

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Rafael Menezes Albuquerque

Um Estudo da Malha Aeroportuária Brasileira

Trabalho de Graduação
Ano 2005

Infra-Estrutura

Rafael Menezes Albuquerque

Um Estudo da Malha Aeroportuária Brasileira

Orientador
Professor Cláudio Jorge Pinto Alves (ITA)

Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2005

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**Divisão Biblioteca Central do ITA/CTA**

Albuquerque, Rafael Menezes

Um Estudo da Malha Aeroportuária Brasileira/ Rafael Menezes Albuquerque.

São José dos Campos, 2005.

50f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica –
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2005.

Orientador: Professor Cláudio Jorge Pinto Alves.

1. Aeroportos. 2. Capacidade. 3. Demanda. I. Centro Técnico Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica. II. Um Estudo da Malha Aeroportuária Brasileira/ Rafael Menezes Albuquerque.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALBUQUERQUE, Rafael Menezes. **Um Estudo da Malha Aeroportuária Brasileira.** 2005. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rafael Menezes Albuquerque

TÍTULO DO TRABALHO: Um Estudo da Malha Aeroportuária Brasileira

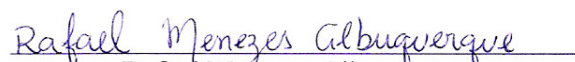
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2005

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.


Rafael Menezes Albuquerque
Rua Antônio Augusto, 950 – Aldeota
60.110-370 – Fortaleza – CE

UM ESTUDO DA MALHA AEROPORTUÁRIA BRASILEIRA

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação


Rafael Menezes Albuquerque
Autor


Professor Cláudio Jorge Pinto Alves (ITA)
Orientador


Prof. Dr. Flávio Mendes Neto (ITA)
Coordenador do Curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

São José dos Campos, 16 de novembro de 2005

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que mesmo distante, sempre me deu apoio.

A todos amigos da INFRA-05 e do apartamento, com os quais pude contar nos bons momentos e nas horas difíceis.

A todos os professores, em especial ao professor Cláudio Jorge, pois sem sua ajuda este trabalho não teria sido realizado.

E a Deus, por permitir tudo isso.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a relação capacidade/demanda atual e fazer uma previsão de como esta situação estará dentro de alguns anos, nos 20 maiores aeroportos brasileiros.

Para isto foram escolhidos métodos práticos de determinação de capacidade e demanda a partir de um levantamento da literatura existente na área.

A capacidade foi calculada para a pista de pouso e decolagem, pátio e terminal de passageiros.

Os casos mais críticos foram destacados e confrontados com os planos de intervenção da INFRAERO.

ABSTRACT

This work's objective is to analyze the current capacity/demand relation and to make a forecast of how this situation will be in some years, for the 20 biggest Brazilian airports.

For this, practical methods of capacity and demand determination had been chosen from a survey of the existing literature in the area.

The capacity has been calculated for the runway, apron and passenger's terminal.

The most critical cases had been detached and confronted with INFRAERO's plans of intervention.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACN – Aircraft Classification Number
CAPM – Capital Asset Pricing Model
COMAR – Comando da Aeronáutica
DAC – Departamento de Aviação Civil
FAA – Federal Aviation Association
HP – Hora-Pico
IAC – Instituto de Aviação Civil
IATA – International Air Transport Association
IFR – Instrument Flight Rules
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
OACI – Organização de Aviação Civil Internacional
PCN – Pavement Classification Number
TPS – Terminal de Passageiros
USP – Universidade de São Paulo
VFR – Visual Flight Rules

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Estado da Arte.....	4
2.1	Demanda	4
2.1.1	Características e Condicionantes da Demanda.....	4
2.1.2	Níveis de Previsão	5
2.1.3	Metodologias de Previsão	6
2.1.4	Hora-Pico	9
2.2	Capacidade	11
2.2.1	Pistas de Pouso e Decolagem.....	12
2.2.2	Pátio	13
2.2.3	Terminal de Passageiros.....	14
3	Metodologia Adotada	15
3.1	Demanda Atual e Futura	15
3.2	Cálculo de Capacidade.....	16
3.2.1	Pista de Pouso e Decolagem.....	16
3.2.2	Pátio de Aeronaves	18
3.2.3	Terminal de Passageiros (TPS).....	19
4	Diagnóstico da Malha Estudada.....	20
4.1	Elaboração do Diagnóstico	20
4.2	Identificação dos Gargalos.....	22
5	Conclusões e Recomendações	33
	Referências Bibliográficas.....	38
	Anexo I - Características dos Aeroportos.....	40

Capítulo 1

Introdução

O desenvolvimento da aviação civil não representa um fim em si mesmo, mas um meio de alcançar os grandes objetivos do desenvolvimento global da sociedade em sua concepção mais abrangente. O transporte aéreo permite a ampliação do comércio, aumento das atividades de produção, contribui para a criação de riquezas, facilita a divulgação de novas tecnologias, propicia o acesso aos serviços essenciais a comunidade e dá suporte à assistência social.

O que vem a ser infra-estrutura aeroportuária? O transporte de passageiros, carga e correio deve seguir alguns procedimentos básicos. É necessário que eles sejam embarcados, conduzidos ao destino e desembarcados. Durante esses procedimentos, seja em solo ou no ar, o avião é controlado em todos os seus movimentos. A modalidade aérea é apenas uma modalidade de transporte e deve estar orientada a conduzir os usuários para as vias terrestres e vice-versa. A infra-estrutura aeroportuária é a resposta a todas essas necessidades e cujo núcleo é o aeroporto. Este realiza a interseção e a ligação entre a modalidade aérea e as modalidades de superfície. Ele fornece os instrumentos para a distribuição dos passageiros, o processamento da carga, a entrega do correio, o abastecimento das aeronaves e a manutenção destas. Existem sistemas para navegação aérea, aproximação, pouso, taxiamento e decolagem de aeronaves. O aeroporto inclui os terminais de passageiros e de carga, as pistas, as instalações de auxílio a navegação e os pátios de estacionamento de aeronaves e veículos terrestres. A complexidade do aeroporto, bem como seu tamanho, variam em função do volume de tráfego doméstico e internacional.

Sendo o Brasil um país de dimensões continentais e apresentando contrastes econômicos e sociais consideráveis entre suas regiões, a integração nacional pode ser facilitada pelo transporte aéreo.

As construções aeroportuárias, as instalações, os equipamentos e a formação de pessoal especializado requerem investimentos pesados, os quais nem sempre estão disponíveis. Por isso, é necessário avaliar os benefícios econômicos dos investimentos feitos na área de infra-estrutura aeroportuária. O pleno conhecimento dos elementos do transporte aéreo é obrigatório para avaliá-lo dos pontos de vista financeiro, econômico e social.

Atualmente, o Brasil possui 739 aeródromos públicos, sendo 66 deles administrados pela INFRAERO, os demais são administrados pelos governos estaduais ou municipais ou pelo COMAR.

A atual superlotação de alguns aeroportos no Brasil e a iminência dessa mesma situação em outros aeroportos requer medidas para evitar que o desenvolvimento seja limitado por falta de infra-estrutura aeronáutica. Uma solução para isto é o investimento na ampliação dos aeroportos. Entretanto, a heterogeneidade de utilização dos aeroportos permite que modificações na distribuição de rotas possam aliviar o tráfego em áreas congestionadas, utilizando áreas ociosas, diminuindo o volume de investimentos necessários para atender a demanda.

Os dez principais aeroportos brasileiros suportam 68 milhões de passageiros por ano, mas são utilizados por apenas 52 milhões. A princípio, isso sugere que a situação está a capacidade atende a demanda com uma certa folga, no entanto, essa distribuição não é homogênea. Enquanto os aeroportos de Congonhas, Pampulha e Santos-Dumont possuem capacidade para 10 milhões de passageiros por ano e recebem 20 milhões, os aeroportos de Confins e Galeão, que foram projetados para receber 18 milhões de passageiros por ano, recebem apenas 5 milhões. [1]

No segundo semestre de 2004 o governo começou a por em prática o plano de transferir vôos de aeroportos saturados para outros com capacidade ociosa. Embora exista capacidade ociosa nos aeroportos para os quais se pretende transferir vôos, outros aspectos, como facilidade de acesso e distância aos centros de demanda, devem ser considerados para que essa transferência possa trazer resultados. [1]

Este trabalho visa determinar meios práticos de determinação de capacidade e demanda e estudar a relação capacidade/demanda dos 20 aeroportos mais movimentados do Brasil.

Neste primeiro capítulo foi apresentado a motivação, os objetivos, o escopo e a contextualização do assunto. No segundo capítulo foi feita uma compilação da literatura

existente sobre os principais métodos de determinação da demanda e capacidade. No terceiro capítulo é descrita com mais detalhes a metodologia adotada neste trabalho. O estudo de demanda foi feito para passageiros e aeronaves e o de capacidade foi desenvolvido para pistas de pouso e decolagem, pátios de aeronaves e terminais de passageiros (TPS). No quarto capítulo é procedida a aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior para os 20 maiores aeroportos brasileiros e a análise desses resultados. No quinto capítulo estão as conclusões, com recomendações e sugestões para a continuidade desse trabalho.

Capítulo 2

Estado da Arte

Neste capítulo pretende-se discorrer sobre os principais aspectos relativos à demanda e à capacidade, comentando os principais trabalhos encontrados na literatura.

2.1 Demanda

2.1.1 Características e Condicionantes da Demanda

A determinação de demanda futura é indispensável para o planejamento de aeroportos. Sem essa informação é difícil projetar um aeroporto que possa processar, de maneira eficiente e segura, os tráfegos de aeronaves, passageiros e carga. Além de determinar a quantidade de tráfego, é importante determinar como esse se distribui nos diversos componentes do aeroporto [2].

Para se obter uma previsão realista é necessário conhecer a fundo o transporte aéreo. Isso significa conhecer suas características e os fatores que o influenciam. Só assim é possível prever o comportamento da aviação de acordo com a variação desses fatores ao longo tempo.

O primeiro passo é entender o motivo pelo qual as pessoas viajam. O transporte aéreo é um bem intermediário, pois os usuários desse serviço o utilizam para atingir um outro propósito, que não a viagem [3].

De acordo com este propósito, os passageiros podem ser divididos, de forma simplista, em duas categorias: passageiros de viagens a lazer e de viagens a negócios. Essa classificação engloba praticamente todos os usuários. Outras divisões podem ser feitas, ou até mesmo subdivisões, como repartição em classes sociais [3]. A divisão em categorias

facilita o entendimento do comportamento da demanda diante das variações dos fatores que a influenciam.

É interessante observar a influência que os administradores das companhias aéreas exercem sobre a demanda. Eles não podem controlar o nível de renda da população e outras variáveis importantes, mas podem investir em equipamentos modernos que aumentem a velocidade e o conforto, além de poderem interferir nos preços praticados. Mas esses fatores não são muito flexíveis, pois dependem de avanços tecnológicos e do nível de controle dos órgãos governamentais sobre as tarifas [3].

A estimativa da demanda por tráfego de qualquer modalidade é sempre imprecisa, porém, essencial. O desenvolvimento de previsões mais precisas necessita de gasto de tempo e recursos, pois as metodologias utilizadas requerem amplo levantamento de dados e análise destes. Os recursos gastos com as previsões são justificados pela redução da probabilidade de erros no planejamento, evitando obras além das necessárias, no caso de superdimensionamento, ou obras corretivas, no caso de subdimensionamento [2].

Como as previsões não podem ser feitas de uma forma exata, é necessário fazer uma análise crítica dos resultados, independente da sofisticação do modelo matemático utilizado [2].

2.1.2 Níveis de Previsão

Em economia, as previsões são feitas em dois níveis, macro e micro. Para o planejamento de um aeroporto, o projetista precisa observar a rede aeroportuária e o aeroporto que está sendo planejado em particular. Macro-previsões são estudos da atividade aérea de uma grande região, como um país. Micro-previsões estão relacionadas com atividades individuais de um aeroporto ou uma única rota [2].

