USO DE SISTEMA DE INDICADORES PARA EXPANSÃO DE REDE DE AEROPORTOS - ESTUDO DE CASO DO PLANO AEROVIÁRIO NACIONAL

Danielle Cavagnolle Mota
danielle.mota@infraestrutura.gov.br

Fabiana Todesco
fabiana.todesco@infraestrutura.gov.br

Leandro Rodrigues e Silva
leandro.rodrigues@infraestrutura.gov.br

Marcelo Leme Vilela
marcelo.vilela@infraestrutura.gov.br

Rubem Oliveira de Paula
rubem.paula@infraestrutura.gov.br
Ministério da Infraestrutura
EQSW 301/302, Lote 01, Setor Sudoeste. Brasília-DF 70673-150. (61) 2029-8605.

RESUMO

Este trabalho pretende apresentar um método objetivo de desenvolver planos mestres da aviação civil. O método compreende um sistema de indicadores estratégicos que ajuda a selecionar aeroportos ou regiões, que serão priorizados para investimentos relacionados à expansão da rede nacional de aeroportos. A metodologia foi aplicada na elaboração do Plano Aeroviário Nacional brasileiro e possibilitou o planejamento de uma rede mais eficiente para atingir os objetivos do Plano. A partir dos conceitos e bases teóricas usadas para calcular cada indicador, é possível fazer todos os ajustes necessários para que a ferramenta seja usada no planejamento da aviação em outros países.

Palavras-chave: Planejamento aeroportuário, Plano Aeroviário Nacional, Plano Mestre de Aviação Civil, Indicadores, Análise Custo-Benefício.

This paper intends to present an objective method of developing master plans in civil aviation. It comprehends a system of strategic indicators that helps select airports or regions, which will be prioritised for investments regarding the expansion of the national airport network. The method was used to prepare the Brazilian National Air Transport Plan helping to plan a more efficient network able to achieve the aims expected therein. From the concepts and theorical basis used to calculate each indicator, the tool can be used for the aviation planning in other countries after making the necessary adjustments.

Keywords: Airport System Planning, National Air Transport Plan, Master Plan, Objectives, Indicators

1. INTRODUÇÃO

Civil Aviation Master Plans - CAMP ou Planos Mestres da Aviação Civil, são ferramentas importantes para o planejamento e desenvolvimento do transporte aéreo em qualquer país. A Organização da Aviação Civil Internacional - OACI e outros manuais técnicos recomendam que os países encontrem um método objetivo de elaborar tais planos. Um CAMP é o instrumento que orienta os objetivos de todos os componentes do sistema de transporte aéreo e deve conter estratégias que garantam que as decisões e ações tomadas em várias partes do sistema de aviação civil possam ser coordenadas e consistentes.

O desenvolvimento de qualquer sistema, incluindo os de transporte, deve ser baseado no planejamento por resultados, como sugerido por Matus (1993). Este trabalho apresenta um método objetivo de elaboração de Planos estratégicos relacionados à Aviação Civil. Propõe-se uma ferramenta para elaboração do plano e indicação das melhores decisões de investimento em infraestrutura aeroportuária utilizando-se indicadores estratégicos.

A metodologia consiste em uma avaliação de custo-benefício capaz de selecionar regiões ou aeroportos que possam trazer impactos positivos para o setor com baixo custo de investimento para o país. Foi escolhido um grupo de objetivos e indicadores relacionados. Posteriormente, foi realizada hierarquização, utilizando-se *Analytic Hierarchy Process* – AHP para determinar a prioridade de cada um dos objetivos. Após essas etapas, foi possível elaborar o Plano Aeroviário Nacional (PAN) para o Brasil.

2. PLANOS MESTRES DE AVIAÇÃO CIVIL

Como mencionado, é desejável e recomendado pelas entidades internacionais da Aviação Civil que os países elaborem seus respectivos planos mestres nacionais - CAMPs.

Existem vários Planos Mestres Nacionais. No NPIAS (FAA, 2016), o plano americano, por exemplo, que contém os objetivos estratégicos para o setor, podemos observar a relação de objetivos a seguir:

1) Segurança de voo (*safety*). 2) Garantia do estado de boa conservação. 3) Competitividade Econômica. 4) Qualidade de vida nas comunidades. 5) Sustentabilidade Ambiental. 6) Tornar a aviação mais segura e inteligente. 7) Proporcionar benefícios por meio de tecnologia/infraestrutura. 8) Aprimorar a liderança global. 9) Capacitar e inovar os recursos humanos da FAA.

O Plano Aéreo Nacional - PAN corresponde ao CAMP brasileiro, e consolida ações de planejamento para o setor de transporte aéreo. O PAN orienta ações do nível estratégico ao operacional. No nível estratégico são definidas objetivos e metas para o setor de transportes do país. No nível tático, avaliam-se as possíveis soluções para atingir os objetivos. Uma particularidade deste Plano é a análise sistêmica e em rede, ou seja, parte-se da premissa de que cada componente do sistema de transporte aéreo está relacionado aos demais. Simularam-se cenários de desenvolvimento da infraestrutura aeroportuária em que se avaliou a competição por demanda entre aeroportos próximos.

Tomadores de decisão devem avaliar custos e benefícios de cada escolha para fazer ajustes na rede de transporte. Para isso, é vital definir bem os objetivos e escolher os indicadores para avaliar efeitos das políticas.

