANGOLA

DEDALDINO GUILHERME VENTURA

Provas destinadas à obtenção do grau de Mestre em Operações de
Transporte Aéreo

Maio de 2021

VERSÃO DEFINITIVA

ISEC LISBOA | INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS

Escola de Gestão, Engenharia e Aeronáutica

Provas para obtenção do grau de Mestre em Operações de Transporte Aéreo

**CONTRIBUTO PARA A OPERAÇÃO DOMÉSTICA DA TAAG – LINHAS AÉREAS DE
ANGOLA**

Autor: Dedaldino Guilherme Ventura

Orientador: Professor Doutor Eurico Brito

Maio de 2021

Agradecimentos

Agradecer primeiramente a Jeová.

Aos meus familiares, especialmente aos pais pelo apoio que me têm dado ao longo da minha vida e por acreditarem em mim.

O meu muito obrigado estende-se aos meus amigos, Ilisio, Luciléa, Telma, Gospel e Rogério.

Ao meu orientador de projeto, Professor Doutor Eurico Brito pela disponibilidade e por ter aceite este desafio de trabalhar comigo para que este projeto fosse avante.

A todos os membros da TAAG que contribuíram para este projeto, em especial ao Inspetor Sadoc Sebastião, o meu muito obrigado.

A minha mãe Teresa Bernardo Guilherme e ao pai Joaquim Manuel, aos meus irmãos e aos meus avós, Bernardo Guilherme e Maria Simão, por terem acreditado no meu potencial, dedico-lhes este trabalho com muito AMOR.

Tuassakidila Mamã

Resumo

O presente trabalho é resultado da aplicação de um conjunto de ferramentas e modelos teóricos que permitem enquadrar as estratégias seguidas pelos diferentes mercados, com o objetivo de compará-los e identificar os modelos que melhor respondem ao contexto organizacional da companhia aérea Angolana TAAG.

Foi feita uma análise explicativa dos dados e verificou-se que todas as rotas domésticas servidas pela companhia aérea apresentam uma margem negativa e têm um alto custo operacional. Para dar solução a este problema, utilizamos a combinação de um modelo de planeamento de redes aéreas e a programação linear para obter resultados positivos em todas as rotas, estudando o risco de a probabilidade de uma rota não ser lucrativa.

Tendo em conta o contexto da crise económica contínua que o País enfrenta, a rentabilidade da companhia aérea nacional TAAG apresenta-se condicionada pelo desenvolvimento da atividade num mercado em estado de crescimento, onde a procura apresenta um decréscimo no sector doméstico.

Desenvolvemos três cenários até chegar á solução ótima.

Palavras-chave

Planeamento da frota, rede aérea, planeamento estratégico.

Abstract

The present work is the result of the application of a set of tools and theoretical models that allow framing the strategies followed by the different markets in order to compare them and identify the models that best respond to the organizational context of the Angolan airline TAAG.

An explanatory analysis of the data was made and it was found that all domestic routes served by the airline have a negative margin and have a high operating cost. To solve this problem, we used the combination of an aerial network planning model and linear programming to obtain positive results on all routes, studying the risk of the probability of a route not being profitable.

Taking into account the context of the continuous economic crisis that the country faces, the profitability of the national airline TAAG is conditioned by the development of activity in a market that is growing, where the demand presents a decrease in the domestic sector.

We developed three scenarios until reaching the optimal solution.

Keywords

Fleet planning, air network, strategic planning.

Simbologia

ASK – Available Seat Kilometre

BELF - Break Even Load Factor

BH_{av} – Média diária esperada de horas de voo

Cap_m – Capacidade de uma aeronave média

Cap_s – Capacidade de uma aeronave pequena

CASK Cost Available Seat Kilometre

CC – Charter Carriers

CPS - Custo por assento

CT - Custo Total

D – Tempo de atraso planeado

D_{emi} - Demanda semanal de passageiros esperada para rotas de aeronaves médias

D_{esi} - Demanda semanal de passageiros esperada para rotas de aeronaves pequenas

DOC- Direct Operating Cost

DTA - Divisão dos Transportes Aéreos

F - Frequência de serviço

FSC – Full Service Carriers

GATA - Grupo dos Amigos Técnicos de Aviação

H – Conjunto de aeroportos centrais

HS – Hub and Spoke

ILP - programação linear inteira

IOC – Indirect Operating Cost

K – Conjunto de tipo de aeronaves

L - Margem

LCC – Low cost carriers

Ld – Load Factor

Lmáx - Previsão máxima de vendas

Lmín – Previsão mínima de vendas

M - Força de preferência média

m – Operating ratio

N – Conjunto de aeroportos

N_{mi} – Número de aeronaves médias necessárias

N_{si} – Número de aeronaves pequenas necessárias

OD – Origem-Destino

PP- Point to Point

P_{se} - índice de preferência observado (P_{se})

RASK - Revenue Available Seat Kilometre

RPK – Revenue Passenger Kilometre

SM – Número total de assentos-milhas

TAAG – Linhas Aéreas de Angola

TK – Tempo de viagem

t_{mav} - Duração média do voo para aeronaves médias

TS – Total Seat

t_{sav} - Duração média do voo para aeronaves pequenas

V^* – Força de preferência alta

V - Total de vendas:

VH – Força de preferência muito alta

$V_{máx}$ – Valor máximo por bilhete

V_{min} – Valor mínimo por bilhete

VS – Força de preferência muito pequena

YM – Yield Management

λ_e - Taxa de ocupação de passageiros (Load Factor)

Índice

Resumo.....	II
Abstract	III
Simbologia	IV
Índice.....	VI
Índice de Figuras	VII
Índice de Tabelas	VIII
1.1. Enquadramento	1
1.1.1. Evolução da Aviação	1
1.1.2. Definição de rede.....	2
1.2. Problema	4
1.3. Objetivos.....	4
1.4. Metodologia	5
1.5. Estrutura do trabalho	5
2.Revisão da literatura.....	6
2.1. Introdução.....	6
2.2. Conceito Planeamento.....	6
2.3. Planeamento da rota.....	7
2.3.1. Vantagens da operação em <i>Hub</i>	7
2.3.2. Desvantagens da operação em hub	8
2.4. Planeamento da frota	8
2.4.1. Decisões na escolha da frota	8
2.4.2. Características de aeronaves comerciais.....	9
2.4.3. Característica técnica e de desempenho.....	9
2.4.4. Questões económicas	10
2.4.5. Questões ambientais e políticas	10
2.4.6. Gestão de receitas	10
2.5. Lucro e custos da companhia aérea.....	12
2.6. Desenvolvimento do cronograma da companhia aérea	14
2.7. Avaliação de uma rede aérea	16
2.7.1. Potencial de passageiros	17
2.7.2. Produtividade da frota	17
2.8. Modelos de planeamento de redes e de frota.....	18
2.8.1. Adaptação do modelo de <i>Jeng</i>	18
2.8.2. Modelo de dois Estágios.....	22

2.8.3. Modelo de três Estágios.....	24
2.8.4. Optimização da frota	28
3. Apresentação da empresa	31
3.1. TAAG – Linhas Aéreas de Angola	31
3.2. Visão da TAAG.....	33
3.3. Factos históricos.....	33
3.4. Destinos.....	35
3.5. Frequências.....	36
3.6. Frota	37
3.7. Recolha de Dados.....	38
3.8. Gestão do risco	41
4. Modelo	43
4.1. Aplicação do modelo	43
4.2. Variação da procura e do preço dos bilhetes.....	47
5. Conclusão	54
6. Referências	56

Índice de Figuras

Figura 1 Três estágios do planeamento da frota de uma companhia aérea.....	24
Figura 2 : Aeródromo Emílio de Carvalho situado em Luanda.....	32
Figura 3: O primeiro avião Boeing 737.....	34
Figura 4: Desagregação de rotas domésticas por rentabilidade.	35
Figura 5: Mapa de destinos domésticos da rede TAAG.....	36
Figura 6: Distribuição da receita de 2019	39
Figura 7: Distribuição dos gasto de janeiro a Setembro de 2019... ..	41
Figura 8: Distribuição da Margem.....	46

Índice de Tabelas

Tabela 1: Frequência semanal de voos da TAAG	37
Tabela 2 Frota da TAAG.....	37
Tabela 3: Receita global da TAAG.....	39
Tabela 4: Lucro Operacional de janeiro a setembro de 2019.....	42
Tabela 5: Características das aeronaves inseridas nas rotas domésticas da TAAG	44
Tabela 6 : Margem Operacional semanal,2019.....	45
Tabela 7: Margem operacional, 2020	46
Tabela 8: Aumento de 10% no preço dos bilhetes.....	48
Tabela 9: Aumento de 20% no preço dos bilhetes.....	49
Tabela 10: Aumento de 30% no preço dos bilhetes	50
Tabela 11: Aumento de 10%,20% e 30% no preço dos bilhetes e 10% na procura.....	51
Tabela 12 Resultado operacional final	52

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Afirmar a minha cidadania angolana determina que o meu trabalho de final do mestrado se centre numa das questões atualmente mais importantes para o sector da economia do transporte aéreo angolano: recuperação da TAAG – Linhas Aéreas de Angola.

Com origem na DTA em 1938, passou a designar-se TAAG – Linhas Aéreas de Angola desde 1973, tendo sido a empresa que mais tem vindo a contribuir para a mobilidade doméstica e internacional dos angolanos durante a guerra civil e até aos dias de hoje, representando para os angolanos um símbolo nacional e de projeção da sua identidade no mundo.

Num contexto desfavorável de recessão económica a nível doméstico e, espera-se, conjuntural a nível externo, com um prejuízo estrutural de cerca de 260 milhões de euros, declarado nas contas publicadas de 2018, a TAAG tem de implementar rapidamente novos modelos de negócio e de gestão que aumentem as receitas e invertam o crescimento da dívida, com vista a garantir a urgente e imprescindível injeção de capital privado.

1.1.1. Evolução da Aviação

A desregulamentação do mercado de aviação nos EUA em 1978 afetou intensamente a configuração de rede das companhias aéreas. Nesse período, várias operadoras reorganizaram rapidamente as suas estruturas de rede de um sistema Point to Point para um sistema hub-and-spoke. Na Europa, três pacotes de políticas foram acordados em 1988, 1990 e 1993 e a desregulamentação total entrou em vigor em 1997.

A desregulamentação da União Europeia produziu um efeito lento e bastante pequeno nas rotas e tarifas no início (Brueckner e Pels, 2003).

Após o processo de desregulamentação e a privatização das companhias aéreas de bandeira, surgiram novos modelos de negócios de companhias aéreas. Distinguem-se três tipos de modelos de negócios que são os mais dominantes e

emergentes na arena europeia: os modelos de transportadora de serviço completo (FSC), LCC e de transportadora charter (CC).

O modelo FSC evoluiu do antigo modelo de transportadora de bandeira estatal, por meio do processo de desregulamentação do mercado, para uma nova companhia aérea com uma rede Hub-and-Spoke, ou, através de alianças internacionais, com sistemas multi-HS (M. Alderighi et al).

Toh e Higgins (1985) Procuraram medir a configuração da rede através de variáveis como distribuição de tráfego ou concentração de frequência de voo. Essa metodologia aborda principalmente a questão de descrever e classificar uma rede em medidas de concentração geográfica. Os autores supracitados abordaram indiretamente essa questão, comparando configurações reais de redes com estruturas Hub-and-Spoke (HS) e Point to Point (PP).

Os índices de concentração geográfica fornecem uma medida de quão forte é a concentração de frequência nos principais aeroportos.

Na análise empírica, a concentração espacial dos aeroportos nas redes PP e HS pode ser bastante semelhante, embora haja fortes evidências de que elas têm diferenças no papel dos grandes aeroportos. No sistema PP, os grandes aeroportos são consideradas bases técnicas, projetadas principalmente para oferecer voos diretos, enquanto no Hub and Spoke, os grandes aeroportos são conhecidos como *Hub's* e desempenham o papel de conectar o nó.

1.1.2. Definição de rede

Existem quatro tipos de redes: Point-to-Point (PP), Hub and Spoke (HS), Tour e Sub-tour-network. Para o nosso trabalho, iremos estudar as duas principais estruturas de redes (PP e HS).

Não existe uma definição única usada para constituir uma rede HS ou PP. Mas, de uma perspectiva de *design* de rede, as redes HS e PP podem ser descritas usando uma rede simples de quatro nós (fig.1). Na rede PP os nós estão totalmente conectados enquanto que na rede HS o aeroporto H é o Hub através do qual os outros aeroportos estão conectados (Lederer & Nambimadom,1998).

Podemos ainda constatar na figura 1 que para conectar todos os nós na estrutura HS são necessárias três rotas e na estrutura PP são necessárias seis rotas.

Generalizando o exemplo, dado n aeroportos, o número possível de combinações de cidades é: $n(n-1)/2$ isto para cobrir todas as combinações num sistema PP, enquanto o sistema HS permite às transportadoras cobrir as mesmas combinações de aeroportos com apenas $n-1$ rotas.

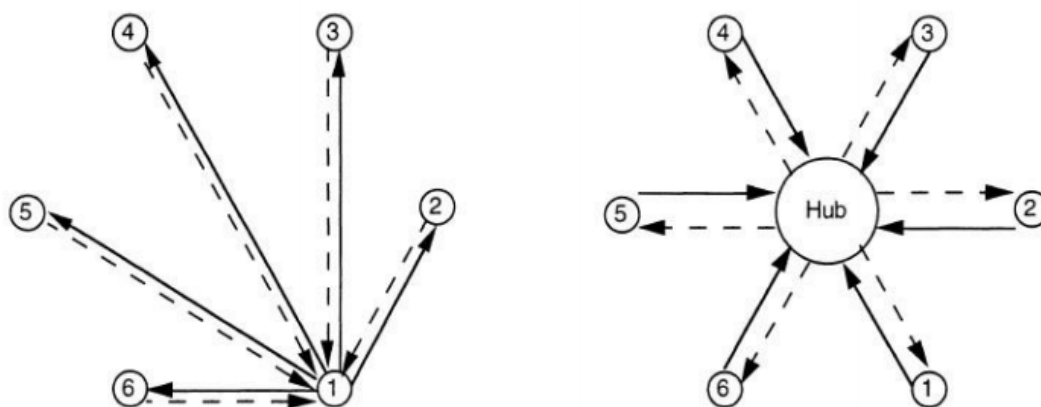


Figura 0: Rede Point-to-Point à esquerda e rede Hub-and-Spoke à direita. Fonte: ...¹

Do ponto de vista da gestão do tráfego aéreo, as estruturas HS e PP estão relacionadas com a concentração espacial e a concentração temporal. Burghouwt e De Wit (2003) explicaram a configuração espacial pelos níveis de concentração de uma rede aérea em torno de um ou alguns *hub's* centrais. A concentração temporal está relacionada ao horário de voo das companhias aéreas. Diferente e Burghouwt e De Wit, Bootsma (1997) define a concentração temporal como o número ou a qualidade das conexões indiretas oferecidas pela companhia, ou aliança adotando uma estrutura de sistema de ondas no horário do voo.

