

# CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO

---

## Efeito Jamiton no fluxo de Tráfego Aéreo

Bruno Garcia **Franciscone**, AI CFOE CTA

Fábio Augusto Lima **Rennó**, AI CFOE CTA

**Jonathan** Lourenço Pontes Souza, AI CFOE CTA

Paulo **Silas** Ribeiro Júnior, AI CFOE CTA

Coordenador: **Victor** Vargas Farinha Junior, Ten Cel QOE CTA

Orientadores Técnicos:

**Mcwillian** de Oliveira, Maj QOECTA

Rafael de Araújo **Almeida**, 1ºT QOENG

Orientadoras Metodológicas:

**Gisele** de Freitas Silva Medeiros, 2º Ten. QOCON PED

**Fernanda** Bittencourt Menezes **Rocha**, 2º Ten. QOCON MMS

Grau de Sigilo: Ostensivo.

## RESUMO

Este trabalho apresenta o efeito Jamiton aplicado analogamente ao tráfego aéreo, seus princípios e impactos à fluidez devido à densidade e às velocidades das aeronaves no sequenciamento de chegada para os aeroportos de grande movimento. O intento do estudo é compreender os fatores ligados a esse efeito que levam à necessidade de esperas. Inicialmente, baseado na hidrodinâmica, demonstrou-se a relação de equilíbrio existente entre fluxo/velocidade com a variável densidade através da equação de continuidade. Na análise do modelo rodoviário, verificou-se que a frenagem exercida nos veículos pelos motoristas propaga uma onda de densidade no sentido oposto ao do movimento dos carros, gerando congestionamentos sem motivo aparente. A partir daí, adaptaram-se as variáveis desse modelo ao contexto do tráfego aéreo, tendo sido o comportamento restritivo dos motoristas atribuído aos Controladores de Tráfego Aéreo (ATCO) que, durante o sequenciamento das aeronaves, tendem, por várias razões, a reduzir as aeronaves além do necessário. Através de um questionário aplicado aos ATCO do Controle de Aproximação São Paulo (APP-SP), evidenciou-se o comportamento dito "restritivo" desses profissionais em

função da aplicação de técnicas de sequenciamento preponderantemente empíricas. Para provar o efeito Jamiton no tráfego aéreo, foram simuladas em Excel duas situações: na primeira, as aeronaves voando com separações adequadas iniciam a descida para a chegada a Guarulhos e, não havendo intervenção do ATCO, o fluxo se mantém constante, mesmo com a diminuição dos distanciamentos horizontais entre aquelas; na segunda, ao observar que as velocidades verdadeiras das aeronaves diminuem, e por consequência suas separações horizontais, o ATCO se precipita e lhes reduz as velocidades, desconsiderando que essas as reduziriam natural e harmonicamente durante a descida. Neste último caso, demonstrou-se que, devido às reduções de velocidade, a onda de densidade propagada no sentido oposto ao das aeronaves causou a diminuição de fluxo e, conseqüentemente, congestionamento.

**Palavras-chave:** Fluxo, Tráfego aéreo, Jamiton.

## 1 INTRODUÇÃO

O presente artigo tem por objetivo contribuir com as finalidades propostas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) em seu Programa SIRIUS BRASIL. Segundo o Plano de Implementação ATM Nacional (PCA 351 3), esse programa "representa, no âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), os projetos e atividades requeridos para a implementação do Conceito Operacional ATM no Brasil". Buscar-se-á estabelecer analogia entre o Efeito Jamiton no Tráfego Aéreo com o tráfego rodoviário.

Dentre as muitas estratégias e projetos implementados pelo DECEA, destaca-se a Navegação Baseada em Performance (PBN), cuja implementação operacional é considerada um "divisor de águas" na circulação do espaço aéreo brasileiro. O desiderato deste novo conceito de navegação aérea foi atender às necessidades nacionais da comunidade aeronáutica que ansiava por um upgrade na estrutura do espaço aéreo e nos procedimentos de navegação aérea. Conjuntamente, busca-se uma evolução harmônica e integrada aos planejamentos da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). Aqui no Brasil essa mudança começou a ocorrer a partir de 2010 e está em consonância com o calendário do Aviation System Blocks Upgrade (ASBU), planejamento constante no Global Air Navigation Plan: 2013 – 2028 da OACI. Seguindo este plano estratégico, os países signatários da OACI têm metas e prazos para incorporarem as novas tecnologias e práticas de modo que a aviação mundial possa estar plenamente integrada nas datas limite especificadas no referido documento.

A incorporação das novas tecnologias e práticas, com sua gama de procedimentos, implicou uma reestrutura no espaço aéreo que trouxe consigo mudanças comportamentais nas mais diferentes esferas da aviação (às administrações aeroportuárias, que tiveram que se adaptar às novas concepções operacionais; às companhias aéreas, que tiveram que se adequar às novas exigências procedimentais; aos pilotos e controladores de tráfego (ATCO), que se veem cada vez mais dependentes da automação e da tecnologia; e às agências reguladoras, que têm que legislar, regimentar, implementar, gerenciar e controlar essa reestruturação) e, por consequência, trouxe quebras de paradigmas, porque as soluções outrora utilizadas na estrutura da antiga concepção operacional não mais seriam eficientes o suficiente para os resolver os novos conflitos:

A reestrutura do espaço aéreo geralmente se inicia por eventos disparados por necessidades operacionais, que muitas vezes são classificados de acordo com um ou mais objetivos estratégicos, como a segurança, a capacidade, a eficiência de voo, a mitigação dos impactos ambientais ou de acesso. Embora alguns desses objetivos possam ser explicitados na mudança do espaço aéreo proposto, o resto vai permanecer implícito, na medida em que;

normalmente, não devem ser prejudicados por esta mudança. Muitas vezes, estes objetivos entram em conflitos, e devem ser priorizados, garantindo em todos os momentos que a manutenção da segurança deve ser fundamental. (POGIANELO, 2016, p.9).

Em dezembro de 2013, concretizou-se uma grande reestruturação no espaço aéreo das principais terminais brasileiras. Dentro desse contexto, houve a necessidade de evidenciar a real noção desses conflitos; buscou-se, assim, informação com os controladores de tráfego aéreo (ATCO) dessa região em específico. Baseado nas respostas dos ATCO do Controle de Aproximação São Paulo, verificou-se a necessidade de aprimoramento na gestão de separação entre as aeronaves a fim de se garantir um fluxo ininterrupto nos horários de maior demanda, de modo a se adequar a todas as melhorias na distribuição das rotas advindas da PBN. A opinião desses profissionais é importante no contexto do trabalho. Segundo Treiber e Kesting (2012, p.62), a teoria de fluxo de tráfego estabelece que o comportamento do motorista, representado aqui pela pessoa do controlador de tráfego, interfere diretamente na dinâmica de fluxo da rodovia (por analogia, aerovia) e, confrontando tal teoria com o resultado do questionário, viu-se que as interrupções no fluxo de tráfego estão relacionadas ao comportamento do grupo como um todo, expressada em suas práticas empírico-pragmáticas aplicadas no sequenciamento das aeronaves em aproximação.

Seria mister, então, acrescentar mais um fator ao campo de estudo de gerenciamento do tráfego aéreo no Brasil, em especial, ao quesito alteração da velocidade em voo. Contribuir-se-á, assim, para a redução dos atrasos em voo e, conseqüentemente, para a diminuição de gastos com combustível e os níveis de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, indo ao encontro do preconizado nas vantagens advindas da implementação da PBN no DOC 9613, Performance-based Navigation Manual da OACI.

Com relação à estrutura deste Trabalho de Conclusão de Curso, serão abordados inicialmente o problema e a relevância deste assunto, apresentando, em seguida, as delimitações do objeto de estudo, a metodologia empregada e as considerações preliminares. Posteriormente, será feita uma revisão teórica abordando os fatores que integram o modelo desenvolvido. A posteriori, serão apresentados os resultados do questionário enviado aos ATCO. Na última parte, serão apresentados os resultados da pesquisa e as conclusões do estudo.

### **1.1 O Efeito Jamiton e a relevância deste estudo**

Como esse efeito se relaciona com as premissas da OACI? Segundo o artigo de Kowszun, Jamitons: Phantom Traffic Jams, (Jamitons: Congestionamentos de Tráfego

Fantasma), o efeito Jamiton caracteriza-se por um conjunto de fatores "fantasma", ou seja, fatores que ocorrem no cotidiano das rodovias que levam à interrupção do fluxo rodoviário e que não são notados por seus usuários pelo fato de estarem inseridos dentro desse sistema fechado. Segundo Kowszun (2013, p.53), somente um observador dentro de um helicóptero pairado sobre uma rodovia, a uma certa altitude, teria condições de presenciar o efeito Jamiton. Tal afirmativa, além de ser fundamentada no artigo, também é ratificada no livro *Traffic Flow Theory: A Mathematical Framework* (Teoria de Fluxo de Tráfego: Um panorama Matemático) da Universidade de Berkeley.

Referenciando-se nossa pesquisa nos estudos e bibliografias e adaptando-a à dinâmica de voo das aeronaves em aproximação, objetiva-se verificar a existência do Efeito Jamiton no tráfego aéreo. Se comprovado esse efeito, tal perspectiva poderá ser acrescentada às metodologias de gerenciamento de fluxo, contribuindo-se, assim, para as técnicas de balanceamento entre capacidade dos Órgãos ATC (Controle de Tráfego Aéreo) e a demanda de aeronaves.

De antemão, uma adaptação ao contexto da aviação deve ser realizada, consistindo basicamente em ajustar certos fatores do tráfego rodoviário ao ambiente do tráfego aéreo. Assim, uma aerovia (AWY) será comparada a uma rodovia de grande movimento, e as aeronaves que nela "trafegam" serão "dirigidas" pelos controladores de tráfego aéreo (ATCO), e não pelos pilotos das respectivas aeronaves, e representarão, assim, os motoristas. Vale pontuar que, no contexto do tráfego aéreo, nos locais de grande movimentação, como é o caso da Terminal São Paulo, os pilotos têm uma menor gerência nas velocidades de suas aeronaves, ou seja, cabe ao controlador de tráfego aéreo manter o fluxo determinando as "melhores" velocidades. Segundo a ICA 100-37, Serviços de Tráfego Aéreo:

[...] "para facilitar um fluxo de tráfego seguro e ordenado, as aeronaves podem ser instruídas a ajustarem a velocidade de uma maneira específica. As tripulações de voo devem ser informadas adequadamente sobre os ajustes de velocidade planejados." (ICA 100-37, 2016, 61).

Essas instruções são fruto de uma série de fatores, tais como a quantidade de tráfego, situação dos aeroportos, condições meteorológicas, dentre outros fatores, que culminarão na ordem de se reduzir ou acelerar a velocidade dos tráfegos. Infere-se, assim, que nessa "rodovia" o ATCO acaba se tornando o "condutor" que freia ou acelera os veículos. Em tese, os mesmos fenômenos que os carros produzem nas estradas não de ocorrer nas AWY, em maior ou em menor escala.

Há a necessidade, portanto, de discorrer sobre teorias matemáticas e conceitos de Hidrodinâmica, fundamentais para a compreensão deste efeito, tendo em vista a quebra do paradigma da redução de velocidade.

## 1.2 Delimitação do objeto de estudo

Para delimitação do objeto de estudo, optou-se pelo Aeroporto de Guarulhos (SBGR), o mais movimentado do país, segundo o Anuário de 2015 publicado pelo CGNA (Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea). Dentre as aerovias diretamente envolvidas na alimentação para SBGR, escolheu-se a aerovia (AWY) UZ-10, por haver em sua estrutura quesitos que facilitariam a realização de analogia com a estrutura de uma rodovia bem como auxiliariam na confecção de um modelo mais simples possível, facilitando-se o uso dos recursos computacionais, como o uso da simulação em Excel.

Seguem algumas particularidades dessa aerovia:

- a) por ser uma aerovia que "alimenta" o aeroporto mais movimentado do país, tem as condições ideais para medirmos sua densidade.
- b) a diferença angular entre o rumo de aproximação da chegada e da AWY é praticamente nula: elimina-se, assim, a necessidade de se calcular a distância de raios de curva ou mesmo as distâncias mínimas de estabilização.
- c) baseado nas informações repassadas pelo CGNA, o "mix" de aeronaves para SBGR é muito pequeno. Logo, a amostra pode ser considerada homogênea. Diminui-se, assim, mais um fator complicador do modelo que é o percentual de carros de passeio e tráfegos pesados que trafegam na rodovia.
- d) o trecho analisado não apresenta bifurcações. Elimina-se, assim, a necessidade de se calcular a interferência dos chamados bottlenecks que aumentam a complexidade dos cálculos.