Para o processo de elaboração do PAN, realizaram-se oficinas com partes interessadas e revisão do arcabouço legal e regulatório, em especial para a seleção das premissas. Estas são as condições que se observam na escolha das estratégias, projetos e ações que constituem o plano (Magalhães e Yamashita, 2009). Elas foram estabelecidas na Portaria nº 537/2018 (MTPA, 2018b).

Com base nas premissas, estabeleceram-se os objetivos almejados com a implementação de estratégias e ações para o setor de aviação civil: segurança contra atos ilícitos (*security*) e segurança operacional (*safety*); garantia aos direitos dos usuários; qualidade e facilitação; conservação ambiental; desenvolvimento técnico e institucional; acessibilidade; conectividade; eficiência e desenvolvimento do setor de

transporte aéreo. Os objetivos destacados estão intimamente relacionados à disposição geográfica da rede aeroportuária. Por exemplo, quando um aeroporto é aberto ou fechado, aumentam ou diminuem os níveis de acessibilidade, conectividade e eficiência do transporte aéreo fornecido à população, o que gera impactos positivos e negativos.

A avaliação das redes de transporte é geralmente baseada em indicadores de acessibilidade, conectividade e eficiência, de acordo com a Teoria dos Gráficos (Taaffe et al., 1996). O indicador de desenvolvimento do setor de transporte aéreo foi também considerado devido à necessidade de observar os impactos na indústria além da infraestrutura. Esses aspectos são importantes para os países em desenvolvimento, que têm suas redes aeroportuárias e transporte aéreo em processo de expansão, como Brasil, China e México, segundo as previsões da *International Air Transport Association* - IATA (2019) e da empresa Boeing (2018). Por isso, é natural que cada CAMP apresente metas selecionadas de acordo com a situação atual de cada país. O NPIAS desenvolvido pela FAA, por exemplo, aborda um conjunto de metas especialmente relacionadas a questões como segurança contra atos ilícitos (*security*) e segurança de voo (*safety*), capacidade, meio ambiente, pavimentação e impactos econômicos, com mais de 3.340 aeródromos. Isso permite proporcionar boas condições de acessibilidade, conectividade e eficiência para a sociedade.

A acessibilidade está relacionada a um fácil acesso à rede de transporte, enquanto a conectividade diz respeito ao número de destinos disponíveis, isto é, as conexões de rede.

Eficiência refere-se ao uso adequado dos recursos disponíveis para alcançar os resultados esperados. Ou seja, uma rede de transporte aéreo é mais eficiente quanto há racionalidade dos investimentos em aeroportos, e os resultados esperados. Como o tempo é uma variável diretamente relacionada aos custos operacionais de transporte, observar os tempos de viagem da origem ao destino reais desejados pelos passageiros é *proxy* para a eficiência de toda a viagem intermodal.

Indicadores específicos foram escolhidos para esses objetivos, como podemos verificar mais adiante.

3. INDICADORES COMO AUXÍLIO AO PROCESSO DE PLANEJAMENTO

O planejamento é um processo que envolve análise de aspectos e compreensão do sistema a ser planejado, avaliação de recursos e opções estratégicas disponíveis e alcance dos objetivos. É necessário usar ferramentas objetivas, capazes de fornecer as informações necessárias para o formulador de políticas ou para o tomador de decisão. Também é necessário fornecer formas de monitoramento e avaliação para acompanhar a evolução do plano e o alcance das metas. Dentre esses instrumentos, destacam-se os indicadores.

Para Segnestam (2002), os indicadores são, em geral, a primeira e mais básica ferramenta para analisar mudanças em uma sociedade. Como ferramentas analíticas, os indicadores podem servir de base para a avaliação ao produzir informações e, assim, podem ajudar no processo de formulação de políticas. Além disso, eles são capazes de facilitar o processo de comunicação entre grupos e especialistas, por simplificar a interpretação das estatísticas complexas. Para esse autor, o objetivo do desenvolvimento de um indicador é alcançado somente quando os dados são construídos, transformados em informações e utilizados para melhorar o processo de tomada de decisão.

Os objetivos do PAN que têm mais impacto na configuração da rede aeroportuária são *acessibilidade, conectividade, eficiência e desenvolvimento do seto*r. Assim, foi necessário selecionar ou construir indicadores que os representassem. O plano utiliza o conceito aplicado de Análise Custo-Benefício - ACB, a partir de ferramentas matemáticas que quantificam os benefícios e custos esperados de um dado programa (Makowsky and Wagner, 2009), para auxiliar a tomada de decisão das autoridades conforme cenários (Womer et al., 2006).

Sobre indicadores de acessibilidade, segundo Geurs e van Eck (2001), um dos conceitos diz respeito à "quantidade de

esforço para uma pessoa chegar a um destino". Outro conceito relacionado ao tema refere-se ao "número de atividades que podem ser alcançadas a partir de um determinado local". Existem várias maneiras de medir a acessibilidade e isso depende do objetivo do estudo, da importância de sua fundamentação teórica, da sua interpretabilidade e da usabilidade nas avaliações econômicas e sociais.

Com base nesses conceitos, os indicadores de acessibilidade selecionados para o PAN apontam o tempo de viagem por transporte rodoviário, hidroviário ou ferroviário, dado que estes complementam a viagem por transporte aéreo, e estão intimamente relacionados à posição geográfica dos aeroportos da rede. Com informações de tempos de viagem entre municípios brasileiros, e dados sobre as áreas de captação dos aeroportos (Silva et. al., 2018), estimou-se o tempo médio de deslocamento da população, incluindo cenários futuros com a implantação de novos aeroportos. Definiram-se, ainda, indicadores para avaliar a cobertura da rede de transporte na região amazônica, devido à falta de opções de transporte intermunicipal e a cobertura em locais turísticos, devido à sua estreita relação com o setor de transporte aéreo.