Em uma macro-previsão, o sistema todo é examinado com relação à geografia, economia, indústria e características de crescimento da região para determinar a localização e a natureza das suas necessidades aeroportuárias. A micro-previsão examina a demanda esperada para um único aeroporto e identifica as necessidades dos terminais, pistas, pátios, aparelhos de controle de navegação e facilidades de acesso a este para prover um serviço adequado. Com os dois níveis de previsões, o projetista está apto a obter parâmetros anuais e horários de movimentação de aeronaves, passageiros, carga e correio e atividades de aviação geral. A previsão de cada variável é importante porque elas é que

determinam as necessidades de tamanho e equipamentos de cada setor para acomodar as demandas. Geralmente as variáveis estão interligadas e a previsão de uma variável pode ser utilizada para prever outra [2].

A previsão da demanda anual serve, principalmente, para estimar a receita do aeroporto no ano desejado, porém não é útil para o dimensionamento físico-operacional, pois as situações de pico, e não da média é que determinam esse dimensionamento [4].

Geralmente, necessita-se da determinação do volume anual e na hora-pico de passageiros, aeronaves, veículos, carga e correio; e conhecer-se a performance e características operacionais dos sistemas de acesso ao solo. A partir da determinação desses dados, deve-se estudar o tamanho e a configuração dos terminais, pistas de pouso e de táxi e pátios [2].

2.1.3 Metodologias de Previsão

Há uma grande variedade de técnicas de previsões disponíveis para os projetistas de aeroportos, variando de julgamentos subjetivos a sofisticados modelos matemáticos. Comumente as previsões são preparadas com variações de cenários para definir os parâmetros de projeto. Técnicas mais sofisticadas são recomendadas para as variáveis que mais influenciam no projeto final [2].

As principais metodologias utilizadas são:

Previsão por Julgamento

O julgamento profissional é um importante elemento para qualquer técnica de previsão. Frequentemente grupos de profissionais conhecedores da aviação e dos fatores que a influenciam são procurados para analisar as previsões feitas por diversas fontes e uma nova estimativa é feita a partir dessas previsões e do julgamento do grupo [2].

Uma técnica comum utilizada atualmente é o método *Delphi*. Essa metodologia utiliza o julgamento profissional e preconiza a avaliação segundo uma série de questões ou projeções enviadas a diversos especialistas. O resultado é compilado e repassado para os membros do grupo de avaliação, possibilitando uma reavaliação e refinamento da estimativa através de diversas iterações. Essa metodologia tem fornecido excelentes

resultados devido ao grande número de fatores levado em consideração no processo, mas possui a desvantagem de não incluir medidas estatísticas para mostrar o resultado [5].

Projeções (Séries Históricas)

Consiste basicamente na extrapolação da curva de tempo versus tráfego anual [6].

É baseada em dados históricos, e a partir desses é feita uma extrapolação. Essa metodologia pressupõe que os fatores que influenciaram na demanda no passado irão continuar a influenciá-lo de maneira similar no futuro. Na prática, as projeções são utilizadas em situações em que a taxa de crescimento é estável em termos absolutos ou percentuais [5].

Recurso da Identificação do Principal Gerador de Demanda

No caso de aeroportos novos ou que não possuem uma série histórica consistente, não é possível a utilização dos métodos tradicionais. Uma alternativa é estimar a demanda de acordo com a grandeza do principal gerador desta (turismo, por exemplo) [5].

Cross-Section

Esta é outra alternativa para a falta de uma série histórica consistente. Essa metodologia consiste em construir um portfólio de aeroportos com características semelhantes ao aeroporto em estudo e determinar a demanda do portfólio. Com base nesses dados, estima-se a demanda do aeroporto em estudo [5].

Modelo Top-Down

Método que analisa o mercado como um todo para determinar a demanda de uma porção deste. Sua principal desvantagem está na dependência da estabilidade e na incerteza das porções do mercado das quais as previsões são feitas. Esse é o modelo utilizado pela OACI para determinação da demanda para as diferentes regiões do mundo [5].

Capital Asset Pricing Model (CAPM)

Com esta abordagem é possível prever a demanda por transporte aéreo para cada tráfego com base no que ocorre na demanda agregada, de forma análoga ao procedimento *top-down* [5].

Modelos Econométricos

Pressupõe a existência de uma relação funcional do tráfego anual com uma variável independente, com base numa série histórica. Após determinar a relação existente entre o tráfego e a variável independente, toma-se a previsão da variável independente para o ano desejado e aplica-se a relação encontrada anteriormente para determinar o tráfego anual para aquele ano [6].

Essa modelagem relaciona as variáveis de tráfego (variáveis dependentes) com as variáveis sócio-econômicas (variáveis independentes ou explicativas), a partir de uma relação de causalidade entre elas [7].

As variáveis explicativas devem ser escolhidas considerando: disponibilidade, quantidade e qualidade da evolução histórica dos dados e as dificuldades relativas às projeções dessas variáveis [7].

Após a escolha das variáveis dependentes e explicativas, vários modelos econométricos devem ser testados para se escolher o que melhor adere ao comportamento da série histórica do tráfego estudado. A aderência é verificada através de testes estatísticos, como: coeficiente de determinação (R^2), testes t de Student, Durbin-Watson e estatística F [7].

Juntamente com as previsões médias são fornecidos intervalos de confiança com determinado nível de significância, já que a incerteza é inerente às previsões [7].

Modelos Econométricos de Equações Simultâneas

Modelos econométricos que utilizam apenas uma equação não podem explicar a interdependência que pode existir entre as variáveis. Nos modelos simples, há apenas causalidade unidirecional, ou seja, as variáveis explicativas influenciam nas variáveis dependentes, mas o contrário não ocorre [3].

O modelo de equações simultâneas considera essa interdependência. Nesse trabalho de referência [3] foi possível diferenciar as viagens turísticas das viagens a negócios,

observando que cada uma apresenta particularidades significativas, como a influência da tarifa na demanda, relevante apenas para as viagens turísticas.

Pesquisa de Mercado e Indústria

Consiste na análise das características do mercado de transporte aéreo para examinar empiricamente como o uso desse meio de transporte varia entre os diversos setores da população e da indústria. Com esses resultados e com a previsão de mudanças sócio-econômicas dentro do horizonte de projeto, pode-se indicar o desenvolvimento futuro do transporte aéreo [6].

A escolha do processo a ser utilizado depende do objetivo da utilização dos resultados, de dados, tempo, recursos disponíveis e da precisão desejada.

2.1.4 Hora-Pico

Muitas definições são dadas para hora-pico, de forma que a maioria dos passageiros receba serviços nos níveis adequados e os congestionamentos só aconteçam esporadicamente.

O dimensionamento de um aeroporto não deve ser feito de modo a atender as necessidades da hora-pico absoluta sem congestionamentos, pois isso levaria a ociosidade do sistema em todas as outras horas do ano, resultando em desperdício de recursos. Por isso a hora-pico não corresponde à hora de maior movimentação do ano. As principais definições são dadas a seguir:

Conceitos de Hora-Pico

Segundo a FAA, hora-pico é a hora de maior movimento do dia médio do mês-pico. Isso significa que se deve encontrar o mês de maior movimentação de passageiros do ano, que é o mês-pico. Após isso, deve-se dividir o número de passageiros do mês-pico pelo número de dias desse mês para determinar a média diária do mês pico, e então, verificar o dia desse mês cujo movimento mais se aproxima da média diária. Esse será o dia médio do mês. A hora de maior movimento desse dia é a hora-pico [8].

Para a IATA, o conceito pode ser descrito pelos seguintes passos: encontrar o mês-pico, calcular a semana média; movimento médio diário da semana do mês-pico, identificar o dia da semana média que apresenta o segundo maior movimento médio,

selecionar, do dia da semana identificado, aquele que apresenta movimento de passageiros mais próximo do segundo maior movimento médio calculado e identificar a hora de maior movimentação de passageiros do dia selecionado [9].

Já para a OACI, hora-pico é a trigésima hora de maior movimentação de passageiros do ano [10].

Para a transformação da previsão da demanda anual em demanda de hora-pico existem vários métodos.

Métodos de Previsão do Movimento de Passageiros na Hora-Pico Típica

Dividem-se basicamente em duas classes.

- Proporção simples: multiplicação da demanda anual prevista pela razão entre o movimento de passageiros na hora-pico típica do ano-base e o movimento anual verificado no ano-base. Normalmente, o ano-base é o último ano para o qual há informações disponíveis [6].
- Funções de previsão: consiste na utilização de uma função que relaciona a demanda anual com a demanda na hora-pico típica, com base em estudos estatísticos. Essa função deve ser ajustada com dados relativos a vários aeroportos e em diferentes anos [6].

A FAA sugere que a hora-pico de projeto seja um percentual do volume anual de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Movimento Anual versus Hora-Pico

Número total de passageiros/ano	Hora-pico de projeto como percentual do volume anual
30 milhões ou mais	0,035%
20 milhões até 29.999.999	0,040%
10 milhões até 19.999.999	0,045%
1 milhão até 9.999.999	0,050%
500 mil até 999.999	0,080%
100 mil até 499.999	0,130%
Abaixo de 100 mil	0,200%

Fonte: [14]

No artigo intitulado "Obtenção e análise da hora-pico de passageiros: uma aplicação empírica ao Brasil" [14] foram analisados 48 aeroportos brasileiros num período de 5 anos e se concluiu que a demanda da hora-pico de projeto (HP) está relacionada com o volume anual de passageiros pela seguinte função:

$$HP = 109,18 + 0,00043 \times \text{Volume Anual} \quad (2.1)$$

Os resultados encontrados por esta metodologia são próximos dos resultados da metodologia da FAA.

2.2 Capacidade

A capacidade de um aeroporto depende da capacidade de cada um dos seus componentes. Ela expressa a quantidade de movimentos ou unidades que o aeroporto pode atender com segurança e eficiência [11].

Para determinação da capacidade é necessário adotar critérios, parâmetros e modelos desenvolvidos a partir de regras de segurança e de informações de fabricantes de aeronaves e de órgãos de aviação civil [11].

A falta de literatura brasileira nessa área motivou a elaboração do Manual de Capacidade pela equipe DAC-ITA-USP, publicado em 1980. Esse trabalho realizou uma pesquisa bibliográfica para levantamento em âmbito mundial de modelos, critérios e parâmetros relacionados ao dimensionamento aeroportuário. Estas informações foram analisadas e testadas para verificar se eram aplicáveis aos aeroportos brasileiros. Como resultado, obteve-se um manual que pode ser consagrado como um marco nacional. Entretanto, seus autores sugerem que adaptações e atualizações sejam feitas para suprir as limitações [12].

Um trabalho mais recente é o Manual de Critérios e Condicionantes de Planejamento Aeroportuário que foi desenvolvido pela INFRAERO e publicado em 2002 [11]. Nessa publicação são fornecidos índices, parâmetros e critérios para o dimensionamento de cada componente do aeroporto em separado.

2.2.1 Pistas de Pouso e Decolagem

No Manual de Capacidade foram estudados o Método Francês (STBA) e o Método Norte-Americano (FAA) para determinar a capacidade de pistas.

O Método Francês editado no início de 1978. Possui um nível de sofisticação elevado e é de manipulação simples, porém, apresentou incoerências quando testado para aeroportos nacionais [12].

O Método da FAA está descrito no documento “*Technics for Determining Airport Airside Capacity and Delay*”, editado em junho de 1976, e deste documento foram retiradas as informações necessárias para a elaboração de um modelo adaptado às características nacionais [12].

Como resultado, foi desenvolvido um método que depende se a pista possui um número mínimo de saídas que não interfiram na operação das outras aeronaves ou não.

Quando a pista não tem número mínimo de saídas, o que é bastante comum no Brasil, assume-se a hipótese de que o espaço aéreo é suficiente para todas as aeronaves que quiserem operar na pista e a partir da configuração da pista, obtém-se, por meio de uma tabela, as capacidades horárias nas condições IFR e dependendo da porcentagem de toque e arremetida, nas condições VFR [12].

