

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Bruno Cesar Mourão de Melo

**A UTILIZAÇÃO DE AERONAVES SUPERSÔNICAS PARA O
TRANSPORTE DE PASSAGEIROS**

Taubaté – SP

2017

A UTILIZAÇÃO DE AERONAVES SUPERSÔNICAS PARA O TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

Bruno Cesar Mourão de Melo¹ - melo.bcm@hotmail.com

Pedro Augusto Silva Alves² - pedro.alves@unitau.com.br

(1) Aluno do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

(2) Professor Docente do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Resumo

Com as constantes mudanças no mercado, a indústria aeronáutica encontra a necessidade de se adequar às novas tecnologias e requerimentos, visando a diminuição de custos operacionais e de manutenção de seus produtos, além de satisfazer uma crescente demanda de passageiros que está cada vez mais exigente quanto à preços, praticidade e, principalmente, tempo gasto em viagens. Com base neste contexto, este trabalho tem como objetivo expor a oportunidade mercantil da introdução de aeronaves supersônicas no mercado atual de aviação comercial. Esta exposição será feita por meio de um estudo de mercado avaliando público-alvo e possíveis nichos de aplicação da aeronave. Ao final deste trabalho será possível observar uma fatia do mercado aeronáutico que permanece vaga desde o começo do século com uma imensa oportunidade de negócio, incentivando a concorrência e oferecendo aos usuários uma nova alternativa no transporte aéreo.

Palavras - chave: Superônica; SST; Transporte.

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / Unitau - Biblioteca das Engenharias**

M528u Melo, Bruno Cesar Mourão de
A utilização de aeronaves supersônicas para o transporte
de passageiros. / Bruno Cesar Mourão de Melo. - 2017.

38f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Aeronáutica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2017

Orientador: Prof. Me Pedro Augusto Silva Alves,
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. Supersônica. 2. SST. 3. Transporte. I. Título.

Abstract

With the constant changes in market trends the aeronautical industry must follow the innovative technologies and requirements, aiming at the reducing of operational and maintenance costs of its products, as well as please a growing demand of passengers that are increasingly demanding on prices, practicality and, mainly, time spent on trips. Based on this context, this paper aims to show a commercial opportunity for the introduction of supersonic aircraft in the current commercial aviation market, established through a market study of the target audience and aircraft application niche market. At the end of this paper will be possible to notice a portion of the aeronautical market that has remained vacant since the beginning of the century with an immense business opportunity, encouraging competition and offering the users a new alternative in air transportation.

Keywords: *Supersonic; SST; Transport.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EUA	Estados Unidos da América
FAA	Federal Aviation Administration
FO	Foreign Object
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OEM	Original Equipment Manufacturer
QSST	Quiet Supersonic Transport
SST	Supersonic Transport

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Concorde.....	10
Figura 02 – Tupolev TU-144.....	11
Figura 03 – Previsão futura dos 10 maiores mercados de passageiros.....	12
Figura 04 – Principais razões para viagens aéreas nos EUA em 2016.....	13
Figura 05 – Segmentação de mercado e público.....	15
Figura 06 – Custos de Operação Direto.....	16
Figura 07 – Relação entre consumo específico e razão by-pass de motores aeronáuticos.....	17
Figura 08 – Custos de Operação Indireto.....	17
Figura 09 – Rotas aéreas comerciais do Concorde.....	18
Figura 10 – Mapa de ruído de uma aeronave comercial.....	21
Figura 11 – Região cônica e assinatura de pressão do estrondo sônico.....	22
Figura 12 – Modelo anterior e proposto do design de jatos supersônicos.....	23
Figura 13 – XB-1.....	24
Figura 14 – AS2.....	25
Figura 15 – SonicStar.....	25
Figura 16 – S-512.....	26
Figura 17 – Modelo de rotas comerciais para aeronaves supersônicas.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - As 5 rotas aéreas domésticas mais ocupadas em 2015.....	19
Quadro 02 - As 5 rotas aéreas internacionais mais ocupadas em 2015.....	19
Quadro 03 - Maiores causas de estresse em viagens de negócios.....	29
Quadro 04 - Aeroportos com alta demanda de passageiros em 2015.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Justificativa do Tema.....	8
1.2	Objetivo.....	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1	Perspectiva Histórica	9
2.1.1	Concorde	9
2.1.2	Tupolev TU-144.....	10
2.2	Cenário Atual	11
2.2.1	Demanda e Mercado	11
2.2.2	Público Alvo.....	13
2.2.3	Custos	16
2.2.3.1	Custos de Operação Direto	16
2.2.3.2	Custo de Operação Indireto.....	17
2.2.4	Estudo de Rotas.....	18
2.2.5	Impactos Ambientais.....	20
2.3	Perspectivas do Futuro	22
2.3.1	XB-1.....	24
2.3.2	AS2.....	24
2.3.3	SonicStar	25
2.3.4	Spike S-512	26
3	METODOLOGIA	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5	CONCLUSÕES	33

1 INTRODUÇÃO

É visível a evolução tecnológica que indústria aeroespacial vem sofrendo nas últimas décadas em uma razão quase que exponencial, o que justifica a alta frequência nos lançamentos de aeronaves que as empresas apresentam ao mercado, sejam estas para explorar um novo público ou para atualização de aeronaves já existentes, visando a diminuição dos custos de manutenção, a aplicação de materiais compósitos em larga escala, aeronaves com motores mais eficientes, baixo consumo de combustível e conscientização no controle de poluentes emitidos ao ambiente. Paralelamente a este cenário, ocorre uma verdadeira corrida supersônica, onde as tecnologias atuais e as exigências de mercado abrem as portas novamente para aeronaves visando o transporte de passageiros em velocidades acima da velocidade do som.

Viagens supersônicas acessíveis ao público trazem enormes vantagens em um mundo que vem tendendo à uma globalização total dia após dia, onde informações são passadas e repassadas em questões de segundos para o outro lado do globo. Logo, vê-se a necessidade de diminuir o tempo que pessoas gastam em viagens internacionais e, principalmente, intercontinentais, justificando os repetidos esforços em pesquisas e trabalhos realizados por grandes empresas do setor, como *Boeing*, *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, *Airbus* e *Lockheed*, com o objetivo de trazer jatos supersônicos ao alcance do cliente.

Entretanto, experiências passadas mostram que os passos rumo a utilização de aeronaves deste tipo devem ser dados com cautela. Apesar da aceitação do público em geral, o custo em projeto e o custo de operação destas aeronaves se mostrou fora da realidade das empresas aéreas nas décadas em que estas estavam em atividade. As duas únicas referências que se pode tomar como modelo, o *Concorde* (Reino Unido/França) e o *Tupolev TU-144* (União Soviética) tiveram suas vidas de operação encurtadas após acidentes marcantes, os quais não justificavam os gastos necessários para operá-los.

Diante destes, é notável a tendência tecnológica que nos levará em breve a observar aeronaves supersônicas transportando passageiros ao redor do mundo. Porém, estudos devem ser feitos e medidas devem ser tomadas para que erros do passado não sejam cometidos novamente.

Neste trabalho, será exposto a oportunidade de mercado que estas aeronaves irão encontrar, enfatizando também as barreiras operacionais e financeiras que deverão ser superadas.

1.1 Justificativa do Tema

A crescente demanda de passageiros no transporte aeronáutico traz o desafio de fabricantes e empresas aéreas estarem em constante evolução no cenário mercantil aéreo, visando a inovação e se manter em um alto nível de competitividade. Neste cenário, impulsionado pela constante evolução tecnológica, a entrada no mercado de aeronaves supersônicas para o transporte de passageiros ao redor do mundo é tratada cada vez mais como uma realidade.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é abordar e explorar os temas e conceitos referentes a utilização de aeronaves supersônicas para o transporte de passageiros, as quais vem ganhando pesquisas e estudos dedicados nos últimos anos. Será apresentado um estudo relatando os principais pontos a serem observados para a utilização deste tipo de aeronave, tanto positivos quanto negativos. Além destes, será apresentado também os principais nichos de aplicação destas aeronaves, assim como uma expectativa para o futuro por meio de uma pesquisa de mercado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Perspectiva Histórica

Para melhor entendimento do mercado de aeronaves supersônicas com o objetivo de transportar passageiros, é necessário observar experiências passadas.

No final da década de 1940 e início da década de 1950, os primeiros jatos militares supersônicos começam a ser desenvolvidos devido aos imensos avanços tecnológicos que o período pós Segunda Guerra Mundial trouxe às indústrias bélicas. Logo, a ideia de exportar essa tecnologia para a aviação comercial foi apenas questão de tempo. O primeiro relatório de uma aeronave *Supersonic Transport (SST)* conceito é datada de 1955, no projeto do *Concorde*. Basicamente, um *SST* é uma aeronave de transporte civil que atinge velocidades acima da velocidade do som. Ao decorrer da história, teve-se apenas duas aeronaves nesta configuração a atuar em serviços regulares: o já citado *Concorde* e o *Tupolev TU-144*.

2.1.1 Concorde

O *Concorde* (Figura 01) é uma aeronave supersônica designada para o transporte civil com capacidade para até 128 passageiros. Devido aos altos custos do projeto, foi desenvolvido por um consórcio franco-britânico (*Aérospatiale*, da França e *British Aircraft Corporation*, do Reino Unido) entre os anos de 1965 e 1979. É uma aeronave turbo jato quadrimotora que obteve mais de 100 pedidos de compra de companhias aéreas de diversos países com o custo unitário de 23 milhões de libras esterlinas (valor de 1977; não corrigido). O alto custo de operação e, principalmente, a crise do petróleo dos anos 1970 fizeram com que muitos cancelamentos de pedidos ocorressem, sendo que em toda sua história o *Concorde*, com apenas 20 unidades produzidas, foi operado somente por companhias dos mesmos países que o desenvolveram, a inglesa *British Airways* e a francesa *AirFrance*.