De acordo com a teoria dos gráficos (Taaffe et al., 1996), a conectividade pode ser considerada como o grau em que os nós estão conectados uns aos outros em uma determinada rede. Ela reflete o número e a qualidade das conexões diretas e indiretas de viagens disponíveis para o consumidor em um dado aeroporto. Do ponto de vista da centralidade ou conectividade do *hub*, ela mede o número de oportunidades de transferência disponíveis através de um aeroporto específico (Burghouwt e Redondi, 2013). O PAN brasileiro (MTPA, 2018) incluiu indicadores relacionados à conectividade considerando o número de conexões regulares (potenciais ou existentes).

Segundo Urban et al. (2017), um sistema de transporte aéreo tem uma estrutura altamente complexa, com múltiplas interações entre seus atores, como passageiros, companhias aéreas, aeroportos e fabricantes de aeronaves, todos fundamentais na cadeia de valor do transporte aéreo.

Para prever tendências e desenvolvimentos futuros, é essencial entender suas inter-relações, que afetam, por exemplo, o custo operacional, a receita, a capacidade e a produção de aeronaves.

Em relação ao desenvolvimento da indústria, o PAN mede o potencial de um determinado aeroporto para contribuir com a sustentabilidade econômica, gerar receita e criar demanda.

Os indicadores selecionados para o PAN voltados a eficiência abordam dois aspectos principais, o tempo médio de viagem para o aeroporto e o custo por passageiro do investimento nos aeroportos da rede. Como o transporte aéreo possibilita o desenvolvimento econômico, é importante investir em infraestrutura de transporte aéreo para se atender à demanda de serviços de aviação (Miller e Clarke, 2007).

Observando as ideias acima, os grupos de indicadores utilizados no PAN (MTPA, 2018) são os principais componentes da metodologia explicada na sessão, e estão relacionados na Tabela 1 abaixo e compoem um índice de custo-benefício, demonstrado na seção seguinte.

Tabela 1: Indicadores selecionados

Objetivo	***Indicador***	***Descrição***
Acessibi-lidade	População servida em 60 minutos	Acessibilidade que um determinado aeroporto pode oferecer às pessoas que vivem em uma isócrona de 60 minutos de deslocamento até o aeroporto.
	População servida dentro de 120 minutos	Acessibilidade que um determinado aeroporto pode oferecer às pessoas que vivem em uma isócrona de 120 minutos de deslocamento até o aeroporto.
	População atendida na região amazônica	Acessibilidade que um aeroporto pode proporcionar a todas as pessoas que vivem em uma Unidade de Planejamento Territorial - UTP da região amazônica.
	Acessibilidade às regiões turísticas	Acessibilidade que um determinado aeroporto pode proporcionar à demanda de uma UTP categorizada como local turístico.
Conecti-vidade	Número de ligações regulares	Conectividade por voos comerciais num determinado aeroporto e a quantidade de ligações aéreas sistemáticas.
	Número de ligações regulares potenciais	Conectividade por potenciais voos comerciais num determinado aeroporto e a quantidade de ligações aéreas sistemáticas.

Objetivo	*Indicador*	*Descrição*
Eficiência	Tempo de viagem médio ponderado para o aeroporto	Tempo médio de viagem que determinada população leva para ir ao aeroporto, ponderado pela quantidade dessas viagens.
	Custo do investimento por passageiro	Montante de investimento necessário para preparar a infraestrutura aeroportuária para a demanda prevista, dividido por essa demanda.
Desenvol-vimento Setorial	Potencial sustentabilidade econômica do aeroporto	Potencial do resultado líquido aeroportuário (positivo ou negativo), considerando suas receitas e despesas operacionais previstas.
	Receita potencial para o mercado	Receita prevista potencial para as companhias aéreas com base nas rotas potenciais e operadores com origem e destino em cada aeroporto.
	Contribuição potencial para a demanda	Potencial de gerar demandas reprimidas deum determinado aeroporto (demanda que não é atendida por nenhum aeroporto da rede atual).

4. AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO DE INFRAESTRUTURAS AEROPORTUÁRIAS ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE INDICADORES.

A análise de custo-benefício é ferramenta importante para o processo de tomada de decisão voltado a grandes investimentos em infraestrutura de transporte, conforme indicado pela Comissão Europeia no "*Guide to Cost-Benefit Analysis of Major Projects*" (2008) e pelo Governo dos Estados Unidos no "*FAA Airport Benefit-Cost Analysis Guidance*" (1999), e fornece ao tomador de decisão uma série de elementos que permitem analisar os benefícios esperados e os custos envolvidos. No entanto, a tarefa pode se tornar complexa, uma vez que uma determinada rede de aeroportos pode ser desenvolvida de acordo com diferentes cenários e cada alteração na rede pode influenciar todo o sistema.

Uma análise detalhada de custo-benefício para cada opção de projeto, em cada região ou aeroporto de um país pode dificultar ou inviabilizar o processo de planejamento devido ao custo relacionado a diversas simulações. Com este intuito, este artigo propõe uma análise simplificada de custo-benefício para os CAMPs em nível estratégico, que permita a tomada de decisão e o detalhamento dos projetos de investimento. Portanto, a proposta baseia-se tanto na ACB quanto no planejamento estratégico situacional orientado para resultados (Matus, 1993). O método consiste nas etapas ilustradas na Figura 1, explicadas posteriormente de forma exemplificativa.