Quando a pista possui número mínimo de saídas, é necessário o conhecimento do número de toques e arremetidas, aterrissagens e decolagens em uma hora para a determinação da capacidade horária para a operação em VFR e IFR [12].

O método descrito no Manual da INFRAERO é baseado na circular da FAA, AC-150/5060-5 - *Airport Capacity and Delay*. Para aplicação deste é necessário conhecer o mix de aeronaves, a configuração das pistas e suas saídas. O resultado é fornecido em número de operações horárias para condições IFR e VFR.

A capacidade pode ser limitada pela qualidade dos serviços dos auxílios à navegação aérea disponíveis no local.

O comprimento da pista não influencia na capacidade de operações, mas deve ser analisado, pois pode restringir a operação de alguns tipos de aeronaves. O desempenho de cada aeronave pode ser verificado no manual do fabricante [12].

Outro fator que não influencia na capacidade, mas pode limitar a operação de algumas aeronaves, é a capacidade de suporte da pista. Este pode ser analisado pelo

método ACN/PCN, que compara o efeito de uma aeronave exerce sobre o pavimento com a resistência deste.

2.2.2 Pátio

O número de boxes limita o número de operações feitas em um determinado período e deve ser determinado de acordo com o número de aeronaves e o tempo que elas permanecem nos boxes. O tempo de permanência depende de vários fatores, como: tamanho da aeronave, tipo de operação, número de passageiros embarcados e desembarcados, quantidade de bagagens, combustível, necessidade de serviço de terra, eficiência do pessoal de terra, etc [12].

Algumas fórmulas simplificadas são apresentadas, mas a fórmula proposta por Horonjeff foi adotada como modelo por dispensar a necessidade do cálculo de médias ponderadas do tempo de ocupação. O modelo proposto foi:

$$B = VT/U,$$

Onde:

B: número de boxes de aviões de determinado tipo;

V: maior dos volumes (de pouso ou decolagem) dos aviões de cada tipo na hora-pico;

T: tempo de ocupação, em horas, dos aviões de determinado tipo;

U: fator de utilização dos aviões de determinado tipo [12].

Tabela 2 - Índices de dimensionamento de pátio de aeronaves

Categoria	Faixa de TAMAV	Pax/ano/posição
R1	12 a 25	70.000
R2	25 a 30	100.000
R3	35 a 60	130.000
A1	90 a 130	200.000
A2	130 a 170	250.000
A3	170 a 300	300.000
A4	300 a 450	400.000
A5	acima de 450	500.000

Fonte: [11]

A capacidade do pátio é determinada a partir do número de posições de estacionamento de aeronaves por tipo de tráfego. Para a aviação regular e não regular o número de posições de parada se relaciona com o tamanho médio das aeronaves de acordo com a Tabela 2. Para a aviação geral, recomenda-se 500m² para cada 1.500 movimentos de aeronaves por ano [11].

2.2.3 Terminal de Passageiros

A determinação da capacidade de um terminal de passageiros está condicionada, principalmente, à capacidade da área operacional, que são as instalações destinadas às atividades indispensáveis ao processo de embarque e desembarque de passageiros e bagagens. Esta área normalmente possui os seguintes componentes:

- Meio fio de embarque
- Saguão de embarque
- *Check-in*
- Salas de embarque
- Salas de embarque remoto (terminais em 2 níveis operacionais – acima de 3 milhões de paz embarcados + desembarcados por ano).
- Controle de segurança - Raio X
- Controle de passaporte – embarque (aeroportos internacionais)
- Controle de passaporte – desembarque (aeroportos internacionais)
- Alfândega (aeroportos internacionais).
- Esteira de bagagens.
- Área de restituição de bagagens.
- Saguão de desembarque.
- Meio fio de desembarque [11].

A avaliação da capacidade de cada componente operacional envolve conceitos de capacidade estática e dinâmica, além de parâmetros relativos a níveis de serviço e segurança [11].

Capítulo 3

Metodologia Adotada

Neste capítulo é descrita a metodologia adotada para determinação de demanda e capacidade. Para a escolha do método, foram considerados aspectos como facilidade de aplicação e informações disponíveis.

3.1 Demanda Atual e Futura

A demanda foi obtida da Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros de 2003.

O estudo da demanda detalhada nos aeroportos brasileiros desenvolveu uma modelagem que utiliza técnica *top-down*, amplamente difundida entre os órgãos internacionais de pesquisa do transporte aéreo [7].

A modelagem foi avaliada por testes que confrontaram previsões obtidas através do modelo com valores observados ao longo da série histórica (*back testing*). Este procedimento possibilita a verificação da magnitude dos desvios [7].

Modelagem Utilizada:

“*Capital Asset Price Model*” – CAPM

A falta de uma série histórica consistente para muitos aeroportos brasileiros inviabiliza a aplicação do modelo CAPM ou qualquer outra abordagem tradicional. Esta limitação pode ser superada com a construção de um portfólio de aeroportos, ou seja, um conjunto de aeroportos com características operacionais semelhantes [7].

A previsão de demanda de um portfólio de aeroportos é feita como se fosse um aeroporto isolado. A demanda de um aeroporto é determinada com o *market share* desse aeroporto no portfólio [7].

As informações mais recentes do movimento de passageiros eram de 2002, mas para aeronaves cargueiras, os dados mais recentes eram de 2001. Portanto, foram

considerados os dados relativos a 2001 para análise da situação atual. Entretanto, o mix de aeronaves relativo a 2001 não está disponível. Para contornar essa dificuldade, foi assumido que o mix de aeronaves de 2001 foi similar ao de 2002.

Para estudo de demanda futura, estavam disponíveis informações para os anos de 2008, 2013 e 2023. Foi escolhido o ano de 2013 por não estar muito próximo, a ponto de impossibilitar tomada de medidas corretivas e nem tão distante que a utilização de aeroportos ultrapasse os limites de conforto e segurança. Estavam disponíveis estimativas pessimistas, médias e otimistas. A previsão escolhida foi a média, para tentar evitar prováveis sub-dimensionamentos ou superdimensionamentos.

3.2 Cálculo de Capacidade

Para a determinação da capacidade de pistas e pátios foram utilizados os métodos recomendados no manual da INFRAERO. Para o estudo da capacidade dos terminais de passageiros foi utilizado o programa desenvolvido na tese de Ana Glória Medeiros [15].

3.2.1 Pista de Pouso e Decolagem

Para calcular a capacidade das pistas de pouso e decolagem, foi utilizado o método recomendado pela INFRAERO por ser de aplicação simples e confiável, já que é uma melhoria do método da FAA, bastante difundido entre organismos mundiais de aviação.

Para sua aplicação, é necessário conhecer a configuração dos sistemas de pistas, o número e a localização das saídas e o mix de aeronaves em operação.

Os dados de mix de aeronaves disponíveis na “Demanda Detalhada” estavam dispostos segundo uma classificação do IAC que separa as aeronaves de acordo com o número de assentos. Para aplicação do método da INFRAERO é necessário que as aeronaves estejam divididas de acordo com a classificação da FAA que depende do peso máximo de decolagem e da quantidade de motores.

O IAC classifica as aeronaves nas faixas:

Tabela 3 -Classificação de aeronaves segundo o IAC

Categoria	Assentos
F1	entre 8 e 18
F2	entre 19 e 30
F3	entre 31 e 60
F4	entre 61 e 130
F5	entre 131 e 180
F6	entre 181 e 260
F7	entre 261 e 450
F8	acima de 450

Fonte: [7]

Já a FAA divide as aeronaves nas categorias:

Tabela 4 – Classificação de aeronaves segundo a FAA

Categoria	PMD (kg)	Quantidade de Motores
A	5.675 ou menos	um
B		mais de um
C	entre 5.675 e 136.200	
D	mais de 136.200	

Fonte: [8]

A correlação entre as duas classificações foi feita através da tabela sugerida pela INFRAERO como meio de padronizar a frota de aeronaves e os seus motores.

Tabela 5 –Classificação de aeronaves segundo a INFRAERO

Categoria	Assentos	PMD (kg)
R1	12 a 25	5.600
R2	25 a 35	19.000
R3	35 a 60	20.600
A1	90 a 130	60.550
A2	130 a170	78.267
A3	170 a 300	273.288
A4	300 a 450	394.625
A5	acima de 450	-

Fonte: [11]

Assim, as três classificações podem ser correlacionadas conforme a Tabela 3.

Tabela 6 -Correlação entre classificações de aeronaves

IAC	FAA	INFRAERO
F1	A ou B	R1
F2	C	R2
F3	C	R3
F4	C	A1
F5	C	A2
F6/F7	D	A3
F7	D	A4
F8	D	A5

Com o resultado da expressão $C + 3D$ em porcentagem e com a configuração do sistema de pistas, determina-se o número de operações anuais e horárias em condições VFR e IFR. O número e localização das saídas determinam, de acordo com a tabela do Manual da FAA [8], o fator de correção que deve ser aplicado aos valores encontrados. Nos casos em que há mais de uma pista, foi feita a média dos fatores de correção de cada pista, pois foi considerado que o número de operações se divide igualmente entre as pistas (essa é mais uma limitação da modelagem).

Para transformar a capacidade de operações horárias em capacidade de passageiros horária, multiplicou-se o número de operações por hora pelo tamanho médio de aeronaves e pelo fator assento.

3.2.2 Pátio de Aeronaves

Foi calculada a capacidade do pátio de aeronaves utilizando o método indicado pela INFRAERO. A metodologia é bastante simples. Necessita apenas do número de posições de parada e do tamanho médio de aeronaves.

O método consiste em multiplicar os índices da Tabela 2 pelo número de posições de parada existentes que se obtém a capacidade em termos de passageiros por ano.

Para transformar esse valor em passageiros por hora utilizou-se a equação 2.1.

3.2.3 Terminal de Passageiros (TPS)

Essa é a área que os passageiros mais percebem os efeitos da superlotação.

Para determinar a capacidade do TPS foi utilizado o programa da tese de mestrado da Ana Glória [15] recentemente desenvolvido e que permite a escolha de diversos índices de dimensionamento. A planilha sugerida pela INFRAERO é limitada por não permitir a variação desses índices, incluindo o nível de serviço.

Para padronizar o cálculo da capacidade, foi adotado que todos aeroportos devem ter nível de serviço bom. Além disso, foi considerado que 50% do movimento de passageiros na hora-pico está embarcando, 50% está desembarcando e 75% se concentra nos 30 min mais críticos dessa hora (outra hipótese dentro da modelagem). Para o *check-in* o tempo de atendimento foi considerado de 1,5 min para vôos domésticos e 2 min para vôos internacionais.

No TPS não foi incluída área reservada para triagem e despacho de bagagens, nem áreas para escritórios de apoio para empresas aéreas.

Capítulo 4

Diagnóstico da Malha Estudada

A metodologia apresentada no capítulo anterior foi aplicada aos 20 aeroportos mais movimentados do Brasil. Esses aeroportos representam 92% do movimento dos aeroportos administrados pela INFRAERO relativo ao ano de 2004. Os maiores foram escolhidos por, normalmente, serem os que causam os maiores transtornos quando a demanda supera a capacidade e os maiores desperdícios quando ampliações são feitas desnecessariamente.

4.1 Elaboração do Diagnóstico

Os dados considerados para demanda e cálculo de capacidade estão no Anexo I, onde podem ser verificadas as demandas de 2001 e 2013, o mix de aeronaves, as configurações da pista e suas saídas, o número de posições de parada no pátio e a área do TPS. A demanda considerada e o detalhamento do cálculo estão no arquivo “Detalhamento dos Cálculos.xls”.

A demanda da hora-pico foi comparada com a capacidade horária das pistas nas condições IFR, pois esta, ainda que não seja uma realidade, é a tendência para os aeroportos brasileiros. A capacidade dos pátios também foi comparada com a demanda da hora-pico. Para o terminal de passageiros, foi comparada a área existente com a área necessária para atender a demanda prevista.