Reynolds Feighan (2001) identificou a configuração HS de uma transportadora quando a sua rede possui um alto nível de concentração de tráfego aéreo no espaço e no tempo, onde o horário dos voos é organizado em sistemas de ondas, com o propósito de ter o número máximo de conexões de voo. Por outro lado, uma rede é estruturada em PP quando os fluxos de tráfego são temporal e especialmente dispersos. Do ponto de vista empírico, espera-se que numa rede PP os voos não sejam organizados para estabelecer conexões. A escolha deste tipo de redes é indicada para mercados com elevada procura e baixo número de ligações.

¹ Fonte: Lederer & Nambimadam, 1998

Para Button (2002), as companhias aéreas operam em redes *hub-and-spoke* de modo a minimizar os custos e oferecer tarifas baixas. Para que isto aconteça, as companhias aéreas necessitam manter o avião no ar o maior tempo possível, alcançar a mais alta taxa de ocupação por voo (*load factor*), coordenar horários de aeronaves, manutenção e tripulação.

O capítulo que se segue é de carácter introdutório de forma a transmitir ao caro leitor a descrição dos objetivos, a metodologia aplicada e a estrutura do presente trabalho.

1.2. Problema

Atual modelo de negócio da rede de rotas domésticas estruturalmente deficitário e configurado apenas para a frota Boeing 737-700NG e definido numa lógica de serviço público, com frequências semanais para as principais capitais de província.

Desadequação das aeronaves às necessidades do mercado:

- Excesso de capacidade gerando baixos níveis de *load factors*
- Baixa eficiência operacional nas rotas servidas (elevado consumo de combustível vs. outros modelos).

1.3. Objetivos

A elaboração deste trabalho tem como objetivo desenvolver um projeto de rede das rotas domésticas da TAAG.

Serão apresentados modelos teóricos que permitem enquadrar as estratégias seguidas pelos diferentes mercados com o objetivo de compará-los e identificar os modelos que melhor respondem ao contexto organizacional. Assim, serão determinados quais os mercados que devem ser servidos pela companhia, analisando os destinos existentes e o possível aumento ou redução de voos.

Objetivos específicos:

- Identificação da rede de rota propícia para operação da TAAG.
- Determinar as frequências ótimas para cada rota e para cada aeronave.

1.4. Metodologia

Dado o teor do trabalho, optou-se pelo método misto (qualitativo e quantitativo) do ponto de vista da abordagem do problema.

A abordagem qualitativa consistirá na revisão da literatura face ao tema, relatórios da companhia aérea, realização de uma entrevista não estruturada, com o objetivo de realizar uma pesquisa profunda sobre o tema em questão.

A abordagem quantitativa consistirá na realização de cálculos.

Será feita uma análise descritiva dos dados, sendo estes os gastos com os fornecimentos e serviços externos, prestação de serviços. Efetuar-se-á uma síntese explicativa de todos os dados recolhidos e analisados de forma a dar uma resposta a todas as questões de investigação.

1.5. Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se estruturado em 6 capítulos.

O primeiro capítulo é de carácter introdutório, com a descrição do enquadramento, objetivos, descrição do problema, metodologia e um breve resumo sobre a evolução da aviação civil.

No capítulo 2, faz-se a revisão da literatura em torno do planeamento estratégico, planeamento da rota e frota, em seguida foram apresentados alguns modelos de planeamento existentes.

O capítulo 3, titulado apresentação da empresa, é feita uma pequena apresentação sobre a companhia aérea TAAG, com histórias e factos marcantes desde a criação até aos dias de hoje. Ainda neste capítulo, é feita a demonstração financeira referente ao ano de 2019.

No capítulo 4, é apresentado o modelo proposto para o nosso trabalho, são apresentados três cenários para resolução do problema.

No capítulo 5, é feita a conclusão geral do trabalho, com sugestões para trabalhos futuros, e por fim, são demonstradas algumas limitações encontradas no decorrer do desenvolvimento do trabalho.

No capítulo 6, temos a bibliografia e os anexos.

2. Revisão da literatura

2.1. Introdução

Como ponto de partida neste capítulo, será feita a revisão da literatura em torno do planeamento estratégico de redes aéreas, apresentando diferentes tipos de redes e algumas ferramentas que nos vão ajudar a desenhar uma rede para as rotas domésticas da TAAG, tendo em conta os dois tipos de aeronaves na frota da companhia aérea (Boeing 737 e DASH 8/400s).

2.2. Conceito Planeamento

O planeamento, como a própria palavra diz, traduz-se na elaboração de planos. Consiste em determinar antecipadamente o que deve ser feito para que atinjam os objetivos pretendidos, e como fazê-lo. O processo do planeamento começa, assim, com a definição dos objetivos que se pretende atingir.

O planeamento abarca, portanto, três níveis fundamentais: planeamento estratégico, planeamento tático e planeamento operacional.

No presente trabalho, daremos mais ênfase ao planeamento estratégico.

O conceito planeamento estratégico surge em meados dos anos 60 (Mintzberg, 1994), pela mão de Igor Ansoff, no seu livro *Corporate Strategy*, publicado originalmente em 1965. Ansoff define o planeamento estratégico como um processo segundo o qual a organização se mobiliza para escolher o seu futuro e propõe um sistema integrado de ações com vista ao alcance dos resultados pretendidos. Um bom processo de planeamento deve ser único, feito à medida para cada empresa, ter em conta o tipo de negócio (ou negócios), bem como as capacidades, visões e experiências dos gestores seniores (Teixeira, 2011).

O planeamento de sistemas aeroportuários foi institucionalizado nos Estados Unidos, onde a hierarquia consiste em níveis de responsabilidade local, regional e estadual.

A primeira decisão que a companhia aérea tem de tomar no processo de planeamento estratégico é a escolha do tipo de estrutura de rede que pretende adotar.

2.3. Planeamento da rota

Antes de escolhida a aeronave da companhia aérea e um plano de frota que determinará a disponibilidade de aeronaves com diferentes características de capacidade e alcance, o primeiro passo a seguir no plano da companhia aérea é determinar as rotas específicas a serem voadas.

A decisão de seleção da rota é uma componente essencial de uma estratégia de rede para uma companhia aérea.

O processo inicial começa com a identificação de uma oportunidade de rota lucrativa.

O processo de validação da rota é descrito a incluir o uso de modelos de rentabilidade de rotas projetados para fornecer à companhia aérea estimativas da economia e impactos, ao adicionar uma nova rota à sua rede inicial.

Após definida a rota, é escolhida a aeronave para a companhia aérea, tendo em conta que as considerações económicas e de lucratividade conduzem as avaliações das rotas.

Com a evolução da conexão de redes *hub*, poucos voos operados por companhias aéreas numa rota transportam apenas passageiros locais Origem-Destino (OD). As companhias aéreas com voos operados em *hub* fornecem um conjunto de assentos para vários mercados, o que torna mais complicado fazer uma estimativa da rentabilidade da rota (Belobaba, 2009).

As estruturas de rede *hub-and-spoke* geram menos lugares disponíveis ponderados pela distância (ASK) numa operação total em relação a uma rede *Point-to-Point*. Isto porque as estruturas *hub-and-spoke* permitem com que as companhias aéreas atendam muitos mercados origem-destino (OD) com menos partidas de voos.

As companhias aéreas que operam em redes *hub* dependem fortemente das receitas geradas pela conexão do tráfego, especialmente em cidades com baixos níveis de procura OD.

2.3.1. Vantagens da operação em *Hub*

Os *hub's* oferecem algumas vantagens de programação de aeronaves e tripulações para as companhias aéreas, em que os melhores horários de chegada e

partida no *hub* são pré-determinados pelos bancos de conexão e oferecem mais oportunidades para troca de aeronaves em resposta a atrasos, operações e cancelamento, visto que muitas aeronaves estão no solo simultaneamente durante um banco de conexão. Podemos ainda ver outras vantagens como:

- Cobertura do mercado
- Maior conectividade
- Load Factors mais elevado
- Custos mais controlados (economias de escala, melhor negociação por volume, *marketing*, etc.)

2.3.2. Desvantagens da operação em hub

As desvantagens das operações em *hub's* estão relacionadas com o atraso, devido ao enorme congestionamento aeroportuário, escalas intermédias em voos curtos, aumento do tempo médio da viagem, programa de manutenção concentrado, atrasos/irregularidades com forte impacto na eficiência do *hub*, etc.

2.4. Planeamento da frota

Um bom processo de planeamento de frota deve responder as seguintes questões: que tipo de aeronaves adquirir, quando e quantas?

A escolha da frota de uma companhia aérea está entre as decisões estratégicas de longo prazo a ser tomada no processo de planeamento.

A frota de uma companhia é descrita pelo número total de aeronaves e pelos tipos específicos de aeronaves que compõem a frota total.

Adquirir aeronaves novas ou retirar aeronaves existentes de uma frota tem impacto direto na posição financeira geral da companhia.

A adesão de aeronaves novas representa um grande investimento de capital com um longo prazo de horizonte operacional e económico.

2.4.1. Decisões na escolha da frota

O plano de frota da companhia aérea deve refletir uma estratégia para vários períodos no futuro, incluindo o número de aeronaves exigidas, tempo de

entregas futuras, aposentadoria da frota existente e planos de contingência para permitir a flexibilidade, dada a incerteza sobre as condições futuras do mercado.

Nesta secção, iremos descrever alguns dos fatores importantes que podem afetar a escolha dos tipos de aeronaves da companhia aérea.

Primeiro, uma visão geral das categorias de aeronaves e as suas características são apresentadas.

Em seguida são discutidos os critérios de seleção de aeronaves específicas que têm a maior influência nas decisões típicas da frota, incluindo características técnicas e de desempenho, economia das operações, geração de receitas, *marketing*, questões ambientais e questões políticas.

2.4.2. Características de aeronaves comerciais

A escolha de uma aeronave é geralmente definida pelo seu alcance e tamanho.

O alcance refere-se à distância máxima que uma aeronave pode voar sem parar para reabastecer e o tamanho pode ser representado por medidas como o seu peso, número de assentos, quantidade de carga que pode transportar.

2.4.3. Característica técnica e de desempenho

A característica técnica e de desempenho mais importante que determina a escolha do tipo de aeronave de uma companhia aérea é a curva de alcance de carga útil. Esta curva define a capacidade técnica de cada tipo de aeronave para transportar uma carga útil de passageiros ou carga sobre uma distância máxima de voo.

Cada aeronave tem a sua própria curva de alcance de carga útil, com curvas diferentes, dependendo do tipo de motor anexado à fuselagem.

Além da curva de alcance de carga útil, outras técnicas e desempenho importantes as características de cada tipo de aeronave incluem vários fatores relacionados a restrições operacionais e aeroportuárias. Estas restrições estão relacionadas com o peso de decolagem e aterragem máximo de cada tipo de aeronave e que determinam os requisitos de comprimento mínimo da pista e aeroportos viáveis para a operação da aeronave.

2.4.4. Questões económicas

A aquisição de novas aeronaves depende da disponibilidade de financiamento, que pode ser de fontes internas ou externas.

O pagamento total ao fabricante é geralmente exigido no momento da entrega da aeronave à companhia aérea. Este pagamento pode ser feito de várias formas: pagamento em mãos, empréstimos ou património líquido.

Para minimizar os custos numa operação, muitas companhias aéreas optam por alugar (*leasing*) parte das suas aeronaves. O *leasing* é mais flexível em termos de pagamentos mensais, permitindo renovações mais frequentes da frota e exigindo menos investimento de capital inicial.

É preciso ter em conta que ao adquirir aeronaves novas os custos iniciais incluem o preço de compra de cada aeronave, o custo de motores de reposição e armazenamento de peças. Se a companhia aérea optar por uma aeronave nova na sua frota, os custos iniciais devem incluir também os custos de aquisição de novos equipamentos e treino dos funcionários.

2.4.5. Questões ambientais e políticas

As companhias aéreas têm mostrado uma grande preocupação com questões ambientais. Muitos aeroportos agora têm regulamentos que impedem a operação de aeronaves mais antigas cujos motores excedem os níveis de ruído.

Há uma tendência crescente para a imposição de regulamentos de poluição sonora e poluição do ar.

Com estas regulamentações ambientais, as autoridades pretendem fornecer mais incentivos às companhias aéreas para atualizarem as suas frotas antigas e adquirirem aeronaves de tecnologia recente que poluem menos o ar e o som.

2.4.6. Gestão de receitas

Sob as condições históricas da regulamentação da companhia aérea, os preços praticados pelas companhias estavam sujeitos a um controlo da agência do governo, de modo a garantir que todas as companhias aéreas praticassem preços iguais para distâncias iguais.

Apesar do facto de que o mercado OD é substancialmente menor, os custos para companhia aérea, de fornecer serviços de conexão dupla em aeronaves menores, são substancialmente mais altas por passageiro. As companhias aéreas podiam praticar diferentes níveis de preços, oferecendo tarifas de primeira classe e de classe económica (P. Belobaba, 2009).

Com a desregulamentação e liberalização nos Estados Unidos e em todo o mundo, a relação estreita entre tarifas aéreas e distância percorrida tornou-se menos aparente.

A gestão de receitas é o processo subsequente de determinação de quantos assentos disponibilizar em cada nível de tarifa.

Os preços das companhias aéreas são estabelecidos para viagens entre origem e destino (OD).

A distância a ser percorrida é um elemento importante na determinação do custo de prestação de serviço da companhia aérea que se reflete nas diferenças de preços em muitos casos.