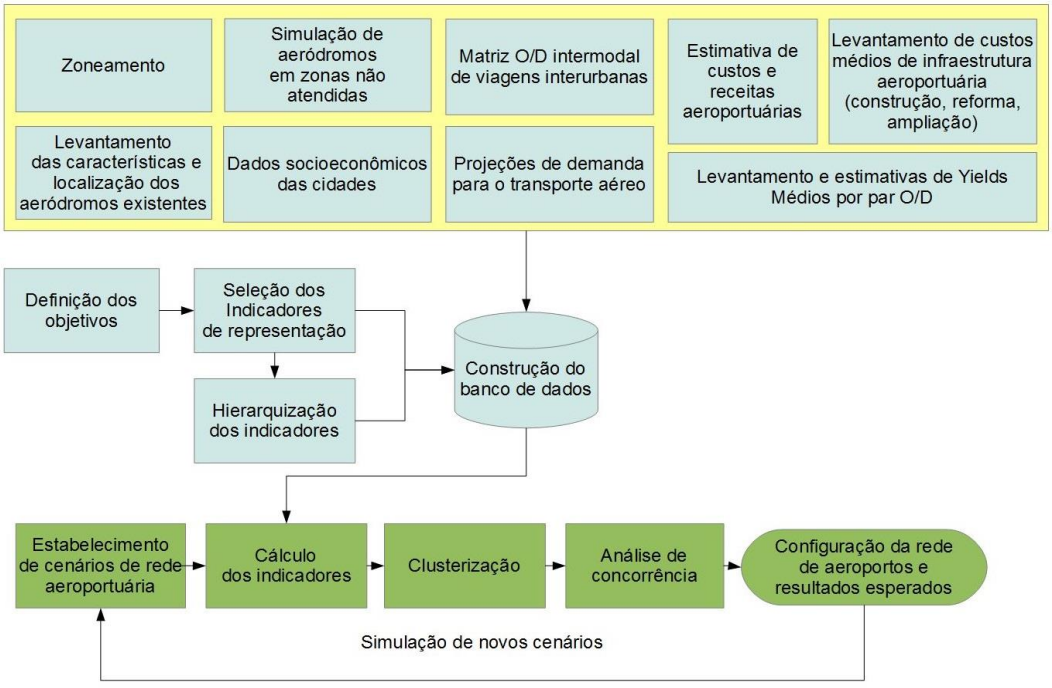


Figura 1: Proposta da CBA para o desenvolvimento de CAMPs

Os objetivos incluídos na ACB para o PAN Brasileiro são acessibilidade, conectividade, eficiência e desenvolvimento do setor (MPTA, 2018). Esses objetivos são comumente usados na análise de redes de transporte, e normalmente ligados às metas a serem alcançadas pelas políticas públicas. Por essa razão a metodologia pode ser replicada em outros países.

Para calcular cada um dos indicadores mencionados, são necessários dados, métodos e ferramentas (Figura 1, quadro amarelo). Primeiramente, identificam-se zonas do território com certa homogeneidade de características socioeconômicas, permitindo a simulação de aeroportos em novos locais. Essas zonas constituem as áreas reais de captação do aeroporto e não apenas informações isoladas de um município. A base deve ser o quanto possível exaustiva, para permitir o máximo de simulações. Dados de características de localização e da infraestrutura existente ou pretendida possibilitam a análise do nível de saturação, e as necessidades de expansão dos aeródromos.

Para o PAN do Brasil (MTPA, 2018), o território nacional foi dividido em 772 zonas, chamadas de Unidades Territoriais de Planejamento – UTP, o que permitiu a simulação de qualquer combinação entre 911 aeroportos, existentes e planejados. As UTP agregam diversos municípios e suas informações socioeconômicas, como população, PIB, atividades produtivas que criam demanda para o setor. A previsão de demanda de movimentos de aeronaves e passageiros deve ser consistente com as zonas definidas, permitir a inclusão de novos aeroportos e considerar o efeito da competição e a migração de demanda entre aeroportos próximos. Essas premissas foram utilizadas na metodologia usada no PAN, conforme De Paula et al. (2019).

Para a simulação envolvendo novos aeroportos, é necessário prever rotas aéreas prováveis, custos e receitas operacionais, receitas para as companhias aéreas e o impacto na conectividade do sistema. A metodologia para identificar rotas potenciais para o transporte aéreo pode variar, dependendo de aspectos como custo, disponibilidade, tempo de viagem e conveniência para o usuário. É essencial ter uma Matriz de Origem-Destino para outros meios de transporte, como veículos particulares, ônibus, trens e transporte hidroviário. Funções de utilidade, como as mencionadas por Lieshout (2012), e diagramas de distribuição modal de acordo com as distâncias de deslocamento, como abordadas por Yai et al. (2015) podem ser utilizados como parâmetros para identificar as rotas potenciais.

Custos e as receitas aeroportuárias previstas para o indicador que mede o desenvolvimento do setor são dados utilizados na metodologia. Para os aeroportos brasileiros, por exemplo, uma demanda superior a 150 mil passageiros por ano é necessária para que as receitas sejam maiores do que os custos de um aeroporto com uma infraestrutura capaz de operar aeronaves com código de referência 3C (equivalente a um Airbus A320 ou Boeing 737) em acordo com as normas vigentes.