Os resultados relativos a 2001 estão dispostos na Tabela 7 e os relativos a 2013 estão na Tabela 8, onde as capacidades insuficientes estão marcadas em vermelho.

Tabela 7 - Capacidade e demanda relativa ao ano de 2001.

Sigla	Aeroporto	Demanda			Capacidade		
		Anual	Hora-Pico	TPS (m ²)	Pista (pax/h)	Pátio (pax/h)	TPS (m ²)
SBSP	Congonhas	11.960.019	5.252	83.700	3.336	2.259	37.000
SBGR	Guarulhos	13.098.609	5.742	133.540	4.772	7.204	183.880
SBBR	Brasília	6.205.864	2.778	68.332	3.136	2.861	78.000
SBRJ	Santos-Dumont	4.946.542	2.236	38.460	3.037	1.399	19.000
SBGL	Galeão - Rio de Janeiro	5.987.053	2.684	66.264	3.959	5.807	280.681
SBSV	Salvador	3.761.724	1.727	45.108	1.670	2.173	69.750
SBBH	Belo Horizonte - Pampulha	2.548.117	1.205	22.980	1.419	6.559	4.500
SBRF	Gilberto Freyre – Recife	2.820.878	1.322	36.300	3.058	2.904	52.000
SBPA	Salgado Filho - Porto Alegre	2.879.091	1.347	36.828	2.993	1.485	53.140
SBCT	Afonso Pena – Curitiba	2.580.516	1.219	34.012	1.900	1.657	45.000
SBFZ	Pinto Martins – Fortaleza	2.155.518	1.036	30.008	3.148	1.313	38.500
SBEG	Eduardo Gomes - Manaus	1.316.436	675	22.044	2.144	1.399	46.266
SBVT	Vitória	961.313	523	12.750	1.295	1.571	4.483
SBBE	Belém	1.178.457	616	20.768	1.212	1.055	33.225
SBFL	Florianópolis	1.232.186	639	21.252	813	625	8.703
SBNT	Augusto Severo – Natal	974.166	528	18.832	3.312	2.259	11.560
SBGO	Goiânia	933.086	510	12.570	1.916	2.861	7.650
SBKP	Viracopos – Campinas	769.409	440	16.896	1.436	797	8.720
SBCY	Marechal Rondon - Cuiabá	580.726	359	15.092	693	2.431	5.600
SBMO	Zumbi dos Palmares - Maceió	621.590	376	15.488	1.933	1.571	22.000

Tabela 8 - Capacidade e demanda relativa ao ano de 2013.

Sigla	Aeroporto	Demanda			Capacidade		
		Anual	Hora-Pico	TPS (m ²)	Pista (pax/h)	Pátio (pax/h)	TPS (m ²)
S BSP	Congonhas	23.697.947	10.299	159.390	4.050	2.797	37.000
S BGR	Guarulhos	24.299.327	10.558	239.492	5.765	8.623	183.880
S BBR	Brasília	12.088.962	5.307	123.948	3.337	3.549	78.000
S BRJ	Santos-Dumont	11.004.972	4.841	77.520	3.379	1.399	19.000
S BGL	Galeão - Rio de Janeiro	11.024.664	4.850	113.916	4.910	6.946	280.681
S BSV	Salvador	7.684.473	3.414	82.324	2.011	2.689	69.750
S BBH	Belo Horizonte - Pampulha	6.095.079	2.730	45.870	1.674	6.559	4.500
S BRF	Gilberto Freyre - Recife	6.031.270	2.703	66.660	3.674	2.904	52.000
S BPA	Salgado Filho - Porto Alegre	5.624.379	2.528	62.832	3.411	1.829	53.140
S BCT	Afonso Pena - Curitiba	5.318.659	2.396	59.928	2.800	2.044	45.000
S BFZ	Pinto Martins - Fortaleza	4.596.727	2.086	53.108	3.487	1.614	38.500
S BEG	Eduardo Gomes - Manaus	2.743.675	1.289	35.552	2.315	1.399	46.266
S BVT	Vitória	2.531.491	1.198	22.890	1.473	1.571	4.483
S BBE	Belém	2.383.973	1.134	32.164	1.527	1.055	33.225
S BFL	Florianópolis	2.730.942	1.283	35.464	1.062	625	8.703
S BNT	Augusto Severo - Natal	2.065.875	998	29.172	4.209	2.797	11.560
S BGO	Goiânia	1.864.282	911	18.570	2.199	2.861	7.650
S BKP	Viracopos - Campinas	1.622.035	807	24.948	1.677	797	8.720
S BCY	Marechal Rondon - Cuiabá	1.471.906	742	23.540	844	2.431	5.600
S BMO	Zumbi dos Palmares - Maceió	1.256.081	649	21.472	2.100	1.571	22.000

4.2 Identificação dos Gargalos

A partir das Tabelas 7 e 8, pode-se observar que, atualmente, poucos aeroportos apresentam problemas de capacidade para pistas e pátios de aeronaves, mas boa parte deles está com utilização dos terminais de passageiros maior que o aceitável para fornecer segurança e um nível de serviço bom, pelo menos nos horários de pico.

A previsão para o ano de 2013 mostra que somente 3 aeroportos, dos 20 analisados, não terão problemas de capacidade caso não seja feita nenhuma intervenção até lá.

Para facilitar a visualização da situação desses aeroportos, são apresentados os gráficos a seguir, onde o eixo das abscissas mostra o percentual da demanda em relação à capacidade.

Legenda:

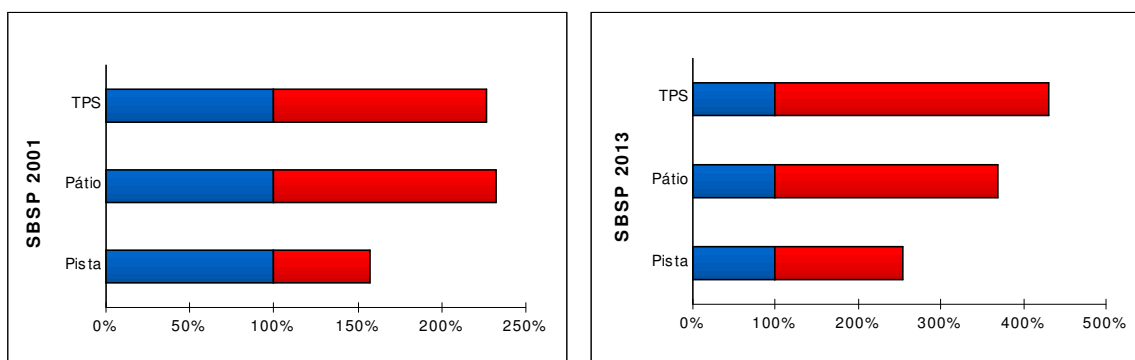
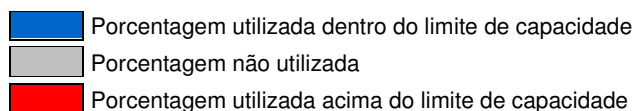


Gráfico 1 – Aeroporto de Congonhas

O aeroporto de Congonhas já apresenta congestionamento nos três componentes analisados, sendo o mais grave no pátio de aeronaves. A previsão aponta que em 2013 a pior situação passe a ser o terminal de passageiros, chegando a necessitar de uma área 4,3 vezes maior que a existente.

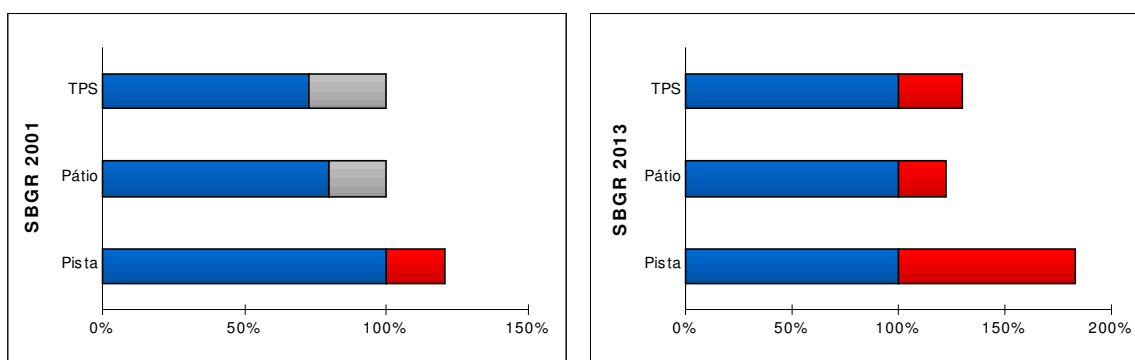


Gráfico 2 – Aeroporto de Guarulhos

O aeroporto de Guarulhos apresenta deficiência na sua capacidade apenas na pista, pois a demanda é 20% maior. A parte ociosa do terminal de passageiros e do pátio de aeronaves não existirá mais em 2013, quando será verificado um excesso de demanda de 22 e 30%, respectivamente.

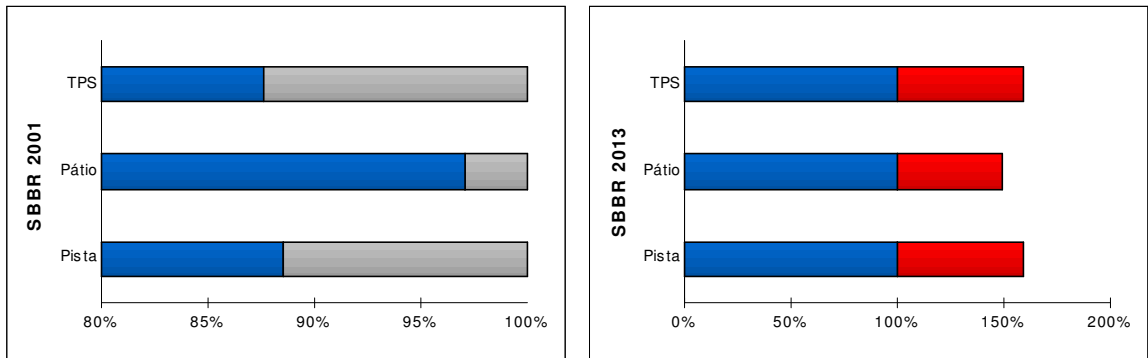


Gráfico 3 – Aeroporto de Brasília

No aeroporto de Brasília a situação atual é bem confortável, não apresentando excesso de demanda e nem grandes áreas ociosas. Em 2013, deverá ser verificado um excesso de demanda da ordem de 50%.

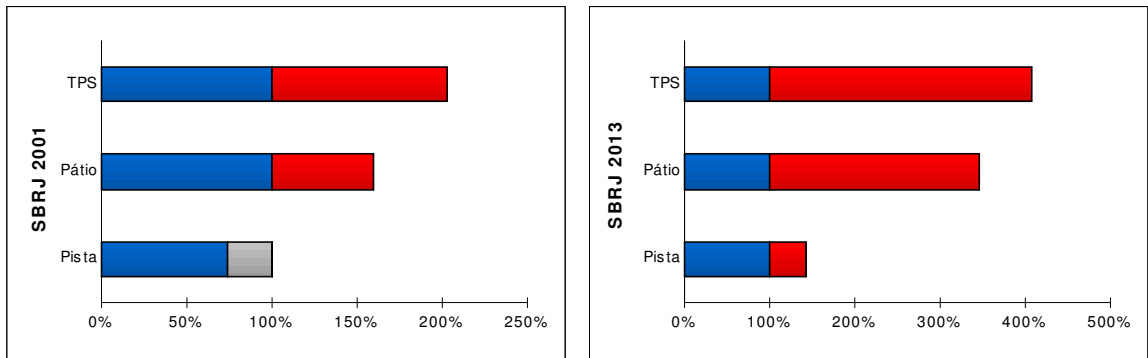


Gráfico 4 – Aeroporto Santos Dumont

No aeroporto Santos-Dumont já existe superlotação no TPS e no pátio, sendo que o TPS terá que possuir uma área 4 vezes maior que a atual para atender a demanda prevista.