Simpson e Belobaba (1992), descreveram alguns princípios económico que podem ser utilizados para determinar os preços a serem cobrados num mercado OD:

- Preços os baseados em custos
- Preços baseados na demanda
- Preços baseados em serviço.

A maioria das estratégias de preços utilizados pelas companhias aéreas é resultado da combinação destes princípios económicos.

A presença de uma companhia aérea com tarifas baixas num mercado OD leva com que as outras companhias aéreas tentem reduzir os custos, para poder combinar a tarifa mais baixa com a concorrência.

Existem duas componentes diferenciais para a maximização da receita da companhia aérea:

- *Preços diferenciados*: vários produtos tarifários são oferecidos a preços diferentes com características diferentes para viagens no mesmo mercado.

- *Yield Management (YM)* : determina o número de licenças a serem feitas para cada classe num voo, definindo limites de reserva em assentos de tarifa baixa.

As companhias aéreas geralmente utilizam o sistema YM, usando um conjunto de preços, produtos, horários e voos diferenciados, com objetivo de definir limites de reservas nas diferentes classes de tarifas oferecidas e tarifas altas para passageiros de negócios, envolvendo o controlo tático de assentos para cada saída de um voo futuro.

Definir limites de reservas nas diferentes classes de tarifa numa partida de voo é uma forma dinâmica e tática para a companhia aérea maximizar as receitas totais dos voos.

Muito ênfase no rendimento de receita de passageiro pagante ponderado por quilometro (RPK) quanto levar ao excesso de proteção para passageiros de alto rendimento e limites severos para passageiros de tarifas baixas, pode levar a menores taxas de ocupação geral para a companhia aérea.

Por outro lado, o excesso de venda de assentos com tarifas mais baixas, reduzem o rendimento.

2.5. Lucro e custos da companhia aérea

O lucro da companhia aérea é maximizado pela escolha da rede que minimiza a soma do custo do tempo de viagem do passageiro, custo de atraso na programação do passageiro e custo operacional da companhia aérea. O lucro da companhia aérea pode ser definido como :

$$\text{Lucro Operacional} = \text{Receita líquida} - \text{Custo total}$$

Para o cálculo do lucro operacional de uma companhia aérea, é preciso ter em conta um conjunto de métricas (ou indicadores) e terminologias que nos permitem avaliar a rentabilidade e a performance de uma rede aérea, conforme se indica a seguir.

Indicadores operacionais – As variáveis têm em atenção aspetos ligados à oferta e procura da operação aérea devidamente ponderados pela distância percorrida.

- *Revenue Passenger Kilometre (RPK)* é a metrica utilizada para mostrar o número de quilómetros percorridos pelos passageiros pagantes. RPK é utilizado como referencial de procura.

$$RPK = \text{Passageiros} \times \text{Distância}$$

- *Available Seat Kilometre (ASK)* representa a capacidade total de assentos disponíveis em cada voo de uma companhia aérea em quilómetros. É utilizado como referencial de oferta.

$$ASK = \text{Capacidade} \times \text{Distância}$$

- *Load Factor (LF)* é a relação entre o RPK e o ASK, indica a taxa de ocupação da aeronave.

$$LF = RPK / ASK$$

Indicadores económicos – Estão relacionados com a natureza económica, em particular ao nível dos rendimentos e gastos gerados na operação aérea.

- *Yield* é um *indicador* fundamental e mede a qualidade da receita de uma companhia aérea. Representa a tarifa média por passageiro em cada voo.

$$Yield = \text{Receita} / RPK$$

- *Revenue Available Seat Kilometre (RASK)* mede a receita unitária por cada assento oferecido por quilómetro e demonstra a relação entre a receita e o ASK.

$$RASK = \text{Receita} / ASK$$

- *Cost Available Seat Kilometre (CASK)* representa o custo unitário de cada assento quilómetro oferecido.

$$CASK = \text{Custos} / ASK$$

- *Break Even Load Factor (BELF)* Indica-nos o ponto de equilíbrio a partir do qual a companhia começa a apresentar lucro e é representado por um índice percentual, informando-nos qual o Load Factor necessário para que a companhia aérea comece a ter lucro.

$$BELF = CASK/Yield \text{ ou } (Custo Total/ASK) \times (RPK/Receita Líquida)$$

O nível de custos da companhia aérea depende em grande medida das decisões que venham a ser introduzidas ao nível de produto, frota, processos e produtividade.

Os custos dividem-se em custos operacionais e custos não operacionais.

O custo operacional total de uma companhia aérea é o resultado da soma de todas as suas despesas operacionais incorrida durante um período. Essas despesas serão maiores para companhias que operam aeronaves com maior capacidade, transportando mais tráfego, voos de longa duração e companhias com grande número de funcionários (*Belobaba, 2009*).

2.6. Desenvolvimento do cronograma da companhia aérea

O desenvolvimento do cronograma é a etapa seguinte no processo de planeamento da companhia aérea, após escolhida a rota e a frota. Esta etapa envolve quatro diferentes tipos de tarefas:

- Planeamento de frequência
- Desenvolvimento do cronograma
- Atribuição da frota
- Planeamento de rotação da aeronave

O planeamento de frequência deve responder as seguintes questões: com que frequência a companhia aérea deve operar os voos nas rotas seleccionadas? e quais aviões são necessários para suprir a capacidade oferecida?

A capacidade oferecida é resultado da previsão da procura para uma determinada rota.

A determinação da frequência de serviço numa rota envolve elementos de estratégia competitiva. A frequência é muito mais importante em mercados de curta distância do que para rotas de longa distância, o que possibilita à companhia aérea desenvolver maior número de voos.

Depois de escolhida a frequência de voos em cada rota, a etapa seguinte consiste em desenvolver um cronograma com capacidade de dar resposta a seguinte questão: em que horário devem ser programados os voos de partidas?

A meta inicial para a companhia aérea é fornecer voos de partidas em horários de pico, especialmente em rotas que atendem à demanda de negócios.

Um cronograma de partidas de voos requer uma compensação entre a maximização de utilização da aeronave e conveniência de horários para os passageiros. Este cronograma deve incorporar tempos mínimos de resposta em cada aeroporto para o desembarque e embarque de passageiros, reabastecimento e limpeza da aeronave.

A atribuição da frota é uma decisão tática que consiste em determinar o tipo de aeronave a ser utilizada em cada voo, considerando uma rede de rotas planeadas e horários de voos específicos, com o objetivo de minimizar os custos combinados de derramamento² e custos operacionais da aeronave.

Berge e Hopperstad (Despacho orientado pela procura, 1993), estudam um dos grandes problemas da aviação civil relacionado com a atribuição da capacidade dos aviões aos horários dos voos para atender às fluentes necessidades do mercado. A ideia é fazer um planeamento prévio para troca de aeronaves no *hub* em resposta à mudança na procura por voos diferentes.

As aeronaves de tamanhos diferentes podem ser atribuídas a partida de voos específicos dois ou três dias antes da partida, de modo a enquadrar a capacidade de assentos à demanda de reserva.

As companhias aéreas geralmente utilizam modelos de atribuição de frota baseados em redes matemáticas de grande escala de métodos de otimização.

² Derramamento é o desperdício de potências receitas, isto ocorre quando atribuímos um avião com total de assentos inferior à procura.

Estes métodos atribuem aeronaves de forma a minimizar os custos operacionais e os custos de derramamento, sujeitos a restrições de rotação, necessidade de manutenção, número e tipo de aeronaves disponíveis na frota da companhia aérea.

A lucratividade de atribuir um tipo de frota f para um voo l pode ser calculado como o produto da tarifa média e o número esperado de passageiros que transporta, reduzido por custo operacional associado:

$$C_{l,f} = tarifa_l * \min(D_l, Cap_f) - OpCost_{l,f}$$

Onde:

$C_{l,f}$: rentabilidade da atribuição do tipo de frota f do voo l ;

$tarifa_l$: tarifa do voo l ;

D_l : procura do voo l ;

Cap_f : capacidade da frota do tipo f ;

$OpCost_{l,f}$: custo operacional de atribuição do tipo de frota f do voo l .

2.7. Avaliação de uma rede aérea

Uma rede ótima é aquela que permite maximizar a rentabilidade potencial de uma companhia aérea.

As decisões de implementação de uma rede são tomadas a longo prazo. Essas decisões são tomadas com base em critérios que não garantem a estabilidade, dada a incerteza e constantes flutuações.

Existem vários critérios de avaliação de uma rede aérea, sendo bons indicadores da qualidade e de avaliação de desempenho de uma companhia aérea.

Neste trabalho iremos falar dos três principais indicadores que uma boa solução de rede aérea deve responder.

- Potencial de passageiros;
- Conectividade da rede;
- Produtividade da frota.

2.7.1. Potencial de passageiros

A previsão da procura de potenciais passageiros e carga é de extrema importância para avaliação de qualquer rota.

Para uma determinada rota, a procura do mercado OD é provavelmente a principal fonte de receita, mas longe de ser a única fonte.

O critério económico fundamental para avaliação de uma rota planeada é o seu potencial para lucratividade incremental no curto prazo de tempo.

2.7.2. Produtividade da frota

A avaliação da produtividade da frota é medida em blocos de horas por dia em cada aeronave.

O bloco de horas refere-se ao período em que uma aeronave está em uso. Outra medida de produtividade da aeronave é o *ASK* ou *ASM* gerado por dia por aeronave, a duração média das etapas de partida e o número de assentos na aeronave.

A produtividade da aeronave depende de características operacionais, da rede em que opera, o cronograma e eficiência de tempo gasto nos procedimentos operacionais, também designado por *Tournaround*.

De forma a aumentar a produtividade da aeronave, as companhias aéreas buscam estratégias como:

- Aumentar o número de partidas de voos por dia com a frota de aeronaves existentes, reduzindo a operação de voos fora dos horários de pico;
- Voar em rotas de longas distâncias e reduzir o número de voos operados em rotas de curta distância. Voos de longas distâncias podem aumentar a produtividade e a utilização da aeronave;
- Aumentar o número de assentos em cada aeronave, removendo os assentos da classe executiva e da primeira classe em favor da classe económica, reduzir a distância entre os assentos.

2.8. Modelos de planeamento de redes e de frota

Listes e Dekker (2005) estudaram a estrutura de uma frota do ponto de vista estratégico. Este estudo consiste em determinar a composição de uma frota, a escolhendo entre uma frota uniforme ou diversificada.

A escolha de uma frota uniforme acarreta menos custos com a manutenção, treino do pessoal e mão de obra, enquanto uma frota diversificada oferece a possibilidade de adoptar uma aeronave que responda às reais necessidades de cada segmento do mercado.

2.8.1. Adaptação do modelo de *Jeng*

Lederer e Nambiomadom (1998), estudaram o modelo desenvolvido por *Jeng* (1988) e as frequências dos voos de uma companhia aérea. Esse estudo deu lugar a um modelo que analisa a escolha de uma rede e o cronograma, usando um modelo idealizado que permite a derivação de expressões analíticas de forma fechada para custos da companhia aérea e passageiros. A ideia é estudar a combinação de voos de ligação *Hub-and-Spoke* e *Point-to-Point* e de que forma as decisões de programação afetam o custo da companhia aérea e a qualidade do serviço ao passageiro.

Fatores como nível de procura, distância geográfica entre as cidades e o número de cidades atendidas também são tidos em conta na decisão da escolha da rede. Estes fatores afetam a escolha da rede e do horário para maximizar o lucro da companhia.

Para *Lederer e Nambiomadom* (1998), as redes PP são mais eficientes para distâncias curtas entre aeroportos, enquanto as redes HS são mais eficientes para distâncias longas entre aeroportos.

Para cada rede existe uma programação com frequência de serviço f por dia entre duas cidades e com aeronaves grandes para atender à procura esperada.

Lucro da companhia em função da sua rede:

Lucro =

$$\sum_{ab} \left(\text{Constant}_{ab} - v(t_{ab}) - \omega \left(\frac{1}{2f_{ab}} \right) - U_{ab}(p_0, t_0, f_{ab}) \right) - \text{Cost}(\text{rede}, d)$$

Os modelos de projeto e custos de redes são baseados nas seguintes suposições:

- A1. Existem n cidades equidistantes na circunferência de um círculo de raio R servido por várias cidades;
- A2. Há demanda de trânsito entre cada uma das n cidades. A demanda por dia é a mesma para todos os pares de origem destino igual a r . os horários ideias de saída dos clientes são distribuídos uniformemente ao longo do dia;
- A3. Não há demanda para trânsito destinado ao *hub* que está localizado no centro do círculo;
- A4. A frequência dos voos programados de cada par das cidades é a mesma por dia, e as partidas programadas são espaçadas uniformemente;
- A5. As aeronaves estão disponíveis em capacidade contínua. A companhia aérea programa capacidade suficiente para satisfazer a demanda;
- A6. As seguintes suposições sobre o custo da linha aérea são feitas: o custo variável de voar um avião é linear na distância percorrida por assento, mas esta taxa depende do tamanho do avião; custo variável por assento-milha exhibe economias de escala em relação ao tamanho da aeronave;

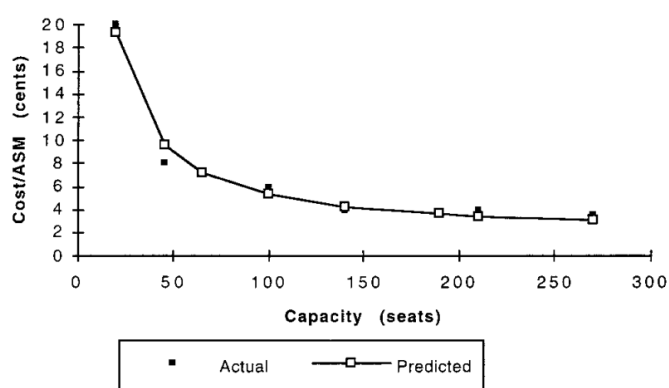


Figura 2: Custo variável por assento-milha disponível: atual e previsto³

- A7. Aeronaves requerem tempo de decolagem, aterragem e solo.

³ Fonte: Lederer & Nambimado, 1998

A8. O atraso na descolagem ou aterragem não está relacionado ao número de aeronaves pousando, ou descolando;

A9. Para cada origem e destino, v e n são idênticos.