Como sendo um dos primeiros *SSTs* desenvolvidos, o *Concorde* foi submetido a diversos testes que jamais nenhuma outra aeronave havia sido submetida. Se destacando pelo seu desenho singular com asa em delta e nariz que se deslocava para baixo, o jato conquistou números impressionantes. Conseguia atingir velocidades de até *Mach 2,04*, altitude máxima de operação de 60.000 pés e alcance máximo de quase 7.000 km, porém, foram outros números que começaram a justificar o fim das operações com o *Concorde*: os de consumo. Extremamente oneroso, seus motores chegavam a consumir 2 toneladas de combustível somente na fase de “taxiamento” em pista. Em média, seu consumo ficava próximo de 20 toneladas de combustível por hora. Por estes, o retorno financeiro pouco cobria as elevadas despesas de operação da aeronave (AVIAÇÃO HISTÓRICA, 2015).

No ano de 2000 o *Concorde* sofreu seu maior revés. Um acidente causado por um *Foreign Object (FO)*, resultou em 113 vítimas fatais, sendo 4 em solo, nos arredores de Paris. Após este evento, as aeronaves produzidas ficaram 15 meses fora de serviço para modificações, além de novas e rígidas regulamentações aeroportuárias introduzidas quanto à possíveis *FOs* nas pistas aeronáuticas. O *Concorde* voltou a voar nos anos seguintes, mas acabou por encerrar suas operações em definitivo no ano de 2003 (KELLY, 2005).

Figura 01. Concorde.



Fonte: Eduard Marmet (1986).

2.1.2 Tupolev TU-144

Na sombra de seu concorrente europeu, o *TU-144* (Figura 02) é uma aeronave supersônica produzida pela empresa soviética *Tupolev – Russian Design Bureau* no auge da Guerra fria, entre os anos de 1963 e 1983. Com 3 variantes, *TU-144*, *TU-144S* e *TU-144D*, foi o primeiro *SST* a decolar, em 1968, com dois meses de antecedência ao *Concorde*. É uma aeronave quadrimotora, que lhe concediam a velocidade máxima de *Mach 2,3*, com capacidade para até 120 passageiros (JACKSON, 2004).

O *SST* começou seus testes no início da década de 1970, quando sofreu o seu primeiro e maior revés. Em 1973, durante sua segunda apresentação no *XXX Paris Air Show* no aeroporto de *Le Bourget* - França, o primeiro *TU-144S* produzido (segunda variante da aeronave), sofreu um acidente em frente ao público e mídia da época, matando todos os seus 6 ocupantes e mais 8 pessoas em solo. Algumas teorias sobre a tragédia são especuladas até os dias de hoje, porém uma falha estrutural na asa é a mais aceita. O acidente cancelou imediatamente a produção do jato, marcando negativamente o futuro da aeronave (TU144SST, s.d.).

Limitada ainda pelos conflitos da época, o jato nunca conseguiu operar longe do seu território de origem, o que refletiu diretamente no número de aeronaves encomendadas. Apenas 16 foram produzidas. Como meio de transporte de passageiros, apenas 55 voos comerciais

foram realizados e 3284 passageiros foram transportados na rota Moscou – Alma-Ata, pela linha aérea soviética *Aeroflot* (TUPOLEV, s.d.)

Diversas pequenas falhas foram sendo detectadas ao longo dos anos que, em conjunto a acidentes de menor expressão, prejudicaram significativamente a operação regular do *TU-144*. Ofuscado ainda pelo sucesso do *Concorde*, a produção do *SST* foi cessada em 1982, nunca dando o retorno esperado pela *Tupolev*. Para James R. Hansen (2005, p. 172), “a coisa mais memorável que o soviético *TU-144* fez foi cair durante o Show Aéreo de Paris”.

Figura 02. Tupolev TU-144.



Fonte: NASA (1977).

2.2 Cenário Atual

Neste tópico, serão abordados os principais pontos a serem estudados, objetivando-se pela introdução de novos *SSTs* no mercado atual.

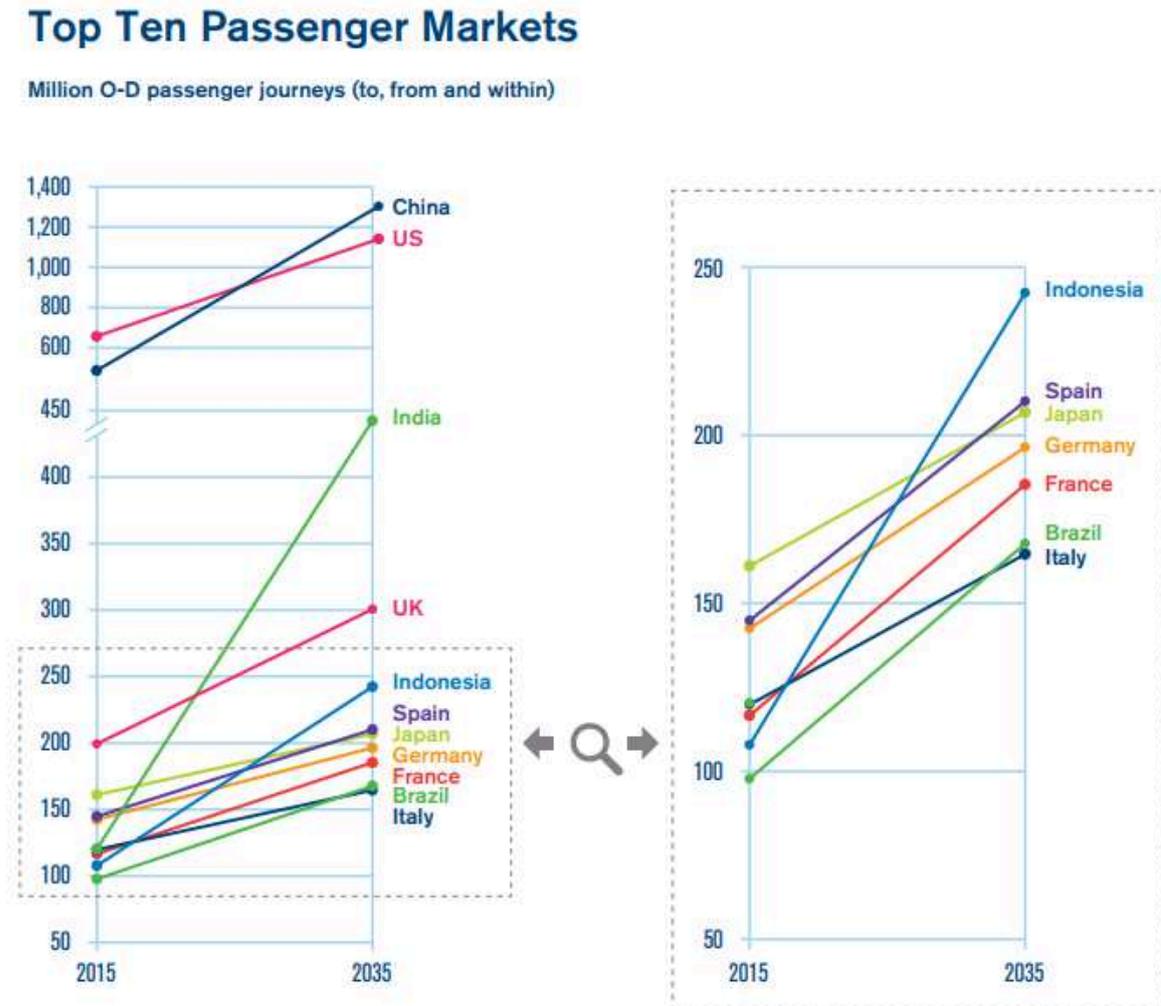
2.2.1 Demanda e Mercado

Sandroni (1999) afirma que “demanda (ou procura) é a quantidade de um bem ou serviço que um consumidor deseja e está disposto a adquirir por determinado preço e em determinado momento. Dessa forma, a demanda deve explicar o comportamento de um consumidor”.

Uma tendência observada após o começo das viagens no modal aéreo a partir do período pós Segunda Guerra Mundial é o aumento significativo, ano após ano, da demanda de passageiros que buscam por este tipo de transporte, impulsionado principalmente pelo crescimento da economia mundial, queda nos preços de passagens aéreas, aeronaves modernizadas e investimentos em infraestrutura aérea. Segundo a *International Air Transport Association* (IATA, 2016), espera-se que 7,2 bilhões de pessoas utilizem o transporte aéreo em 2035. Isso é quase o dobro dos 3,8 bilhões de pessoas que viajaram pelo transporte aéreo em 2016. Este número baseia-se em um crescimento de viajantes de 3,7% ao ano, estimado pela própria IATA.

A previsão do crescimento de passageiros (Figura 03) afirma que o maior impulsionador da demanda se dará na região Ásia-Pacífico. É esperado que a região seja fonte de mais da metade dos novos passageiros pelos próximos 20 anos.

Figura 03. Previsão futura dos 10 maiores mercados de passageiros.



Fonte: IATA (2016).

Destacam-se neste crescimento a Índia, como um mercado emergente de grande potencial ocupando a terceira posição nas próximas décadas, a Indonésia, como nova figurante entre os 10 maiores mercados aeronáuticos por passageiros do mundo e, principalmente, pela substituição da liderança do maior mercado aeronáutico do mundo com os Estados Unidos da América (EUA) cedendo o lugar para a China.

Com objetivo em atender a este notável crescimento de mercado, as *Original Equipment Manufacturers (OEMs)* aeronáuticas estão lançando com cada vez mais frequência aeronaves novas e atualizadas com o objetivo em atender a todos os nichos de mercado, porém nenhuma destas atua em regime supersônico, abrindo uma oportunidade comercial ainda a ser estudada e explorada (AIRLINES INFORM, s.d.).