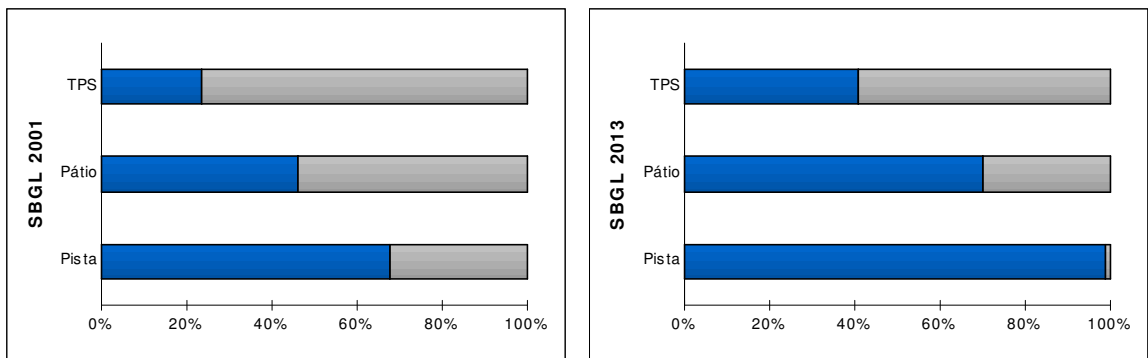


Gráfico 5 – Aeroporto de Galeão

No aeroporto do Galeão há uma situação bastante confortável, pois nenhum dos componentes analisados necessitará de ampliação até 2013. Sendo que somente 41% da capacidade do TPS estará sendo utilizada, indicando que poderia ter sido economizado recursos para outros aeroportos.

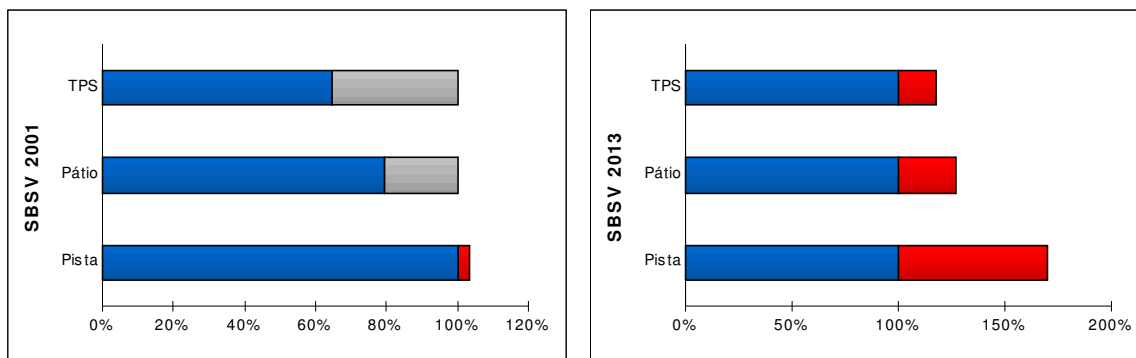


Gráfico 6 – Aeroporto de Salvador

Atualmente, no aeroporto de Salvador a capacidade da pista está apenas 3% abaixo do necessário e os demais componentes estão atendendo a demanda. No entanto, a capacidade será ultrapassada em todos os componentes sendo que a pista é que registrará os 70% de déficit.

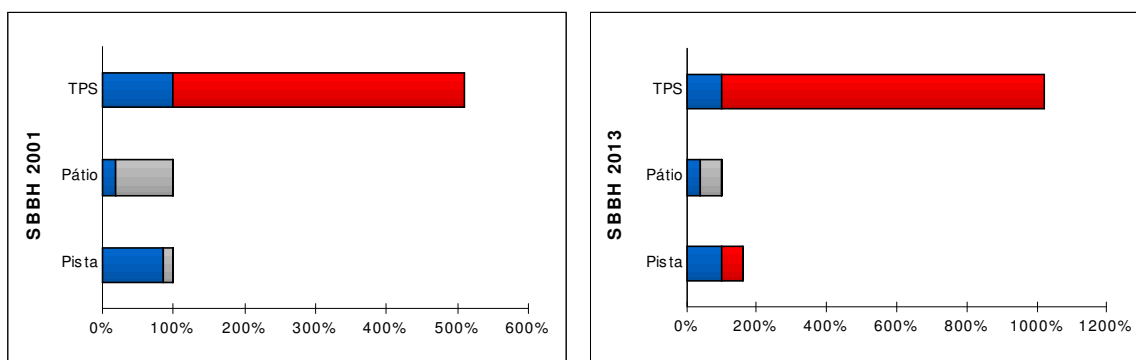


Gráfico 7 – Aeroporto da Pampulha

No aeroporto da Pampulha em Belo Horizonte o TPS está com a capacidade 5 vezes menor que a necessária, e caso nenhuma intervenção seja feita, esse número deverá aumentar para 10 em 2013. Os outros componentes atendem a demanda atual, mas a pista já estará com a capacidade ultrapassada em 63%.

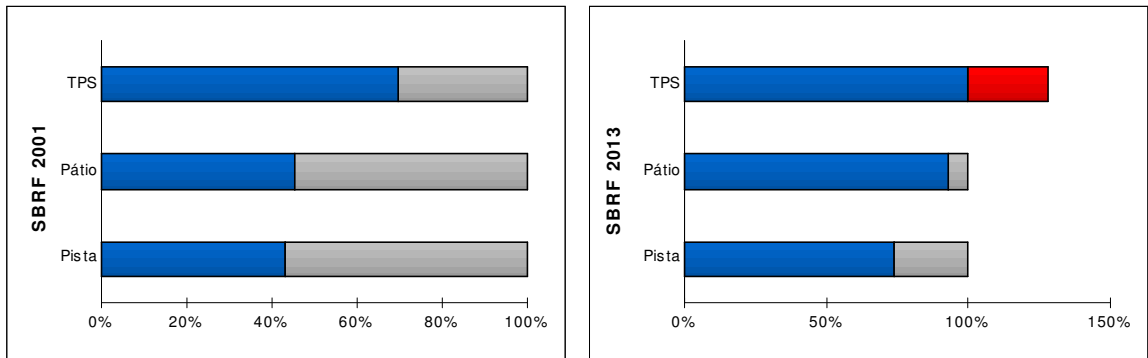


Gráfico 8 – Aeroporto de Recife

Recife teve seu aeroporto ampliado recentemente e possui condições de atender a demanda atual com boa folga. Em 2013, a capacidade do TPS estará ultrapassada em 28%, mas o pátio e a pista ainda possuirão condições de atender a demanda.

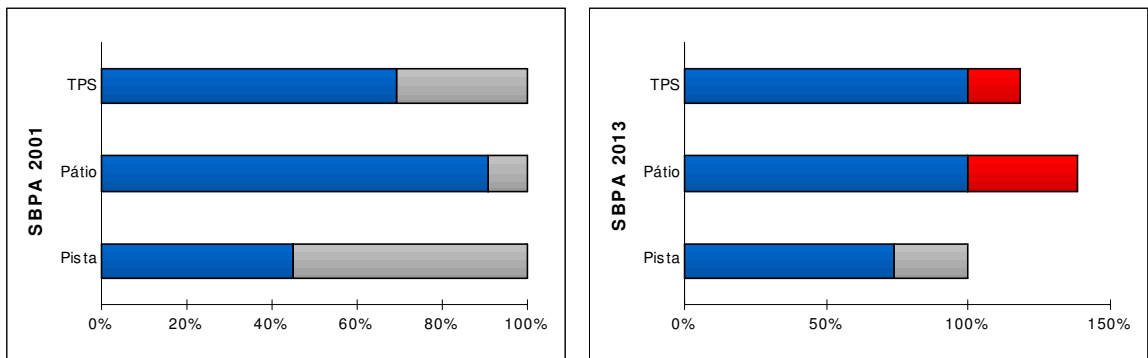


Gráfico 9 – Aeroporto de Porto Alegre

No aeroporto de Porto Alegre, a capacidade da pista é suficiente para atender a demanda atual e de 2013, enquanto o pátio e o TPS conseguem atender a demanda atual, mas não a de 2013, sendo a situação do pátio a mais crítica.

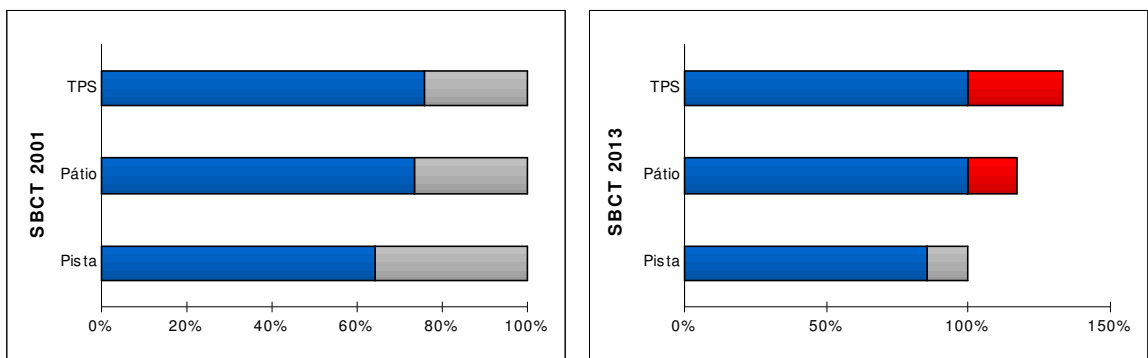


Gráfico 10 – Aeroporto de Curitiba

Os componentes do aeroporto de Curitiba apresentam-se bem dimensionados, pois todos estão com cerca de 70% da capacidade sendo utilizada. O TPS e o pátio necessitarão de intervenção para atender a demanda de 2013.

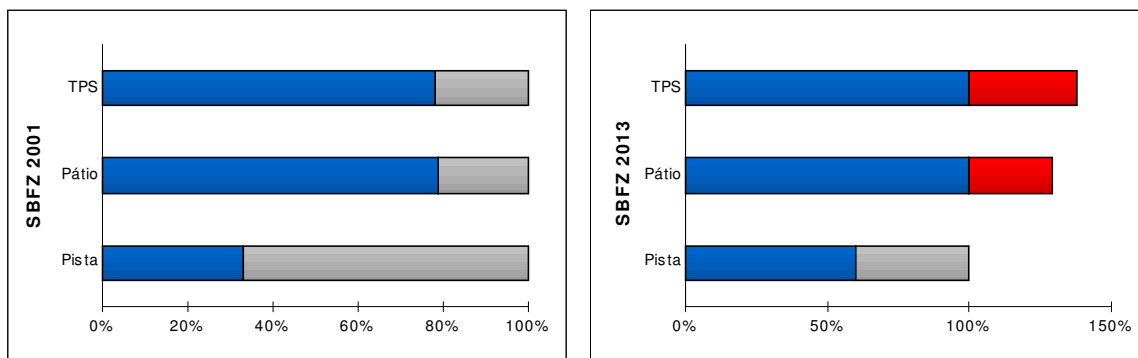


Gráfico 11 – Aeroporto de Fortaleza

A pista do aeroporto de Fortaleza possui capacidade para suportar o tráfego previsto para 2013 com 40% de folga, mas nessa data o TPS estará operando com 38% acima da capacidade e o pátio com 29%.