É de salientar que as suposições facilitam a análise, sem perder as propriedades das redes reais. As suposições A1, A2, A4 e A9 são suposições de simetria que permitem o cálculo de expressões analíticas para custos. A suposição A3 é feita de forma que a escolha da rede seja independente da demanda destinada ao *hub*. A suposição A5 diz respeito a variedade de capacidades de aeronaves disponíveis. A suposição A6 é apoiada por dados empíricos.

A suposição A7 implica que uma descolagem ou aterragem gera custos para a companhia aérea porque o tempo consumido aumenta os requisitos da aeronave. A suposição 8 é feita para simplificar e é generalizada na secção 6 para redes onde o congestionamento é maior.

O custo variável por assento-milha segue de perto a função:

$$f(\text{assentos}) = a + b/(\text{assentos}), \quad (a, b > 0)$$

O custo fixo de assento disponível por dia segue a função:

$$g(\text{assentos}) = c - d(\text{assentos}), \quad (c, d > 0)$$

Custo médio de atraso na programação = $\omega/(2f)$

Utilidade do cliente: $U(p, t, f) = \text{constant} - p - v(t) - \omega/(2f)$

Para quaisquer mudanças na rede que afetem a utilidade do cliente,

$$p_{ab} = \text{Constant}_{ab} - v(t_{ab}) - \omega/(2f_{ab}) - U_{ab}(p_0, t_0, f_0)$$

Os custos de passageiros são agrupados em duas categorias: custo de atraso na programação e o custo de viagem. O custo total de atraso da programação do passageiro por dia é o atraso médio da programação para todos os passageiros multiplicados pelo custo de atraso da programação por hora, ω :

$$\frac{24(n)(n-1)\rho(\omega)}{2f}$$

O custo de viagem do passageiro é o tempo total de todas as viagens vezes o custo do passageiro por hora, ϖ . Onde o tempo gasto por qualquer viagem é composto por: tempo esperado exigido pelos passageiros para embarque e desembarque, atraso na descolagem, tempo esperado necessário para aterragem e desembarque, atraso na aterragem.

Na tabela seguinte temos um resumo dos custos de passageiros em função do tipo de rede.

Tabela : Resumo dos custos de passageiros e companhias aéreas em função do projeto de rede.⁴

Tipo de rede	Poit-to-Point $K = 0$	Hub and Spoke e Subtour $1 \leq k < n$	Tour $K = n$
Custo de atraso de programação (\$/dia)	NA	$\frac{24(n)(n-1)\rho(\omega)}{2f}$	NA
Tempo de voo, F(k) por dia	$\rho n \frac{2R}{v} \text{Cost} \left(\frac{\pi}{2n} \right)$	$\frac{2\pi R \rho}{v} \left\{ \frac{k^2-1}{3} + (k-1)(n-k) \right\} + \frac{2R}{v} \rho n(n-k)$	NA
Tempo no solo, G(k) por dia	$\rho n(n-1)g$	$\rho \frac{ng}{3} (k^2-1) + \rho ng(n-k)(k+1)$	NA
Tempo de atraso planeado D(k) por dia	$\rho n(n-1)A_\alpha$	$\rho A_\alpha \left\{ \frac{n(k^2-1)}{3} + n(n-k)k \right\} + \rho B_\alpha n(n-k)$	NA
Tamanho necessário de uma aeronave	$\frac{\rho}{f}$	$\frac{k(n-k)\rho}{f}$	$\frac{n^2\rho}{4f}$
N(k)	ρ	$k(n-k)\rho$	$\frac{n^2\rho}{4}$
Número total de assentos-milhas, SM(k) por dia	$2R\rho \left(n \text{Cost} \left(\frac{\pi}{2n} \right) + \pi \right)$	$2R\rho \left(\frac{\pi}{n} 2(k-1) + 1 \right) n(n-k)$	$\pi R\rho \left(\frac{n-1}{n} \right) n^2$
Tempo de viagem, T(k) (dias)	$\frac{2nR}{v} \text{Cost} \left(\frac{\pi}{2n} \right) + \frac{2\pi R}{v} + n(n-1)(g + A_\alpha)$	$\frac{4\pi R}{nv} (k-1) + \frac{2R}{v} + (2k-1)g + (2k-1)A_\alpha + B_\alpha$	$\frac{4\pi R}{nv} (n-1) + 2g(n-1) + 2A_\alpha(n-1)$
Número total de assentos, TS(k) por dia	NA	$\left(\frac{n}{k} \right) \text{SIZE}(k) [fT(k)]$	NA

Onde:

n - Número de cidades numa circunferência;

R - Raio do círculo (em milhas)

V - Velocidade da aeronave (mph)

f - Frequência de atendimento por dia

k - Número de cidades em uma rede subtour, hub-and-Spoke e tour

$m - (n/k)$ número de SUB tours em uma rede subtour

ρ - Demanda de trânsito de uma cidade para outra por dia

⁴ Fonte: Lederer e Nambimadom, 1998

i – índice da cidade, $i = 1, \dots, n$,

P – subtour index for a subtour network, $P=1, \dots, m$,

$g - (1/2) g$ tempo de decolagem e aterragem (horas)

α - probabilidade de atraso na decolagem ou na aterragem

λ - parâmetro de atraso; $1/\lambda$ é o parâmetro esperado em horas por decolagem ou aterragem

ω - custo do passageiro por hora devido ao atraso de programação

ϖ - custo do passageiro por hora devido ao tempo de viagem

a, b - parâmetros de custo variável de um avião

c, d – parâmetros de custo fixo de um avião

Cost (rede,d) – custo operacional da companhia aérea

2.8.2. Modelo de dois Estágios

S. Dozic e M. Kalic (2013) propõem um modelo sequencial de duas fases que pode ser usado durante o processo de planeamento da frota de uma companhia aérea. O modelo oferece uma solução para companhias que têm uma frota diversificada em termos de tamanho de aeronaves.

O primeiro estágio refere-se à determinação de um mix de frota em termos de tamanho da aeronave que é obtido utilizando a lógica de Fuzzy, aeronaves pequenas e de médio porte são atribuídas a cada destino de acordo com o índice de preferência obtido do sistema da lógica de Fuzzy.

A demanda de passageiros e distância são entradas para o primeiro estágio, afim de obter um mix aproximado da frota e a saída do primeiro estágio é a entrada para o segundo estágio.

O número de aeronaves pequenas e médias a definir, depende de frequências e horários da companhia aérea. O mix de aeronaves pequenas e médias, correspondem a duas categorias que diferem em capacidade de assentos, característica técnica, dimensões, comprimento da pista de descolagem ou aterragem.

Para determinar o número de aeronaves pequenas e médias, os autores utilizam a abordagem heurística simultânea e sequencial.

A primeira abordagem consiste em cinco etapas:

- *Primeira etapa* consiste em listar todos os voos planeados para uma semana, classificado conforme o dia e hora de partida na semana;
- *Segunda etapa* consiste em atribuir o primeiro voo à aeronave 1;
- *Terceira etapa* consiste em atribuir uma aeronave para o próximo voo da lista. A aeronave 1 pode ser atribuída ao voo seguinte, se a hora de partida for posterior a hora de chegada do voo anterior e o aeroporto de partida for o aeroporto de chegada do voo anterior, as restrições são satisfeitas. caso contrário, introduz-se uma nova aeronave;
- *Quarta etapa* consiste em atribuir uma aeronave para voos com múltiplas escolhas de aeronaves. Deve ser atribuída a aeronave que estiver disponível em primeiro. Se tiver mais de uma aeronave com o mesmo tempo de espera, a escolha é arbitrária.
- *Quinta etapa* consiste em verificar a existências de voos não atribuídos na lista. Se não tiver voos não atribuídos na lista, termina o algoritmo. O número mínimo de aeronaves é o número de aeronaves introduzidas no sistema. Caso contrário, vá para a terceira etapa.

A abordagem heurística sequencial consiste nas quatro etapas seguintes:

- *Primeira etapa:* faz-se uma lista de todos os voos planeados para uma semana, classificando conforme o dia e hora de partida na semana;
- *Segunda etapa:* atribuir a aeronave 1 ao primeiro voo da semana. Em seguida, percorra a lista atribuindo a esta aeronave o próximo voo que tem a partida mais cedo possível, até ao final da lista, considerando o tempo, as restrições de espaço, e o facto que o aeroporto de partida no primeiro dia deve ser o mesmo da chegada no último dia da semana;
- *Terceira etapa:* pega no primeiro voo da lista que não foi atribuído a qualquer aeronave e introduza novamente uma nova aeronave, repetindo o procedimento da segunda etapa;

- *Quarta etapa:* se não tiver voos não atribuídos na lista, termina o algoritmo. O número mínimo de aeronaves é o número mínimo de aeronaves introduzidas no sistema. Caso contrário, vá para terceira etapa.

2.8.3. Modelo de três Estágios

S. Dozic e M. Kalic (2015), desenvolveram um modelo que permitisse aos gestores decidir tanto o mix de frota quanto ao tamanho da frota relativamente rápida e de forma robusta. Este modelo é resultado do modelo de dois estágios, com acréscimo de uma terceira etapa que consiste na seleção de aeronaves, utilizando o método de troca de pares. Assim como no modelo anterior, o modelo de três estágios destina-se ao planeamento de frota para companhias aéreas que operam principalmente em rotas de curta e média distância.

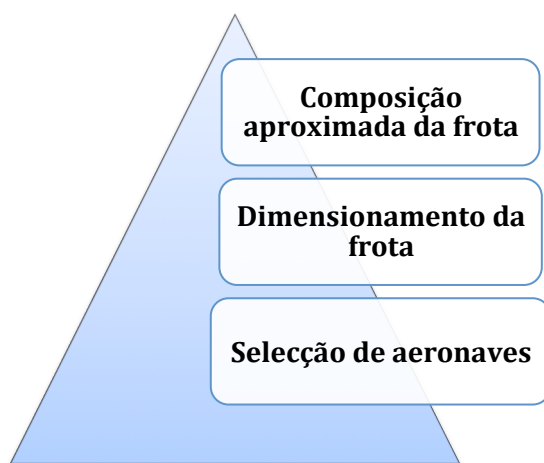


Figura 1: Três estágios do planeamento da frota de uma companhia aérea.⁵

O planeamento de uma companhia aérea é baseado em viagens aéreas com previsões de comando que são incertas. Para lidar com essas incertezas, as companhias aéreas utilizam a lógica de Fuzzy, que consiste em combinar informações numéricas e linguísticas. Na informação linguística é tratada a composição da frota e a demanda incerta.

⁵ Fonte: S. Dozic e M. Kalic (2015)

Para determinar a composição da frota, o modelo assume aeronaves de tamanho pequeno e médio para as rotas de curta e média distância.

Aeronaves com a capacidade de 50 a 100 assentos são classificadas como aeronaves de tamanho pequeno e aeronaves com 101 a 200 assentos pertencem à categoria de aeronaves de tamanho médio.

Nesta primeira fase, os autores desenvolveram um índice de preferência observado (P_{se}) para operação de aeronaves pequenas. Onde (P_{se}) é definido como a proporção de número de aeronaves pequenas sobre o número total de aeronaves operadas numa rota específica num determinado período, e o menor valor de P_{se} é igual a zero ($P_{se}=0$) e o maior valor $P_{se}=1$.

- Para $P_{se}=0$ Nunca foram usadas aeronaves pequenas naquela rota;
- Para $P_{se}<0,5$ Indica que a rota em consideração deve ser servida por aeronaves médias;
- Para $P_{se}>0,5$ Indica a preferência de aeronaves pequenas;
- Para $P_{se}=1$ Indica que foram sempre utilizadas aeronaves pequenas para aquela rota.

A lógica de Fuzzy não é utilizada para determinação de uso total de aeronaves pequenas em todas as rotas.

Porque apesar de algumas rotas terem demandas relativamente baixas de passageiros, o que implica o uso de aeronaves pequenas, algumas rotas de distância relativamente longas requerem o uso de aeronaves de médio porte devido às restrições de alcance.

- $0 \leq P_m \leq 1$
- $0 \leq P_{se} \leq 1$
- $P_m + P_{se} = 1$

Dozic e Kalic (2013) descreveram nove regras para determinar a força de preferência para as rotas de uma companhia aérea:

- R1. A preferência é muito alta (VH) se a demanda for pequena e a distância for curta;
- R2. A preferência é alta (V) se a demanda for pequena e a distância for média curta;
- R3. A preferência é muito pequena (VS) se a demanda for pequena e a distância for média;
- R4. A preferência é muito alta (VH) se a demanda for média e a distância for curta;
- R5. A preferência é pequena (S) se a demanda for média e a distância for média curta;
- R6. A preferência é muito pequena (VS) se a demanda for média e a distância for média;
- R7. A preferência é média (M) se a demanda for grande e a distância for curta;
- R8. A preferência é pequena (S) se a demanda for grande e a distância for média curta;
- R9. A preferência é muito pequena (VS) se a demanda for grande e a distância for média.

Na segunda fase, é utilizado um algoritmo heurístico para determinar o número mínimo de aeronaves que uma companhia aérea precisa para operar num determinado horário de voo.

Para o planeamento de longo prazo, o modelo começa com a previsão de aumento anual de passageiros sob as seguintes premissas:

D_{esi} - Demanda semanal de passageiros esperada para rotas de aeronaves pequenas;

D_{emi} - Demanda semanal de passageiros esperada para rotas de aeronaves médias no ano 1;

λe - Taxa de ocupação de passageiros (Load Factor)

BH_{av} – Média diária esperada de horas de voo

t_{sav} - Duração média do voo para aeronaves pequenas

Cap_s – Capacidade de uma aeronave pequena

Cap_m – Capacidade de uma aeronave média

t_{mav} - Duração média do voo para aeronaves médias

N_{si} – Número de aeronaves pequenas necessárias

N_{mi} – Número de aeronaves médias necessárias

$$N_{si} = \frac{\frac{D_{esi}}{\lambda e * cap_s} * t_{mav}}{BH_{av}} \quad E \quad N_{mi} = \frac{\frac{D_{emi}}{\lambda e * cap_m} * t_{mav}}{BH_{av}}$$

A terceira fase consiste na seleção do tipo de aeronaves, esta seleção é feita com o método de troca de pares. Este método é baseado no princípio de que todas as alternativas são avaliadas para um determinado objetivo.