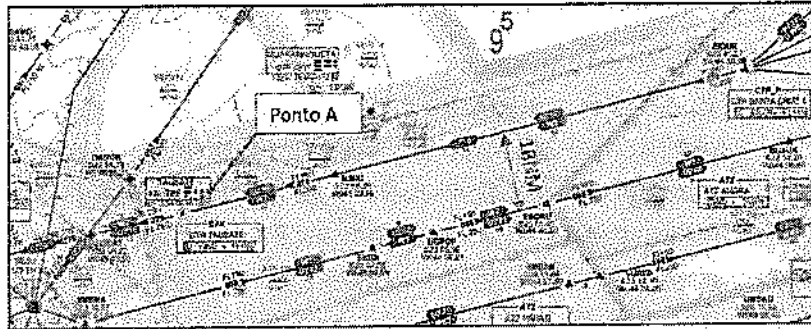
### 1.2.1 A área de atuação de uma aerovia e suas restrições

Escolheu-se como trecho da AWY UZ-10 a parte inserida na região de aproximação do Controle São Paulo (APP-SP) entre as áreas terminais do Rio de Janeiro e de São Paulo. Este órgão operacional é responsável por controlar a Terminal São Paulo (SBXP), a mais movimentada do país. Segundo o Ranking de Aeródromos – 2014, do Anuário do CGNA, o APP-SP é responsável pelo movimento de vários aeroportos, destacando-se: Guarulhos (SBGR), Congonhas (SBSP), Campo de Marte (SBMT) e Campinas (SBKP), respectivamente primeiro, segundo, sexto e sétimo mais movimentados do Brasil, perfazendo-se mais de 800 mil voos controlados naquele ano.

Em decorrência de todo esse movimento, há dentro da terminal um sistema complexo e harmonioso de procedimentos de entrada e de saída de aeronaves que tem obrigado cada vez mais as aeronaves a se manterem dentro dos perfis desses procedimentos, principalmente depois do processo de implementação da PBN.

Segundo Pogianelo (2016, p.35), a separação mínima prevista entre aerovias bidirecionais do tipo RNAV5, que é o caso das AWY UZ-10 e UZ-42, é de 18NM.

**Figura 1 – Trecho da Carta de Área-SBXP delimitando a AWY UZ-10**



Fonte: Instituto de Cartografia da Aeronáutica

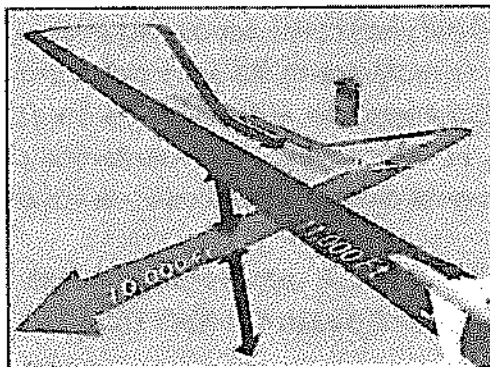
Diante da Figura 1, que representa graficamente a vista de planta da AWY UZ-10, observa-se seu perfil retilíneo e sua direção (da direita para esquerda). À esquerda da UZ-10, observa-se outra aerovia RNAV-5 no sentido contrário ao da AWY UZ-10, a AWY UZ-42, bastante movimentada, e que comporta os voos IFR de todos os aeroportos contidos na TMA-XP com destino ao Aeroporto Santos Dumont (SBRJ), na cidade do Rio de Janeiro.

À direita da AWY UZ-10, nota-se um conjunto de polígonos azuis; que representam Espaços Aéreos Condicionados (EAC) que limitam a utilização da aerovia do solo até o ilimitado. Segundo a CIRCEA 100-71 (2016, p.8), que trata do acordo operacional firmado entre várias organizações como o CGNA, o ACC-CW, o APP-SP, o COpM 2, a TWR-SJ, o IEPV e o OPR-EMBRAER, à medida que um EAC fique ativado, este espaço:

[...] “tornou-se uma área exclusiva para a realização da atividade a que se destina, conforme previsto em Publicação Aeronáutica. Não será permitido, quando da sua ativação, o ingresso de aeronaves que não façam parte desta atividade aérea específica, salvo em casos de contingência e sob a coordenação de órgão ATC” (2016, p.8).

De posse dessas informações, conclui-se que neste trecho da AWY UZ-10 não há espaço para o ATCO retirar as aeronaves à direita em função dos EAC e há uma limitação de espaço à esquerda devido à AWY UZ-42.

**Figura 2 – Cruzamentos em Termina**



Fonte: (POGIANELO, 2016, p.35)

Além das restrições longitudinais, as aeronaves em aproximação para SBGR são obrigadas a cumprir certas restrições altimétricas. Essas restrições se fazem necessárias porque há uma série de outros procedimentos de chegada e saída pertencentes a outros aeroportos da terminal que obrigam o piloto a passar dentro dessas "janelas", mantendo-se, assim, uma separação mínima de 1000FT, conforme Figura 02.

Tendo em vista as informações acima, pode-se afirmar que as trajetórias de voo de aerovias próximas a terminais com grande demanda de aeronaves têm suas áreas de atuação limitadas, contrariando-se o senso comum de que o céu é algo vasto e interminável, onde as aeronaves podem voar sem restrições.

### **1.3 Metodologia**

Para a realização deste trabalho, optou-se pela Pesquisa de Natureza Exploratória com a expectativa de presenciar a ocorrência do Efeito Jamiton no tráfego aéreo.

Segundo Gil:

As pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. (GIL, 2008, p. 27).

Para o levantamento de dados, optou-se pela realização de um questionário eletrônico semiestruturado destinado aos profissionais do APP-SP diretamente envolvidos no controle de tráfego aéreo das aeronaves destinadas à SBGR. Para criá-lo, utilizou-se um formulário eletrônico do Google, Google Forms, com o intuito de registrar as respostas, organizar as informações obtidas em gráficos e facilitar a análise dos dados posteriormente. O questionário considerou os voos que utilizam a AWY UZ-10 com destino ao Aeroporto de Guarulhos e sem restrições operacionais (meteorologia, medidas de gerenciamento de fluxo e outros).

O formulário eletrônico, contendo nove questões fechadas e duas abertas, divide-se em três partes:

- a) a primeira, composta por quatro questões, quantifica a amostra, calcula o tempo médio de experiência dos ATCO do APP-SP, além de classificá-los de acordo com a função operacional;
- b) a segunda compõe-se de cinco questões inseridas no contexto técnico-operacional. Neste estudo, a pesquisa qualitativa foi realizada de forma a obter subsídios para a formulação das hipóteses, para a explicação dos resultados e para a obtenção de elementos para possíveis explicações dos resultados encontrados na fase teórica. O contexto técnico se ateve a situações de congestionamento nas chegadas de pouso no aeroporto de Guarulhos e às

respectivas técnicas de sequenciamento. Com isso, almeja-se explorar o problema e identificar se as variáveis envolvidas na hipótese "comportamento do motorista" são válidas, evidenciando se há ou não um comportamento restritivo do ATCO que possa implicar a geração de ondas de congestionamento.

c) e, por fim, a última parte apresenta duas questões abertas relacionadas ao sequenciamento e aos fatores contribuintes para os atrasos. Neste aspecto, procuram-se indícios de que o ATCO carece de ferramentas técnico-científicas para lidar com sequenciamento, além de informar os critérios empíricos utilizados.

Após recebimento dos formulários eletrônicos devidamente preenchidos pelos ATCO, seguiu-se a análise e interpretação dos dados com a finalidade de evidenciar a possível existência de Efeito Jamiton no tráfego aéreo. Justifica-se o endereçamento do questionário aos ATCO da Terminal São Paulo, devido às características de grande fluxo e densidade de tráfego naquela terminal. Por causa dessas peculiaridades, existe possibilidade de ocorrerem descontinuidades em horários de pico as quais, por vezes, associam-se às decisões tomadas no sequenciamento de uma maneira empírica em sua grande maioria.

Do ponto de vista dos procedimentos de levantamento de dados, o estudo é baseado na pesquisa bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web, sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. (FONSECA, 2002, p. 32).

Com relação à metodologia de construção da simulação computacional, utilizou-se, dentre os vários recursos da planilha Excel, a criação de gráficos e tabelas dinâmicas, com o intuito de simular seis aeronaves em fila indiana, cujas velocidades poderiam ser alteradas de forma independente; desta forma, podia-se acelerar, reduzir ou manter a velocidade indicada de uma aeronave ou mesmo a do grupo e, assim, aferir suas altitudes, velocidades verdadeiras, distâncias percorridas e separações entre elas, minuto a minuto. Para a construção desse simulador, foram utilizados os parâmetros do Manual de Navegação Baseada em Performance, Doc. 9613 e do Manual de Atmosfera Padrão, Doc 7488.

Ressalta-se que, na pesquisa bibliográfica, não foram encontrados trabalhos semelhantes no contexto do Gerenciamento de Tráfego Aéreo. Identificaram-se, apenas, estudos relacionados ao tráfego rodoviário.

#### **1.4 Considerações Preliminares**

Antes de abordar a fundamentação teórica do trabalho, algumas considerações preliminares se fazem necessárias para alinhar o estudo. Alguns fatores não foram

considerados nas simulações:

- a) no modelo, baseado em Cavcar (2001, p. 01), não será considerada a presença, na atmosfera, de poeira, mistura ou vapor d'água. Neste contexto, considera-se também que as aeronaves não sofrerão influência de vento ou turbulência assim como de condições meteorológicas adversas, desvios de formação ou outra situação exterior que possa interferir no comportamento das aeronaves;
- b) em virtude das dimensões da aerovia, medida em Milhas Náuticas (NM), das separações mínimas entre as aeronaves e das altas velocidades envolvidas mensuradas em knots (KT) (Milhas náuticas por hora), as dimensões das aeronaves tornam-se desprezíveis e serão desconsideradas;
- c) o comportamento do motorista e, por analogia, o do ATCO, não podem ser modelados conforme as premissas dos modelos teóricos. Ater-se-á somente à sua interação nos ajustes de velocidade das aeronaves;
- d) a aerovia será tratada como uma rodovia de uma única faixa, e as aeronaves, como veículos que permanecerão em "fila indiana". Por esta razão, não será considerado nenhum tipo de ultrapassagem. Também será descartada a frenagem total, haja vista tal atitude não ser verossímil com a performance das aeronaves em voo;
- e) todos os veículos (por analogia aeronaves) têm a mesma capacidade operacional, logo a amostra é uniforme;
- f) algumas reduções de velocidade mencionadas no trabalho não são intencionais, ou seja, solicitadas por parte dos controladores; elas ocorrem "naturalmente" por vários motivos: pelo efeito da atmosfera na velocidade verdadeira, pela necessidade operacional da aeronave que precisa se ajustar ao pouso entre outros fatores; e
- g) o objeto de estudo concentra-se no efeito que pode ocorrer quando as variações de velocidade estão desconformes com outros fatores como densidade de tráfego, capacidade máxima da rodovia (por analogia da aerovia) e tempo de reação do motorista (por analogia, dos ATCO).

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Fundamentação Teórica**

A equação de continuidade é do tipo diferencial parcial para quantidades microscópicas de densidade, velocidade e fluxo. De acordo com a Hidrodinâmica, sabe-se que fluxo é igual à densidade multiplicada pela velocidade. Segundo Treiber e Kesting (2013, p. 81), em 1955 e 1956, Lighthill e Witham e também, independentemente Richard, completaram a equação de continuidade propondo uma relação estática, assumindo que o fluxo ou a velocidade estão sempre em equilíbrio local com relação à densidade considerada. Levando-se em conta essa relação estática e a equação de continuidade, produz-se a forma mais simples do chamado modelo LWR em homenagem a Lighthill, Witham e Richard. Esse modelo pode incluir termos adicionais de acordo com a complexidade da situação estudada.

No caso do modelo aplicado ao tráfego rodoviário, a estrada em estudo pode conter bifurcações ou aumento no número de faixas de fluxo. A Equação do modelo é dada abaixo:

## 1) Modelo LWR

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{dQ_e(\rho)}{d\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0$$

em que

$\rho$ : densidade

$Q_e$ : fluxo

**Fonte:** Treiber e Kesting (2013, p. 81).

Como não se define a forma da função do fluxo com relação à densidade  $Q_e(\rho)$ , LWR se refere a uma classe de modelos. Pode-se também reescrever a Equação acima como:

## 2) Modelo LWR

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \left( V_e + \rho \frac{dV_e}{d\rho} \right) \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0$$

Em que

$\rho$ : densidade

$V_e$ : velocidade local de equilíbrio

**Fonte:** Treiber e Kesting (2013, p. 81).

As expressões 1 e 2 são equações de onda não lineares descrevendo a propagação de ondas cinemáticas. De acordo com Treiber e Kesting (2013, p. 83), as soluções dessas equações fornecem as velocidades de propagação de ondas de variação de densidade conforme exposto abaixo:

Velocidade de propagação da onda de variação de densidade

3) : velocidade de propagação da onda de variação de densidade

$$\check{c}(\rho) = Q'_e(\rho) = V_e(\rho) + \rho V'_e(\rho)$$

em que

$\check{c}$  : velocidade de propagação da onda de variação de densidade

**Fonte:** Treiber e Kesting (2013, p. 83).

Essa variação de densidade pode se propagar tanto no sentido em que o motorista de um carro está se dirigindo (em caso de tráfego livre) quanto no sentido oposto (tráfego congestionado), e por analogia, no sentido do voo ou no sentido contrário ao voo no caso do tráfego aéreo. Segundo Treiber e Kesting (2013, p. 83), pode-se chegar a uma relação entre a velocidade do veículo e a velocidade de propagação da variação de densidade, definindo-se uma velocidade relativa do ponto de vista do motorista (utilizando como referencial o motorista de um dos carros).