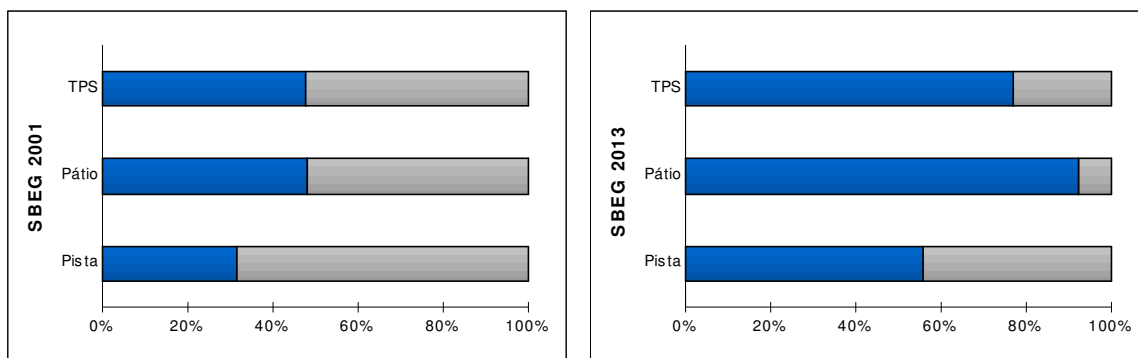


Gráfico 12 – Aeroporto de Manaus

Atualmente, nenhum dos componentes do aeroporto de Manaus, a utilização chega a 50% capacidade. Mesmo em 2013, a pista terá apenas 56% da capacidade utilizada e nos outros componentes ainda haverá possibilidade do aumento de demanda sem a necessidade de ampliações.

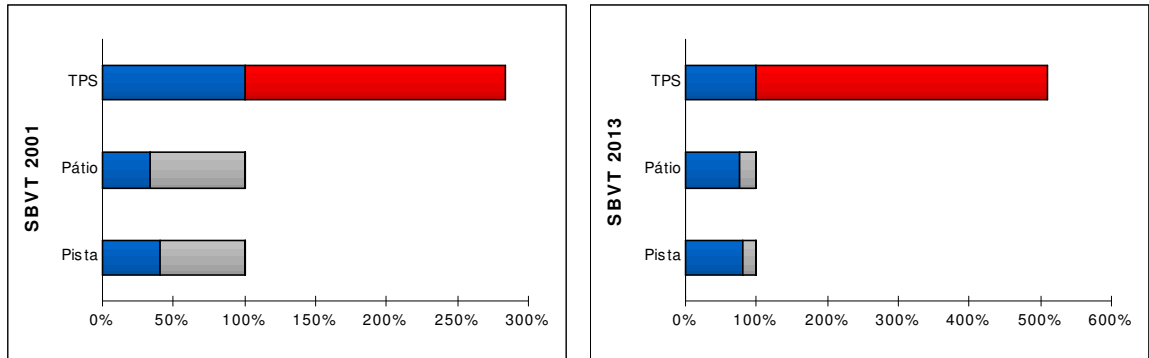


Gráfico 13 – Aeroporto de Vitória

Em Vitória, o pátio e a pista possuem capacidade para suportar o tráfego atual e o previsto para 2013, mas o TPS já está com a capacidade quase 3 vezes menor que a necessária.

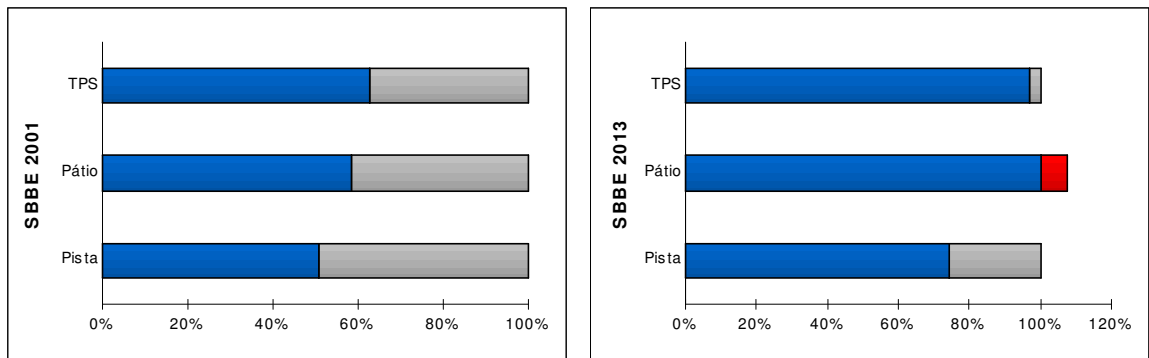


Gráfico 14 – Aeroporto de Belém

Hoje o aeroporto de Belém atende a demanda de forma satisfatória e a situação deve manter-se até 2013, exceto para o pátio que terá a capacidade ultrapassada em 7%.

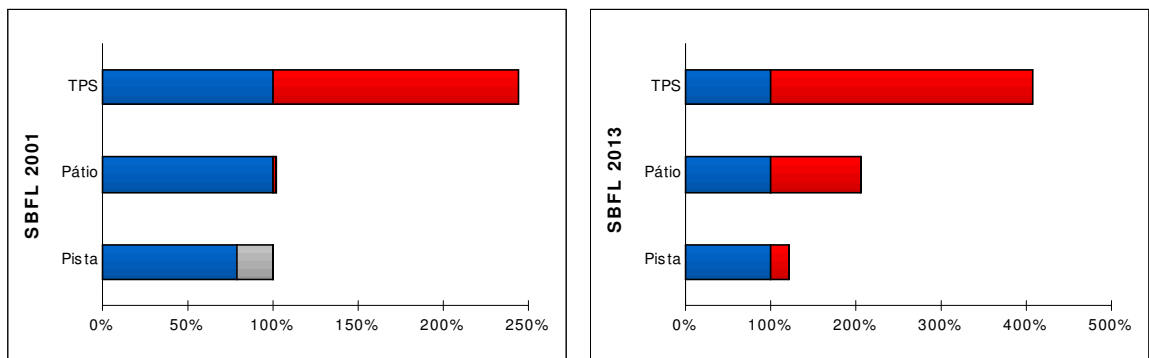


Gráfico 15 – Aeroporto de Florianópolis

Em Florianópolis, a pista atende a demanda atual, mas não a de 2013, o pátio ultrapassou em 2% o limite da capacidade e no TPS verifica-se a situação mais grave, apontando que em 2013 necessitará de uma área 4 vezes maior que a existente.

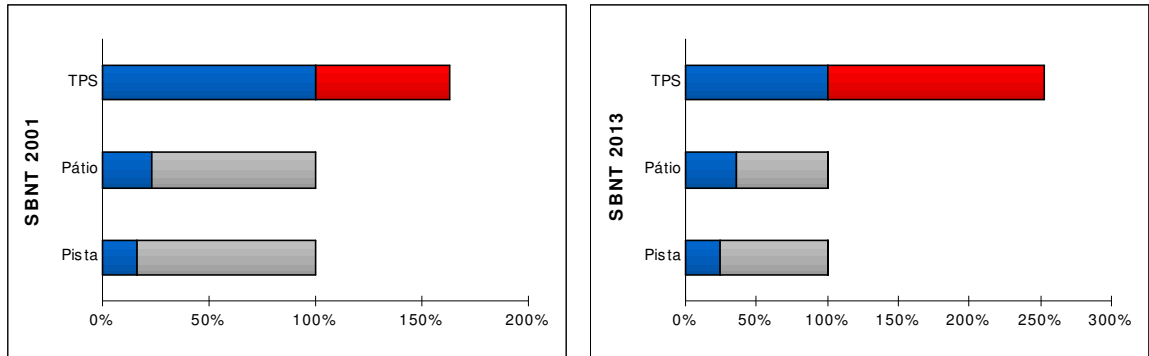


Gráfico 16 – Aeroporto de Natal

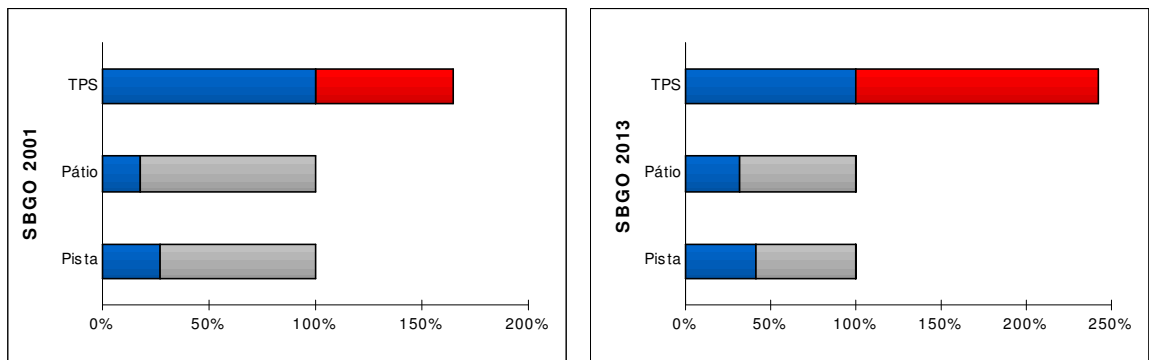


Gráfico 17 – Aeroporto de Goiânia

Em Natal e Goiânia a situação é bem parecida. A pista e o pátio possuem capacidade bem maior que a necessária, não chegando a 50% de utilização, considerando a demanda para 2013. Já no TPS, a demanda está acima da ideal e necessitará de uma área cerca de 2,5 vezes maior que a atual.

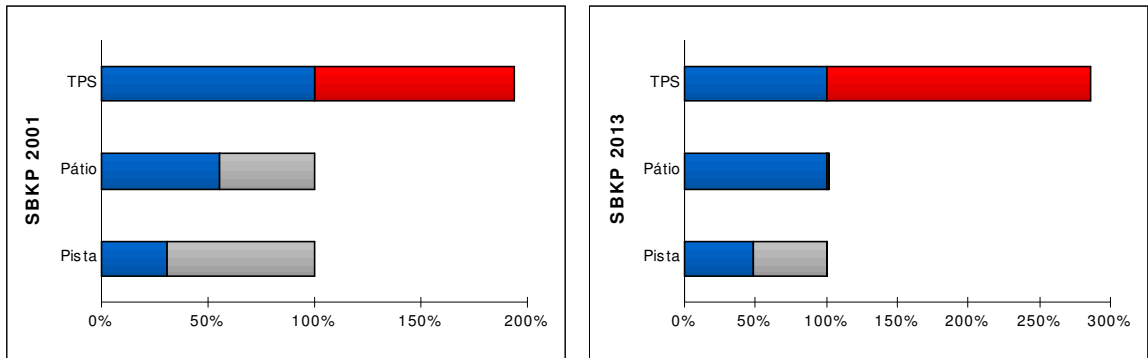


Gráfico 18 – Aeroporto de Campinas

No aeroporto de Viracopos, a pista e o pátio suportam a demanda atual, e em 2013, a pista ainda suportará a demanda prevista e o pátio estará com apenas 1% acima da capacidade. O TPS está com cerca da metade da área necessária atualmente e com pouco mais de um terço da área necessária para 2013.

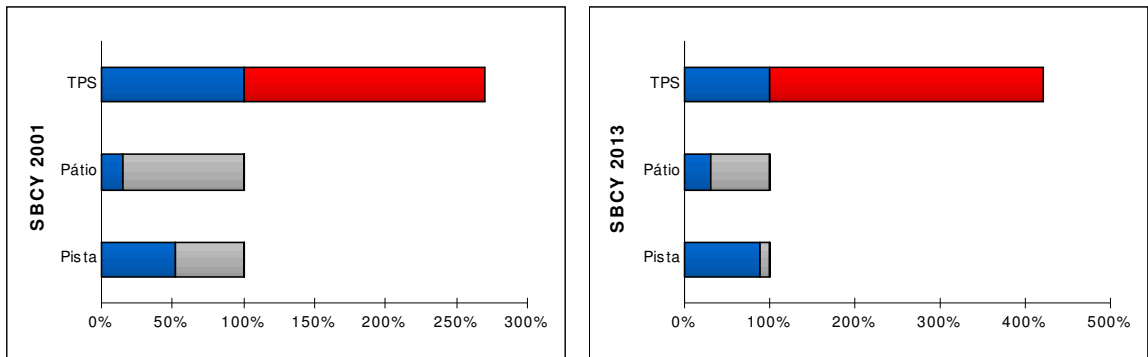


Gráfico 19 – Aeroporto de Cuiabá

O TPS do aeroporto de Cuiabá está com a demanda 2,7 vezes acima da capacidade e irá aumentar para 4,2 em 2013. O pátio e a pista não apresentam problemas para suportar o tráfego, sendo que apenas 31% da capacidade do pátio deverá esta sendo utilizada em 2013.