O primeiro passo do método de troca de pares consiste na criação de uma tabela de consequências, listando na parte superior às alternativas possíveis descritas pelas consequências e no lado esquerdo os objetivos.

Depois de definida a tabela de consequências, os gestores da companhia aérea vão eliminar uma ou mais alternativas de modo a facilitar o processo.

É feita uma segunda tabela (tabela de classificação), onde cada objetivo é classificado entre as alternativas de modo a identificar e eliminar as alternativas dominadas.

Quando não há mais alternativas dominadas, o processo de trocas de pares pode ser feito.

2.8.4. Optimização da frota

CAA Sa, BF Santos e JB Clarke desenvolveram um modelo de optimização da frota, com o objetivo de atribuir uma frota que minimize o custo operacional e maximize o lucro operacional dada uma procura de matriz origem-destino.

Isso é alcançado formulando matematicamente uma função objetivo de maximização do lucro, através de uma programação linear inteira (ILP).

De modo a otimizar o lucro da companhia aérea, é definida a frequência semanal de voos por tipo de aeronave, fluxo semanal de passageiros por par de OD para conexões diretas e fluxo semanal de passageiros por par OD para passageiros em conexão em qualquer um dos hub's da companhia aérea.

Nomenclatura:

N – Conjunto de aeroportos

K – Conjunto de tipo de aeronaves

H – Conjunto de aeroportos centrais ($H \subset N$)

Parâmetros:

$Q_{o,d}$ – Procura entre aeroportos o e d

$D_{o,d}$ – Distância entre aeroportos o e d

$yield_{o,d}$ – Rendimento por rota para conexões sem escalas

$yield_{o,d}^h$ - Rendimento para conexões através do *hub* h

AC^k – Número de aeronaves do tipo K na frota

U^k – Utilização máxima da aeronave por semana para aeronave tipo k

C_{fix}^k – Custo de propriedade da aeronave por tipo de aeronave k

C_{var}^k – Custo operacional da aeronave por tipo de aeronave k (CASM)

S^k – Número de assentos por aeronave tipo k

VC^k – Velocidade de cruzeiro por aeronave tipo k

T_i^{dep} – Tempo de táxi por partida

T_j^{arr} – Tempo de táxi por aeroporto de chegada

$Alcance^k$ – Alcance por aeronave tipo k

Variáveis de decisão:

$X_{o,d}$ – Fluxo de passageiros sem escalas entre o aeroporto de origem o e aeroporto de destino d

$W_{o,d}^h$ - Fluxo de passageiros entre aeroporto de origem o e aeroporto de destino d através do aeroporto hub h

$Z_{i,j}^k$ – Frequência de voos entre o aeroporto i e aeroporto j operado por aeronave k

Maximização do Lucro =

$$\begin{aligned} & \sum_{o \in N} \sum_{d \in N} [yield_{o,d} \cdot D_{o,d} \cdot X_{o,d}] + \sum_{o \in N} \sum_{d \in N} \sum_{h \in H} [yield_{o,d}^h \cdot D_{o,d} \cdot W_{o,d}^h] \\ & - \sum_{k \in K} [AC^k * C_{fix}^k] - \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} [C_{var}^k \cdot D_{i,j} \cdot S^k \cdot Z_{i,j}^k] \end{aligned}$$

Restrições:

- R1. O fluxo de passageiros atribuídos não pode exceder a procura;
- R2. O fluxo de passageiros em um determinado segmento de voo entre o aeroporto i e o aeroporto j deve ser menor ou igual à capacidade** oferecida entre os aeroportos i e j . os aeroportos i e j , podem ser a aeroportos normais ou podem actuar como hub;
- R3. O número de voos vinculados por aeronave tipo k que chegam ao aeroporto i de todos os aeroportos j deve ser igual ao número total de voos de ida por aeronave tipo k que parte do aeroporto i para todos os aeroportos j ;

- R4. O tempo total de operações semanais por tipo de aeronave não deve exceder o tempo tradicional de utilização semanal da aeronave. Deve ser definida a média de horas disponíveis para operação por semana, considerando a necessidade de manutenção não programada;
- R5. Um voo entre dois aeroportos particulares i e j só pode ser operado por um tipo particular de aeronave k se o intervalo do respectivo tipo de aeronave for igual ou maior que a distância entre os dois aeroportos.

3. Apresentação da empresa

Para este trabalho, será utilizada a rede da companhia aérea TAAG, uma rede do tipo *point-to-point*, com a base principal no aeroporto de Luanda.

A companhia aérea TAAG tem a sua sede no aeroporto de Luanda e dedica-se à exploração do transporte aéreo de passageiros, carga e correio, prestação de serviços de assistência em escala.

3.1. TAAG – Linhas Aéreas de Angola

A TAAG Linhas Aéreas de Angola, é a companhia aérea nacional de Angola. A companhia foi criada em 1938 como Divisão dos Transportes Aéreos (DTA) da direção dos serviços de portos, caminhos de ferro e transporte de Angola. A génese da DTA pode situar-se algures no aeroclube de Angola, seu fundador, utentes para voo de turismo, eventualmente transportando doentes ou médicos e correio oficial.

O aeroclube de Angola nasceu em Luanda, em 3 de maio de 1936 para ficar, e beneficiar todo o território, de acordo com os seus estatutos, aprovados em 27 de junho do mesmo ano, multiplicando-se em delegações ou filiais, que adiante se apresentam, por sua vez filiado no aeroclube de Portugal.

A medida que o aeroclube desenvolvia a aviação de turismo e recreio, com a fundação de filiais o delegações de aeroclubes locais, e fundavam escolas de pilotos, pelos distritos, as pessoas sentiam-se mobilizadas a comparticipar, de uma forma útil e voluntária, como era o caso dos pilotos, que disputavam entre si as oportunidades de realizar voos, sendo necessário elaborar uma escala de serviços, não eram remunerados, como exigiam por vezes da parte deles, e com sacrifício das comodidades e algum risco.

Em 1937, o aeroclube possuía um avião Cessna de 4 lugares adquiridos por subscrição pública, por iniciativa do jornal “ A Província de Angola “.

No ano seguinte, o aeroclube tinha uma frota composta por:

- 2 Tiger Moth
- 1 Cessna
- 1 Leopard Moth
- 4 Taylor Craft



Figura 2 : Aeródromo Emílio de Carvalho situado em Luanda. Fonte.⁶

Com mais de 2000 associados em 1938, inscritos entre a sede e as delegações do Aeroclube de Angola, entre os quais duas senhoras Margarida Santos em Luanda e Júlia Pestana em Moçâmedes, com as quais ainda se disputava o lugar de primeira aviadora de Angola. Ainda no mesmo ano, foram inauguradas mais três escolas de pilotagem em Benguela, Sá da Bandeira, Moçâmedes.

Em 1937, as autoridades locais nomeiam o capitão Joaquim de Almeida Baltazar, da incumbência de formar a primeira companhia de transportes aérea de Angola – DTA.

No dia 8 de Outubro do mesmo ano, foi criada a DTA, com a publicação da portaria nº11, do boletim oficial de Angola, nº36 – I série da mesma data.

Foi em outubro de 1938, que iniciaram as ligações aérea entre as cidades do litoral com a Bélgica-Leopoldville e África Francesa-Ponta Negra – Europa, assegurada com um Tiger Moth, um Cessna e um Leopard Moth, podendo servir até seis passageiros.

⁶ Fonte: GATA – Grupo dos Amigos Técnicos de Aviação

A frota de aviões da DTA foi inicialmente construída por monomotores e passou a possuir o DH Dragon Rapide, e mais tarde, em 1946, modernizada com três aviões Dakota DC-3. O tráfego das linhas da DTA aumentavam a um ritmo anual de 15%.

Em 1973 a DTA foi transformada em empresa de capital misto (S.A.R.L), e passou a designar-se por TAAG - Transportes Aéreos de Angola. O seu capital foi dividido, pelo governo de Angola (51%), TAP (29%) e Trabalhadores da empresa (20%).

3.2. Visão da TAAG

Ser uma companhia aérea de referência em África, através da operação de uma rede abrangente a partir do *hub* de Luanda, proporcionando um serviço ao cliente de elevada qualidade, assegurando o equilíbrio financeiro da operação que sustente o crescimento sem perder o objetivo de serviço público e promovendo a imagem de Angola no mundo.

3.3. Factos históricos

Em 1940 iniciam-se os primeiros voos com os aviões *Dragon Rapide*, *Klemen* e *Leopard Moth*. As primeiras linhas regulares foram entre Luanda – Moçâmedes (Namibe) e Lobito, e os primeiros voos internacionais foram entre Luanda e Ponta Negra.

Em 1948 entram em serviço os primeiros aviões DOUGLAS DC-3 e catorze anos mais tarde, em 1962 é adquirido o primeiro FOKKER FRIENDSHIP F-27.

Em 1973 a DTA transforma-se em empresa de capital misto com a designação de TAAG – Transportes Aéreos de Angola, S.A.R.L., com capital maioritário do governo, com a TAP detendo 29% e o restante repartido por empresas privadas. Neste período além dos voos domésticos, a TAAG inicia as carreiras regionais para São Tomé e Príncipe e Windhoek.

Em 1975 com a proclamação da independência de Angola, foram nomeados os primeiros gestores angolanos e a companhia começou a voar para Lisboa, iniciado a sua presença na Europa.

Em 1976, Angola entra na era dos aviões a jacto com a chegada do primeiro BOEING 737.



Figura 3: O primeiro avião Boeing 737.⁷

Em 1977 a TAAG transporta 230.000 passageiros em voos domésticos, atingindo no ano seguinte os 795.947.

Em 1980 a TAAG adquire o novo Boeing 707 e inicia um rápido crescimento expandindo a sua rede doméstica e internacional.

Em 1986 a TAAG chega à marca de 1 milhão de passageiros.

Em 1993 é aberta a linha de Harare, Zimbabwe, e Joanesburgo no ano seguinte;

Em 1997 a TAAG adquire o seu primeiro BOEING 747.

Em Novembro de 2006 a TAAG recebe cinco novos aviões: Três Boeing 737-700NG e dois Boeing 777-200ER. No ano seguinte, a TAAG recebe o quarto BOEING 737-700NG e em 2008 compra o seu terceiro BOEING 777-200ER.

Em 2009 a TAAG melhora as ligações entre Angola e o resto do mundo, abrindo rotas novas para Europa, Dubai e China.

Em 2010 a TAAG é autorizada a operar para todo o espaço aéreo europeu com a sua moderna frota de Boeing 777 e 737.

Em 2020 a TAAG recebe dois aviões do tipo Dash 8Q-400.

⁷ Fonte: GATA

3.4. Destinos

A companhia aérea TAAG voa a partir de Luanda para 11 destinos em África, 1 destino na Europa, 2 destinos na América e 12 destinos a nível nacional (domésticos).

Com forte crescimento e participação no sector regional e intercontinental, a companhia registou um aumento no número de passageiros transportados nos sectores intercontinental e regional, no período de janeiro a setembro de 2019, no entanto, a queda no número de passageiros no sector doméstico, fortemente influenciada pela atual conjuntura económica do país, resultou em um decréscimo de 8% no total de passageiros, quando comparado com o período homólogo.

A operação doméstica apresenta resultados deficitários na maioria das rotas operadas, tal como podemos ver na figura 4.

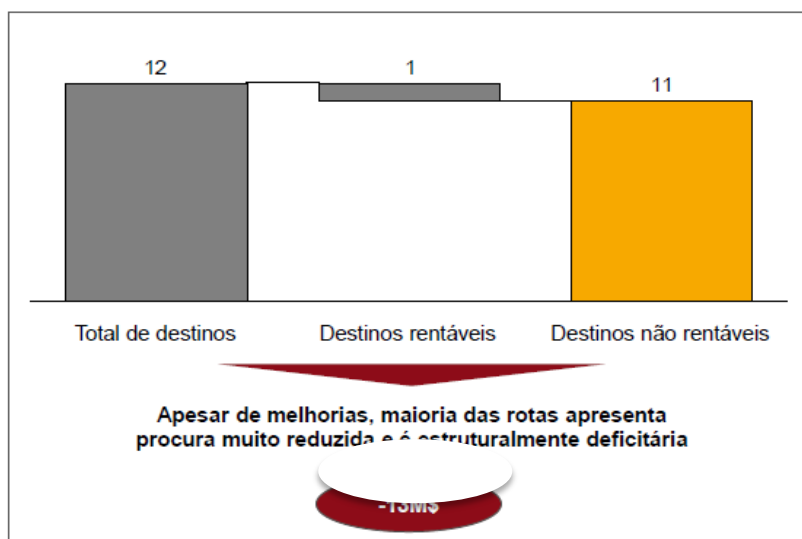


Figura 4: Desagregação de rotas domésticas por rentabilidade. Fonte: TAAG, 2019

- *Planeamento da rede* definido numa lógica de serviço público com frequências semanais para as principais capitais de província
- *Desadequação* das aeronaves às necessidades do mercado
 - Excesso de capacidade gerando baixos níveis de *load factors* ;
 - Baixa eficiência operacional nas rotas servidas (elevado consumo de combustível vs. outros modelos).