## 4) Velocidade relativa do ponto de Vista do Motorista

$$\check{c}_{rel}(\rho) = \check{c}(\rho) - V = \check{c}(\rho) = V'e(\rho)$$

em que

$\check{c}_{rel}$  : velocidade relativa de propagação da onda de variação de densidade

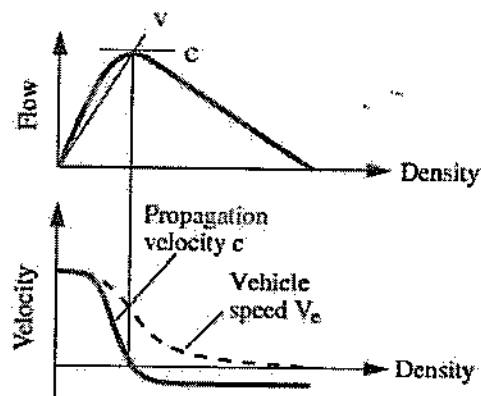
Fonte: Treiber e Kesting (2013, p. 83).

Como ( $V'e$ ) é negativo para todos os modelos especificados, pois a velocidade relativa de propagação da onda de variação de densidade no sentido de movimento do motorista é nula, a variação de densidade sempre se propaga para trás da direção do motorista ou, no máximo, permanecerá estacionária quando o fluxo de tráfego está completamente livre e não há interações entre os motoristas. Abaixo, dois gráficos demonstram a variação do fluxo em relação à densidade e à variação da velocidade de propagação de densidade e à variação da velocidade do veículo em função da densidade.

Pode-se observar no gráfico 1, na parte superior (fluxo x densidade), que inicialmente o fluxo aumenta a partir de zero até atingir seu valor máximo para determinada densidade. A partir desse ponto, com o aumento da densidade, o fluxo começa a diminuir até se tornar nulo para o valor de densidade máxima. As velocidades dos carros (por analogia as velocidades dos aviões) são obtidas pelas tangentes dos ângulos formados pelas retas que saem da origem do Gráfico 2 até um ponto qualquer. Já a velocidade de propagação da variação de densidade é dada pela tangente do ângulo da semirreta que une dois pontos quaisquer desse gráfico.

O modelo LWR mais simples, de acordo com Treiber e Kesting (2013, p.91), utiliza um diagrama triangular fundamental que, por sua natureza, apresenta apenas duas velocidades de propagação de variação de densidade: uma para tráfego livre, outra para tráfego congestionado. É possível "quebrar" uma rodovia em seções, cada uma com suas características e sua frente de congestionamento denominada *jam front*.

### Gráfico 1 – Fluxo X Densidade ↔ Velocidade X Densidade



Fonte: Treiber e Kesting (2013, p. 84).

O fluxo máximo ( $Q_{max}$ ), ou a capacidade máxima por faixa ( $C$ ) numa seção de estrada homogênea (sem bifurcações e com largura constante), de acordo com Treiber e Kesting (2013, p. 93) é dado pela interseção dos dois ramos do gráfico triangular (pico do Gráfico 3)

Em situação de tráfego livre, ainda de acordo com o autor do livro, as variações se propagarão ao longo dos veículos com a velocidade desejável ( $V_0$ ), representada pela reta verde no Gráfico 3.

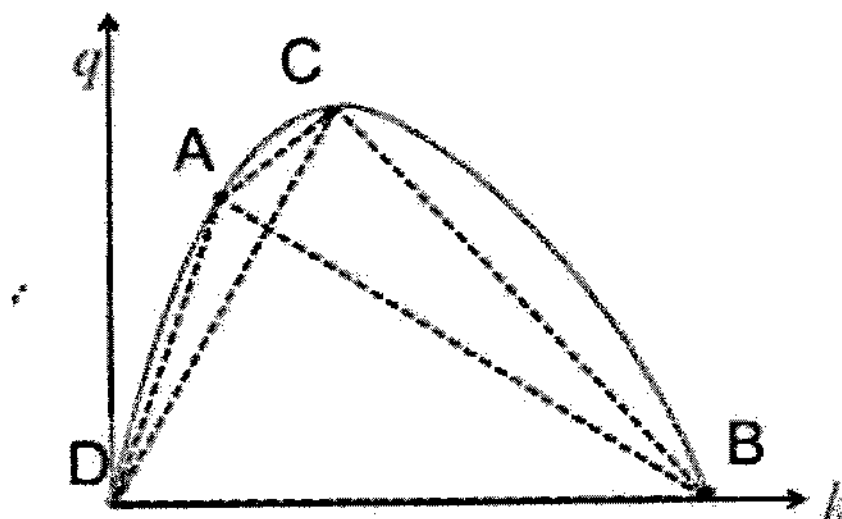
Em tráfego congestionado, a velocidade de propagação do fluxo, densidade e variação de velocidade é dada pela reta descendente do diagrama fundamental. O valor negativo para ( $c$ ), na fórmula abaixo, significa que as variações de velocidade e densidade se propagam "para trás" não somente em relação aos outros carros como também para um observador estático.

#### 5) Cálculo da Propagação da Onda de choque

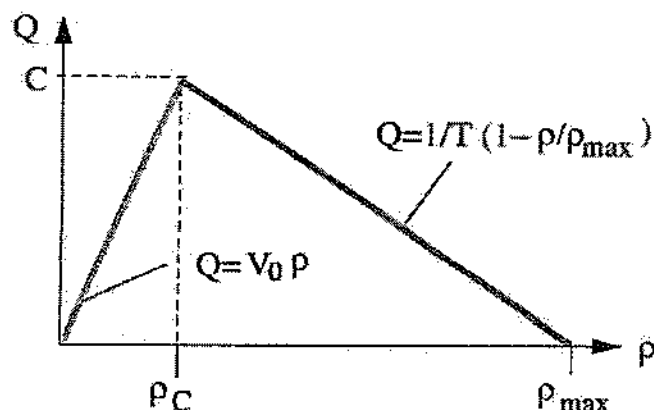
$$C_{down} = c = -\frac{1}{\rho_{max}T} = -\frac{leff}{T}$$

**Fonte:** Treiber e Kesting (2013, p. 94).

**Gráfico 2 – Fluxo X Densidade**



**Fonte:** Treiber e Kesting (2013, p. 84).

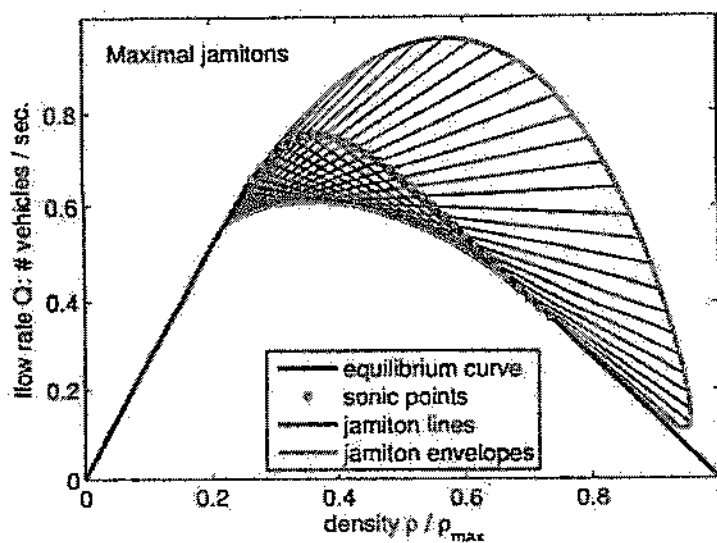
**Gráfico 3 – Diagrama Triangular Fundamental**

**Fonte:** Treiber e Kesting (2013, p. 92).

Os congestionamentos previstos por esses modelos são chamados de "jamitons". Segundo Kowszun (2013, p.53), Jamiton é uma palavra utilizada pelos pesquisadores de fluxo de tráfego que descreve o efeito "invisível" que ocorre nas rodovias em que, sob certas circunstâncias, os engarrafamentos surgem sem haver uma causa aparente; na verdade, trata-se da propagação de uma onda de choque solitária que se propaga na direção contrária à do deslocamento do carro. Ainda segundo Kowszun (2013, p. 54), diversas tentativas de construir modelos matemáticos foram realizadas no afã de prever a ocorrência de jamitons com a finalidade de reduzir sua frequência de ocorrência. O modelo macroscópico de Payne Whitham, que utiliza também a relação quadrática entre fluxo e densidade (Gráfico 2), pode indicar de maneira simples a forma pela qual os jamitons se espalham nos pontos ao redor do diagrama básico. Eles então ocorrem para uma gama de densidades descritas como densidade sônica de cada jamiton, gerando linhas de congestionamento. Essas linhas podem ser combinadas em um diagrama fundamental mostrando uma gama de jamitons preditos pelo modelo Payne Whitham que, comparados com os dados reais obtidos por medição, mostra uma boa correlação com a realidade, como pode ser observado nos Gráfico 4.

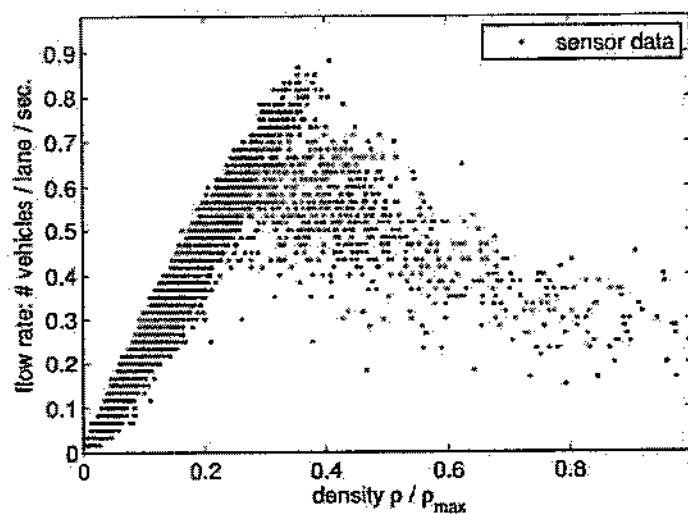
Uma limitação do uso da analogia do modelo triangular para cálculos de tráfego aéreo ao invés do rodoviário é que as velocidades verdadeiras das aeronaves se alteram à medida que as aeronaves variam suas altitudes. Isto ocorre, pois a pressão, a temperatura e a densidade do ar vão adquirindo novos valores e, conseqüentemente, modificam o arrasto. Não serão considerados os efeitos do vento.

**Gráfico 4 – Soluções previstas pelo modelo Payne-Whitham**



Fonte: Kowszun (2013, p. 56).

**Gráfico 5 – Taxa de Fluxo do Departamento de Transporte de Minnesota - 2003**



Fonte: Kowszun (2013, p. 57).

Segundo Cavcar (2000, p. 01), o modelo ISA (International Standard Atmosphere) é definido no documento da ICAO 7488/2 e usado como referência para comparar as condições atmosféricas reais com a performance das aeronaves. De acordo com o DOC8168 da ICAO, (2014, p.64), a seguinte Equação é utilizada para a obtenção dos valores de velocidade verdadeira da aeronave no ar, onde a variação de temperatura (VAR) é em oC, e a altura (H) em pés:

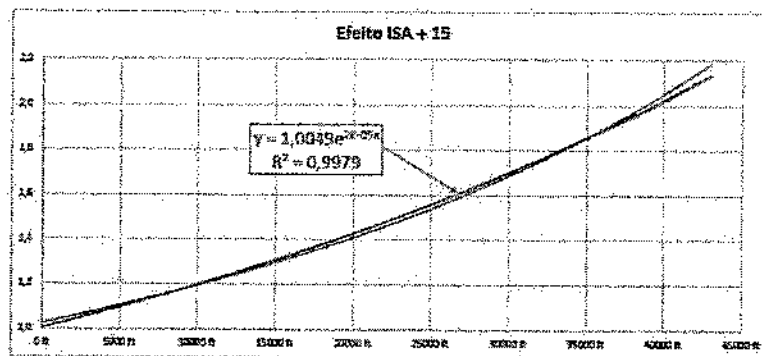
## Cálculo da Velocidade Verdadeira (do Ar)

$$TAS = IAS \times 171233 [(288 \pm VAR) - 0.00198H]^{0.5} + (288 - 0.00198H)^{2.628}$$

Fonte: DOC 8168 (2014, p.64).