Com base em um conjunto de informações históricas e na estruturação de uma planilha que considera custos e receitas envolvidos na operação aeroportuária, foram estudadas as correlações entre diversas variáveis, a fim de possibilitar a modelagem e estimativa de resultados de forma dinâmica. Observou-se que a rentabilidade (receitas - custos) tem uma correlação alta e positiva com a demanda e o tamanho do terminal de passageiros. Portanto, modelos econométricos para o PAN brasileiro foram desenvolvidos a partir dessas variáveis.

O principal fator de custo da ACB proposta é o investimento em infraestrutura aeroportuária. Embora saibamos que há outros custos envolvidos e que também há modos de mapeá-los e quantificá-los, estes custos são os mais significativos para a tomada de decisão para estabelecer fontes de financiamento. O método recomendado não realiza estudos de viabilidade específicos para cada aeroporto, mas um modelo generalizado. Portanto, o método proposto parte de um banco de dados de custos médios para construção, reforma ou ampliação dos componentes mais custosos da infraestrutura aeroportuária: pista de pouso e decolagem, pátio de aeronaves, sistema de *taxiway*,

terminal de passageiros e estacionamento para veículos.

Uma ferramenta construída com este banco de dados e com a ajuda de "projetos-modelo" para cada componente de atualização da infraestrutura aeroportuária permitiu estimar os investimentos necessários de acordo com cada cenário de demanda. A ferramenta avalia as condições da infraestrutura atual do aeroporto e as intervenções necessárias para suprir a demanda futura. Com essa informação, o valor exigido do investimento é calculado com base no custo médio estimado. No caso do PAN (MTPA, 2018), o uso de tal ferramenta tem se mostrado bastante assertivo, com um erro médio geral de 2% nos custos de investimento previstos, quando comparado aos estudos de viabilidade técnica específicos de cada projeto.

Estimou-se, ainda, a receita das companhias aéreas, uma vez que esse é um indicador de desenvolvimento para o setor de aviação civil. Para isso, recomenda-se a coleta de dados históricos de preços médios por passageiro por quilômetro (*Yield*) para estimativa de receita de cada par O-D, inclusive para novas rotas potenciais. Com isso, é possível estimar a receita adicional para o setor quando a operação em novos aeroportos for iniciada.

Com todas as informações, dados e ferramentas para cálculo dos indicadores, inicia-se a definição dos cenários. Considerou-se que a melhor alternativa inicial é simular um cenário considerando todos aeródromos em operação. Ou seja, um cenário hipotético supondo que teríamos uma oferta excessiva, com grandes benefícios e custos. Essa alternativa inicial é recomendada quando se realiza um primeiro filtro na amostra, o que gera automaticamente baixos resultados para aeroportos com custo muito alto e baixa contribuição para os objetivos do setor.

Para comparar os resultados entre aeroportos combinaram-se os indicadores em um índice geral, chamado de Índice Geral de Benefício-Custo (IGB). Para tanto, procede-se à parametrização e normalização, para que os indicadores se tornassem comparáveis entre si. Portanto, recomenda-se que cada indicador apresente seus resultados em uma escala predefinida e que o desvio padrão da amostra seja alto.

Posteriormente, elabora-se a hierarquização de indicadores, que visa a atribuir pesos conforme objetivos adotados. Para tanto, utilizou-se o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), efetivo neste tipo de estudos (Arruda et al., 2012). O AHP é uma maneira de extrair opiniões subjetivas de especialistas para definir escalas objetivas de prioridades. As comparações são feitas por meio de uma escala de julgamentos absolutos que representam o quanto um elemento domina o outro, em relação a cada atributo (Saaty, 2008). No PAN (MTPA, 2018), os coeficientes para os indicadores determinados por meio da AHP aplicada a especialistas do setor foram os da Tabela 2.

Tabela 2: Coeficientes dos indicadores

Indicador	***Coeficiente***
Acessibilidade	0,255144
Conectividade	0,181373
Eficiência	0,288405
Desenvolvimento do Setor	0,275078
População servida dentro de 60 minutos	0,236551
População servida dentro de 120 minutos	0,228563
População servida na região amazônica	0,305297
Acessibilidade para regiões turísticas	0,229589
Número de conexões regulares	0,509645
Número de possíveis conexões regulares	0,490355
Tempo médio ponderado de viagem até ao aeroporto	0,403781
Custo do investimento por passageiro	0,596219
Potencial sustentabilidade econômica do aeroporto	0,368212
Receita potencial para o mercado	0,252478
Contribuição potencial para a demanda	0,37931

Após o cálculo do IGB, os resultados são ranqueados conforme a contribuição geral de cada aeroporto da rede para os objetivos do setor. No PAN, os resultados são consistentes, uma vez que os aeroportos que geralmente estão localizados nas grandes regiões metropolitanas têm altos valores do IGB. Esses aeroportos são categorizados como "aeroportos metropolitanos". O grupo de aeroportos localizados fora das regiões metropolitanas é mais sensível à aplicação da metodologia. Isso acontece porque ao

considerar diferentes objetivos em uma única análise gera-se uma rede que tende a apresentar as melhores opções para todos os indicadores concomitantemente.

A variação desses valores em uma rede com um grande número de aeroportos em avaliação, como a rede brasileira (911 aeroportos) pode se tornar uma tarefa difícil. Portanto, a fim de classificar grupos que apresentam resultados mais homogêneos e eliminar discussões sobre erros estatísticos e acurácia dos dados envolvidos, recomenda-se agrupar os resultados em classes. No caso, utilizou-se a distribuição de quebras naturais (*Jenks*), que classifica grupos que minimizam o desvio padrão. Como resultado, temos classes de aeroportos com diferentes níveis de contribuição para as metas estabelecidas no plano.