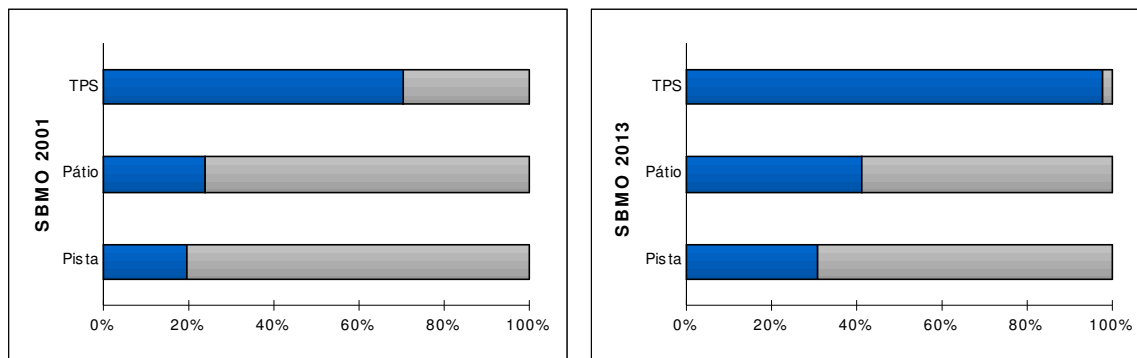


Gráfico 20 – Aeroporto de Maceió

O aeroporto de Maceió não apresenta problemas para suportar o tráfego em nenhum dos seus componentes, seja nos dias atuais ou considerando a previsão para 2013.

Importante ressaltar que a demanda ultrapassar a capacidade está sendo referida em termos de uma manutenção do nível de serviço. Na prática, quando a demanda cresce, o nível de serviço cai. Evidentemente, em algum momento, se nada for feito, a infraestrutura de atendimento entra em colapso!

4.3. Aeroportos Expandidos ou em Expansão

A Infraero desenvolveu um plano de obras que está sendo aplicado em todo o país e tem como objetivo modernizar a infra-estrutura aeroportuária brasileira para os próximos dez anos. As ampliações, reformas e construções são executadas com receita própria, originada na exploração comercial de espaços em aeroportos, na manipulação de carga aérea e na cobrança das tarifas aeronáuticas, na prestação de serviços de telecomunicações aeronáuticas, meteorologia e controle do espaço aéreo.

No nordeste, estão em construção ou em reforma os aeroportos de Maceió, Natal e João Pessoa. Na região norte, estão em obras os aeroportos de Macapá e Porto Velho. No sul, o aeroporto de Navegantes foi ampliado e passou por um processo de internacionalização concluído em julho de 2004. Em 2005, será realizada a licitação para a construção do novo aeroporto de Florianópolis. Na região centro-oeste, foi entregue em dezembro de 2003 a nova área operacional da ampliação do terminal de passageiros de Brasília.

Na região sudeste, está em construção um novo terminal no aeroporto de Vitória. O aeroporto internacional de Viracopos, em Campinas, está sendo preparado para ser o maior da América Latina. E o aeroporto de Guarulhos será ampliado.

Preocupada com a superlotação dos aeroportos centrais, com vocação para vôos de ponte aérea, a Infraero está investindo fortemente para readequar estes terminais. O aeroporto de Congonhas passou por uma ampliação cuja primeira fase foi entregue em agosto de 2004. A próxima etapa é construir um edifício garagem para permitir um melhor escoamento do tráfego de veículos na região.

No aeroporto Santos-Dumont, está prevista construção de um novo terminal de desembarque, reforço dos pátios de aeronaves e adequação do sistema viário sem afetar o patrimônio arquitetônico ou natural. A obra deve ser entregue a tempo de equipar a cidade do Rio de Janeiro para os Jogos Panamericanos de 2007.

Em 2004, foram concluídas as seguintes obras:

- **Aeroporto de Guarulhos:** reforma e ampliação das salas de embarque e desembarque do terminal de passageiros I
- **Aeroporto Santos-Dumont:** reforma e adequação do sistema de pátio de estacionamento de aeronaves e transferência de vôos do Galeão
- **Aeroporto de Congonhas:** reforma, adequação e modernização do terminal de passageiros (1ª fase)
- **Aeroporto do Recife:** ampliação do terminal de passageiros, pista de pouso, pátio de aeronaves e construção do edifício-garagem
- **Aeroporto de Viracopos/Campinas:** segunda etapa da reforma do terminal de passageiros, construção do novo edifício administrativo e anexo do terminal de cargas
- **Aeroporto Internacional Eduardo Gomes/Manaus:** construção do terminal de cargas III e reforma do terminal de cargas II

Além de obras concluídas em outros aeroportos que não fazem parte desse estudo.

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

Este trabalho teve como principal objetivo analisar a relação demanda x capacidade nos principais aeroportos brasileiros. Para isso, foram analisados, em separado, as pistas de pouso e decolagem, os pátios de aeronaves e os terminais de passageiros.

Dos componentes estudados, é no TPS que se encontra a situação mais crítica, pois a utilização já superou a capacidade em 9, dos 20 aeroportos analisados. A situação mais grave é a do terminal da Pampulha, com 411% de utilização acima da capacidade. Este é o componente que menos compromete a segurança, mas é onde os passageiros mais percebem os transtornos, como atrasos e desconforto.

Analisando globalmente, o aeroporto de Congonhas é o que apresenta os maiores problemas, pois a demanda já superou a capacidade da pista, do pátio e do TPS em 57%, 132% e 126%, respectivamente.

A situação atual pode resumida nas Tabelas 9, 10 e 11, que mostram o percentual de capacidade utilizado em ordem decrescente.

Tabela 9 – Capacidade da pista utilizada em 2001.

Sigla	Aeroporto	Pista
SBSP	Internacional de Congonhas	157%
SBGR	Internacional de Guarulhos - Governador André Franco Montouro	120%
SBSV	Internacional de Salvador - Deputado Luis Eduardo Magalhães	103%
SBBR	Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek	89%
SBBH	Belo Horizonte - Pampulha	85%
SBFL	Internacional de Florianópolis	79%
SBRJ	Santos-Dumont	74%
SBGL	Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim	68%
SBCT	Internacional Afonso Pena - Curitiba	64%
SBCY	Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	52%
SBBE	Internacional de Belém	51%
SBPA	Internacional Salgado Filho - Porto Alegre	45%
SBRF	Internacional de Recife/Guararapes - Gilberto Freyre	43%
SBVT	Vitória	40%
SBFZ	Internacional Pinto Martins - Fortaleza	33%
SBEG	Internacional Eduardo Gomes - Manaus	31%
SBKP	Internacional de Viracopos/Campinas	31%
SBGO	Goiânia	27%
SBMO	Internacional de Maceió/Zumbi dos Palmares	19%
SBNT	Internacional Augusto Severo - Natal	16%

Tabela 10 – Capacidade do pátio utilizado em 2001.

Sigla	Aeroporto	Pátio (pax/h)
SBSP	Internacional de Congonhas	232%
SBBR	Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek	160%
SBFZ	Internacional Pinto Martins - Fortaleza	102%
SBSV	Internacional de Salvador - Deputado Luis Eduardo Magalhães	97%
SBCT	Internacional Afonso Pena - Curitiba	91%
SBGR	Internacional de Guarulhos - Governador André Franco Montoro	80%
SBFL	Internacional de Florianópolis	79%
SBBE	Internacional de Belém	79%
SBCY	Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	74%
SBVT	Vitória	58%
SBGO	Goiânia	55%
SBPA	Internacional Salgado Filho - Porto Alegre	48%
SBBH	Belo Horizonte - Pampulha	46%
SBGL	Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim	46%
SBRF	Internacional de Recife/Guararapes - Gilberto Freyre	33%
SBNT	Internacional Augusto Severo - Natal	24%
SBEG	Internacional Eduardo Gomes - Manaus	23%
SBRJ	Santos-Dumont	18%
SBKP	Internacional de Viracopos/Campinas	18%
SBMO	Internacional de Maceió/Zumbi dos Palmares	15%

Tabela 11 – Capacidade do TPS utilizado em 2001.

Sigla	Aeroporto	TPS (m²)
SBFL	Internacional de Florianópolis	511%
SBBH	Belo Horizonte - Pampulha	284%
SBKP	Internacional de Viracopos/Campinas	270%
SBRF	Internacional de Recife/Guararapes - Gilberto Freyre	244%
SBSP	Internacional de Congonhas	226%
SBSV	Internacional de Salvador - Deputado Luis Eduardo Magalhães	202%
SBRJ	Santos-Dumont	194%
SBEG	Internacional Eduardo Gomes - Manaus	164%
SBNT	Internacional Augusto Severo - Natal	163%
SBFZ	Internacional Pinto Martins - Fortaleza	88%
SBGO	Goiânia	78%
SBVT	Vitória	76%
SBBR	Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek	73%
SBMO	Internacional de Maceió/Zumbi dos Palmares	70%
SBBE	Internacional de Belém	70%
SBCY	Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	69%
SBGR	Internacional de Guarulhos - Governador André Franco Montoro	65%
SBGL	Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim	63%
SBPA	Internacional Salgado Filho - Porto Alegre	48%
SBCT	Internacional Afonso Pena - Curitiba	24%

O estudo mostra também que em 2013, apenas 3 aeroportos, não teriam problemas de capacidade caso não haja nenhuma intervenção até lá. Caso o plano de ampliação da INFRAERO seja realmente colocado em prática, os problemas serão resolvidos em 7 desses aeroportos, ficando a situação mais grave nos aeroportos de Brasília, Salvador e de Belo Horizonte. A previsão de utilização para o ano de 2013 é mostrada nas Tabelas 12, 13 e 14 que possuem a previsão do percentual de capacidade que será utilizado, de acordo com a metodologia utilizada neste trabalho.

Tabela 12 – Previsão da capacidade da pista a ser utilizada em 2013.

Sigla	Aeroporto	Pista
SBSP	Internacional de Congonhas	254%
SBGR	Internacional de Guarulhos - Governador André Franco Montoro	183%
SBSV	Internacional de Salvador - Deputado Luis Eduardo Magalhães	170%
SBBH	Belo Horizonte - Pampulha	163%
SBBR	Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek	159%
SBRJ	Santos-Dumont	143%
SBFL	Internacional de Florianópolis	121%
SBGL	Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim	99%
SBCY	Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	88%
SBCT	Internacional Afonso Pena - Curitiba	86%
SBVT	Vitória	81%
SBBE	Internacional de Belém	74%
SBPA	Internacional Salgado Filho - Porto Alegre	74%
SBRF	Internacional de Recife/Guararapes - Gilberto Freyre	74%
SBFZ	Internacional Pinto Martins - Fortaleza	60%
SBEG	Internacional Eduardo Gomes - Manaus	56%
SBKP	Internacional de Viracopos/Campinas	48%
SBGO	Goiânia	41%
SBMO	Internacional de Maceió/Zumbi dos Palmares	31%
SBNT	Internacional Augusto Severo - Natal	24%

Tabela 13 – Previsão da capacidade do pátio a ser utilizado em 2013.