Essa equação calcula a velocidade verdadeira (True Air Speed - TAS). Como se pode observar no gráfico 5, uma aeronave a uma altitude de 40000 pés teria a velocidade indicada (IAS) multiplicada por um fator de correção de 2,0524 para determinar sua velocidade verdadeira. Uma outra aeronave com a mesma velocidade indicada, mas a 10000 pés de altitude, teria sua velocidade multiplicada por um fator de correção de 1,2 para determinar sua velocidade verdadeira. Desta forma, pode-se concluir que, à medida que aeronaves descem, suas velocidades verdadeiras (TAS) tendem a diminuir, mas sempre tendo um valor maior que suas velocidades indicadas (IAS).

**Gráfico 6 – Efeito ISA +15**



Fonte: Cavcar (2013, p. 1).

De acordo com Treiber e Kesting (2013, p.313), o comportamento dos motoristas não pode ser modelado em sua totalidade e nem o melhor modelo conseguirá capturar todos os aspectos de direção real. Motoristas de diferentes países possuem distintos estilos de direção, dirigem diferentes tipos de veículos e estão sujeitos a variados tipos de regulação. Segundo ele, os modelos necessitam ser adaptados para as situações de condições reais do tráfego local, além de serem calibrados e posteriormente validados. Por analogia, supõe-se que não há um modelo que contemple em sua totalidade o comportamento de pilotos e de ATCO.

De acordo com Treiber e Kesting (2013, p. 254), há uma instabilidade no fluxo de tráfego conhecido como Stop and Go Waves, causada pelo atraso do motorista em adaptar sua velocidade à do tráfego no momento, gerado pela limitada capacidade em acelerar e frear e pelo tempo de reação dos motoristas. Em analogia, pode-se considerar que uma falta de intervenção do controlador permite ao piloto voar acima da velocidade ideal para manter o fluxo. Após isso, ao solicitar uma grande redução,

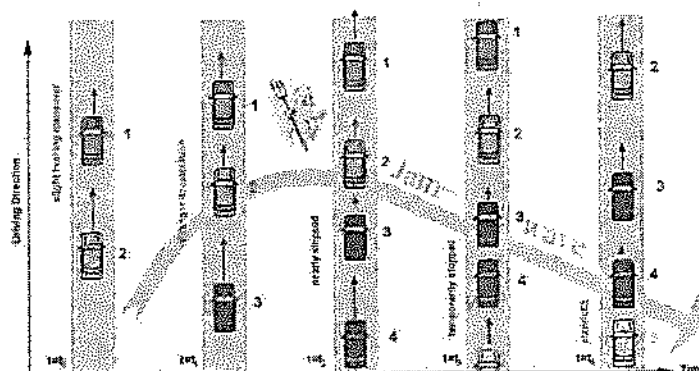
da velocidade ideal para manter o fluxo. Após isso, ao solicitar uma grande redução, não obterá um resultado imediato devido à grande inércia das aeronaves. Essa instabilidade ocorre em especial para valores altos de densidade de tráfego, gerando ondas de perturbação de velocidade e densidade.

Se por um lado, analisando-se macroscopicamente, os carros mantêm um comportamento padrão estabelecido pelo modelo matemático; por outro, as aeronaves sob vigilância de um ATCO manterão o padrão por ele estabelecido, desestabilizando-se, assim, respectivamente, no fluxo e na densidade da aerovia.

Com o auxílio da Figura 3, é possível compreender essa instabilidade. De acordo com Treiber e Kesting (2013, p. 273), o cenário inicia-se com uma fila de carros inicialmente em fluxo constante a uma determinada velocidade  $V_e$ . Em  $t=t_0$ , o motorista do carro 1 freia suavemente e passa a manter uma velocidade  $V_1 < V_e$ . Como resultado, a velocidade ideal para o carro 2 passa a ser  $V_1$  e ele inicia redução de  $V_e$  para  $V_1$ , gastando um determinado intervalo de tempo no processo, terminando-o no tempo  $T_1$ . Caso o tráfego esteja suficientemente denso, ou se o tempo para a adaptação da velocidade for muito grande, o gap do carro 2 no tempo  $T_1$  é menor do que o padrão para o carro que o precede (carro 1). Com a finalidade de reestabelecer o distanciamento original, o motorista do carro 2 tem que frear mais ainda atingindo uma velocidade  $V_2 < V_1$  no intervalo de tempo entre  $T_1$  e  $T_2$ . Como o motorista do próximo carro (3) também precisa de algum tempo para adaptar sua velocidade, o gap entre os carros 2 e 3 torna-se menor que o padrão. Portanto, o motorista do carro 3 desacelera para uma velocidade  $V_3 < V_2$  no tempo  $T_2$ .

Esse efeito continua até impactar o movimento do carro 4 que irá parar completamente (tempo  $T_3$ ). A onda de tráfego resultante se dissolve apenas caso o número de novos veículos se aproximando decresça. Como resultado, uma onda stop-and-go emerge, conforme demonstrado na Figura 4, dando origem a um congestionamento fantasma. A densidades de tráfego suficientemente baixas, ou quando o tráfego consiste predominantemente de motoristas ágeis, o círculo vicioso é quebrado e esses já adaptaram suas velocidades à nova situação na hora em que um novo veículo chega à distância de interação, não permitindo que as ondas stop-and-go surjam.

**Figura 3 – Círculo Vicioso**



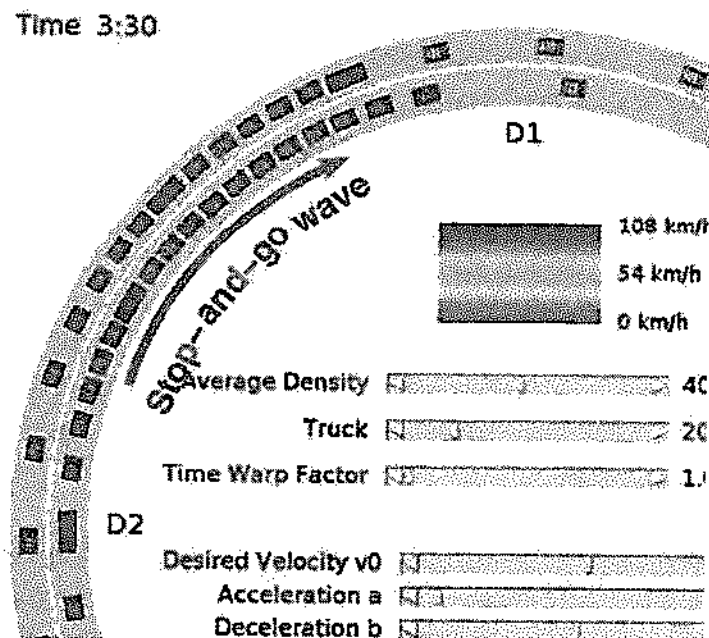
Fonte: Treiber e Kesting (2013, p. 258).

Da consideração qualitativa, segue que o mecanismo nunca é efetivo em modelos, descrevendo adaptações de velocidade instantâneas e tempos de reação nulos como nos modelos LWR de primeira ordem; como consequência, perturbações de densidade nunca crescem e, por isso, não podem descrever instabilidades de tráfego. De acordo com a ICA 100-37 – Serviços de tráfego aéreo (2016, p.170), deve-se proporcionar uma separação longitudinal mínima de 5 NM (Milhas Náuticas) entre as aeronaves.

Há casos também em que acordos operacionais entre o APP-SP e os órgãos adjacentes a este preveem que, para efeito de manutenção da fluidez do tráfego aéreo, a separação longitudinal mínima entre as aeronaves em rota pode chegar a 10 NM. Outro exemplo é o caso do Acordo operacional entre o APP-SP e a TWR-GR que prevê, sob certas circunstâncias, uma separação longitudinal de 5NM a 7NM, sendo que a separação mínima entre as aeronaves na aproximação final pode ser de 3NM. (Carta de Acordo Operacional entre o APP-SP E TWR-GR, 2015).

As velocidades verdadeiras das aeronaves diminuem à medida que descem e, portanto, aquela que está à frente e inicia descida primeiro tem sua velocidade verdadeira diminuída devido ao ar atmosférico mais denso.

**Figura 4 – Simulação Interativa do Mecanismo Stop-and-go**



Fonte: Treiber e Kesting (2013, p. 273).

Como consequência, o controlador pode acabar por reduzir precipitadamente as aeronaves que seguem atrás para manter não só a distância mínima de separação como também para adequar suas velocidades, esquecendo-se muitas vezes de que as demais aeronaves também terão suas velocidades verdadeiras reduzidas naturalmente ao iniciarem descida. Esse padrão de comportamento poderá ser evidenciado, após a análise dos questionários aplicados aos ATCO do APP-SP, e pode gerar uma onda de choque de congestionamento que se propaga para trás a partir da primeira aeronave e gerar o efeito Jamiton. Segundo a ICA 100-37 (2016, p.62), quando duas aeronaves que descem em uma rota mantêm a mesma IAS, a que estiver à frente e em um nível inferior terá menor TAS. Portanto, a distância entre as aeronaves tenderá a diminuir. Para fins de ajuste de velocidade, ainda segundo a referida publicação, deve-se considerar uma diferença de 6 KT de IAS para cada 1000 pés de diferença de altura. No entanto, abaixo do FL080, as diferenças entre IAS e TAS tornam-se desprezíveis para efeito de ajustes de velocidade.

Serão apresentados os resultados da simulação em Excel de modo a demonstrar o efeito de reduções naturais e outras reduções desnecessárias de velocidade na separação entre os tráfegos, gerando uma onda de choque de congestionamento e ocasionando o Jamiton. Para essa simulação, consideraremos seis aeronaves em sequência, todas no nível de voo (FL) 430: a primeira com uma IAS de 220KT e as demais com IAS de 260KT (acima da velocidade ideal para evitar reduções bruscas).

Quando a primeira aeronave iniciar descida, terá sua TAS diminuída gradualmente devido aos efeitos do aumento da densidade do ar, mantendo sua IAS de 220 KT. A segunda aeronave terá sua IAS diminuída drasticamente pela ação do ATCO quando ele perceber, pela indicação do radar, que a aeronave à frente diminuiu sua TAS (não se considera o efeito do vento nessa simulação). Quando a segunda aeronave iniciar descida, sua velocidade verdadeira irá diminuir devido aos efeitos combinados da redução na velocidade indicada e do aumento da densidade do ar atmosférico. A terceira aeronave terá, então, sua IAS reduzida por ação do controlador ao observar que a TAS da segunda aeronave estará diminuindo e assim por diante. No entanto, as reduções de IAS estão restritas a 220KT para aeronaves turbojato abaixo do nível de voo 150 (ICA 100-37, p. 61). Além disso, reduções de IAS para valores inferiores a 250 KT para aeronaves turbojato somente devem ser realizadas com o consentimento dos pilotos (ICA 100-37, p.62).

As separações na tabela são entre a primeira e a segunda aeronave, entre a segunda e a terceira aeronave e assim por diante. No momento inicial da simulação, todas as aeronaves estão mantendo o FL430 e a separação de 10NM, conforme tabela abaixo.

A primeira aeronave, TAM3881, está na iminência de iniciar descida. Todas as aeronaves utilizarão gradiente de descida de 220FT/NM.

**Tabela 1 – Variação de Separação Longitudinal – Tempo Inicial**

	ACFT	POSIÇÃO	SEPARAÇÃO	PERCORRIDO	ALTITUDE	DIF ALT	IAS	TAS
6ª	DLH051	187,5	0	0,0	43000	X	260	568,0
5ª	GLO1778	177,5	10,0	0,0	43000	0	260	568,0
4ª	PTB1445	167,5	10,0	0,0	43000	0	260	568,0
3ª	AZU1441	157,5	10,0	0,0	43000	0	260	568,0
2ª	GLO1331	147,5	10,0	0,0	43000	0	260	568,0
1ª	TAM3881	137,5	10,0	0,0	43000	0	270	480,6

**Fonte:** Os autores

Após um minuto, a segunda aeronave está na iminência de iniciar descida e o controlador, ao ver que a TAS da primeira aeronave, TAM3881, reduziu para 515 KT, solicita ao GLO1331 que reduza a IAS para 220KT assim que possível. Após dois minutos, a terceira aeronave, AZU1441, está na iminência de iniciar descida. O ATCO, ao observar que a TAS da segunda aeronave começou a diminuir, solicita que o AZU1441 reduza a IAS para 220KT assim que possível. Transcorridos três minutos, a quarta aeronave, PTB1445, está no ponto ideal de descida, e o ATCO solicita que inicie redução de sua velocidade indicada para 220KT assim que possível.