2.2.2 Público Alvo

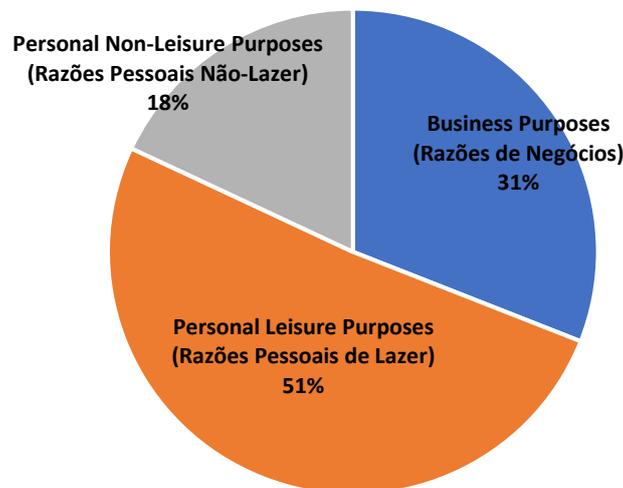
Basicamente, uma companhia aérea só adquire uma aeronave da qual ela esteja certa de sua ocupação. Para que isso seja possível, é necessário definir-se o público-alvo.

Para Danesi (2009), público alvo é um grupo de pessoas para qual um produto específico ou uma estratégia de publicidade é direcionada. Publicitários colhem informações de pessoas (através de discussões, entrevistas, etc.) para que se descubra tudo sobre eles e, então, reunir essas informações para que se determine o melhor caminho para anunciar-lhes seus produtos.

Segundo a *L.E.K.* (s.d.), firma global de consultoria estratégica, um dos principais pontos a serem observados para o crescimento da indústria da aviação é a proposta do consumidor.

Tendo como amostra os EUA, maior mercado aeronáutico do mundo (*IATA*, 2016), levantou-se as principais razões dos passageiros para a utilização do transporte aéreo, como apresentado na Figura 04.

Figura 04: Principais razões para viagens aéreas nos EUA em 2016.



Fonte: Statista (2006); adaptado pelo autor.

Já para a *Segmentation Study Guide* (s.d.), nós nos baseamos em que as companhias aéreas segmentarão seus clientes por classes de assentos, como classe econômica, classe executiva e primeira classe. No entanto, embora isso dê alguma indicação quanto à disposição de pagar pelo serviço adicional oferecido e à sensibilidade dos consumidores em relação aos preços, não nos dá a visão das necessidades e motivações destes em termos de suas necessidades de viagens aéreas.

Neste modelo de segmentação de mercado para as companhias aéreas, identificam-se cinco segmentos de públicos distintos (Figura 05), cada um com suas necessidades e diferentes abordagens de avaliação e compra:

- *We're off Again* (Viajantes Casuais): Estes são consumidores “não comerciais” que viajam frequentemente através de companhias aéreas. Geralmente, estas são pessoas com mais idade, aposentadas e que tenham tempo e dinheiro para saírem a lazer com certa frequência. Por serem viajantes experientes, é provável que sejam leais a um pequeno número de companhias aéreas, dependendo do destino final. Eles procuram alguns confortos durante a viagem e provavelmente não escolhem uma companhia aérea simplesmente com base no preço.
- *Loyal to Loyalty* (Viajantes Leais): O segundo segmento de mercado dos consumidores também são viajantes bastante regulares. Alguns podem viajar por negócios, mas a maioria viajará por motivos pessoais. Conforme sugerido pelo nome do seu segmento, eles são altamente fiéis por uma determinada companhia aérea. A principal motivação para sua forte lealdade é acumular pontos de fidelidade que geralmente podem ser trocados por voos gratuitos no futuro. Como consequência dessa fidelidade, eles formam uma visão emocional da companhia aérea (ou seja, vê-la como uma companhia aérea muito boa), e são muito menos sensíveis ao preço, além de estarem muito menos dispostos a considerar viagens por companhias aéreas alternativas. Este é um público-alvo ideal para as companhias, pois fornecem uma base de clientes a longo prazo.
- *Urgent Travelers* (Viajantes Urgentes): São usuários infrequentes das companhias aéreas e geralmente representam um segmento de mercado bastante pequeno em termos de tamanho. Esses consumidores têm uma necessidade urgente de viajar que geralmente é inesperada. Um exemplo de viagem urgente pode ser originado a participar de um casamento ou funeral, ter um parente doente ou ter alguma situação profissional que precisa de atenção imediata. Dado sua necessidade de viajar quase que instantaneamente, estes consumidores estão mais preocupados com a disponibilidade de voo, em vez de qualquer consideração com preço ou companhia aérea. As companhias normalmente retêm alguns assentos nos últimos dias antes do voo ser fechado a um preço *premium* (mais elevado), na expectativa de que uma certa proporção de consumidores terá esta necessidade imediata de viajar.

- *Business Travelers* (Viajantes de Negócios): Os viajantes de negócios geralmente formam uma grande proporção da base de clientes domésticos de uma companhia aérea. Muitas empresas têm operações em diferentes partes do país ou terão oportunidades de negócios em diferentes cidades, exigindo a necessidade de se realizar viagens com frequência. Geralmente, a empresa toma uma decisão para toda a sua organização quanto à escolha da companhia aérea, ao invés do viajante estar envolvido na decisão. Muitas destas empresas costumam reservar setores mais caros para seus funcionários. É usual deste mercado ser leal a uma companhia aérea, além de ser bastante insensível aos preços. Como resultado, é comum que a companhia organize um acordo contratual com grandes empresas, organizações e até órgãos governamentais a fim de ganhar uma proporção significativa desse segmento.
- *Budget Conscious* (Viajantes Econômicos): É o público que viaja com menor frequência, ou consumidores que percebem pouca diferença entre as companhias aéreas. A maioria dos mercados têm um grupo de consumidores que são mais sensíveis aos preços. Neste caso, os viajantes infrequentes não possuem a experiência para distinguir entre companhias aéreas e utilizam-se de uma decisão por preço para simplificar sua escolha. Os consumidores que visualizam pouca diferença entre as ofertas simplesmente apontam para o preço mais barato, pois representa o maior valor para eles, já que não enxergam nenhum benefício adicional associado a qualquer companhia aérea em particular. Em termos de segmento, é importante frisar que alguns destes consumidores são de baixa renda, mas outros estão simplesmente utilizando-se do preço como um ponto de diferenciação na decisão de compra.

Figura 05. Segmentação de mercado e público.



Fonte: Segmentation Study Guide (s.d.).

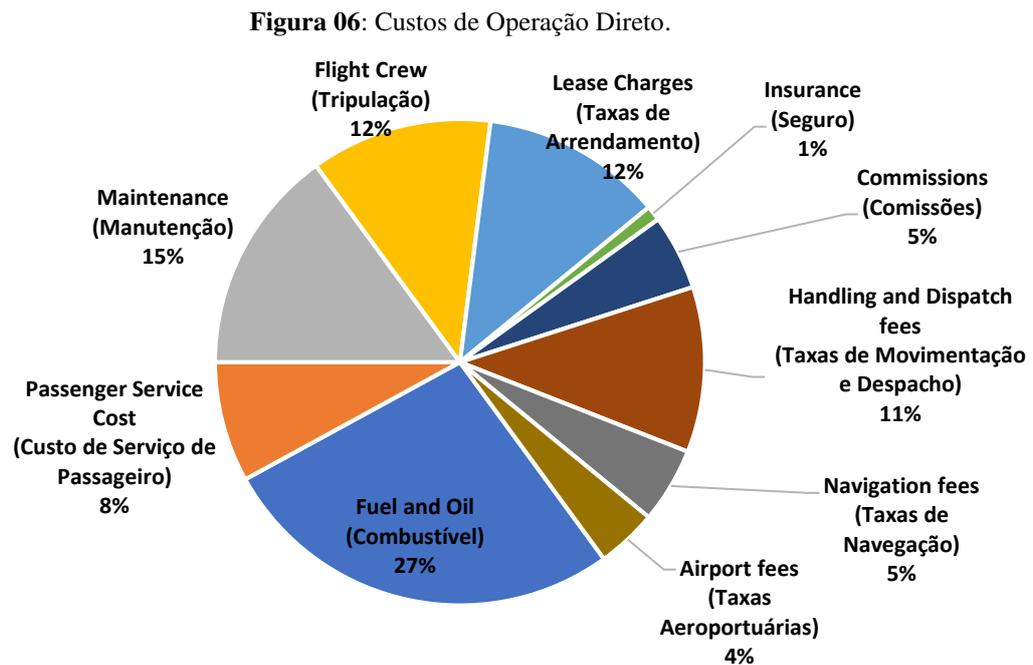
2.2.3 Custos

Segundo Femenick (2005), a palavra custo é atribuída aos dispêndios de uma maneira geral, onde podem ser aqueles voltados diretamente para a elaboração de produtos ou serviços, que se constituam no objeto social da empresa e que devem gerar receitas.

Em geral, no setor aeronáutico, o preço cobrado pela milha voada por passageiro deve cobrir todos os gastos do custo de milha voada por passageiro. Este custo é dividido em duas grandes categorias: Custos de operação direto e custos de operação indireto (WELLS; WENSVEEN, 2004).