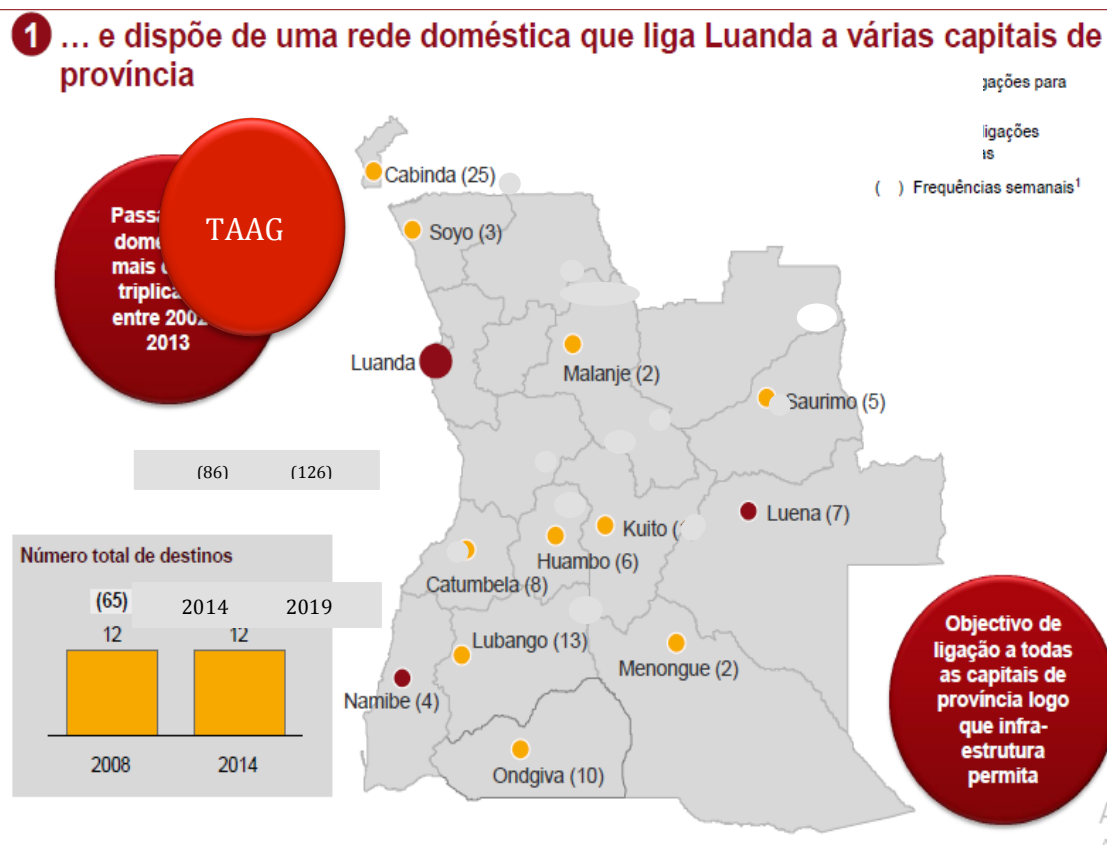


Figura 5: Mapa de destinos domésticos da rede TAAG. Fonte: TAAG,2019

A indústria da aviação em Angola ainda tem um forte envolvimento político.

Apesar do envolvimento do governo no sector aéreo, a maioria dos aeroportos nacionais carecem de infraestruturas.

3.5. Frequências

A rede de aeroportos domésticos servidos pela companhia aérea no ano de 2019 apenas consistia em capitais provinciais.

A rede doméstica contava com um total de 12 destinos servidos por 6 aeronaves do tipo Boeing 737.

Tabela 1: Frequência semanal de voos da TAAG. Fonte:⁸

	Rota	Aeronave	Frequência Semanal
1	Luanda-Cabinda	Boeing 737	11
2	Luanda-Soyo	Boeing 737	3
3	Luanda-Dundo	Boeing 737	2
4	Luanda-Saurimo	Boeing 737	4
5	Luanda-Luena	Boeing 737	2
6	Luanda-Huambo	Boeing 737	3
7	Luanda-Catumbela	Boeing 737	2
8	Luanda-Namibe	Boeing 737	2
9	Luanda-Ondgiva	Boeing 737	2
10	Luanda-Lubango	Boeing 737	2
11	Luanda-Kuito	Boeing 737	2
12	Luanda-Menongue	Boeing 737	4
			39

3.6. Frota

Atualmente a companhia aérea conta com 17 aeronaves na sua frota, que resulta da combinação de aeronaves com diferentes características.

Tabela 2 Frota da TAAG.⁹

Aeronave	Quantidade	Passageiros	Rotas
Boeing 737-700	6	120	Doméstico e Regional
Boeing 737-200	1	102	Doméstico e Regional
Boeing 777-200ER	3	235	Regional e Internacional
Boeing 777-300ER	5	293	Regional e Internacional
Dash 8-Q400	2	74	Doméstico
TOTAL	17		

⁸ Dados retirados nos relatórios de TAAG à data de setembro 2020

⁹ Dados retirados no websites da empresa à data de 30 agosto de 2020

Tal como mencionado no capítulo anterior, a operação doméstica apresenta resultados deficitários na maioria das rotas operadas.

De modo a reduzir o custo operacional, a TAAG vem alterando a sua frota doméstica com aeronaves do tipo *Dash 8-Q400*.

As novas aeronaves ostentam a nova pintura da companhia, tem capacidade para transportar 74 passageiros, 10 dos quais em Classe Executiva.

De acordo com Rui Carreira, CEO da TAAG, a diversificação da frota da companhia combina com a redução dos custos operacionais, visa a extensão do acesso aos voos domésticos a pessoas de baixa renda e a abertura de novas rotas domésticas sustentáveis.

Por sua vez, o diretor comercial da companhia, Carlos Von Hafe, garantiu que o custo da operação deste tipo de aeronave atinge uma redução de cerca de 30% uma diferença que refletirá diretamente no preço final dos bilhetes de passagens domésticas.

3.7. Recolha de Dados

Na recolha de dados, os diversos materiais obtidos serão analisados e utilizados de forma a validar as evidências de outras fontes.

Os dados aqui utilizados foram obtidos junto de entidades oficiais da companhia aérea TAAG, nomeadamente o departamento de planeamento e o departamento financeiro, de modo a aceder a informações e dados que não são do conhecimento público.

No contexto da crise económica contínua que Angola enfrenta, a rentabilidade da companhia aérea nacional TAAG apresenta-se condicionada pelo desenvolvimento da atividade num mercado em estado de crescimento, onde a procura apresenta um crescimento moderado nos sectores intercontinental e regional, um decréscimo de 8% no sector doméstico, resultado da forte concorrência por parte de operadores privados que têm praticado preços muito baixos (claros indícios de situações de prática de *dumping*).

Neste contexto, a TAAG finalizou o ano de 2019 com uma receita voada no valor de 307,7 milhões de USD (antes de gastos de financiamento e impostos), resultado da atividade do transporte aéreo.

A receita global registou um crescimento negativo de 23% face ao ano de 2018.

Tabela 3: Receita global da TAAG¹⁰

	Passageiros	Tarifa Média USD	Receita USD	Yield USD
TAAG	1 480 502	208	307 757 424	1 247
Intercontinental	553 380	382	211 312 650	226
Regional	374 746	150	56 248 201	301
Doméstico	552 376	73	40 196 573	720
Code Share	5 361	523	2 805 087	17
Intercontinental	5 242	528	2 768 163	15
Regional	119	310	36 924	3
Total Geral	1 485 863	209	310 562 511	1 264

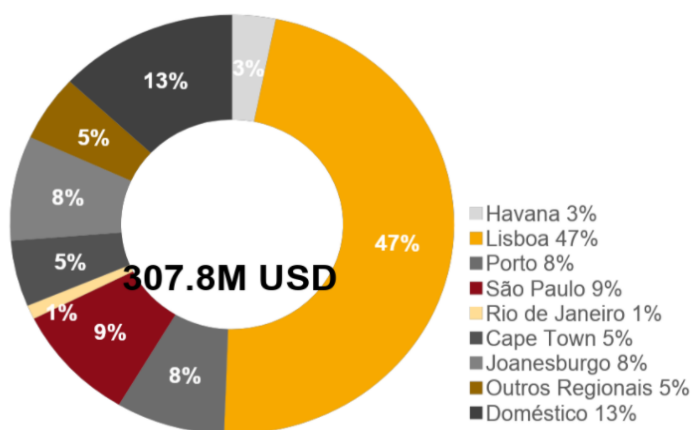


Figura 6: Distribuição da receita de 2019¹¹

A figura 6 mostra a forte dependência da companhia das rota de Portugal, com mais de metade da receita voada de aproximadamente \$170 milhões de dólares (56%).

¹⁰ Dados fornecidos pela companhia aérea TAAG à data de 18 de novembro de 2020

¹¹ Dados fornecidos pela companhia aérea TAAG à data de 18 de novembro de 2020

De realçar o comportamento das rotas Lisboa, Porto e São Paulo, que registaram um decréscimo de -19%, -20% e -28% respetivamente, em comparação com o ano anterior. As receitas de passagens da rota Havana, registaram um aumento de +13%.

O sector regional registou um forte decréscimo em quase todas as rotas, com exceção da rota Luanda-São Tomé que registou um aumento de 2%.

A mesma situação registou-se nas rotas domésticas, onde apenas a rota do Soyo registou um crescimento positivo de +11%.

No período de janeiro a setembro de 2019, antes de gastos de financiamento e impostos, a TAAG registou uma receita na ordem dos \$234,9 milhões de dólares. O resultado operacional atingiu um valor negativo de -118.8 milhões de dólares, sendo transportado cerca de 1,112 milhões de passageiros, traduzindo um decréscimo no total de -8% face ao ano anterior.

Este resultado foi largamente impactado pela erosão verificada no yield, onde a queda da receita nas classes premium do setor intercontinental representou um terço (23M) da queda da receita total, com parte deste tráfego high-yield a deslocar-se para a classe económica, onde se pode verificar um crescimento de 2% o que representa +8.442 passageiros transportados.

De entre os três sectores, o regional foi o que registou um aumento considerável de 4% (+13.220) nos passageiros transportados, na classe económica, sem que os *yields* tenham acompanhado esta tendência.

O setor doméstico observou um crescimento negativo de 43% o que representou um terço (23M USD) da queda da receita total.

Esta queda deu-se devido à forte concorrência no sector doméstico, por parte de operadores privados, incluindo a estatal Sonair e a Força Aérea de Angola, , que têm praticado preços muito baixos e/ou abaixo do custo, o que motivou a perda de mais de 115 mil passageiros, neste período, que dada a situação económica, têm optado por formas mais económicas de mobilidade interprovincial, incluindo o transporte rodoviário.

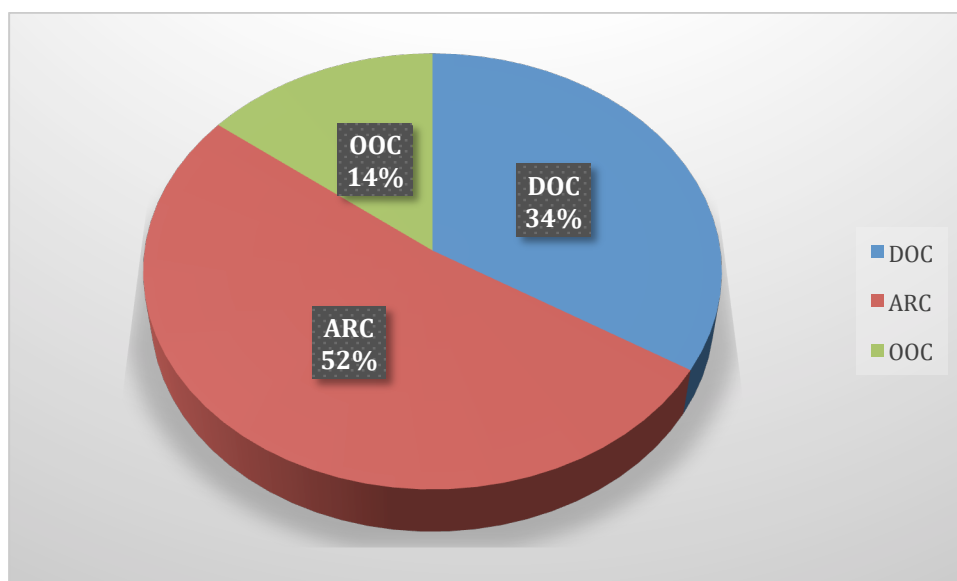


Figura 7: Distribuição dos pagamentos de janeiro a Setembro de 2019 ¹²

De janeiro a setembro de 2019, a TAAG registou pagamentos de \$ 25 799 990 em ARC (Aircraft, Insurance, Maintenance), \$ 16 862 105 em DOC (Catering, Crew HOTAC, Handling, In-flight service, Jet Fuel, Navigation, landing and parking fees Passenger and cargo expenses) e \$ 7 204 036 em OOC (custos de vendas).

3.8. Gestão do risco

A gestão de risco é conduzida a nível estratégico pela companhia aérea, com o objetivo de alcançar um equilíbrio apropriado entre o risco e o retorno.

Desta forma, são estabelecidas linhas de orientação de modo a verificar o posicionamento da companhia face às ameaças externas que o mercado e a envolvente económico-financeira apresentam.

As atividades da companhia aérea estão expostas a uma série de fatores de risco, incluindo os efeitos de alterações de preços de mercado, risco cambial e risco de taxa de juro.

A exposição cambial global da companhia aérea é significativa em função da operação em mais de 5 rotas, e ainda a posição de relevo nas rotas entre Angola e Portugal em termos de atividade de transporte aéreo, para além do envolvimento da companhia em Portugal em termos de atividade de manutenção.

¹² Fonte: Dados retirados da folha de cálculos da TAAG, 2020

Ao nível de proveitos, o risco cambial da TAAG reside na sua exposição ao kwanza, dólar americano, euro, real brasileiro, rands, entre outras.

O dólar americano é a moeda de referência para as tarifas das rotas internacionais e regionais.

O mercado da exposição cambial mais relevante é a relativa ao dólar americano.

O preço da moeda estrangeira impacta diretamente nos custos da companhia aérea. O custo com combustível é efetuado quase integralmente nesta divisa, executando componentes secundárias relativas a margens comerciais de abastecimento e taxas. O mercado de combustível está indexado ao dólar e o custo com combustível representou custos de cerca de 91,7 milhões de USD, no período de janeiro a setembro de 2019.

Tabela 4: Lucro Operacional de janeiro a setembro de 2019 – rotas domésticas :Fonte TAAG

	Rota	Aeronave	LF%	PAX	Lucro (USD)
1	Luanda ↔ Cabinda	B73G	93%	159 831	-8 278 658
2	Luanda ↔ Catumbela	B73G	54%	44 136	-1 562 209
3	Luanda ↔ Dundo	B73G	53%	16 293	-1 631 056
4	Luanda ↔ Huambo	B73G	62%	36 098	-596 415
5	Luanda ↔ Kuito	B73G	51%	6 307	-395 720
6	Luanda ↔ Lubango	B73G	62%	44 573	-683 460
7	Luanda ↔ Luena	B73G	57%	15 846	-1 122 493
8	Luanda ↔ Menongue	B73G	55%	8 310	-830 101
9	Luanda ↔ Namibe	B73G	62%	17 166	-337 201
10	Luanda ↔ Ondjiva	B73G	64%	17 695	-1 833 489
11	Luanda ↔ Saurimo	B73G	56%	21 219	-1 454 672
12	Luanda ↔ Soyo	B73G	54%	22 009	-1 408 521
	Σ			409 483	-20 133 994

De janeiro a setembro de 2019, nas rotas domésticas, a TAAG teve uma receita de cerca de 30 milhões de dólares, com um resultado operacional negativo na ordem dos 20 milhões de dólares, transportando cerca de 410 mil passageiros.