A figura 2 apresenta o resultado da classificação conforme a situação operacional hipotética dos 911 aeroportos e sua contribuição potencial para as metas do setor de transporte aéreo. Note-se que no Brasil, em 2018, havia 117 aeroportos com voos comerciais. Os outros aeroportos concentram-se na aviação geral e alguns podem ser alternativas para a construção de novos aeroportos em regiões que não possuem serviços aéreos.

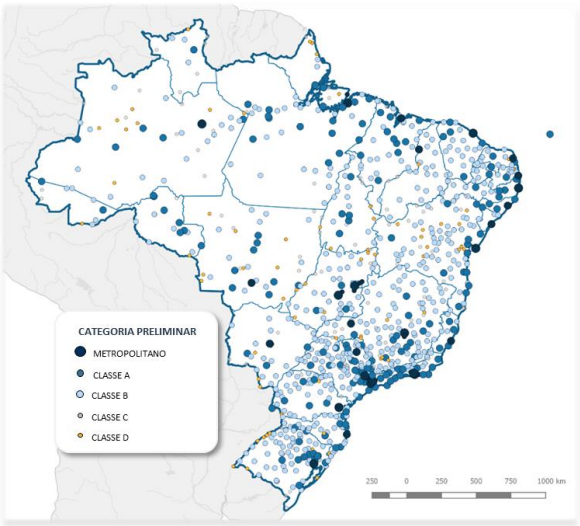


Figura 2: Resultados da classificação do aeroporto para o primeiro cenário

Como pode ser visto na Figura 2, o cenário hipotético resultaria em um excesso de oferta de infraestrutura aeroportuária, pelos padrões brasileiros, onde a população está amplamente concentrada em grandes aglomerações urbanas. A situação gera ineficiência para o sistema, e consumiria mais de US$ 13 bilhões em investimentos em aeroportos sem potencial para voos comerciais. A competição em situações de alta demanda é desejada, conforme o estudo "*Planning Multi-Airport Systems in Metropolitan Regions in the 1990s*" desenvolvido pelo *Massachusetts Institute of Technology* - MIT (2000), mas recomenda que a concorrência entre aeroportos ocorra em regiões com demanda superior a 10 milhões de passageiros embarcando, ou 25 milhões de passageiros processados no aeroporto principal (embarque, desembarque e conexões). No Brasil, no entanto, essa situação ocorre apenas em três regiões metropolitanas (São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília).

Devido à necessidade de filtrar as condições de concorrência entre aeroportos regionais, o que pode levar à inviabilidade de muitos aeroportos, recomenda-se a etapa de análise da concorrência (Figura 1). Essa análise corresponde à identificação das melhores opções de investimento considerando a concorrência entre aeroportos. Para esta análise, é necessário estabelecer isócronas de outros modos, a fim de identificar aeroportos concorrentes. Estudos de áreas de captação de aeroportos reais (Silva et al., 2018) e o comportamento de suas demandas em relação às regiões onde há concorrência possibilitou identificar que o tempo de viagem entre concorrentes é inferior a 2h30min em regiões com alta densidade populacional e 4h04min horas para regiões menos densificadas, ou seja, quando as cidades próximas aos aeroportos ficam por volta das 1h15min e 2h02min das duas opções aeroportuárias.

Os padrões podem variar dependendo da região, mas são aderentes aos estudos que abordam o assunto. Segundo a IATA (2013), as regiões densamente povoadas da Europa têm uma população localizada dentro de duas horas de acesso rodoviário a pelo menos dois aeroportos, que se caracterizam pela alta competição entre eles. Portanto, com tempos de viagem entre cidades e aeroportos, é possível identificar aeroportos concorrentes e

escolher as melhores opções para investimento. Esta escolha pode se basear em oferta atual de voos comerciais, previsão de demanda ou infraestrutura já disponível e capacidade de expansão.

Após a análise da concorrência, chega-se à denominada "Rede de Referência": uma rede aeroportuária que garante os melhores impactos para os objetivos do setor. A Figura 3 mostra os resultados da distribuição geográfica desta rede. Com base na contribuição para os objetivos, foi possível classificar os aeroportos objetivamente. As classes A e B reúnem aeroportos regionais que devem receber investimentos para ajustar suas infraestruturas e possibilitar a operação de voos comerciais. A classe C apresenta aeroportos voltados ao tráfego local e à aviação geral. Uma quarta classe de aeroportos com baixa contribuição a priori foi removida do pacote de políticas públicas.



Figura 3: Configuração da rede de aeroportos de referência para a aviação comercial brasileira

Parte-se, então, à simulação de outros cenários para a evolução da rede aeroportuária, que permitem uma análise mais detalhada das opções pode ser realizada. No PAN (MTPA, 2018), constatou-se que algumas opções "ideais" da Rede de Referência resultante apresentavam algumas restrições ambientais e limites de expansão das instalações aeroportuárias, o que poderia impedir determinados investimentos. Além disso, outros gastos públicos já estavam em curso ao longo da elaboração do PAN. Portanto, selecionou-se um novo cenário, alterando opções aeroportuárias e calculando os indicadores, realizando a classificação e a análise da concorrência, resultando novos cenários e impactos esperados. Apresentam-se a seguir resultados simulados para três cenários:

- O cenário Atual, composto por 117 aeroportos operando voos comerciais. Essa opção é um cenário base que permite avaliar os impactos da opção "sem investimento".
- O cenário da Rede de Referência, composto por 167 aeroportos operando voos comerciais.
- Cenário de Desenvolvimento 2, com 164 aeroportos operando voos comerciais, resultado de uma avaliação da rede de referência de acordo com os investimentos atuais e aeroportos sem possibilidade de expansão.