2.2.3.1 Custos de Operação Direto

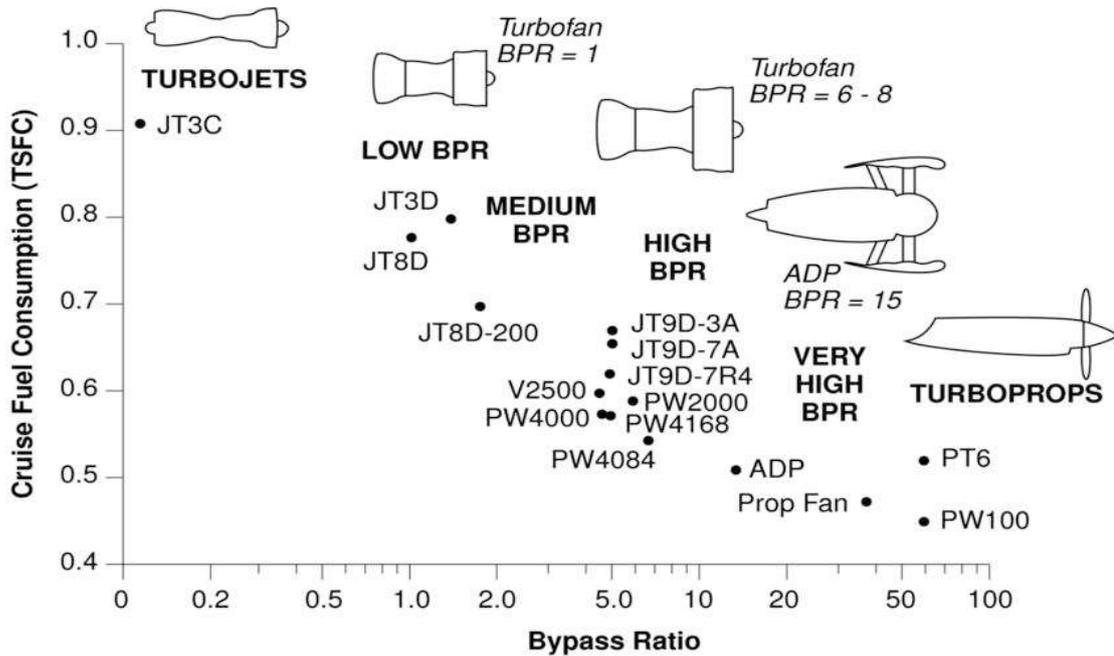
De acordo com a *International Civil Aviation Organization (ICAO, 2015)*, são todos os custos associados diretamente com o tipo de aeronave que está sendo operada, incluindo todas as despesas de um voo como salários da tripulação, taxas aeroportuárias, seguro, manutenção e combustível, como mostrado na Figura 06.



Fonte: SH&E (2003); adaptado pelo autor.

Observa-se que a maior porcentagem do custo direto provém do combustível. Aeronaves subsônicas com motores turbo hélice e *turbofan* prezaram no decorrer dos anos cada vez mais por grupos motopropulsores mais eficientes no consumo com maiores razões de *bypass* (relação entre a massa de ar que passa externamente ao núcleo do motor e a que passa através ao núcleo do motor [SKYBRARY, 2017]), algo difícil de se otimizar em aeronaves com motores turbo jato, além da evolução tecnológica. Estes motores elevam consideravelmente o consumo (Figura 07) e, conseqüentemente, o custo com combustível nestas aeronaves.

Figura 07. Relação entre consumo específico e razão by-pass de motores aeronáuticos.

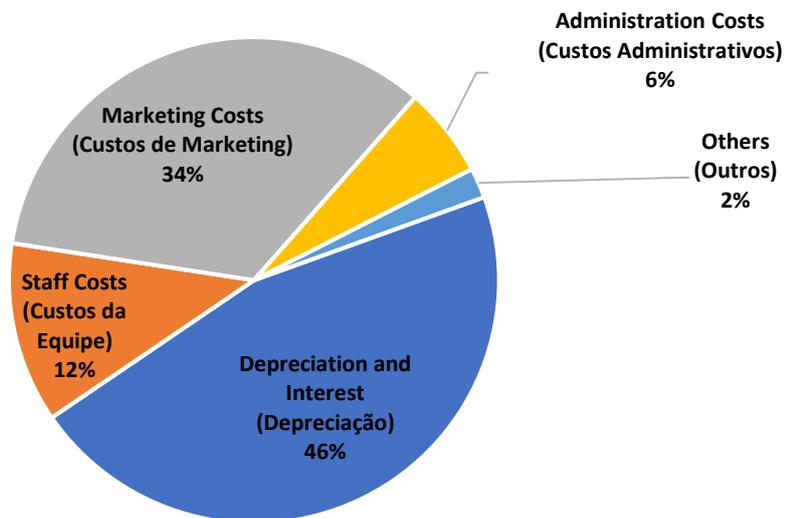


Fonte: Massachusetts Institute of Technology (2008).

2.2.3.2 Custo de Operação Indireto

Para a ICAO (2015), são todos os custos que não são afetados pela mudança do tipo de aeronave, pois eles não estão diretamente relacionados com a operação da aeronave. Estes são geralmente os custos relacionados à depreciação da aeronave, *marketing*, custos do *staff* da companhia e custos administrativos, que são geralmente relacionados aos passageiros, com vendas de passagens e serviços prestados, como mostrado na Figura 08.

Figura 08: Custos de Operação Indireto.



Fonte: SH&E (2003); adaptado pelo autor.

2.2.4 Estudo de Rotas

O processo de criação de uma rota aérea exige estudos em cima de alguns fatores técnicos a serem considerados. Entre eles estão previsões de demanda de passageiros e carga, mercados econômicos (incluindo PIB) do local de origem e do destino final da aeronave, tráfego aéreo já existente, infraestrutura e disponibilidade (*slots*) aeroportuária, aeronaves disponíveis para operação, necessidade e disponibilidade de conexões e escalas, horários de operação, fuso-horário geográfico, regulamentações locais, expectativa de crescimento, concorrência, tripulação disponível, preços praticados, entre outros. No momento em que todos estes detalhes são acertados a companhia pode anunciar o voo, começando com todo o processo de *marketing* para a promoção do destino e o início das vendas das passagens (MERCADO DE EVENTOS, 2016).

Segundo Simpson, Bashioum e Carr (1963), o melhor plano para qualquer voo em particular será aquele que encontrar uma ou mais combinações de tais objetivos, como a habilidade de transportar a carga paga requerida, a maneira mais econômica de conduzir o voo, a chegada entre o horário planejado ou a possibilidade de realizar o voo mais rapidamente, todos cumprindo os requerimentos para fornecer segurança e conforto ao passageiro.

No auge de sua operação, na década de 1980, o *Concorde* era utilizado comercialmente principalmente nas rotas apresentadas na Figura 09, unindo a exclusividade do voo em velocidade supersônica com os objetivos almejados definidos por Simpson, Bashioum e Carr.

Figura 09: Rotas aéreas comerciais do Concorde.



Fonte: Kheitzman (2013).

Atualmente, de acordo com a *IATA* (2016), no ano de 2015 tivemos as seguintes rotas domésticas como as mais ocupadas, por passageiros:

Quadro 01: As 5 rotas aéreas domésticas mais ocupadas em 2015.

<i>Rank</i>	Rota	Número de Passageiros (em Milhões)
1	Jeju → Seoul-Gimpo	11,1
2	Sapporo → Tokyo	7,8
3	Fukuoka → Tokyo	7,6
4	Melbourne → Sydney	7,2
5	Beijing → Shanghai	6,1

Fonte: IATA (2016).

De acordo com a *IATA* (2016), no ano de 2015 tivemos as seguintes rotas internacionais como as mais ocupadas, por passageiros:

Quadro 02: As 5 rotas aéreas internacionais mais ocupadas em 2015.

<i>Rank</i>	Rota	Número de Passageiros (em Milhões)
1	Taipei → Hong Kong	5,1
2	Singapore → Jakarta	3,4
3	Hong Kong → Bangkok	3
4	Singapore → Kuala Lumpur	2,7
5	Singapore → Hong Kong	2,7

Fonte: IATA (2016).

Não há nos *rankings* rotas domésticas comuns como Nova York – Washington DC ou rotas internacionais comuns, como Nova York – Londres. Se estivéssemos olhando a frequência (em número de voos), provavelmente este *ranking* iria ser diferente. Provavelmente veríamos Los Angeles - San Francisco listado, ou Barcelona - Madri, por exemplo. Se fossemos além do top 10, começaríamos a ver outras regiões continentais, como a rota Rio de Janeiro - São Paulo, ranqueada o número 10 do ano de 2015, que decresceu um pouco com a economia flutuante da região Sul-Americana, e Johannesburg – Cape Town, na região Africana (BOARDING AREA, 2016).

2.2.5 Impactos Ambientais

A utilização de aeronaves supersônicas, assim como a utilização qualquer outro tipo de aeronave, deve estar de acordo com os órgãos regulamentadores e fiscalizadores responsáveis quanto aos impactos ambientais e derivados causados durante sua operação. De acordo com a eCycle (s.d.), a medida em que estes órgãos foram se tornando mais rígidos quanto a exigência de baixos níveis de impactos ambientais causados pelo setor aéreo, impulsionados principalmente pelos avanços nos estudos sobre efeito estufa no mundo, motores mais eficientes foram sendo desenvolvidos onde alcançaram um volume de emissão de poluentes, como CO, CO₂, UHC, SO_x e NO_x 20 vezes mais baixos em comparação aos emitidos por aeronaves na década de 1970.

A preocupação sobre o impacto ambiental das emissões dos *SSTs* na estratosfera se dá em 2 questões principais: a possível redução da quantidade de ozônio na atmosfera, provocando aumento na incidência de câncer de pele (devido ao aumento da radiação ultravioleta com a redução do ozônio) e os possíveis efeitos no clima terrestre.