Sigla	Aeroporto	Pátio (pax/h)
SBSP	Internacional de Congonhas	368%
SBBH	Belo Horizonte - Pampulha	346%
SBFZ	Internacional Pinto Martins - Fortaleza	205%
SBSV	Internacional de Salvador - Deputado Luis Eduardo Magalhães	150%
SBCY	Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	138%
SBVT	Vitória	129%
SBRJ	Santos-Dumont	127%
SBGR	Internacional de Guarulhos - Governador André Franco Montoro	122%
SBCT	Internacional Afonso Pena - Curitiba	117%
SBRF	Internacional de Recife/Guararapes - Gilberto Freyre	107%
SBGO	Goiânia	101%
SBGL	Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim	93%
SBBE	Internacional de Belém	92%
SBPA	Internacional Salgado Filho - Porto Alegre	76%
SBBR	Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek	70%
SBFL	Internacional de Florianópolis	42%
SBNT	Internacional Augusto Severo - Natal	41%
SBEG	Internacional Eduardo Gomes - Manaus	36%
SBKP	Internacional de Viracopos/Campinas	32%
SBMO	Internacional de Maceió/Zumbi dos Palmares	31%

Tabela 14 – Previsão da capacidade do TPS a ser utilizado em 2013.

Sigla	Aeroporto	TPS (m2)
SBRJ	Santos-Dumont	1019%
SBBE	Internacional de Belém	511%
SBSP	Internacional de Congonhas	431%
SBKP	Internacional de Viracopos/Campinas	420%
SBSV	Internacional de Salvador - Deputado Luis Eduardo Magalhães	408%
SBBR	Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek	407%
SBEG	Internacional Eduardo Gomes - Manaus	286%
SBFL	Internacional de Florianópolis	252%
SBNT	Internacional Augusto Severo - Natal	243%
SBFZ	Internacional Pinto Martins - Fortaleza	159%
SBGO	Goiânia	138%
SBRF	Internacional de Recife/Guararapes - Gilberto Freyre	133%
SBBH	Belo Horizonte - Pampulha	130%
SBGR	Internacional de Guarulhos - Governador André Franco Montoro	128%
SBCT	Internacional Afonso Pena - Curitiba	118%
SBVT	Vitória	118%
SBMO	Internacional de Maceió/Zumbi dos Palmares	98%
SBPA	Internacional Salgado Filho - Porto Alegre	97%
SBGL	Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim	77%
SBCY	Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	41%

A única solução para a falta de capacidade não é a ampliação dos aeroportos. Uma proposta para continuação desse trabalho é o estudo de outras possibilidades como uma melhor distribuição de vôos para aproveitar a capacidade excedente de outros aeroportos, a exemplo do que foi feito no Rio do Janeiro, entre os aeroportos do Galeão e Santos-Dumont.

Recomenda-se também, para se ter uma idéia mais precisa e completa do quadro aeroportuário brasileiro, estudar os demais componentes do aeroporto, como terminal de cargas e sistemas de auxílio à navegação e levar em conta a distribuição dos componentes dentro do TPS que pode afetar, sensivelmente, a percepção de nível de serviço pelos passageiros.

Referências Bibliográficas

- [1] **Anuário Exame** 2004/2005, Ed. Abril.
- [2] Horonjeff, R. e McKelvey, F. X . **Planning and Design of Airports**. McGraw-Hill, 1994.
- [3] Leite, Sandro Grangeiro – **Estimação da Oferta e Demanda no Transporte Aéreo Brasileiro: Uma Experimento em Equações Simultâneas** – Trabalho de Graduação, ITA, 1996.
- [4] Ashford, Norman; Stanton, H. P. martin; Moore, Clifton A. – ***Airport Operations*** – Nova York, John Wiley & Sons, 1984.
- [5] Delorme, Laurent Dantas – **Aspectos Econômicos e Financeiros da Análise de Viabilidade de Aeroportos** – Trabalho de Graduação, ITA, 2004.
- [6] Andrade, Sandro E. C. P. de – **Metodologias para Previsão do Movimento de Passageiros na Hora-Pico de um Aeroporto** – Trabalho de Graduação, ITA, 1993.
- [7] **Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros** – Instituto de Aviação Civil (IAC), 2003.
- [8] *Federal Aviation Administration – Planning and Design Considerations for Airport Terminal Building Development* – Washington, 1976.
- [9] *International Air Traffic Association Airport Capacity Demand Management*, Geneva – IATA 1981.
- [10] *International Civil organization – Airport Planning Manual* – Segunda Edição, Montreal, 1987.
- [11] **Manual de Critérios e Condicionantes de Planejamento Aeroportuário** – INFRAERO, 2002.
- [12] Muller, Carlos; Alves, Cláudio J. P.; Rosas, João G. C.; Kushikawa, Jorge – **Manual de Capacidade** – Ministério da Aeronáutica, 1980.
- [13] Silva, Adyr da – **Aeroportos e Desenvolvimento** – Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica, Belo Horizonte: Vila Rica, 1990.
- [14] Wang, Paulo Tsai – **Obtenção e Análise da Hora-Pico de Passageiros: Uma Aplicação Empírica ao Brasil** – Artigo traduzido da publicação *Journal of Air Transport Management*.
- [15] Medeiros, Ana Glória Medeiros de – **Um Método de Dimensionamento de Terminais de Passageiros em Aeroportos Brasileiros** – Tese de Mestrado, ITA, 2004.

[16] **INFRAERO** – Aeroportos Brasileiros - www.infraero.gov.br

[17] Portal Oficial da Aviação Civil Brasileira – **Departamento de Aviação Civil (DAC)** - www.dac.gov.br

Anexo I - Características dos Aeroportos

Aeroporto Internacional de Congonhas

Configuração da Pista: 2 pistas paralelas distanciadas de 220 m.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 1 saída intermediária.

Número de posições de parada de aeronaves: 25.

Terminal de Passageiros: 37.000 m².

Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos - Governador André Franco Montoro

Configuração da Pista: 2 pistas paralelas distanciadas de 375 m.

Configuração das Saídas de Pistas: uma pista de pouso com pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 6 saídas intermediárias e outra pista de pouso com acesso a ambas às cabeceiras e 3 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 66.

Terminal de Passageiros 1: 91.940 m².

Terminal de Passageiros 2: 91.940 m².

Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek

Configuração da Pista: pista única.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 3 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 32.

Terminal de Passageiros: 78.000 m².

Aeroporto Santos-Dumont

Configuração da Pista: 2 pistas paralelas separadas de 80 m.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 2 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 15.

Terminal de Passageiros: 19.000 m².

Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim

Configuração da Pista: 2 pistas com prolongamentos concorrentes e sentido de decolagem divergentes.

Configuração das Saídas de Pistas: uma pista de pouso com pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 2 saídas intermediárias e outra pista de pouso com acesso a ambas às cabeceiras e 4 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 53.

Terminal de Passageiros 1: 147.834 m².

Terminal de Passageiros 2: 132.847 m².

Aeroporto Internacional de Salvador - Deputado Luis Eduardo Magalhães

Configuração da Pista: 2 pistas concorrentes, mas a menor delas é utilizada apenas para aviação geral, não sendo considerada no cálculo de capacidade.

Configuração das Saídas de Pistas: saída em uma das cabeceiras e 2 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 24.

Terminal de Passageiros: 69.750 m².

Aeroporto de Belo Horizonte - Pampulha

Configuração da Pista: pista única.

Configuração das Saídas de Pistas: saída em uma das cabeceiras e 2 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 75.

Terminal de Passageiros: 4.500 m².

Aeroporto Internacional de Recife/Guararapes - Gilberto Freyre

Configuração da Pista: pista única.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 3 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 26.

Terminal de Passageiros: 52.000 m².

Aeroporto Internacional Salgado Filho - Porto Alegre

Configuração da Pista: pista única.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 2 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 16.

Terminal de Passageiros 1: 37.600 m².

Terminal de Passageiros 2: 15.540 m².

Aeroporto Internacional Afonso Pena - Curitiba

Configuração da Pista: 2 pistas concorrentes.

Configuração das Saídas de Pistas: uma pista de pouso com pista de táxi paralela e acesso apenas em uma das cabeceiras e 2 saídas intermediárias, sendo uma delas próximo à outra cabeceira. Na outra pista de pouso, há saída em uma das cabeceiras e uma intermediária.

Número de posições de parada de aeronaves: 18.

Terminal de Passageiros: 45.000 m².

Aeroporto Internacional Pinto Martins - Fortaleza

Configuração da Pista: pista única.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 2 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 14.

Terminal de Passageiros: 38.500 m².

Aeroporto Internacional Eduardo Gomes - Manaus

Configuração da Pista: pista única.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras.

Número de posições de parada de aeronaves: 15.

Terminal de Passageiros 1: 43.659 m².

Terminal de Passageiros 2: 2.607 m².

Aeroporto de Vitória

Configuração da Pista: pista única.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi com acesso a uma cabeceira e 1 saída intermediária.

Número de posições de parada de aeronaves: 17.

Terminal de Passageiros: 4.483 m².

Aeroporto Internacional de Belém

Configuração da Pista: 2 pistas concorrentes.

Configuração das Saídas de Pistas: as 2 pistas com acesso à pista de táxi por apenas uma cabeceira e 1 saída intermediária.

Número de posições de parada de aeronaves: 11.

Terminal de Passageiros: 33.225 m².

Aeroporto Internacional de Florianópolis

Configuração da Pista: 2 pistas com prolongamentos concorrentes e sentido preferencial de decolagem divergente.

Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 3 saídas intermediárias.

Número de posições de parada de aeronaves: 6.

Terminal de Passageiros: 8.703 m².

Aeroporto Internacional Augusto Severo - Natal

Configuração da Pista: 2 pistas paralelas separadas por 800 m e uma terceira pista concorrente às duas.
Configuração das Saídas de Pistas: as 3 pistas possuem acesso a pista de táxi em ambas cabeceiras, sendo uma com 3 saídas intermediárias e a outra com 2 e a terceira sem saídas intermediárias.
Número de posições de parada de aeronaves: 25.
Terminal de Passageiros: 11.560 m².

Aeroporto de Goiânia

Configuração da Pista: pista única.
Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 1 saída intermediária.
Número de posições de parada de aeronaves: 32.
Terminal de Passageiros: 7.650 m².

Aeroporto Internacional de Viracopos - Campinas

Configuração da Pista: pista única.
Configuração das Saídas de Pistas: pista de táxi paralela com acesso a ambas às cabeceiras e 3 saídas intermediárias.
Número de posições de parada de aeronaves: 8.
Terminal de Passageiros: 8.720 m².

Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá

Configuração da Pista: pista única.
Configuração das Saídas de Pistas: 2 saídas intermediárias e sem acesso pelas cabeceiras.
Número de posições de parada de aeronaves: 27.
Terminal de Passageiros: 5.600 m².

Aeroporto Internacional de Maceió

Configuração da Pista: pista única.
Configuração das Saídas de Pistas: informação não encontrada.
Número de posições de parada de aeronaves: 17.
Terminal de Passageiros: 22.000 m².

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p align="center">TC</p>	2. DATA <p align="center">22 de novembro de 2005</p>	3. DOCUMENTO N° <p align="center">CTA/ITA-IEI/TC-010/2005</p>	4. N° DE PÁGINAS <p align="center">50</p>
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Um Estudo da Malha Aeroportuária Brasileira			
6. AUTOR(ES): <p align="center">Rafael Menezes Albuquerque</p>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica – ITA/IEI			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Aeroportos, Capacidade, Demanda			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Aeroportos; Previsão; Demanda (economia); Pistas (de pouso e decolagem); Terminais de passageiros; Administração de transportes; Transportes			
10. APRESENTAÇÃO: <p align="right">X Nacional</p> Internacional Trabalho de Graduação, ITA, São José dos Campos, 2005. 50 páginas.			
11. RESUMO: <p>Este trabalho tem como objetivo analisar a relação capacidade/demanda atual e fazer uma previsão de como esta situação estará dentro de alguns anos, nos 20 maiores aeroportos brasileiros.</p> <p>Para isto foram escolhidos métodos práticos de determinação de capacidade e demanda a partir de um levantamento da literatura existente na área.</p> <p>A capacidade foi calculada para a pista de pouso e decolagem, pátio e terminal de passageiros.</p> <p>Os casos mais críticos foram destacados e confrontados com os planos de intervenção da INFRAERO.</p>			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			