4. Modelo

4.1. Aplicação do modelo

O modelo proposto para este trabalho resulta da combinação do modelo de três estágios e a utilização de uma programação linear (PL).

A PL é utilizada para verificar o risco de no-breakeven de uma rota no qual se verifica a elasticidade dos preços. Isto é alcançado formulando matematicamente uma função que nos permite verificar qual o risco de uma rota não ser viável.

Custo Total:

$$CT = DOC + IOC$$

Custo por assento:

$$CPS = \frac{CT}{N^{\circ} \text{ Total de assentos}}$$

Margem:

$$L = V - CT$$

Total de vendas:

$$V = v * l$$

$$l = L0 + (m * v)$$

$$L0 = \frac{L_{\min} + V_{\max}}{(V_{\max} - V_{\min}) * (L_{\max} - L_{\min})}$$

$$m = \frac{L_{\min} + L_{\max}}{(V_{\max} - V_{\min})}$$

$$v = V_{\min} + Aleatório() * (V_{\max} - V_{\min})$$

Onde:

$V_{\min}$ – Valor mínimo por bilhete

$V_{\max}$ – Valor máximo por bilhete

$L_{\min}$ – Previsão mínima de vendas

$L_{\max}$ - Previsão máxima de vendas

m – Operating ratio

Restrições:

$$l \leq \text{número total de assentos numa aeronave}$$
Tabela 5: Características das aeronaves inseridas nas rotas domésticas da TAAG¹³

Aeronave	Quantidade	Capacidade	Autonomia (km)	Velocidade (km/h)
Boeing 737-700	6	120	6370 km	900 km/h
Dash 8-Q400	2 (4)*	74	2000 km	666 km/h

O primeiro passo consiste em determinar o tamanho da aeronave para uma cada uma das rotas domésticas. As aeronaves serão atribuídas com base na procura e distância, as aeronaves do tipo Dash 8-Q400 são classificadas como aeronaves de tamanho pequeno e aeronaves do tipo Boeing 737-700 são classificadas como aeronaves do tipo médio.

As ligações entre os aeroportos domésticos são consideradas ligações de curta e média distância. Nesta fase, é desenvolvido o índice de preferência observado (P_{se}) para operação de aeronaves pequenas e médias.

Considerando que a frota para cada rota é fixa, não existe uma combinação de aeronaves para atender uma rota, ou seja, as rotas de Cabinda, Catumbela, Lubango e Soyo têm um índice de preferência observado (P_{se}) = 1 e as demais rotas têm o (P_{se}) = 0, o que significa que nunca foram utilizadas aeronaves pequenas nas rotas do Luena, Huambo, Menongue, Kuito, Ondjiva e Saurimo.

Para garantir a solução ótima da escolha do tipo de aeronave a ser utilizada em cada rota, foi utilizada a programação linear.

De forma a obter dados de fluxos de tráfego entre os aeroportos domésticos, foi necessário recorrer à base de dados da companhia aérea TAAG.

¹³ TAAG, 2019

* Falta receber quatro das seis aeronaves compradas

Desta feita, foram utilizados os dados relativos ao ano de 2019 para cada origem – destino.

Depois de uma breve análise ao relatório de contas da TAAG, verificámos que a situação atual apresenta uma margem negativa em todas rotas.

Esta margem negativa é resultado da situação económica que o país enfrenta, e a concorrência desleal.

Com a grande redução de passageiros, a companhia aérea viu-se obrigada a reduzir a frequência de voos e praticar preços mais baixos.

Tabela 6 : Margem Operacional semanal, 2019 – Fonte TAAG

	Rota	Aeronave	LF%	TM (USD)	PAX	Lucro (USD)
1	Luanda ↔ Cabinda	B73G	93%	33	2016	-104 068,82
2	Luanda ↔ Catumbela	B73G	54%	95	594	-19 494,96
3	Luanda ↔ Dundo	B73G	53%	111	195	-19 231,69
4	Luanda ↔ Huambo	B73G	62%	110	438	-8 483,40
5	Luanda ↔ Kuito	B73G	51%	69	64	-2 054,85
6	Luanda ↔ Lubango	B73G	62%	102	600	-8 052,74
7	Luanda ↔ Luena	B73G	57%	101	207	-14 585,35
8	Luanda ↔ Menongue	B73G	55%	79	69	-4 214,09
9	Luanda ↔ Namibe	B73G	62%	115	222	-4 472,52
10	Luanda ↔ Ondjiva	B73G	64%	99	228	-23 870,17
11	Luanda ↔ Saurimo	B73G	56%	109	201	-15 465,83
12	Luanda ↔ Soyo	B73G	54%	54	330	-20 452,68
			Σ	1 077	372 588	-244 447,12

A tabela 6 representa o resultado operacional doméstico semanal da TAAG no ano de 2019, sendo de salientar que nesse ano a frota da companhia era constituída apenas com aeronaves do tipo Boeing 737.

Com resultados negativos em todas as rotas, a TAAG registava semanalmente um saldo negativo na ordem dos USD -245 mil dólares.

Só a rota de Cabinda representava cerca 43% da margem negativa da companhia aérea.

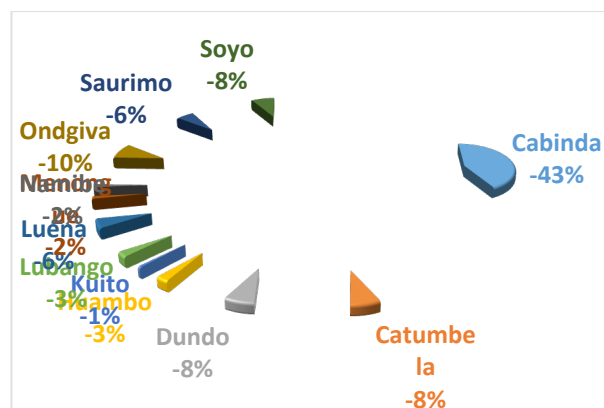


Figura 8: Distribuição da Margem Operacional semanal por rotas – Fonte TAAG

Em 2020 a TAAG recebeu dois novos aviões do tipo Dash-Q400, com a capacidade de 74 lugares, distribuídos em dois segmentos: 64 lugares para a classe económica e 10 lugares para a classe executiva.

Respeitando a programação da companhia, as novas aeronaves vão servir inicialmente as rotas de Cabinda, Catumbela, Lubango e Soyo.

Tabela 7: Margem operacional, 2020 – Fonte TAAG

	Rota	Aeronave	LF%	Frequência semanal	Lucro (USD)
1	Luanda ↔ Cabinda	Q400	81%	11	-76 699,90
2	Luanda ↔ Catumbela	Q400	86%	3	1 683,22
3	Luanda ↔ Dundo	B73G	64%	2	-13 405,96
4	Luanda ↔ Huambo	B73G	79%	4	1 451,29
5	Luanda ↔ Kuito	B73G	69%	2	-6 356,54
6	Luanda ↔ Lubango	Q400	85%	3	1 409,81
7	Luanda ↔ Luena	B73G	69%	2	-11 687,39
8	Luanda ↔ Menongue	B73G	50%	2	-16 339,85
9	Luanda ↔ Namibe	Q400	73%	2	-4 442,12
10	Luanda ↔ Ondgiva	B73G	85%	2	-10 403,93
11	Luanda ↔ Saurimo	B73G	85%	2	-5 293,38
12	Luanda ↔ Soyo	Q400	68%	4	10 102,81
	Σ			39	-129 981,96

A situação atual apresenta uma margem negativa em quase todas rotas, com exceção de Catumbela, Huambo, Lubango e Soyo.

Esta margem negativa é resultado da situação econômica que o país enfrenta e a situação epidémica global. A combinação destes dois fatores motivou a forte queda do número de passageiros, obrigando a companhia a reduzir a frequência de voos nacionais e internacionais.

Os dados utilizados na tabela 7 são referentes ao ano de 2020. Devido a forte variação na procura e à redução da frequência, não consideraremos os dados de 2020. Catumbela, Huambo, Lubango e Soyo são as principais rotas geradoras de rendimentos, sendo que as demais apresentam prejuízos.

A pior performance na geração de rendimento é a rota de Cabinda com um saldo negativo da ordem dos USD -76.699,90 , tendo o maior número de frequência de voos. Catumbela tem o maior load factor e apresenta um nível de ociosidade no espaço não rentabilizado (14%).

É importante realçar que a rota de Cabinda é bastante concorrida e que os concorrentes praticam preços baixos, o que obriga a TAAG a praticar preços semelhantes por imposição do ainda único acionista – o Estado.

4.2. Variação da procura e do preço dos bilhetes

Com objetivo de rentabilizar as rotas domésticas da TAAG, desenvolvemos uma série de tentativas até chegar ao resultado minimalista óptimo, utilizando o incremento de até 10%, 20% e 30% no preço dos bilhetes.

A incapacidade de controlar e prever a procura leva-nos a tomar decisões com base naquilo que pensamos que seja o comportamento esperado do mercado.

Deste modo, geramos valores aleatórios para previsão de lugares vendidos, assumimos que o número máximo de assentos ocupados é igual ao do ano 2019 e o número mínimo de assentos disponíveis é -10% do número máximo de assentos ocupados em 2019.

Na primeira fase, admitimos que o preço do bilhete varia aleatoriamente entre +1% e +10% do preço do assento, onde o valor mínimo é igual ao preço praticado em 2019 com um incremento de até 10%, seguindo uma distribuição de probabilidade uniforme.

Considerámos que existe uma elasticidade linear dos preços, isto é, o volume de vendas dos bilhetes depende do preço praticado.

Tabela 8: Aumento de 10% no preço dos bilhetes

	Rota	Aeronave	TM	Frequência semanal	Lucro (USD)
1	Luanda ↔ Cabinda	Q400	36,29	18	-44 832,85
2	Luanda ↔ Catumbela	Q400	95,13	9	9 069,88
3	Luanda ↔ Dundo	B73G	115,75	3	-19 198,34
4	Luanda ↔ Huambo	B73G	112,85	6	-8 463,72
5	Luanda ↔ Kuito	B73G	70,55	1	-1 995,54
6	Luanda ↔ Lubango	Q400	104,42	8	11 608,65
7	Luanda ↔ Luena	B73G	103,60	3	-14 607,90
8	Luanda ↔ Menongue	B73G	79,88	1	-4 215,57
9	Luanda ↔ Namibe	Q400	118,23	3	-4 453,29
10	Luanda ↔ Ondjiva	B73G	101,22	3	-23 909,51
11	Luanda ↔ Saurimo	B73G	109,91	3	-15 474,77
12	Luanda ↔ Soyo	Q400	54,0,7	5	-3 848,55
		Σ	1 047,83	39	-120 321,51

Depois de adicionados até 10% no preço dos bilhetes, conseguimos uma melhoria significativa na rota da Catumbela e Lubango, com uma margem positiva na ordem dos USD 9.069,88 e USD 11.608,65, respetivamente.

Foi possível reduzir a -7,4% (USD -9.660,45) da margem negativa.

Cabinda continua como a rota menos rentável, representando -28% (USD - 44 832,85) do valor total.

Apesar de voar com o avião quase lotado (LF=99%), Cabinda continua a ser a menos rentável de todas, isto porque o preço do bilhete é muito inferior ao custo efetivo por assento.

Dundo tem uma elevada ociosidade no espaço não rentabilizado (48%).

Só Lubango e Cabinda estão a voar com o avião quase lotado (LF=99%) e as restantes estão a voar com quase metade do avião vazio.

Tabela 9: Aumento de 20% no preço dos bilhetes

	Rota	TM	Frequência semanal	Lucro (USD)
1	Luanda ↔ Cabinda	38,76	18	-41 496,71
2	Luanda ↔ Catumbela	130,85	9	15 914,36
3	Luanda ↔ Dundo	123,31	3	-1 958,11
4	Luanda ↔ Huambo	131,98	6	-4 345,21
5	Luanda ↔ Kuito	81,83	1	-1 690,43
6	Luanda ↔ Lubango	104,42	8	11 608,65
7	Luanda ↔ Luenene	115,89	3	-13 297,49
8	Luanda ↔ Menongue	90,98	1	-3 870,26
9	Luanda ↔ Namibe	137,00	3	-2 271,64
10	Luanda ↔ Ondjiva	115,79	3	-22 505,36
11	Luanda ↔ Saurimo	129,90	3	-13 879,53
12	Luanda ↔ Soyo	64,34	5	-2 589,06
			39	-80 380,79

Quando acrescentados 20% no preço dos bilhetes, verifica-se um aumento significativo da margem operacional positiva nas rotas de Lubango e Catumbela.

As demais rotas continuam com valores negativos, com ênfase nas rotas de Cabinda, Ondjiva, Saurimo e Luenene. Estas rotas representam cerca de -68% do valor negativo total nas rotas domésticas.

Com o aumento de 20% conseguimos reduzir de forma significativa a margem negativa da rota do Dundo de USD -19 198,34 para USD -1 958,11.

De modo geral, a margem total negativa sofreu uma redução de USD -129 981,96 para USD -80 380,79, o que representa uma redução de 66,81% dos valores negativos.

Ainda só foi possível rentabilizar as rotas de Catumbela e Lubango.

Verifica-se nestas rotas que o índice de preferência de aeronaves do tamanho pequeno é bastante alto. As rotas com os aviões da B737 têm grandes dificuldades em rentabilizar a sua operação.

A tabela seguinte mostra os resultados obtidos depois de um incremento de até 30% no preço dos bilhetes.