No que diz a respeito à probabilidade de redução de ozônio causada por *SSTs*, os dados mais recentes e melhores disponíveis indicam que dados derivados de programas anteriores superestimaram esse efeito e que é questionável se as operações de *SSTs* realmente reduzem o ozônio. Portanto é igualmente duvidoso que as operações destas aeronaves tenham qualquer relação sobre a crescente incidência de câncer de pele. A *National Academy of Science* apresentou recentemente um relatório ao Congresso Americano intitulado "Resposta às Seções de Proteção do Ozônio das Alterações da Lei do Ar Limpo de 1977: Um Relatório Interino", pelo Comitê do Conselho Nacional de Pesquisa sobre os impactos da mudança estratosférica. Este relatório apoiou os resultados da autoridade americana *Federal Aviation Administration (FAA)*. O relatório afirmou que "o impacto estimado dos NO_x (óxidos de nitrogênio) emitidos pelos motores dos *SSTs* e outros aviões de vôos de alta altitude no ozônio estratosférico é agora bastante pequeno, quase certamente não é uma questão de preocupação imediata".

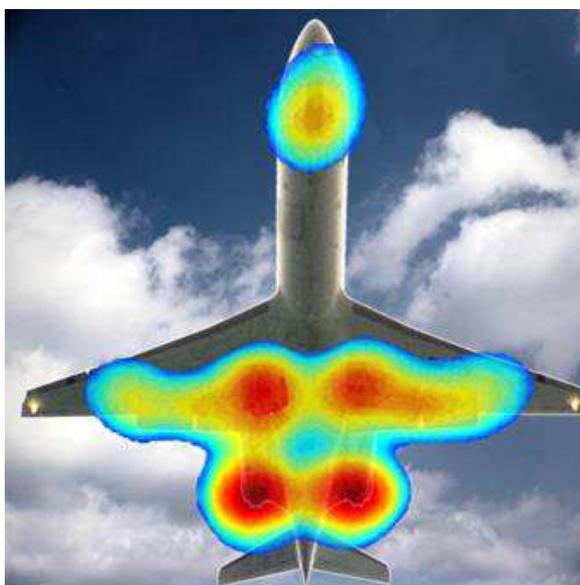
A segunda preocupação com os impactos dos *SSTs* na atmosfera envolve as potenciais mudanças no clima da Terra. Embora a injeção simultânea de dióxido de enxofre, vapor de água e óxidos de nitrogênio na atmosfera superior possa afetar as temperaturas, concluiu-se que o possível efeito destas aeronaves na temperatura média da superfície terrestre é insignificante. As estimativas sobre as mudanças prováveis nas variáveis climáticas associadas, como a precipitação, não são possíveis atualmente, mas esses efeitos correlativos também são considerados insignificantes (GLOBALSECURITY, 2011).

Outro impacto ambiental relevante para o setor aeronáutico é a poluição acústica causada por ruídos emitidos pelas aeronaves, principalmente em regiões metropolitanas.

O ruído pode ser definido como sendo um som indesejável, isto é, um som que incomoda de alguma forma o bem-estar psicológico, podendo ainda, dependendo da sua intensidade, causar danos fisiológicos irreversíveis (ELLER, 2000).

Segundo Giovanelli Neto (2010), “a principal fonte de ruído de uma aeronave é emitida pelo sistema propulsor, embora o fluxo aerodinâmico gerado perto das partes estruturais, como asas e sistema do trem de pouso, produzam significativa contribuição”, conforme a Figura 10.

Figura 10: Mapa de ruído de uma aeronave comercial.



Fonte: Aviation Explorer (s.d.)

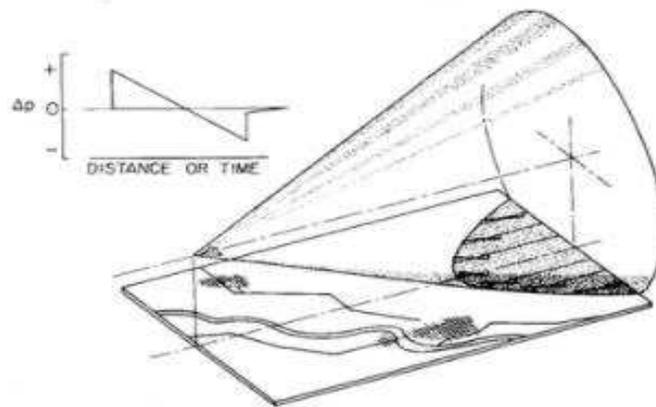
O avanço tecnológico também foi benéfico quanto à redução nestes ruídos. Desde os anos 1960 o ruído proveniente de aeronaves foi reduzido em 75% (ICAO, 2004).

Tratando-se de aeronaves supersônicas, outro impacto de extrema importância é considerado: o fenômeno do estrondo sônico.

Os distúrbios de pressão criados por um avião em voo viajam em todas as direções à velocidade do som (local). Quando a própria aeronave voa mais rápido do que a velocidade do som, ela avançará mais rápido do que os distúrbios que gerou, criando uma região cônica que se estende atrás do nariz da aeronave e define toda a região de perturbação. Esta região cônica é mostrada esquematicamente na Figura 11. A inserção desta região com o solo define o que é chamado de "assinatura" do distúrbio de pressão. Os sinais da pressão sentidos na região dessa assinatura normalmente exibem características ilustradas no diagrama de assinatura de pressão, conforme ilustrado no canto superior esquerdo da Figura 11. Inicialmente, há um crescimento instantâneo na pressão causada pelo choque do nariz da aeronave com o ar.

Após este choque inicial, há um declínio linear na pressão abaixo do nível normal e, em seguida, ocorre outro choque que restaura a pressão ao seu valor normal. São esses choques que são ouvidos pelo observador em terra. O nível de variação na assinatura de pressão indica a intensidade em que o boom que será ouvido. Se o tempo entre estes dois choques é muito curto, o observador só ouvirá um único estrondo sônico, mas à medida que o tempo entre os choques aumenta, o observador tem maior probabilidade de ouvir dois estrondos em sucessão rápida (DARDEN, 1977).

Figura 11: Região cônica e assinatura de pressão do estrondo sônico.



Fonte: Sonic Boom Theory (1977).

Para Gonzales, Gomes e Baptista (2015), este fenômeno pode provocar danos físicos e estruturais quando ocorrer sobre áreas urbanas ou povoadas, de acordo com um estudo realizado em 1975 pela *FAA*.

Experiências demonstraram que os principais efeitos do estrondo sônico em humanos são aparições de reações de pavor, distúrbios em atividades que estão em andamento e distúrbios durante o repouso e o sono (RAYLANDER, 1972).

2.3 Perspectivas do Futuro

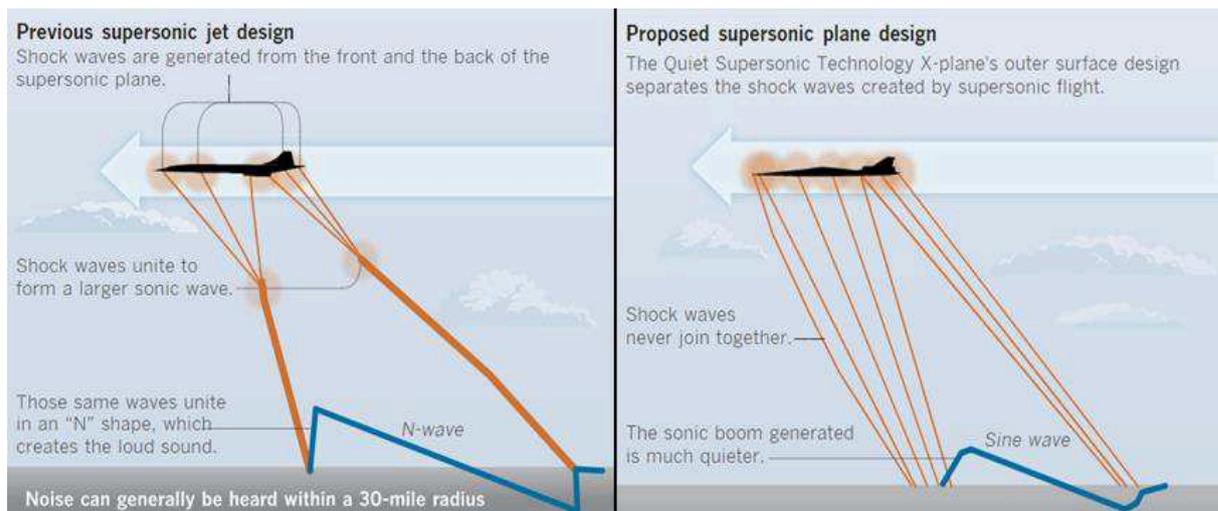
Decorridos 14 anos após o último voo do *Concorde*, várias companhias e empresas estão apostando que os avanços tecnológicos em materiais e computação, assim como o expressivo aumento nas viagens aéreas de negócios, poderiam reforçar o ressurgimento de jatos supersônicos para passageiros economicamente viáveis. Novos jatos supersônicos, caso eles se tornem realidade, continuarão sendo comparativamente caros (em relação aos jatos subsônicos atuais).

Analistas preveem que esta tecnologia seria melhor aproveitada, pelo menos inicialmente, em jatos executivos. Porém entrar para o mercado executivo exigiria a quebra de novos obstáculos. Operadores de jatos executivos estão menos preocupados com velocidade do

que estão com alcance, tamanho de cabine e custos operacionais (LOS ANGELES TIMES, 2017).