5. RESULTADOS

Além da configuração futura da rede aeroportuária, a metodologia também apresenta os resultados esperados dessa rede por meio dos indicadores. Com relação à acessibilidade para a população brasileira, as possibilidades de ganhos são mostradas na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Indicadores de Acessibilidade

Indicador	*Cenário atual*	*Rede de referência*	*Cenário 2*
População atendida em até 60 minutos	125 milhões de pessoas	+ 6,7 milhões de pessoas	+10,3 milhões de pessoas
População atendida em até 120 minutos	180,8 milhões de pessoas	+ 12 milhões de pessoas	+ 12,9 milhões de pessoas
População atendida na Amazônia	22,3 milhões de pessoas	+ 2,2 milhões de pessoas	+ 2 milhões de pessoas
Acessibilidade a regiões turísticas	15 UTPs	+ 9 UTPs	+ 13 UTPs

A população da Região Amazônica tende a se beneficiar mais de uma rede aeroportuária semelhante à da Rede de Referência, cujo acesso pode ser oferecido a mais 2,2 milhões de pessoas que vivem na região. O Cenário 2 prevê maiores ganhos de acessibilidade para a cobertura das regiões

turísticas e para o acesso da população em geral.

Quanto à conectividade, o aumento de aeroportos gera rotas potenciais que no Cenário Atual são atendidas por meio de transporte não aéreo. O Cenário de Desenvolvimento 2 pode gerar 663 ligações potenciais à situação atual para o transporte aéreo (908), a Rede de Referência geraria 457 ligações adicionadas.

Quanto à eficiência, o custo logístico de transporte diminui quando a rede aeroportuária permite pontos de acesso que minimizam o tempo total das viagens. Comparados ao Cenário Atual, a Rede de Referência e o Cenário de Desenvolvimento 2 apresentam uma redução nos tempos de viagem para os aeroportos, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, devido a novos aeroportos regionais. O tempo médio de viagem entre cidades e aeroportos, ponderado pelas demandas de cada município, reduz de 131 minutos para 104 minutos na Rede de Referência e 106 minutos no Cenário de Desenvolvimento 2.

A metodologia permite selecionar investimento que garantam uma relação custo-benefício mais harmônica. Como resultado, temos investimentos identificados preliminarmente da ordem de US$ 6 bilhões nos próximos 20 anos, tanto na Rede de referência como no Cenário de Desenvolvimento 2. Ressalte-se que o governo brasileiro vinha trabalhando no "Programa de Investimento em Logística - PIL/Aeroportos" que não considerava a metodologia atual e previa investimentos de US$ 51,4 bilhões em 270 aeroportos regionais, o que poderia gerar ineficiência.

Com relação aos indicadores de desenvolvimento do setor de transporte aéreo, a previsão de ampliação de receita ao mercado é de US$ 135 milhões/ano nas condições semelhantes à Rede de Referência e US$ 290 milhões/ano no Cenário de Desenvolvimento 2, somadas à receita do setor aéreo brasileiro, atualmente em US$ 16,6 bilhões/ano. Quanto à demanda adicional, são estimados 3,6 milhões de passageiros a mais processados nos aeroportos brasileiros no cenário da Rede de Referência e 3,2 milhões no Cenário de Desenvolvimento 2, enquanto a demanda atual é de 209,7 milhões de passageiros processados nos aeroportos (2017). Esses valores mostram que a demanda por transporte aéreo no Brasil é amplamente atendida pela atual oferta de serviços, realizada onde a maior parte da população está concentrada. Portanto, a expansão dos aeroportos regionais agrega valor relativamente baixo ao total, independentemente do cenário de evolução, mas apresenta ganhos significativos para os demais indicadores.

Outro indicador do desenvolvimento do setor está associado ao potencial de sustentabilidade econômica do aeroporto. Os aeroportos regionais na maioria dos casos são deficitários devido a baixas demandas. Os indicadores em qualquer cenário mostram que há sempre um grupo de aeroportos operando com rentabilidade negativa e, consequentemente, precisam de subsídios para permanecerem abertos. No Cenário Atual, há 52 aeroportos nessas condições, enquanto na Rede de Referência e no Cenário de Desenvolvimento 2, haveria 114 e 109, respectivamente. No entanto, os indicadores revelam um superávit em vários aeroportos, reforçando modelos de gestão baseados em subsídios cruzados, como concessões de aeroportos em blocos, ou operações subsidiadas por meio de empresas estatais. No resultado global, observa-se que o sistema como um todo é operacionalmente viável para horizonte futuro quando há subsídios cruzados.

6. CONCLUSÃO

Os indicadores são formas objetivas de auxiliar a tomada de decisão e avaliar o progresso das políticas públicas. O PAN é um exemplo real de como um conjunto de indicadores pode ajudar na seleção de investimentos em aeroportos para que os objetivos traçados sejam alcançados. A Análise de Custo-Benefício permite ganhos notáveis com maior racionalização dos gastos. Essa abordagem ajuda a selecionar investimentos, evitando a ineficiência da alocação de recursos em regiões onde a população já está adequadamente atendida.