Após quatro minutos, a quinta aeronave, GLO1778, está na iminência de iniciar descida. O controlador solicita redução de sua IAS para 220KT assim que possível em função da velocidade verdadeira da quarta aeronave, PTB1445, que foi reduzida. Passados quatro minutos, a situação está de acordo com a Tabela 2. Transcorridos cinco minutos, por fim, a sexta aeronave, DLH051, está na iminência de iniciar descida. O ATCO solicita redução de sua IAS para 220KT. Após oito minutos, pode-se perceber que as separações longitudinais entre as aeronaves diminuíram bastante. Entre a primeira e a segunda aeronave é de apenas 2,8NM. Essa redução brusca produz uma onda de choque que começa a se propagar para trás, e só não é mais intensa, pois a IAS mínima das aeronaves em rota se limita a 220KT em virtude das performances das aeronaves.

**Tabela 2 – Variação de Separação Longitudinal – Passados 4 min.**

	ACFT	POSIÇÃO	SEPARAÇÃO	PERCORRIDO	ALTITUDE	DIF ALT	IAS	TAS
6ª	DLH051	149,6	0	37,9	43000	X	260	568,0
5ª	GLO1778	139,6	10,0	37,9	43000	0	260	568,0
4ª	PTB1445	130,8	9,6	37,5	41206	1794	254	535,3
3ª	AZU1441	120,9	9,1	36,6	39016	2191	249	503,8
2ª	GLO1331	113,7	7,2	33,8	36931	2085	247	477,1
1ª	TAM3881	107,8	5,9	29,7	35883	1948	220	416,6

**Fonte:** Os autores

**Tabela 3 – Variação de Separação Longitudinal – Passados 8 min.**

	ACFT	POSIÇÃO	SEPARAÇÃO	PERCORRIDO	ALTITUDE	DIF ALT	IAS	TAS
6ª	DLH051	114,0	0	73,5	37372	X	248	482,9
5ª	GLO1778	105,8	8,2	71,7	35401	1971	246	460,4
4ª	PTB1445	97,9	8,0	69,6	33493	1508	244	439,2
3ª	AZU1441	90,3	7,6	67,2	31680	1813	242	421,7
2ª	GLO1331	84,6	5,7	62,9	29946	1734	240	405,0
1ª	TAM3881	81,8	2,8	55,7	29629	317	229	369,5

Fonte: Os autores

Após 15 minutos, vê-se que a separação entre a primeira e a segunda aeronave é de apenas 1,1NM. Em decorrência disso, o ATCO deverá iniciar vetorização radar ou espera com o GLO1331, a fim de garantir uma separação adequada entre ele e o TAM3881. Isso gerará um "efeito dominó" que inevitavelmente fará com que as demais aeronaves tenham que realizar esperas ou sejam vetoradas.

**Tabela 4 – Variação de Separação Longitudinal – Passados 15 min.**

	ACFT	POSIÇÃO	SEPARAÇÃO	PERCORRIDO	ALTITUDE	DIF ALT	IAS	TAS
6ª	DLH051	65,4	0	122,1	25705	X	232	361,4
5ª	GLO1778	59,2	6,2	118,3	24213	1492	229	347,7
4ª	PTB1445	53,2	6,0	114,3	22775	1438	226	335,9
3ª	AZU1441	47,4	5,8	110,1	21388	1388	223	322,9
2ª	GLO1331	43,4	4,0	104,1	20659	1329	221	312,4
1ª	TAM3881	42,3	1,1	95,2	20166	107	220	311,7

Fonte: Os autores

### 3 ANÁLISES E INFERÊNCIAS

#### 3.1 Análise do Questionário - ATCO

A pesquisa exploratório-descritiva seguiu dois momentos distintos. A primeira consistiu de uma coleta de dados através de questionário digital e sua compilação e, posteriormente, da realização da análise, do tratamento e da interpretação dos dados. O objetivo geral da pesquisa foi identificar o campo de atuação dos ATCO na dinâmica do efeito Jamiton e analisar os comportamentos desses profissionais por meio de tratamento estatístico, subdividindo-os em suas funções no Controle de Aproximação São Paulo, quais sejam: supervisor, instrutor e controlador. Vale salientar que o termo "operador" não é mais usado na documentação atual, mas ainda é um termo utilizado entre os profissionais tornando-se um "jargão" técnico.

A hipótese levantada é a de que o comportamento "empírico", ou seja, a falta de uma metodologia no uso das reduções de velocidade para as aeronaves instruídas pelos ATCO, implica a geração de shockwaves, tal como o comportamento do motorista no modelo rodoviário. Portanto, o objetivo da análise desse questionário foi evidenciar a

existência de um "perfil restritivo" dos ATCO, podendo ser fator contribuinte nos congestionamentos de tráfego aéreo. Cabe ressaltar que o termo "perfil restritivo" não tem cunho depreciativo e que, portanto, não traz consigo qualquer juízo de valor agregado.

No que concerne ao levantamento de campo, a população finita do APP-SP é composta de 175 ATCO. Dessa população, uma amostra de 61 participaram da pesquisa, sendo 04 supervisores, 19 supervisores/instrutores, 13 instrutores e 25 controladores. Apesar de ser uma amostra pequena, ela foi suficiente para, em termos de distribuição normal, proporcionar uma confiabilidade de 90% com uma margem de erro de 8,5%.

Após breve explanação sobre o intuito da pesquisa, os entrevistados foram alertados sobre a delimitação do tema, conforme o seguinte:

- apenas aeronaves com destino ao Aeroporto de Guarulhos, atualmente o mais movimentado do país, que utilizassem a AWY UZ-10. Com isso, limitou-se a somente um procedimento de chegada, dos três procedimentos previstos atualmente para aquele aeroporto; e
- não havia restrições operacionais, tais como: meteorologia, impraticabilidade do aeroporto, instrumentos de solo fora de serviço etc.

Seguem as considerações baseadas nos gráficos elaborados a partir das respostas dos ATCO do Controle de Aproximação São Paulo:

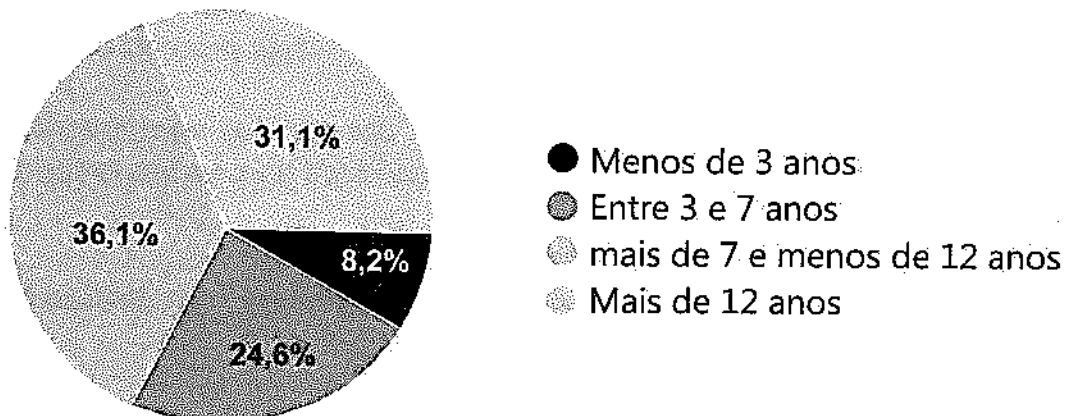
### Questão nº 1 - Nome do ATCO ou Indicativo Operacional (Não obrigatório)

Quesito não obrigatório.

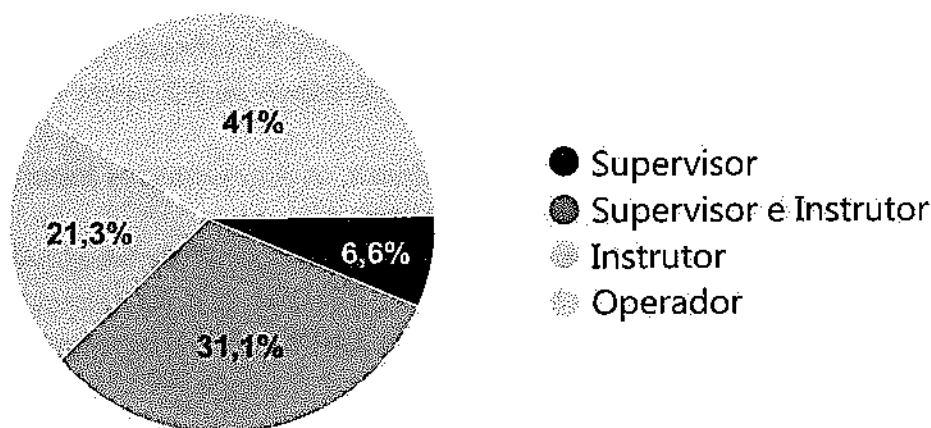
### Questão nº 2 - Há quanto tempo trabalha no APP-SP?

Conforme o gráfico 07, pode-se afirmar que aproximadamente 67% da amostra dos ATCO trabalham há mais de 7 anos no APP-SP, demonstrando ter bastante experiência neste órgão de controle de tráfego aéreo.

**Gráfico 7 – Gráfico da questão nº 2**



Fonte: Os autores

**Questão nº 3 - Qual a sua função atual?****Gráfico 8 – Gráfico da questão nº 3**

**Fonte:** Os autores

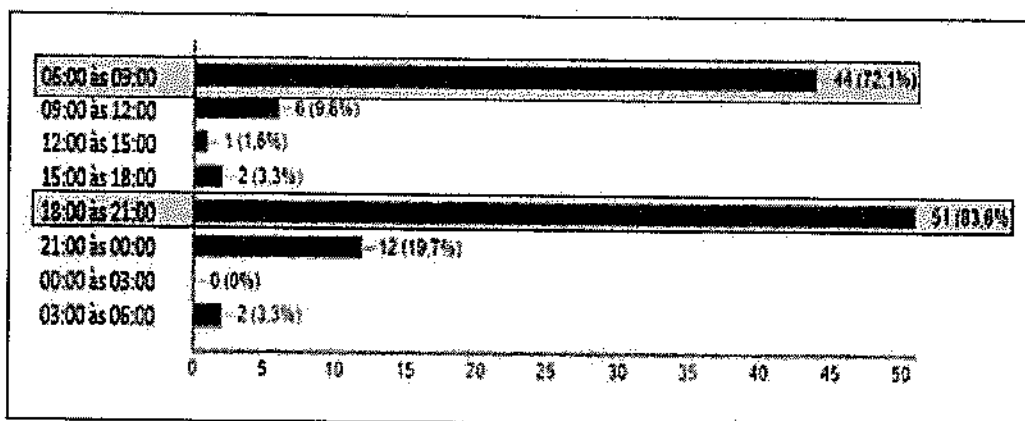
Ao analisar o gráfico 08, conclui-se que a amostra é heterogênea no que tange à função operacional, pois 41% dos ATCO possuem habilitação apenas de controlador, 21,3% habilitação de instrutor, 31,1% têm tanto a habilitação de supervisor como também de instrutor e 6,6% são habilitados apenas na função de supervisor.

Vale salientar que as funções apontadas na pesquisa têm características diferenciadas. Segundo a ICA 100-18, que trata das Licenças e Certificados de habilitação técnica para controladores de tráfego aéreo, a função básica do CONTROLADOR é "proporcionar o Serviço de Controle de Aproximação com radar ou outro sistema ATS...(2011, p.35); a do INSTRUTOR é "ministrar instrução teórica/prática nos cursos e Estágios operacionais do órgão ATC", manter estreita supervisão do treinamento dos ATCO na posição operacional, a fim de garantir a segurança das operações aéreas" (2011, p.35); a do SUPERVISOR é "realizar a supervisão das atribuições dos ATCO de uma equipe operacional de um órgão ATC", visando corrigir prontamente qualquer desempenho inadequado observado (2011, p.36).

Portanto, as habilidades inerentes a cada uma das funções apresentadas acima tenderiam a ser diferentes umas das outras, levando cada grupo a ter perspectivas de cenário distintas.