Ainda segundo a Los Angeles Times (2017), os maiores desafios para as novas aeronaves supersônicas para o transporte de passageiros são focados em determinados pontos: A parte estrutural, que deve seguir o conceito do *Boeing 787 Dreamliner*, do qual se utiliza principalmente de materiais compósitos provenientes de fibra de carbono. Este material apresenta melhor resistência às forças atuantes, melhor resistência à altas temperaturas que são atingidas em altas velocidades devido ao atrito e se mostram consideravelmente mais leves, quando comparadas à estrutura de alumínio na qual o *Concorde* era construído; os motores, que devem ser adaptados de motores já encontrados atualmente no mercado, por se tratarem de motores mais ecologicamente limpos, mais eficientes em consumo de combustível e mais silenciosos, quando se comparados com motores de jatos supersônicos militares e o estrondo sônico emitido quando atinge-se a velocidade do som, o qual estuda-se encontrar novos conceitos e formas para que este seja atenuado. Atualmente a *FAA* possui políticas de restrição de voo supersônico sobre continentes, devido aos possíveis problemas provenientes dos altos ruídos emitidos por este fenômeno. A empresa *Lockheed Martin Corp.* aparece na vanguarda no desenvolvimento de uma aeronave *Quiet Supersonic Transport (QSST)*, um projeto de aeronaves supersônicas que virtualmente não emitem estrondos sônicos, ou reduzem seus efeitos (Figura 12).

Figura 12: Modelo anterior e proposto do design de jatos supersônicos.



Fonte: Lockheed Martin Corp. (2017).

Outras grandes *OEMs* já conceituadas no mercado, como *Boeing*, *Airbus*, *NASA*, *Gulfstream* e algumas novas *startups*, como a *Boom*, *Aerion Corporation*, *Hypermach Aerospace* e *Spike Aerospace* estão estudando e desenvolvendo novos conceitos de aeronaves supersônicas para o transporte de passageiros, visando este *marketshare* nos próximos anos.

2.3.1 XB-1

O XB-1 (Figura 13) foi revelado em Denver, nos EUA, pela *Boom Technology* em 15 de novembro de 2016. Tem uma altura de 21 metros, uma envergadura de 5,2 metros e um peso máximo de decolagem de 6,100 kg. Alimentado por três motores de 16 kN *General Electric J85-21* com entradas e saídas de geometria variável, o protótipo deverá ser capaz de manter a velocidade de *Mach 2.2* por mais de 1.900 km. Construído com compósitos leves, possui um cockpit para dois ocupantes, um corpo “chine” e ângulos enflechados no bordo de fuga das asas (AVIATIONWEEK, 2016).

Figura 13: XB-1.



Fonte: Boom Technology (2017).

2.3.2 AS2

A *Aerion Corporation*, juntamente com a *Airbus*, tem a maior probabilidade de lançar um novo avião supersônico comercial no mercado nos próximos anos, o AS2 (Figura 14). A *Aerion* espera que sua aeronave seja capaz de viajar a velocidades entre *Mach 1,4* e *1,6*, transportando até 12 passageiros a um alcance de até 7.400 km. A estratégia da *Aerion* para o AS2 é projetá-lo para voar de forma eficiente a pouco menos de *Mach 1*, permitindo que ele voe legalmente nos EUA e em qualquer outro país que proíba o voo supersônico. As pesquisas da empresa em fluxo laminar natural demonstram que a aeronave pode voar confortavelmente a *Mach 0,99*. Construído em grande parte de compósito de fibra de carbono, as asas do AS2 são relativamente simples: são largas e têm a espessura muito pequena para proporcionar o fluxo de ar ideal, reduzindo arrasto e o consumo de combustível (AIRWAY, 2015).

Figura 14: AS2.

Fonte: Aerion Corp. (2017).

2.3.3 SonicStar

Um dos projetos mais ambiciosos é o da empresa *Hypermach Aerospace Industries*, com sede na Carolina do Norte, EUA, com seu jato *SonicStar* (Figura 15), que promete ligar Nova York a Londres em apenas uma hora. O jato está sendo projetado para voar a velocidades de até *Mach* 4,4 (4.673 km/h), mais rápido até que o *Lockheed SR-71*, avião militar operacional mais rápido do mundo, capaz de atingir 3.500 km/h, podendo transportar entre 24 e 36 passageiros. Uma grande diferença no design do *SonicStar* é o motor. Há sete anos, a empresa vem trabalhando em um projeto de motor híbrido, usando tanto combustível como eletricidade. O presidente da empresa diz que isto significa que a aeronave será capaz de voar mais longe do que os outros concorrentes supersônicos (AIRWAY, 2015).

Figura 15: SonicStar.

Fonte: Airway (2015).

2.3.4 Spike S-512

Outra empresa que recentemente divulgou suas ambições é a *Spike Aerospace*, sediada em Boston, EUA, que em setembro de 2013 anunciou que está trabalhando no projeto chamado *Spike S-512* (Figura 16). Como o *Aerion*, o *S-512* é um *QSST* feito para voar a velocidades subsônicas sobre a terra, acelerando até uma velocidade de *Mach* 1,8 (1.912 km/h) sobre o mar. O alcance do *S-512* é semelhante ao do *Aerion*, 7.400 km e promete transportar de 12 a 18 passageiros.

Uma grande inovação do *Spike* é a sua cabine de passageiros sem janelas, com telas embutidas nas paredes interiores que podem ser usadas para exibir imagens de câmeras exteriores. Sem a complexidade estrutural das janelas, “a autonomia melhora, o consumo de combustível é menor e os custos de produção são muito mais baixos”, de acordo com Vik Kachoria, presidente e fundador da *Spike* (AIWWAY, 2015).

Figura 16: S-512.



Fonte: Spike AeroSpace (2017).

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho constituiu-se em uma pesquisa do mercado e comércio atual de aeronaves para o transporte de passageiros, com o intuito de expor as principais variáveis para suas aplicações. A partir destas, a proposta foi aplicar estas mesmas variáveis somadas com os conceitos encontrados na literatura para a aplicação de aeronaves supersônicas para o transporte de passageiros no mercado aeronáutico.

Para Kahlmeyer-Mertens (2007), a forma como uma pesquisa é desdobrada (explanada) é o que define sua maior (ou menor) capacidade de estudar os fatos e argumentos que giram em torno dela. Já para Tozoni-Reis (2009), a pesquisa é a forma organizada pela qual o pesquisador busca respostas para os problemas propostos.

De acordo com Yin (2001), um estudo de caso não precisa conter uma interpretação completa ou acurada. Em vez disso, seu objetivo é estabelecer uma estrutura de discussão e debate entre os leitores. Ainda para Yin (2001), o estudo de caso é a estratégia escolhida ao se examinar acontecimentos contemporâneos, mas quando não se podem manipular comportamentos relevantes. O estudo de caso conta com muitas das técnicas utilizadas pelas pesquisas históricas, mas acrescenta duas fontes de evidências que usualmente não são incluídas no repertório de um historiador: observação direta e série sistemática de entrevistas. Embora os estudos de casos e as pesquisas históricas possam se sobrepor, o poder diferenciador do estudo é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências (documentos, artefatos, entrevistas e observações, além do que pode estar disponível no estudo histórico convencional). Além disso, em algumas situações, como na observação participante, pode ocorrer manipulação informal.

Neste contexto, este trabalho apresenta, quanto ao objetivo, aspectos de um estudo de caso exploratório (ou descritivo). O intuito deste estudo é propor explicações concorrentes para o mesmo conjunto de eventos e indicar como essas explicações podem ser aplicadas a outras situações, uma vez que busca explorar as características de determinado fenômeno para posteriormente permitir a proposta de estudos mais elaborados. Ainda, este trabalho também possui características de um estudo de caso descritivo, pois traça a sequência de eventos interpessoais ao longo do tempo, descreve uma subcultura que raramente foi tópico de estudos anteriores e descreve seus fenômenos-chave. No caso, a aplicação de aeronaves supersônicas em um meio já existente da qual ela mesma já fez parte, porém no momento da realização desta pesquisa, é apenas especulada como uma nova perspectiva de tendência.

Do ponto de vista da abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, pois preocupa-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais. Para Gerhardt e Silveira (2009), os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito, mas não quantificam os valores e as trocas simbólicas nem se submetem à prova de fatos, pois os dados analisados são não-métricos (suscitados e de interação) e se valem de diferentes abordagens. As características da pesquisa qualitativa são: objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar, precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno; observância das diferenças entre o mundo social e o mundo natural; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados os mais fidedignos possíveis e oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado deste estudo de caso, espera-se algumas aplicações para os SSTs futuros que venham entrar em operação nos próximos anos.

Em um primeiro momento, aeronaves supersônicas devem ressurgir apenas para a aviação executiva, devido aos menores custos, tanto de projeto quando de operação, mirando um público extremamente seletivo, porém exigente. A partir desta consolidação, o mercado comercial também deve receber seus SSTs (ou QSSTs, de acordo com a aplicação e tecnologia disponível), visando uma tendência evolutiva tecnológica natural e um público que necessita e anseia por este tipo de viagem. De acordo com o estudo aqui realizado, este público parece ser pré-definido.

A globalização e a dinâmica interação entre empresas de todos os lugares do mundo exigem um rápido deslocamento de seus colaboradores, muitas vezes estes em caráter de emergência. Como mostrado na Figura 04, 31% dos passageiros viajam com objetivos trabalhistas. Já de acordo com a Figura 05, 2 das 5 segmentações explanadas, *Business Travelers* e *Urgent Travelers*, se mostram com passageiros viajando com estes mesmos objetivos. Estes devem ser os públicos-alvo principais dos SSTs. Segundo a empresa de consultoria em mobilidade *CWT Solutions Group* (2012), 4 dos 5 maiores fatores de estresse em viajantes de negócios estão associados diretamente ao transporte, como mostra o Quadro 03:

Quadro 03. Maiores causas de estresse em viagens de negócios.

<i>Rank</i>	Fator de Estresse	Classe de Atividade
1	Perda ou atraso de bagagem	Transporte
2	Conexão com a internet fraca/inexistente	Destino
3	Voar em classe econômica em médios/longos trajetos	Transporte
4	Atrasos	Transporte
5	Horários de partida/chegada inconvenientes	Transporte

Fonte: CWT Solutions Group (2012); adaptado pelo autor.