Tabela 10: Aumento de 30% no preço dos bilhetes

	Rota	Aeronave	Frequência semanal	Lucro (USD)
1	Luanda ↔ Cabinda	Q400	18	-38 373,69
2	Luanda ↔ Catumbela	Q400	9	11 564,67
3	Luanda ↔ Dundo	B73G	3	-50,06
4	Luanda ↔ Huambo	B73G	6	-36,03
5	Luanda ↔ Kuito	B73G	1	-1 284,76
6	Luanda ↔ Lubango	Q400	8	22 031,62
7	Luanda ↔ Luena	B73G	3	-11 302,68
8	Luanda ↔ Menongue	B73G	1	-3 354,59
9	Luanda ↔ Namibe	Q400	3	-371,96
10	Luanda ↔ Ondjiva	B73G	3	-20 249,79
11	Luanda ↔ Saurimo	B73G	3	-11 982,96
12	Luanda ↔ Soyo	Q400	5	-996,24
			39	-54 406,47

Para um aumento de 30% no preço dos bilhetes, verifica-se que apenas as mesma duas rotas continuam a ter valores positivos (incremento positivo de USD 4 349,69).

A margem global negativa desceu para USD -54 406,47, o que representa um aumento de +55%.

Com um aumento de 30% no preço dos bilhetes não é possível reverter a margem global negativa para positiva.

As rotas servidas pelo avião do tipo B737 apresentam resultados negativos, sendo que só se verifica alteração positiva quando aumentado +40% no preço dos bilhetes.

Na segunda fase, admitimos que o preço do bilhete varia aleatoriamente com um acréscimo entre 1% e 30% por assento, seguindo uma distribuição de probabilidade uniforme.

Considerámos que existe uma elasticidade linear dos preços, isto é, o volume de vendas dos bilhetes depende do preço praticado, tal como na primeira fase.

Vamos analisar três cenários, acrescentando 10%, 20% e 30% no preço dos bilhetes, e 10% na procura, admitimos que a procura é constante.

Tabela 11: Aumento de 10%,20% e 30% no preço dos bilhetes e 10% na procura

	Rota	10%	20%	30%
1	Luanda ↔ Cabinda	-44 412,79	-39 986,67	-35 658,24
2	Luanda ↔ Catumbela	21 173,25	26 837,48	33 623,10
3	Luanda ↔ Dundo	-16 314,91	-13 900,96	-11 607,59
4	Luanda ↔ Huambo	1 900,78	5 134,87	12 789,56
5	Luanda ↔ Kuito	-1 995,54	-675,39	-275,40
6	Luanda ↔ Lubango	16 171,92	22 671,01	28 730,31
7	Luanda ↔ Luena	-10 308,17	-8 258,05	-5 958,23
8	Luanda ↔ Menongue	-3 153,72	-2 631,28	-1 933,32
9	Luanda ↔ Namibe	679,60	3 519,54	4 841,67
10	Luanda ↔ Ondgiva	-20 343,16	-17 620,70	-15 308,32
11	Luanda ↔ Saurimo	-10 889,05	-8 793,42	-6 044,21
12	Luanda ↔ Soyo	10,08	1 759,06	3 076,58
		-67 481,71	-31 944,51	6 275,91

Com o aumento de 10% no preço do bilhete e na procura, é possível verificar um aumento de rotas rentáveis, apesar da pouca margem de segurança.

Catumbela lidera a lista das rotas rentáveis com 14% do valor total, Cabinda continua a liderar a lista de rotas menos rentáveis, representando -30%.

Juntam-se às rotas rentáveis a rota do Huambo, Soyo e Namibe.

Ainda assim continuamos a ter um resultado negativo de USD -67 481,71 .

Este resultado só altera quando aumentado 30% no valor do bilhete e 10% na procura. O resultado é positivo na ordem dos USD 6 275,91.

Mesmo com o resultado positivo, é possível verificar que sete das dozes rotas continuam com uma margem negativa. Com exceção de Cabinda, as outras têm uma ociosidade no espaço não rentabilizado de aproximadamente 35%.

Com esta possibilidade de rentabilizar as rotas com margens negativas, é possível aumentar o lucro da companhia, conforme Tabela 12.

Tabela 12 Resultado operacional final

	Rota	Aeronave	Frequência semanal	Lucro (USD)
1	Luanda ↔ Cabinda	Q400	18	4 283,8
2	Luanda ↔ Catumbela	Q400	9	33 623,10
3	Luanda ↔ Dundo	Q400	3	306,43
4	Luanda ↔ Huambo	Q400	6	12 789,56
5	Luanda ↔ Kuito	B73G	1	68,82
6	Luanda ↔ Lubango	Q400	8	28 730,31
7	Luanda ↔ Luena	B73G	2	1 837,97
8	Luanda ↔ Menongue	Q400	1	186,77
9	Luanda ↔ Namibe	Q400	3	4 841,67
10	Luanda ↔ Ondgiva	B73G	2	3 712,82
11	Luanda ↔ Saurimo	B73G	2	1 913,29
12	Luanda ↔ Soyo	Q400	5	3 076,58
				95 371,12

Na demonstração final da Tabela 12, a taxa de ocupação da rota de Cabinda é de 100%, sendo que para rentabilizar a rota é preciso vender o bilhete com um acréscimo de +122% no preço do bilhete, gerando assim um resultado positivo de USD 4.283,8 .

A rota Dundo apresenta uma procura muito baixa e o histórico de assentos vendidos para aquela rota não cresce desde 2014, sendo para nós que a melhor solução encontrada para esta rota consiste na alteração do tipo de aeronave e no aumento de 20% no preço do bilhete.

Uma aeronave do tipo *Dash Q400* acarreta menos custos e é possível viajar com um *load factor* na ordem dos 87% a 90%.

A solução para a Dundo pode ser aplicada na rota do Kuito e do Menongue, sendo para nós que a melhor solução encontrada para estas rota consiste na alteração do tipo de aeronave e no aumento de 40% no preço do bilhete.

Para a rota de Luena e Saurimo foram encontradas duas soluções possíveis. A primeira solução consiste na redução do número de voos, passando a ter uma frequência de dois voos por semana em vez de três, aumentando 20% no preço do bilhete.

A segunda alternativa consiste na alteração do tipo de aeronave, mas, tendo em conta que a TAAG ainda só dispõe de dois aviões *Dash Q400* na sua frota, não é possível servir as todas as rotas com aeronaves do tipo *Dash Q400* (que será a solução futura quando recebidas as 6 aeronaves encomendadas).

5. Conclusão

Com este trabalho tive a oportunidade de pôr em prática os conhecimentos adquiridos durante a formação e ao longo das pesquisas efetuadas para o desenvolvimento do mesmo, tive ainda a oportunidade de trocar ideias com profissionais do ramo e conhecer de perto o mundo do trabalho.

A companhia aérea nacional de Angola (TAAG - Linhas Aéreas de Angola) encontra-se num contexto de recessão económica a nível doméstico. Novos modelos de negócio devem ser estudados e implementados com urgência, modelos que aumentem as receitas e invertam o crescimento da dívida.

Com o propósito de dar respostas às questões de partida e dar o meu contributo para inverter o quadro atual da companhia aérea no sector doméstico, aplicamos o modelo de três estágios e uma programação linear uniforme à realidade atual da companhia aérea.

Inicialmente, consideramos a frota da companhia constituída apenas com seis (6) aeronaves do tipo Boeing737, e apresentava uma margem operacional semanal negativa de USD -244 447,12, com prejuízo em todas as rotas, onde a rota de Cabinda representa 43% da margem negativa do total do segmento doméstico.

Com a implementação de duas (2) novas aeronaves do tipo Dash-Q400, o resultado operacional teve uma redução semanal de 46,8% (USD -114 465,16), sendo que as rotas de Catumbela, Huambo, Lubango e Soyo apresentam uma margem operacional positiva.

Com o objetivo de rentabilizar as rotas domésticas, adicionamos um incremento de 10%,20% e 30% no preço dos bilhetes e 10% na procura, sendo possível verificar um lucro semanal operacional positivo na ordem dos USD 6 275,91, com cinco rotas com margens positivas e sete rotas com margens negativas.

A rota de Cabinda é a menos rentável das doze rotas, mesmo voando com o avião lotado. Esta rota conta com fortes concorrentes, como a Sonair e até mesmo a Força Aérea Nacional (FAN).

A concorrência pratica preços baixos, o que dificulta a mudança do quadro atual negativo da TAAG.

A solução encontrada para rentabilizar a rota de Cabinda a uma margem semanal positiva de USD 4 283,8, resultou do aumento de +122% no preço do bilhete.

Com o encerramento da companhia aérea Sonair, a proibição da FAN efetuar voos civis e fiscalização económica das demais operadoras nacionais, a TAAG vai poder aumentar a quota de mercado nas rotas de Cabinda, Lubango, Catumbela e nas demais rotas nacionais, e adicionar à sua frota dois aviões Boeing 737–700.

Está em estudo ainda a possibilidade da companhia aérea aumentar a frota com 13 aviões bimotores turbo-hélices Beechcraft 1900D.

Com melhorias na rota de Cabinda, Luena, Saurimo, Dundo, Kuito e Menongue, foi possível rentabilizar a margem operacional semanal doméstica em USD 95 371,12, com a possibilidade de maximizar todas as rotas servidas com o B737.

No desenvolvimento do trabalho tive algumas limitações, começando com a pouca informação disponibilizada na *internet* sobre a TAAG, reduzida partilha de documentos e pouca informação útil nos documentos partilhados.

Concluído o trabalho, seguem-se algumas sugestões para investigações futuras:

- Examinar o modelo de demonstrações financeiras da companhia aérea;
- Realizar estudos de possíveis voos em rede *Hub-and-Spoke*;
- Avaliar o modelo de gestão de risco da companhia, nomeadamente o risco cambial.

6. Referências

- Alderighi, M., Cento, A., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (2007). Assessment of new hub-and-spoke and point-to-point airline network configurations. *Transport Reviews*, 27(5), 529–549.
<https://doi.org/10.1080/01441640701322552>
- Belobaba, P. (2009). The Airline Planning Process. *The Global Airline Industry*, 153–181.
<https://doi.org/10.1002/9780470744734.ch6>
- Belobaba, P. (2009a). Overview of Airline Economics, Markets and Demand. *The Global Airline Industry*, 47–72.
<https://doi.org/10.1002/9780470744734.ch3>
- Reynolds-Feighan, A. J. (1998). The impact of U.S. airline deregulation on airport traffic patterns. *Geographical Analysis*, 30(3), 234–253. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1998.tb00398.x>
- Brueckner, J. K. (2004). Network structure and airline scheduling. *Journal of Industrial Economics*, 52(2), 291–312.
<https://doi.org/10.1111/j.0022-1821.2004.00227.x>
- Dožić, S., & Kalić, M. (2015). Three-stage airline fleet planning model. *Journal of Air Transport Management*, 46, 30–39.
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.03.011>
- Goedeking, P. (2010). Networks in Aviation. *Networks in Aviation*.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-13764-8>
- Jeng, C. (1988). An idealized model for understanding impacts of key network parameters on airline routing. *Transportation Record Research*, 1158, 5–13.
- Lai, M. F., & Lo, H. K. (2004). Ferry service network design: Optimal fleet size, routing,

and scheduling. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(4), 305–328.

<https://doi.org/10.1016/j.tra.2003.08.003>

Schmidberger, S., Bals, L., Hartmann, E., & Jahns, C. (2009). Ground handling services at European hub airports: Development of a performance measurement system for benchmarking. *International Journal of Production Economics*, 117(1), 104–116.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.10.006>

Schossner, M. (2020). Big Data to Improve Strategic Network Planning in Airlines. In *Big Data to Improve Strategic Network Planning in Airlines*.

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-27582-2>

Wang, Y. (2014). PMP-based optimization method for determining airline fleet composition. *Applied Mechanics and Materials*, 505–506, 645–649.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.505-506.645>

Wu, C. L. (2006). Improving airline network robustness and operational reliability by sequential optimisation algorithms. *Networks and Spatial Economics*, 6(3–4), 235–251.

<https://doi.org/10.1007/s11067-006-9282-y>

Yang, T. H. (2010). A two-stage stochastic model for airline network design with uncertain demand. *Transportmetrica*, 6(3), 187–213.

<https://doi.org/10.1080/18128600902906755>

O’Connell, J. F. (2018). The global airline industry. In *The Routledge Companion to Air Transport Management*.

<https://doi.org/10.4324/9781315630540>

West, D., & Bradley, J. (2008). Airline flight networks, cycle times, and profitability: 2004–2006. *Operations Management Research*, 1(2), 129–140.

<https://doi.org/10.1007/s12063-009-0014-6>

Teixeira, S. (2005). *Gestão das Organizações 2a Edição*.

Anexo A – Matriz de coordenadas e distâncias de todos os destinos

Cidade	Aeroporto	Coordenadas	Latitude	Longitude	Distância (km)
Luanda	LAD	-8° 55' 0.012" N 13° 20' 21.264" E	-8.91667	13.33924	0
Cabinda	CAB	-5° 33' 0.000" N 12° 12' 0.000" E	-5.55	12.2	380
Catumbela	CBT	-12° 25' 53.744" N 13° 32' 40.821" E	-12.4315955	13.5446725	405
Dundo	DUE	-7° 22' 29.693" N 20° 50' 1.412" E	-7.3749148	20.8337256	850
Huambo	NOV	-12° 46' 33.996" N 15° 44' 21.012" E	-12.77611	15.73917	517
Kuito	SVP	-12° 22' 59.274" N 16° 56' 33.174" E	-12.3831318	16.9425484	562
Lubango	SDD	-14° 55' 10.333" N 13° 29' 23.319" E	-14.919537	13.4898109	675
Luena	LUO	-11° 46' 44.528" N 19° 54' 44.163" E	-11.7790355	19.9122676	794
Menongue	SPP	-14° 39' 39.856" N 17° 40' 55.321" E	-14.6610712	17.6820336	808
Namibe	MSZ	-15° 11' 45.996" N 12° 9' 7.992" E	-15.19611	12.15222	715
Ondgiva	VPE	-16° 30' 36.324" N 15° 26' 6.936" E	-16.51009	15.43526	947
Saurimo	VHC	-9° 26' 0.347" N 20° 18' 42.480" E	-9.4334297	20.3118	809
Soyo	SZA	-6° 8' 5.640" N 12° 22' 8.184" E	-6.1349	12.36894	326