**Questão nº 4 - Com relação ao movimento de aeronaves com destino à SBGR, indique os 2 (dois) períodos de maior demanda.**

**Gráfico 9 – Gráfico da questão nº 4**



Fonte: Os Autores

**Tabela 5 – Movimento anual de SBGR / Demanda superior a 80%**

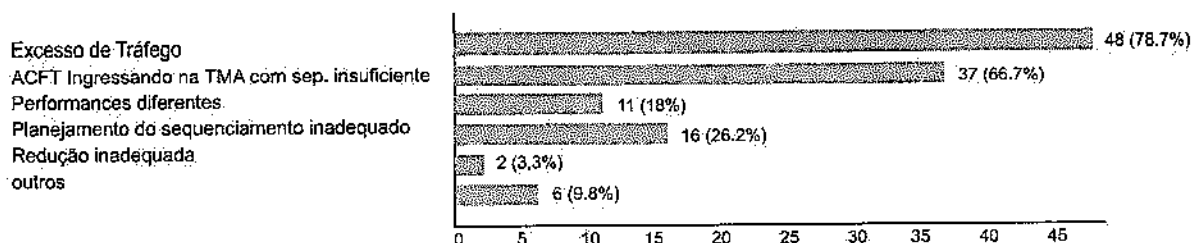
1 OCORRÊNCIA	06:00	07:00	08:00	09:00	09:00	10:00	10:00	11:00	11:00	12:00	12:00	13:00	14:00	14:00	15:00	15:00	16:00	16:00	17:00	17:00	18:00	18:00	19:00	19:00	20:00	20:00	21:00	21:00	22:00	22:00	23:00
MOV. HORÁRIOS MAIORES QUE 80%	0	0	0	0	0	2	13	12	9	13	1	18	5	0	0	1	3	3	10	62	24	22	1	1							
PERCENTUAL ANUAL (- SET)	0,0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	4%	3%	4%	0%	5%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	4%	35%	28%	7%	0%	0%							
2 OCORRÊNCIAS SEGUIDAS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	23	3	1	0	0						
PERCENTUAL ANUAL (- SET)	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	7%	2%	0%	0%	0%							

Fonte: Os autores

Comparando-se o Gráfico 9, extraído das informações do grupo amostral, com a Tabela 5, que é a síntese das informações fornecidas pelo CGNA, observou-se que os ATCO têm ciência temporal dos "picos" de tráfego que se aproximam para o aeroporto de Guarulhos. A Tabela 5 mostra as quantidades de ocorrências cuja demanda de tráfego ultrapassou o limite de 80% da capacidade do aeroporto de Guarulhos. A segunda parte da Tabela 5 corrobora com a afirmação, apontando os horários do ano de 2015 nos quais a demanda ultrapassou os 80% da capacidade: em mais de uma hora, ou seja, estendeu-se até a hora seguinte. Segundo esse gráfico, o horário mais congestionado é o das 20h00min, em que, em 28% dos dias, o aeroporto de Guarulhos ficou congestionado e em que, em 7% das vezes do ano de 2015, os congestionamentos perduraram por mais de duas horas seguidas, entre as 19h00min e as 20h59min.

**Questão nº 5 - Indique 2 (dois) fatores que mais influenciam nos congestionamentos das aproximações para SBGR (sem restrições meteorológicas e mudança de pista).**

**Gráfico 10 – Gráfico da questão nº 5**

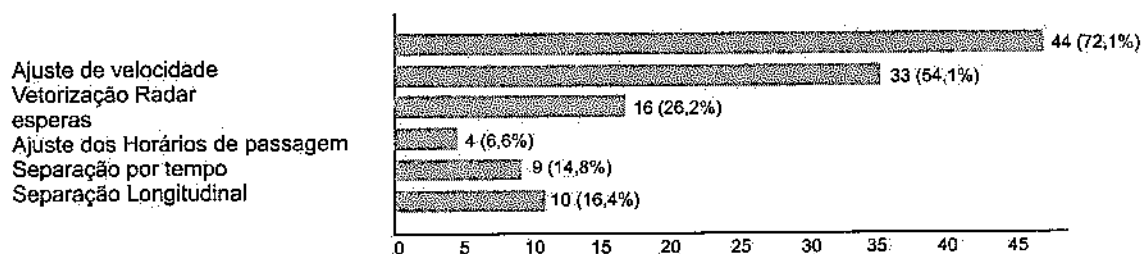


Fonte: Os autores

O gráfico 10 demonstra a percepção dos ATCO do APP-SP a respeito dos fatores que levam aos congestionamentos na TMA SBXP. Ao analisar este gráfico, verifica-se que apenas 3,3% da amostra considera que as reduções inadequadas de velocidade instruídas pelos ATCO aos pilotos podem diminuir a fluidez do tráfego aéreo; ou seja, infere-se que a maioria destes profissionais pode estar contribuindo para os congestionamentos nas aproximações do aeroporto de Guarulhos, analogamente aos motoristas que reduzem demasiadamente seus carros nas rodovias causando o efeito Jamiton sem se darem conta disto.

**Questão nº 6 - Considerando a atual circulação da TMA SBXP, indique as 2 (duas) técnicas que você considera ser as mais eficazes no sequenciamento entre as aeronaves com destino a SBGR.**

**Gráfico 11 – Gráfico da questão nº 6**



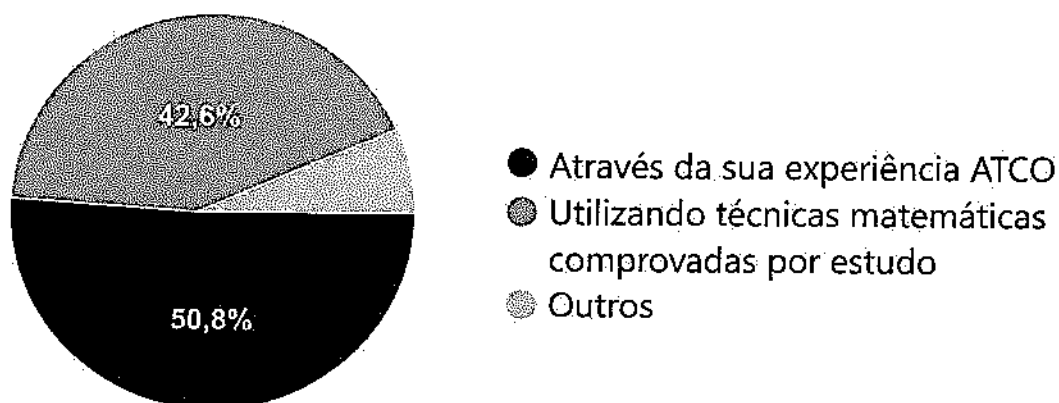
Fonte: Os autores

Ao analisar Gráfico 11, nota-se que as três técnicas de sequenciamento mais utilizadas pelos ATCO do APP-SP são o ajuste de velocidade, seguido da vetoração radar e, por último, da utilização de esperas. Cruzando-se os dados e discriminando-se os ATCO por tipo de função, infere-se, a priori, que a "linha de pensamento" se mantém a mesma, ficando na casa dos 40%. O sequenciamento por tempo, que seria uma importante ferramenta de sequenciamento em que se poderia usufruir da aviônica das aeronaves para facilitar o trabalho dos ATCO, é pouco difundido entre os controladores e supervisores, e sequer consta como item no grupo "supervisores".

**Questão nº 7 - Durante o turno de serviço, há uma demanda para Guarulhos cujos tráfegos chegam separados longitudinalmente por 10NM. E, num dado momento, você percebe que a separação é insuficiente e deveria ser aumentada. Como você determinaria a separação ideal para manter o fluxo contínuo?**

De um modo geral, ao analisar o Gráfico 12, constata-se que metade da amostra confia mais em sua experiência como ATCO enquanto a outra metade recorre a outras técnicas, que vão além da experiência, mesmo que empíricas. Cruzando-se os dados, através do Gráfico 13, e discriminando-se por tipo de função, observa-se que a maioria dos controladores e instrutores se utilizam de suas experiências para manter o fluxo contínuo

**Gráfico 12 – Gráfico da questão nº 7**

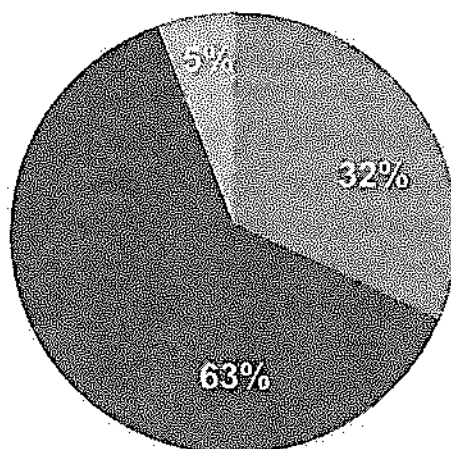


**Fonte:** Os autores

Vale aqui ressaltar, que a carreira funcional segue, geralmente, a seguinte sequência: o ATCO começa como controlador, ganhando certa experiência, torna-se instrutor e, por último, tornar-se supervisor. É na função de supervisor que o indivíduo toma a real noção do sequenciamento e começa a expandir suas ferramentas de apoio.

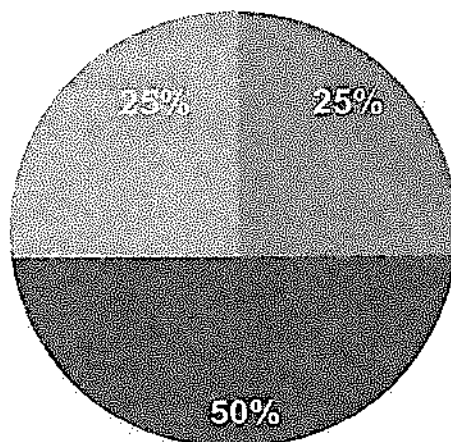
**Gráfico 13 – Gráficos da questão nº 7 separados por funções do ATCO**

**QUESTÃO 7 - SUPERVISOR/INSTRUTOR**



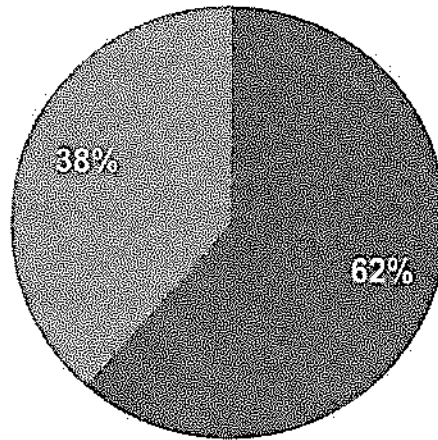
■ Através da sua experiência como ATCO ■ Utilizando técnica matemáticas ■ Outros

**QUESTÃO 7 - SUPERVISOR**



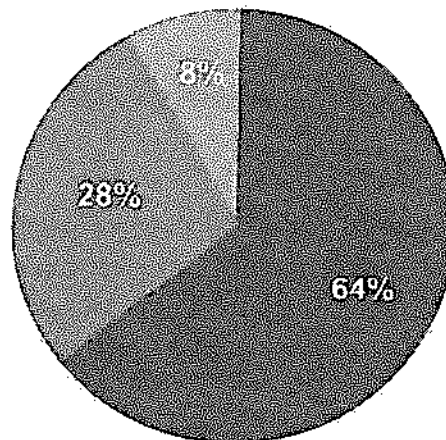
■ Através da sua experiência como ATCO ■ Utilizando técnica matemáticas ■ Outros

**QUESTÃO 7 - INSTRUTOR**



■ Através da sua experiência como ATCO ■ Utilizando técnica matemáticas

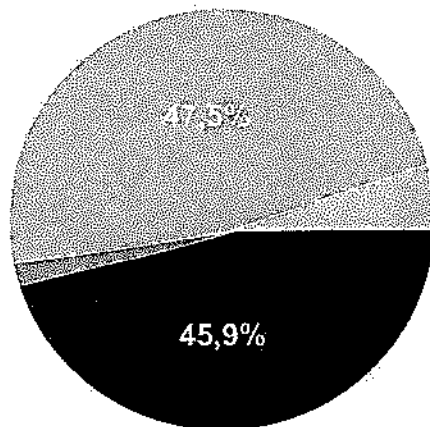
**QUESTÃO 7 - OPERADOR**



■ Através da sua experiência como ATCO ■ Utilizando técnica matemáticas ■ Outros

Fonte: Os autores

**Questão nº 8 - Considere um turno de serviço com grande volume de tráfego aéreo e sem restrição operacional para SBGR. Informe a opção de ajuste de velocidade que você julga a mais adequada:**

**Gráfico 14 – Gráfico da questão n° 8**

- Reduzir os tráfegos na sequência em função da velocidade da primeira aeronave.
- Incrementar a velocidade de todos os tráfegos.
- Incrementar a velocidade dos primeiros tráfegos e manter a velocidade dos demais.
- Não alterar as velocidades dos tráfegos.