3 destes fatores (*ranks* 3, 4 e 5) podem ser diretamente ou indiretamente atenuados com a utilização de um SST. A opção da utilização de uma aeronave supersônica traria enormes vantagens em questões de diminuição de tempo gasto durante a viagem e redução de stress adquirido pelo passageiro, o que se mostra crítico em determinadas situações.

Paralelamente, os *SSTs* atrairiam também o público que aceitaria pagar a mais na passagem por poder realizar uma experiência diferenciada ao viajar à grandes altitudes e velocidades. Eventos e serviços em terra e a bordo exclusivos para este público poderiam ser realizados com fins em tornar a viagem uma atração turística.

Em relação ao preço de venda praticado pelas possíveis *OEMs* nas aeronaves comerciais supersônicas, encaixa-se todo custo de desenvolvimento do projeto, gastos de produção, testes, lucro e, inclusive, um valor pela exclusividade, já que se trata de um produto diferenciado. Porém deve-se, através de estudos de mercado, definir um teto de preço a ser praticado, onde haja a aceitação e intenções de compra pelo mercado com o objetivo do sucesso de vendas da aeronave.

Já para o operador aeronáutico que adquirir um *SST*, o cálculo de custos de uma aeronave supersônica pouco se diferencia de uma aeronave subsônica encontrada hoje no mercado, porém este custo será mais elevado. *SSTs* em geral exigem um treinamento de tripulação exclusivo para a aeronave. Primordialmente, pilotos e copilotos devem se especializar em voos acima da velocidade do som. Nesta circunstância atitudes de voo se diferenciam de algumas atitudes do regime subsônico. Seguro e manutenção trariam também um custo elevado devido ao preço e complexidade do projeto que envolve uma aeronave supersônica nova no mercado, onde a confiabilidade ainda é uma incógnita. Ainda nesta soma, considera-se os imensos gastos com combustível de aeronaves supersônicas, ainda limitados pela tecnologia atual.

A falta de uma aeronave supersônica concorrente direta também deve ser estrategicamente explorada, tanto por *OEMs* quanto por operadores, o que justificaria preços iniciais elevados até que esta nova tendência de aeronaves se estabeleça no mercado aeronáutico.

Aeronaves supersônicas exigiriam, além dos já citados, alguns outros fatores a serem considerados para que se viabilize seu uso em uma rota aérea. Estas aeronaves apresentam um pico de consumo de combustível em regimes subsônicos. Logo, espera-se que atinjam o quanto antes a altitude mínima para que se possa atuar em regime supersônico. Neste regime, a quebra da barreira do som emite altos ruídos sonoros, o que limita a aeronave a atingi-lo sobre zonas urbanas, pelo menos até a presente tecnologia disponível. Levando-se em consideração o tempo neste intermédio de regimes (regime transônico), o tempo para que a aeronave se distancie de zonas urbanas e fatores de demanda oferecida e custos de operação, presume-se que rotas aéreas intercontinentais de médias/longas distâncias sobre oceanos seriam as mais atrativas.

O *Concorde*, como referência, operava com 2 rotas principais: Paris - Nova York e Londres – Nova York. Outras rotas eram realizadas, mas com menor prestígio (Figura 09). Quando comparadas com as rotas domésticas e internacionais mais ocupadas de 2015 (Quadros 01 e 02), observa-se uma nova tendência, principalmente pela ascensão do mercado asiático.

Neste contexto, encontram-se alguns aeroportos com alta demanda, conforme o Quadro 04 expõe, que poderiam surgir como ótimas opções para operações de aeronaves supersônicas.

Quadro 04. Aeroportos com alta demanda de passageiros em 2015.

Rank	Aeroporto	Número de Passageiros
2	Aeroporto Internacional de Pequim-Capital (PEK)	89.938.628
3	Aeroporto Internacional de Dubai (DXB)	78.010.265
5	Aeroporto Internacional de Tóquio (HND)	75.316.718
6	Aeroporto Internacional Heathrow (LHR)	74.989.795
7	Aeroporto Internacional de Los Angeles (LAX)	74.937.004
8	Aeroporto Internacional de Hong Kong (HKG)	68.283.407
9	Aeroporto de Paris – Charles de Gaulle (CDG)	65.766.986
15	Aeroporto Internacional John F. Kennedy (JFK)	56.827.154

Fonte: Business Insider (2016); adaptado pelo autor.

Paris e Londres com os aeroportos Charles de Gaulle e Heathrow, respectivamente, continuam sendo os aeroportos de maior movimentação e principais entradas de passageiros na Europa. Logo, cumprem com alguns pré-requisitos para o recebimento de voos supersônicos.

Na América do Norte, Nova York, com o Aeroporto John F. Kennedy, nos EUA, ainda detém a fama de ser o centro financeiro do mundo, sendo destino de 56 milhões de passageiros em 2016. Seria uma unanimidade para a operação de SSTs.

Outro fator a ser considerado devido à relevância do continente americano com os EUA e Canadá seriam voos da costa oeste americana oriundos ou destinados à Ásia pelo Oceano Pacífico, onde poderiam encontrar no Aeroporto de Los Angeles, quinto mais movimentado do mundo, uma ótima oportunidade de operação.

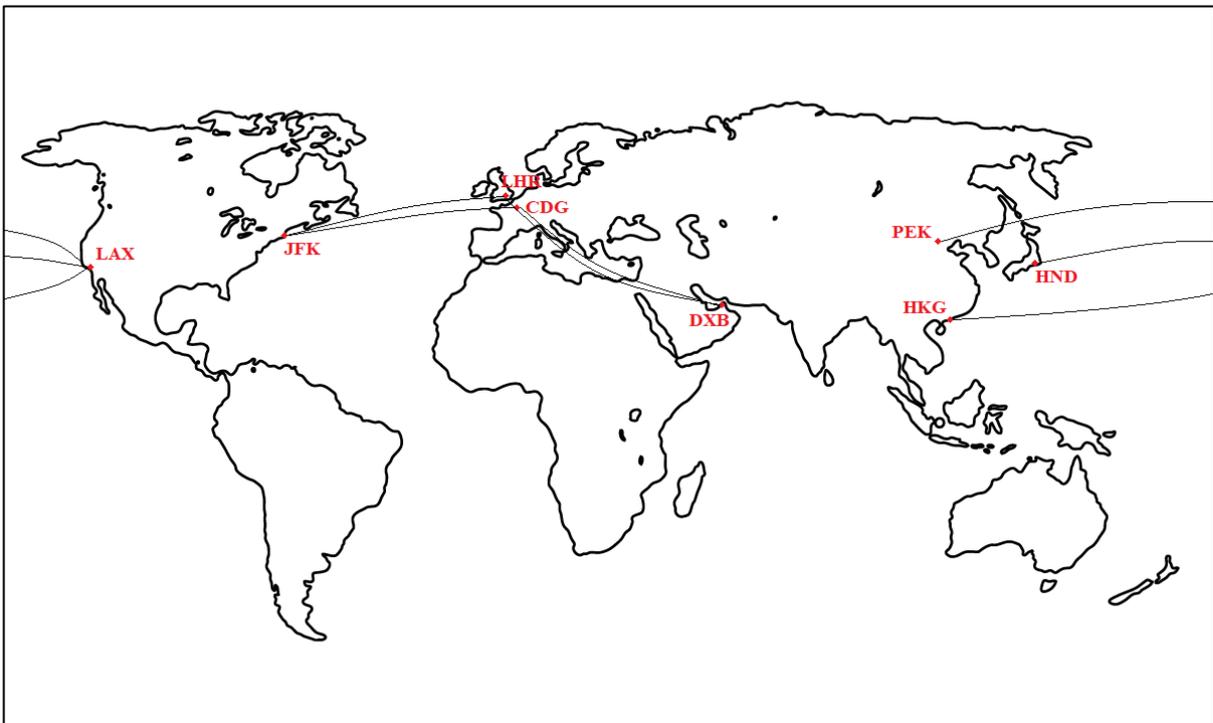
No leste asiático, berço das rotas aéreas mais utilizadas do mundo (Quadros 01 e 02), podemos contar com 3 destinos relevantes: O Aeroporto de Pequim-Capital - China, o Aeroporto Haneda, em Tóquio – Japão e o Aeroporto de Hong Kong – China. São o segundo,

quinto e oitavo aeroportos mais movimentados do mundo, respectivamente, e estão localizados em centros majoritariamente administrativos e financeiros, sendo destinos de viajantes do mundo inteiro. Porém, devido à localização geográfica próxima ao Oceano Pacífico destes aeroportos e a dificuldade em ter aeronaves supersônicas sobrevoando zonas urbanas, seriam viáveis apenas voos vindos do oeste americano ou Oceania. Ainda na Ásia, porém na região sudoeste, um destino relativamente novo no cenário mundial deve ser levado em consideração. Dubai, com o Aeroporto de Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, já é o terceiro mais movimentado do mundo sendo principal porta de entrada para o Oriente Médio, regiões da Ásia e do continente Africano. Sua localização geográfica pode dificultar operações de *SSTs* sobre continentes, porém sua importância econômica crescente dos últimos anos coloca a cidade como primordial como destino de um *SST*.

América do Sul, Oceania e África poderiam ser continentes sujeitos à estudos de viabilidade mais complexos para rotas de *SSTs*, porém a menor relevância de seus centros urbanos, menor demanda e baixa infraestrutura, os deixam em um grau de prioridade inferior a América do Norte, Ásia e Europa.

Assim, este estudo de caso resulta na Figura 17 como um modelo de possíveis rotas aéreas comerciais de aeronaves supersônicas para o transporte de passageiros.

Figura 17: Modelo de rotas comerciais para aeronaves supersônicas.



Fonte: Elaborada pelo autor

5 CONCLUSÕES

O estudo mostrou e comparou as oportunidades e dificuldades da introdução de aeronaves supersônicas no mercado aeronáutico, com o objetivo de transportar passageiros. De fato, observou-se com clareza de que esta introdução é uma provável tendência, e que deveremos estar convivendo com estas aeronaves no transporte aéreo nas próximas décadas.