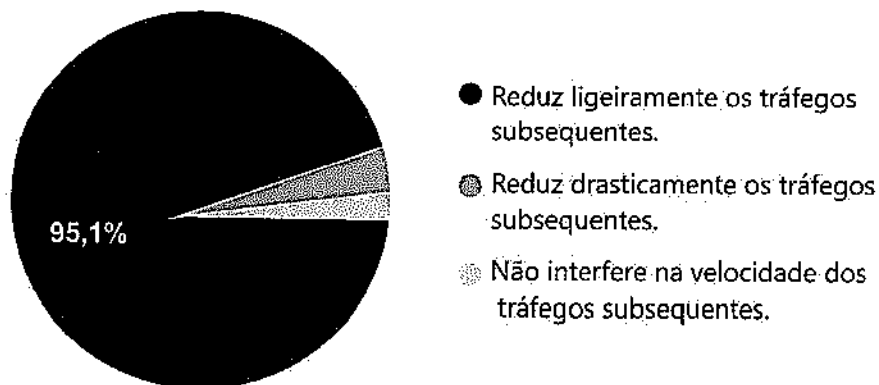
**Fonte:** Os autores

Ao analisar o Gráfico 14, observa-se que as opções de reduzir os tráfegos na sequência da 1ª ACFT e a de incrementar as velocidades dos primeiros tráfegos mantendo-se as velocidades dos demais possuem praticamente os mesmos percentuais, totalizando 93,4% da amostra. Houve um empate em atitudes diametralmente opostas: diante do mesmo problema, uma parcela reduziria as aeronaves na aproximação, enquanto a outra parte escolheu acelerar as primeiras aeronaves mantendo a velocidade das demais, desconsiderando o fato de que tais aeronaves, já mais próximas do aeroporto, deverão, obrigatoriamente, reduzir mais drasticamente, haja vista não ser possível pousar com velocidades muito altas. Em ambos os casos, as atitudes contribuem para o efeito Jamiton.

**Questão n° 9 - Observa-se uma sequência de tráfegos para SBGR separados por determinado intervalo de tempo fixo (Exemplo: 2 minutos) e o tráfego a frente na sequência inicia descida e acaba reduzindo sua velocidade. Qual atitude você utiliza para manter a separação apresentada (tempo de 2 minutos)?**

Ao analisar o gráfico 15, infere-se que a maioria dos ATCO não está utilizando adequadamente a ferramenta "tempo" para sequenciar o tráfego aéreo. Baseado em suas respostas, eles acabam empregando reduções de velocidade nas aeronaves subsequentes esquecendo-se que estas também reduziriam naturalmente, em função do fator ISA.

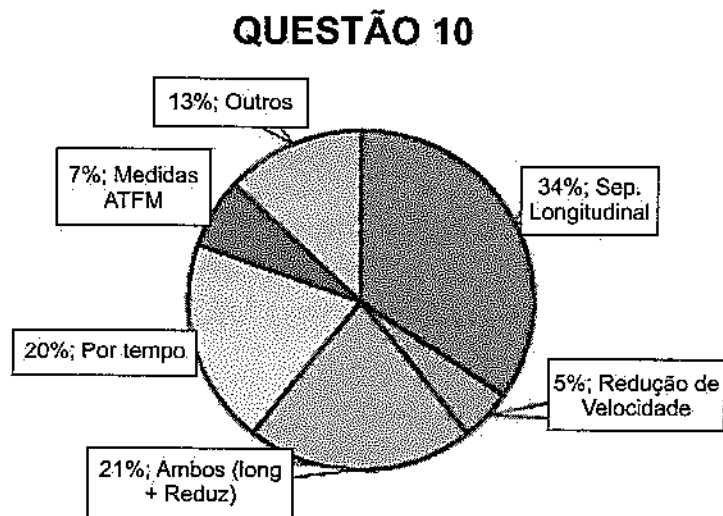
**Gráfico 15 – Gráfico da questão n° 9**



**Fonte:** Os autores

**Questão n° 10 - Nos momentos de maior demanda de tráfego aéreo, como seria um sequenciamento, em termos de separação (longitudinal) entre as aeronaves e velocidades, para não houvesse espera? Justifique.**

**Gráfico 16 – Gráfico da questão n° 10**



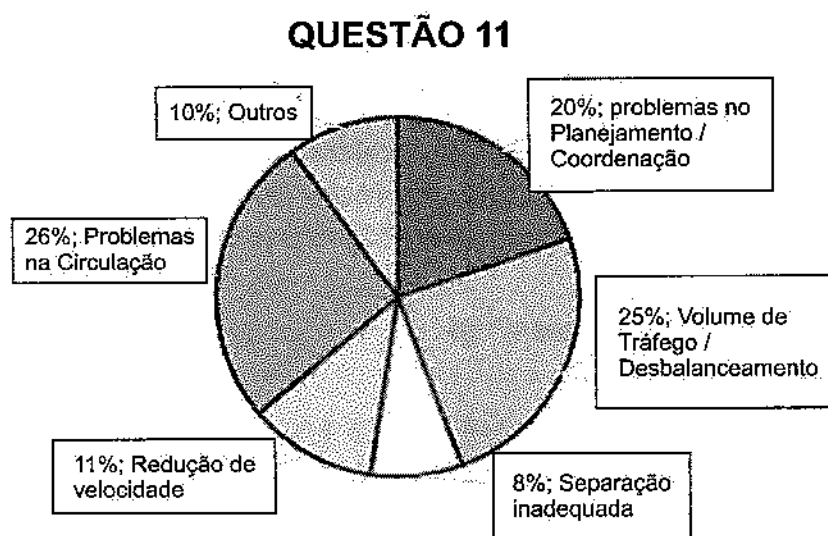
**Fonte:** Os autores

Ao analisar o gráfico 16, observa-se que, dos entrevistados, quando deparados com uma situação-problema de sequenciamento com uma demanda alta, 26% alterariam a velocidade dos tráfegos sequenciados e 55% modificariam a separação longitudinal. Por outro lado, 20% da amostra indicou como solução a modificação da separação longitudinal pela técnica de tempo, e os outros 20% optaram por soluções que não são objeto de estudo.

**Questão nº 11 - Com relação aos tráfegos que se destinam ao Aeroporto de Guarulhos, indique alguns fatores que contribuem nos atrasos e esperas dentro da terminal.**

Ao analisar o Gráfico 17, fica evidenciado que os ATCO do APP-SP atribuem como principais fatores contribuintes para o congestionamento para o aeroporto de Guarulhos o volume de tráfego (densidade) e a configuração da circulação para este aeroporto.

**Gráfico 17 – Gráfico da questão nº 11**



**Fonte:** Os autores

Apenas 11% da amostra mencionou as reduções de velocidade como uma prática que pode causar o efeito Jamiton. Mais uma vez demonstra-se que os ATCO não compreendem os impactos das reduções de velocidade no fluxo de tráfego aéreo.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos resultados das simulações em Excel e da análise dos questionários aplicados aos ATCO do Controle de Aproximação de São Paulo, podemos chegar a algumas considerações. Primeiramente, observa-se, pelas tabelas geradas por simulação computacional, que, quando aeronaves empregam uma IAS muito superior à da aeronave precedente, há a necessidade de reduções bruscas na tentativa de se manter a separação inicial. Entretanto, pelos efeitos combinados das reduções das IAS das aeronaves e do aumento da densidade do ar, a separação entre elas se reduz rapidamente, obrigando o ATCO a tomar medidas mais prementes como vetorações e esperas, pois a redução nas IAS é limitada a 220KT, por efeito de regulamentação, gerando ondas de congestionamento. Através da análise dos dados coletados nas entrevistas com os ATCO, é possível constatar que a redução da IAS é a principal

No trabalho, apresentaram-se indícios da ocorrência do efeito Jamiton no tráfego aéreo e a necessidade de estudos posteriores mais detalhados que possam modelar de maneira adequada o problema e propor soluções que contribuam para um melhor gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 1-T/DGCEA, de 3 de janeiro de 2011. Aprova a edição da CIRCEA 100-71 "Carta de Acordo operacional entre CGNA, ACC-CW, APP-SP, COPM 2, TWR-SJ, IEPV e OPR-EMBRAER". Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 248, 30 dez. 2015.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 35/DGCEA, de 11 de fevereiro de 2016. Aprova a reedição da ICA 100-37, Instrução que regulamenta os "Serviços de Tráfego Aéreo". Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 27, 19 fev. 2016.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 17/SDOP, de 07 de junho de 2010. Aprova a reedição da Instrução que regulamenta o Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo no SISCEAB (ICA100-22). Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 108, 11 jun. 2010.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 37/DGCEA, de 22 de março de 2012. Aprova a edição o Plano de Implementação ATM Nacional (PCA 351-3). Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 075, 18 abr. 2012.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento do Controle do Espaço Aéreo. AIC 24/13 Implementação Operacional do Conceito de Navegação Baseada em Performance (PBN) no espaço aéreo brasileiro. Boletim do Comando da Aeronáutica. Rio de Janeiro, n. 204, 18 out. 2013.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento do Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 05/SDOP, de 30 de janeiro de 2014. Aprova a edição da Carta de Acordo Operacional entre Controle de Aproximação São Paulo (APP-SP) e Torre de Controle Guarulhos (TWR-GR). Boletim Interno Ostensivo [do SRPV-SP]. São Paulo, n.95, 27 mai. 2015.
- CANADÁ. Organização Internacional de Aviação Civil. Doc 7488, 3 rd ed, Manual of the Standard Atmosphere. Quebec, Montreal, 1993.

CANADÁ. Organização Internacional de Aviação Civil. Doc 9613-AN/937, 4 th ed. Performance-Based Navigation Manual 2013. Quebec, Montreal, 2013.

CANADÁ. Organização Internacional de Aviação Civil. Doc 9750-AN/963, 2013–2028. Global Air Navigation Plan. Quebec, Montreal, 2013.

CAVCAR, Mustafa. The International Standard Atmosphere (ISA). Anadolu University, 26470 Eskisehir, Turquia. [200-]. Disponível em:

<[home.anadolu.edu.tr/~mcavcar/common/ISAweb.pdf](http://home.anadolu.edu.tr/~mcavcar/common/ISAweb.pdf)>. Acesso em: 01 mar. 2016.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

PIMENTEL, Ana Cristina; GUILHERME, Anderson Luiz; ARAÚJO, Luana Morena Maciel. Sequenciamento de Tráfego Aéreo baseado em tempo, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica, Belo Horizonte, MG, 2015.

POGIANELO, Marcus Luiz. Planejamento do Espaço Aéreo, 2016. Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica, Belo Horizonte, MG, 2016. Apostila.

SANTOS, Ferreira dos; VILANOVA, Luis Molist. Análise da Influência da Velocidade sobre o valor da capacidade. Estudo de caso: Avenida 23 de maio. Companhia de Engenharia de Tráfego. Notas Técnicas, São Paulo, n. 220, jan. 2012.

SILVA, Ermes Medeiros da; SILVA, Elio Medeiros da; GONÇALVES, Valter; MUROLO, Afrânio Carlos. Estatística para cursos de: Economia, Administração e Ciências Contábeis. Ed. Atlas S.A, v.2, 3ª ed, 2011.

TREIBER, Martin; KESTING Arne. Traffic Flow Dynamics – Data, Models and Simulation. Berlin: Springer, 2013.

KOWSZUN, Jorj. Jamitons: Phantom Traffic Jams. Public Understanding Of Science, p. 53-61, set. 2013. Disponível em:

< <https://www.ase.org.uk/journals/school-science-review/2013/09/350/3408/ssr-september-2013-053-061-kowszun.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2016.

## GLOSSÁRIO

**Aeródromo** - Área definida de terra ou de água (que inclui todas suas edificações, instalações e equipamentos) destinada total ou parcialmente à chegada, partida e movimentação de aeronaves na superfície.

**Aeronave** - Qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra.

**Aeródromo Coordenado** - Aeródromo cuja expectativa de demanda de tráfego aéreo tende a ultrapassar a capacidade declarada, tendo, portanto, todas as suas operações de pouso e decolagem condicionadas à obtenção de SLOT ATC

**Aeródromo Monitorado** - Aeródromo cuja operação de voos regulares de passageiros e/ou carga, assim como da rede postal, está condicionada à obtenção de um SLOT ATC, tendo em vista a necessidade de se obter ganho operacional e ordenação do fluxo de tráfego aéreo.

**Aeroporto** - Aeródromo público dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves e de embarque e desembarque de pessoas e cargas.

**Aerovia** - Área de Controle, ou parte dela, disposta em forma de corredor.

**Aproximação final** - Parte de um procedimento de aproximação por instrumentos que termina em um ponto nas imediações de um aeródromo, no qual pode ser efetuado um pouso ou iniciado um procedimento de aproximação perdida, e que começa no fixo ou ponto de aproximação final publicado ou, caso tal fixo ou ponto não esteja publicado:

- no final da última curva de procedimento, curva base ou curva de aproximação de um procedimento hipódromo, se prevista; ou
- no ponto de interceptação da última trajetória prevista do procedimento de aproximação.

**Área de Controle Terminal (TMA)** - Área de controle situada geralmente na confluência de rotas ATS e nas imediações de um ou mais aeródromos.

**Aviation System Block Upgrades (ASBU)** - Abordagem programática e flexível de sistemas globais de engenharia que permite aos Estados membros da OACI aumentarem suas capacidades de navegação aérea.

**Autorização de Controle de Tráfego Aéreo** - Autorização para que uma aeronave proceda de acordo com as condições especificadas por um órgão de controle de tráfego aéreo.

**Balanceamento** - Relação de equilíbrio entre a demanda de tráfego aéreo e as capacidades declaradas.

**Capacidade declarada de aeródromo** - Número de aeronaves considerado como fator de planejamento para o ATFM. Representa um valor arbitrado entre as capacidades de sistema de pistas e aeroportuária para operações de pouso e decolagem em um aeródromo.

Capacidade declarada ATC - Número de aeronaves dentro de uma porção específica do espaço aéreo, em um dado período de tempo, levando-se em conta as condições meteorológicas, a configuração do órgão ATC, o efetivo operacional e os equipamentos disponíveis, bem como quaisquer outros fatores que possam afetar a carga de trabalho do controlador responsável pelo espaço aéreo. Representa a medida da habilidade do sistema ATC ou de qualquer de seus subsistemas (exemplo: posições operacionais etc.) de prover serviço às aeronaves durante atividades normais.

NOTA: Esse número é uma referência considerada como fator de planejamento para o ATFM.

Capacidade do sistema de pistas - A saturação da capacidade de operação das pistas de pouso e de decolagem tem sido um dos maiores problemas dos aeródromos nacionais e internacionais. Objetivando manter o fluxo de tráfego aéreo próximo das condições ótimas, evitando possíveis sobrecargas do sistema de infraestrutura aeronáutica e aeroportuária, o CGNA desenvolveu um método para padronizar o cálculo de capacidade do sistema de pistas, visando acompanhar a evolução da demanda/capacidade de cada aeródromo, encontrando, assim, subsídios que permitam emitir recomendações prévias aos aeródromos de interesse, com a finalidade de manter a operacionalidade em harmonia. O método adotado para o cálculo de capacidade do sistema de pistas levará em consideração não só o tempo de ocupação de pista, mas também outros parâmetros que interferem significativamente na capacidade de operação da pista. Esse método será denominado capacidade teórica de pista.

Capacidade Teórica de Pista - É a capacidade do sistema de pistas de um aeródromo, calculada para um intervalo de sessenta minutos, em função do tempo médio de ocupação de pista, acrescido da separação regulamentar entre aeronaves, prevista em legislações, bem como das normas e procedimentos específicos aplicáveis às operações aéreas da localidade considerada.

Categoria de aeronave - Classe de aeronaves subdivididas em cinco grupos (A, B, C, D e E), definida em função da velocidade de cruzamento da cabeceira.

Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea (CGNA) - Órgão que tem por missão a harmonização do gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo, do espaço aéreo e das demais atividades relacionadas com a navegação aérea.

Compete ao CGNA:

- a) avaliar o impacto das inoperâncias e/ou limitações operacionais na capacidade ATC e, em coordenação com Órgão da Administração Pública Federal, na capacidade aeroportuária;
- b) aplicar medidas ATFM para manter o balanceamento entre a demanda dos movimentos aéreos e as capacidades declaradas;
- c) aferir as medidas ATFM;

- d) arbitrar as medidas que julgar mais adequadas para solucionar, de forma preventiva, a ocorrência de saturação e congestionamento de setores de controle do espaço aéreo, no caso de não haver acordo entre os supervisores dos órgãos ATC, operadores envolvidos e o próprio CGNA.
- e) conduzir o processo de tomada de decisões colaborativas junto aos provedores e operadores;
- f) coordenar com os CINDACTA, SRPV-SP e ANAC/INFRAERO o estabelecimento de valores das capacidades ATC e aeroportuária;
- g) coordenar as atividades de gerenciamento do espaço aéreo brasileiro;
- h) estabelecer a sequência de pousos ou decolagens de um aeródromo, excluindo-se as prioridades contidas no item 5.4.2.2;
- i) definir a prioridade da sequência de pousos e decolagens para voos internacionais ou de longa duração para um aeródromo.

Conceito Four Corner - Circulação aérea estabelecida com base em um quadrilátero fictício, com centro no aeródromo, orientado de acordo com a posição das pistas do aeródromo. A partir deste quadrilátero, elabora-se um sistema de rotas e procedimentos de chegadas e saídas.

Controle de Aproximação - Órgão estabelecido para prestar serviço de controle de tráfego aéreo aos voos controlados que cheguem ou saiam de um ou mais aeródromos.

Controlador de Tráfego Aéreo (ATCO) - Pessoa encarregada de separar o tráfego de aeronaves no espaço aéreo e nos aeroportos de modo seguro, ordenado e rápido.

Demanda de Tráfego Aéreo - O número de aeronaves que requisitam os serviços do sistema ATM em um dado período de tempo.

Desbalanceamento - Situação em que a demanda de tráfego aéreo é superior à capacidade declarada ATC e/ou de aeródromo.

Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo (ATFM) - Serviço estabelecido com o objetivo de contribuir para um fluxo de tráfego aéreo seguro, ordenado e eficiente, assegurando que a capacidade do ATC seja utilizada na sua máxima extensão possível e que o volume de tráfego seja compatível com as capacidades declaradas pela autoridade competente.

Gerenciamento de Tráfego Aéreo - Equação genérica que representa o dinâmico e integrado gerenciamento de tráfego e espaço aéreo de forma segura, econômica e eficiente, mediante provimento de serviços contínuos, em colaboração com todos os participantes

Instrutor - ATCO habilitado e indicado para ministrar instrução teórica e/ou prática sobre

as atribuições relativas às funções operacionais de um ou mais órgãos.

Medidas ATFM - Procedimentos adotados visando a maximizar o uso das capacidades declaradas e/ou ajustar o fluxo de tráfego aéreo em uma determinada porção do espaço aéreo, ao longo de uma determinada rota, ou em um determinado aeródromo, de forma a evitar o desbalanceamento.

Mix de Aeronaves - Distribuição percentual da frota de aeronaves em operação no aeródromo estudado, conforme as categorias de aeronaves.

Navegação Baseada em Performance (PBN) - Navegação de Área baseada nos requisitos de performance para aeronaves operando ao longo de uma rota ATS, em um procedimento de aproximação por instrumentos ou em um espaço aéreo designado.

Nível - Termo genérico referente à posição vertical de uma aeronave em voo, que significa, indistintamente, altura, altitude ou nível de voo.

Nível de voo - Superfície de pressão atmosférica constante, relacionada com uma determinada referência de pressão, 1013.2 hectopascals, e que está separada de outras superfícies análogas por determinados intervalos de pressão.

Órgão de Controle de Tráfego Aéreo - Equação genérica que se aplica, segundo o caso, a um Centro de Controle de Área, Controle de Aproximação ou Torre de Controle de Aeródromo.

Plano de voo - Informações específicas, relacionadas com um voo planejado ou com parte de um voo de uma aeronave, fornecidas aos órgãos que prestam os serviços de tráfego aéreo.

Programa SIRIUS BRASIL - Programa que representa, no âmbito do SISCEAB, os projetos e atividades requeridos para a implementação do Conceito Operacional ATM no Brasil.

Radar - Equipamento de radiodeteção que fornece informações de distância, azimute e/ou elevação de objetos.

Rota - Projeção sobre a superfície terrestre da trajetória de uma aeronave cuja direção, em qualquer ponto, é expressa geralmente em graus a partir do Norte (verdadeiro ou magnético).

Separação - Distância que separa aeronaves, níveis ou rotas.

Sequência de Aproximação - Ordem em que duas ou mais aeronaves são autorizadas

para aproximação e pouso.

Serviço de Controle de Aproximação - Serviço de controle de tráfego aéreo para a chegada e partida de voos controlados.

Serviço de Controle de Tráfego Aéreo - Serviço prestado com a finalidade de:

- prevenir colisões:
  - entre aeronaves; e
  - entre aeronaves e obstáculos na área de manobras; e
- acelerar e manter ordenado o fluxo de tráfego aéreo.

Serviço de Tráfego Aéreo (ATS) - Equação genérica que se aplica, segundo o caso, aos serviços de informação de voo, alerta, assessoramento de tráfego aéreo e controle de tráfego aéreo (controle de área, controle de aproximação ou controle de aeródromo).

Serviço de Vigilância ATS - Termo usado para indicar um serviço provido diretamente por meio de um Sistema de Vigilância ATS.

Sistema ATM - É um sistema que provê gerenciamento de tráfego aéreo por meio da integração colaborativa de pessoas, informações, tecnologias, recursos e serviços, com suporte de comunicação, navegação e vigilância baseadas no solo ou no espaço.

Slot ATC - Horário definido para que uma aeronave efetue a passagem sobre um Fixo de Posição ou uma operação de pouso ou decolagem.

Unidade de Gerenciamento do Espaço Aéreo (ASMU) - Unidade (Seção) pertencente ao organograma do CGNA e tem como principais atribuições:

- o uso flexível do espaço aéreo.
- a geração de relatórios de análise das propostas de procedimentos de navegação aérea para operação de aeronaves em TMA e em Rota, no que tange ao impacto no fluxo de tráfego aéreo.
- o fornecimento de indicadores para a determinação das capacidades ATC e de pistas, bem como suas reduções devido ao impacto de degradações, inoperâncias ou indisponibilidades da infraestrutura aeroportuária ou aeronáutica.

Vetoração - Provisão de orientação para navegação às aeronaves, em forma de proas específicas baseadas no uso de um Sistema de Vigilância ATS.

Voo Controlado - Todo voo sujeito à autorização de controle de tráfego aéreo.

Voo IFR - Voo efetuado de acordo com as regras de voo por instrumentos.

**ANEXO A - DADOS GERAIS DO AEROPORTO DE GUARULHOS\*  
(FORNECIDOS PELO CGNA / ASMU)**

**Tabela 6 – Percentual de Utilização por Cabeceira**

RWY	PU RWY
09R	40,92%
09L	40,33%
21L	9,71%
27R	9,4%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea

**Tabela 7 – Mix de Aeronaves**

CAT	MIX
A	0,57%
B	5,65%
C	73,54%
D	20,24%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea

**Tabela 8 – Capacidade de Pistas por Cabeceira**

OPERAÇÃO SIMULTÂNEA	CAPACIDADE					
	SEPARAÇÃO	ARR	DEP	100%	90%	80%
09L (DEP) 09 (ARR)	4NM	34	33	67	60	54
27R (DEP) 27L (ARR)	5NM	29	29	58	52	46

**Fonte:** Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea

**Tabela 9 – Capacidade Final**

Adotado 100% da capacidade:

CAPACIDADE DO SISTEMA DA RWY 09/27 - OPERAÇÃO SIMULTÂEA	33 ARR + 32 DEP = 65 aeronaves
---	--------------------------------

Adotado 90% da capacidade:

CAPACIDADE DO SISTEMA DA RWY 09/27 - OPERAÇÃO SIMULTÂEA	29 ARR + 29 DEP = 58 aeronaves
---	--------------------------------

Adotado 80% da capacidade:

CAPACIDADE DO SISTEMA DA RWY 09/27 - OPERAÇÃO SIMULTÂEA	26 ARR + 26 DEP = 52 aeronaves
---	--------------------------------

### LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>APP-SP</b>	Controle de Aproximação São Paulo
<b>ARR</b>	Pouso
<b>ASBU</b>	Aviation System Block Upgrades
<b>ASMU</b>	Unidade de Gerenciamento do Espaço Aéreo
<b>ATCO</b>	Controlador de Tráfego Aéreo
<b>ATFM</b>	Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo
<b>ATM</b>	Gerenciamento de tráfego aéreo
<b>AWY</b>	Aerovia
<b>CCO</b>	Operações de Subida Contínua
<b>CDO</b>	Operações de Descida Contínua
<b>CET</b>	Companhia de Engenharia de Tráfego
<b>CGNA</b>	Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea
<b>COpM</b>	Centro de Operações Militares
<b>CO2</b>	Dióxido de carbono
<b>DECEA</b>	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
<b>FL</b>	Nível de Voo
<b>IAS</b>	Velocidade Indicada
<b>Km</b>	Quilômetro
<b>Kt</b>	Nó (Milha Náutica por Hora)
<b>NATS</b>	National Air Traffic Service
<b>NM</b>	Milha Náutica
<b>OACI</b>	Organização de Aviação Civil Internacional
<b>PBN</b>	Navegação Baseada em Performance
<b>SBGR</b>	Aeroporto de Guarulhos
<b>SBKP</b>	Aeroporto de Campinas
<b>SBSP</b>	Aeroporto de Congonhas
<b>SBMT</b>	Aeroporto Campo de Marte
<b>SBXP</b>	Área de Controle Terminal São Paulo
<b>SISCEAB</b>	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
<b>SRPV</b>	Serviço Regional de Proteção ao Voo
<b>TAS</b>	Velocidade Verdadeira
<b>TMA</b>	Área de Controle Terminal