Entretanto, apesar deste trabalho ter apresentado que a demanda é altamente favorável a utilização de aeronaves supersônicas em localizações estratégicas, alguns obstáculos ainda são barreiras a serem superadas, como o desenvolvimento de motores mais eficientes para que haja uma redução considerável nos custos de operação, e a diminuição de ruídos supersônicos em áreas urbanas, que causam fortes impactos ambientais e restrições de sobrevoo de *SSTs* em áreas continentais. Estes limitantes tecnológicos contribuem para que haja uma cautela no lançamento de novos jatos supersônicos no mercado, já que a história provou que este é um meio tão fascinante e glorioso quanto desastroso e desafiador.

REFERÊNCIAS

AERION CORP. **Aerion Corporation**. Disponível em: <<http://www.aerionsupersonic.com/>> Acesso em: 31 Agosto 2017.

AIRLINES INFORM. **Commercial Aircraft: The Newest Commercial Aircraft**. Disponível em: <<https://www.airlines-inform.com/commercial-aircraft/>> Acesso em: 17 Agosto 2017.

AIRWAY. **Jatos Supersônicos: O Futuro da Aviação Executiva**. Disponível em: <<http://airway.uol.com.br/jatos-supersonicos-o-futuro-da-aviacao-executiva/>> Acesso em: 31 Agosto 2017.

AVIAÇÃO HISTÓRICA. **Concorde: Breve História**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZT8TxNuf62g>>. Acesso em: 25 de abril de 2017.

AVIATION EXPLORER. **The Website for Aviation Enthusiasts**. Disponível em: <http://www.aviationexplorer.com/aircraft_noise.html> Acesso em 02 Setembro 2017.

AVIATIONWEEK. **“Baby” Boom Supersonic Demonstrator Unveiled**. Disponível em: <<http://aviationweek.com/commercial-aviation/baby-boom-supersonic-demonstrator-unveiled>> Acesso em: 31 Agosto 2017.

BOARDING AREA. **The 10 Busiest Airline Routes in the World. None are in the US or Europe**. Disponível em: <<http://viewfromthewing.boardingarea.com/2016/12/30/10-busiest-airline-routes-world-none-us-europe/>> Acesso em 01 Setembro 2017.

BOOM TECHNOLOGY. **Boom Supersonic**. Disponível em: <<https://boomsupersonic.com/>> Acesso em: 31 Agosto 2017.

BUSINESS INSIDER. **Ranked: The 16 Busiest Airports in the World**. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/16-busiest-airports-in-the-world-2016-4/#no-15-john-f-kennedy-international-airport-jfk-56827154-passengers-in-2015-2>> Acesso em 11 Setembro 2017.

BASHIOUM, Douglas L.; CARR, Edward E. e SIMPSON, Leroy. **Computer Flight Planning in the North Atlantic**. p. 337-346. Journal of Aircraft, Vol. 2, No. 4, 1965.

CWT. **Stress Triggers for Business Travelers**. Disponível em: <https://www.vdr-service.de/fileadmin/der-verband/fachthemen/studien/CWT_Stress-Studie2012.pdf> Acesso em 12 Maio 2017.

DANESI, Marcel. **Dictionary of Media and Communications**, p. 284. Londres, Reino Unido: M.E. Sharpe, 2009.

DARDEN, Christine M. **Sonic Boom Theory: Its Status in Prediction and Minimization**. p. 569. Journal of Aircraft, Vol. 14, No. 6, 1977.

ECYCLE, **O Impacto Ambiental do Transporte Aéreo**. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1315-o-impacto-ambiental-do-transporte-aereo.html>> Acesso em 17 Maio 2017.

ELLER, Rogéria A. G. **O Ruído Aeronáutico como Fator de Perda de Valor dos Imóveis Residenciais – O Caso do Aeroporto Internacional de São Paulo**. Tese (Mestre em Ciência) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Divisão de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica. São José dos Campos, 2000.

FEMENICK, Tomislav. **Conceitos Fundamentais sobre Custos**. Disponível em: <<http://www.tomislav.com.br/conceitos-fundamentais-sobre-custos/>> Acesso em 14 Agosto 2017.

GERHARDT, Tatiana E. e SILVEIRA, Denise T. **Métodos de Pesquisa**. 1ª Edição. Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

GIOVANELLI NETO, Antonio. **Análise do Ruído Aeronáutico no Entorno do Aeroporto de São José dos Campos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté. Taubaté, p. 104. 2010.

GLOBALSECURITY. **Concorde Environmental Impacts**. Disponível em: <<http://www.globalsecurity.org/military/world/europe/Concorde-environment.htm>> Acesso em: 26 Agosto 2017.

GONZALES, Carlos; GOMES, João e BAPTISTA, Oswaldo. **A Volta dos Supersônicos**. Revista Aero Magazine 252, Brasil: Inner, 2015.

HANSEN, James R. **The Bird is on the Wing: Aerodynamics and the Progress of the American Airplane**, p. 172. College Station, Estados Unidos: Texas A&M University Press, 2004.

IATA. **IATA Forecasts Double Passenger Demand to Double Over 20 Years**. Disponível em: <<http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2016-10-18-02.aspx>> Acesso em: 17 Agosto 2017.

ICAO. **Balanced Approach to Aircraft Noise Management**. Disponível em: <https://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalWorkshops/Documents/2015-Warsaw/3_1_Balanced-Approach-to-Aircraft-Noise-Management.pdf> Acesso em 17 Maio 2017.

ICAO. **Key Performance Indicator: CANSO Definitions**. Disponível em: <<https://www.icao.int/EURNAT/EUR%20and%20NAT%20Documents/NAT%20Economics%20and%20Forecast/Key%20Performance%20Indicators%20-20CANSO%20Definitions.pdf#search=indirect%20operating%20costs>> Acesso em 01 Setembro 2017.

JACKSON, Paul A. **Jane's All the World's Aircraft 2004-2005**, p. 452. Coulsdon, Reino Unido: Jane's Information Group, 2004.

KAHLMAYER-MERTENS, Roberto S. **Como elaborar projetos de pesquisa: Linguagem e Método**. Rio de Janeiro, Brasil: Fundação Getúlio Vargas, 2007.

KELLY, Neil. **The Concorde Story: 34 Years of Supersonic Air Travel**, p. 52. Surrey, Reino Unido: Merchant Book Company Ltd, 2005.

LEK. **Growth Strategy for Global Aircraft Manufacturer Turns Company Around**. Disponível em: <<http://www.lek.com/case-studies/growth-strategy-global-aircraft-manufacturer-turns-company-around>> Acesso em: 19 Agosto 2017.

LOS ANGELES TIMES. **Supersonic passenger jets might make a comeback, more than a decade after the last Concorde flight**. Disponível em: <<http://www.latimes.com/business/la-fi-supersonic-jets-20170202-story.html>> Acesso em: 31 Agosto 2017.

MARMET, Eduard. **British Airways Concorde G-BOAC03**. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:British_Airways_Concorde_G-BOAC_03.jpg> Acesso em 08 Maio 2017.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. **Efficiencies of A/C Engines**. Disponível em: <<https://ocw.mit.edu/ans7870/16/16.unified/propulsionS04/UnifiedPropulsion3/UnifiedPropulsion3.htm>> Acesso em 01 Setembro 2017.

MERCADO DE EVENTOS. **Entenda como é o Processo de Criação de Novas Rotas Aéreas**. Disponível em: <<http://www.mercadoeventos.com.br/noticias/aviacao/entenda-como-e-o-processo-de-criacao-de-novas-rotas-aereas/>> Acesso em 01 Setembro 2017.

NASA. **Tu-144LL Supersonic Flying Laboratory**. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-062-DFRC.html>> Acesso em 23 Outubro 2017.

RYLANDER, Ragnar. **Sonic Boom Exposure Effects**. p. 477-544. Report from a Workshop. J. Sound Vibr. 20, 1972.

SANDRONI, Paulo. **Novíssimo Dicionário de Economia**, p. 160. São Paulo, Brasil: Best Seller, 1999.

SH&E. **Airline Operating Costs**. Disponível em: <<http://www.soton.ac.uk/~jps7/Aircraft%20Design%20Resources/Cost%20data/Airline%20operating%20costs.pdf>> Acesso em 01 Setembro 2017.

SKYBRARY. **Bypass Ratio**. Disponível em: <https://www.skybrary.aero/index.php/Bypass_Ratio> Acesso em: 23 Agosto 2017.TU1

SPIKE AEROSPACE. **Spike AeroSpace**. Disponível em: <<http://www.spikeaerospace.com/>> Acesso em: 31 Agosto 2017.

STATISTA. **U.S. Air Passengers' Main Trip Purposes in 2016, by type**. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/539518/us-air-passengers-main-trip-purposes-by-type/>> Acesso em: 18 Agosto 2017.

TOZONI-REIS, Marília F. C. **Metodologia da Pesquisa**. 2ª Edição. Curitiba, Brasil: IESDE Brasil S.A., 2009.

TU144SST, **Tupulev 144: Technical Specs**. Disponível em:
<<http://www.tu144sst.com/techspecs/accommodation.html>> Acesso em 09 Maio 2017.

TUPOLEV. **TU-144: First in the world supersonic passenger production aircraft**. Disponível em: <<http://www.tupolev.ru/en/aircrafts/tu-144>> Acesso em 10 Maio 2017.

WELLS, Alexander T. e WENSVEEN, John G. **Air Transportation: A Management Perspective**. 5ª Edição. Belmont, Estados Unidos: Brooks/Cole – Thomson Learning, 2004. 626 p.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2ª Edição. Porto Alegre, Brasil: Bookman, 2001.