A metodologia desenvolvida para a preparação do PAN está em conformidade com os preceitos e manuais técnicos da OACI e com importância de as nações possuírem ferramentas objetivas para lidar com o planejamento do setor aéreo. Os resultados apresentados corroboram a ideia de que o setor de transporte aéreo pode se beneficiar em termos de acessibilidade, conectividade, eficiência e desenvolvimento, com um custo de investimento razoável para o país.

A metodologia proposta pode ser replicada para a elaboração de CAMPs em outros países, respeitando as necessidades específicas de cada nação ao definir seus objetivos e avaliar as condições atuais de sua rede aeroportuária. O conjunto de dados e instrumentos adotados no procedimento proposto abrange várias opções metodológicas em cada fase de aplicação. É natural que cada caso encontre diferentes aspectos metodológicos que se ajustem às suas realidades.

Finalmente, deve-se mencionar que mais detalhes sobre o Plano Aeroviário Nacional (MTPA, 2018) estão disponíveis e seus bancos de dados são públicos, a fim de permitir o desenvolvimento de novos estudos relacionados ao transporte aéreo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, B. D. L.; SILVA, L. R.; ANTUNES, R. T.; GOMES, H. A. S.; YAMASHITA, Y. (2012). Uma proposta de avaliação de desempenho para os sistemas de transporte rodoviário interurbano de passageiros. Transportes (Rio de Janeiro), v. 20/1, p. 41-49.

BURGHOUWT, GUILLAUME & REDONDI, RENATO. (2013). Connectivity in Air Transport Networks: An Assessment of Models and Applications. Journal of Transport Economics and Policy. 47. 35-53.

BOEING (2018). Commercial Market Outlook 2018-2037. Available on: https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/market/commercial-market-outlook/assets/downloads/2018-cmo-09-11.pdf

DE PAULA, R. O.; SILVA, L. R.; CRUZ, R. O. M.; VILELA, M. L. (2019). Forecasting passenger movement for Brazilian airports network based on the segregation of primary and secondary demand applied to Brazilian civil aviation policies planning. In: Transport Policy, vol 77, p. 23-29. Elsevier. DOI: 10.1016/J.TRANPOL.2019.02.003. ISSN: 0967-070X. Available on: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X18302579.

EUROPEAN COMMISSION (2008). Guide to Cost–Benefit Analysis of Major Projects. Evaluation Unit, DG Regional Policy.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). (1999). Airport Benefit-Cost Analysis Guidance. Office of Aviation Policy and Plans, Federal Aviation Administration.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). (2016). National Plan of Integrated Airport Systems 2017-2021, FAA, Washington, D.C. Available on: https://www.faa.gov/airports/planning_capacity/npias/

GEURS, KARST & RITSEMA VAN ECK, JAN. (2001). Accessibility Measures: Review and Applications. Available on: https://www.researchgate.net/publication/46637359_Accessibility_Measures_Review_and_Applications Access on 19 Feb 2019.

IATA (2013). Airport Competition. Economics Briefing n. 11. V 1.2. IATA, November 2013.

IATA(2019). 20 Year Passenger Forecast. Available at https://www.iata.org/publications/store/Pages/20-year-passenger-forecast.aspx

LIESHOUT, R. (2012). Measuring the size of an airport's catchment area. Journal of Transport Geography, v. 25, p. 27-34.

MAGALHÃES, M. T. Q.; YAMASHITA, Y. (2009). Repensando o Planejamento (Rethinking the Planning Process). Textos para Discussão - CEFTRU, v. 04, p. 1-30.

MAKOWSKY, M. D., AND WAGNER, R. E. (2009). "From scholarly idea to budgetary institution: The emergence of cost-benefit analysis." Constitutional Political Economy, 20(1), 57-70.

MATUS, C. (1993). Política, Planejamento e Governo. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília.

MILLER, B., & CLARKE, J. (2007). The hidden value of air transportation infrastructure. Technological Forecasting and Social Change, 74, 18–35. Available on: http://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.03.011

MIT (2000). Planning multi-airport systems in metropolitan regions - In the 1990s. Massachusetts Institute of Technology – MIT. Policy Guide.

MTPA (2018)a. Plano Aeroviário Nacional 2018-2038. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação civil, Brasília, 2018.

MTPA (2018)b. Poratia nº 537 de 24 de novembro de 2018. Institui o Plano Aeroviário Nacional - PAN e estabelece premissas e objetivos para o transporte aéreo nacional.

SAATY, T.L. (2008) 'Decision making with the analytic hierarchy process', Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, pp.83–98.

SEGNESTAM, L. (2002). Indicators of Environmental and Sustainable Development: Theories and Practical Experiences. World Bank, Washington DC.

SILVA, L. R.; VILELA, M. L.; DE PAULA, R. O.; TODESCO, F.; CRUZ, R. O. M. (2018). Desenvolvimento de um modelo para delimitação da área de captação de aeroportos. In: XVII SITRAER. Air Transportation Symposium, 2018, São Paulo. Anais do XVII SITRAER. Air Transportation Symposium. São Paulo, SP: Brazilian Air Transportation Research Society (SBTA).

TAAFFE, E. J., GAUTHIER, H. L. E O'KELLY, M. E (1996). Geography of transportation. 2. ed. Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ.

WOMER, N. N., BOUGNOL, M. L., DULA, J. J., AND RETZLAFF-ROBERTS, D. D. (2006). "Benefit-cost analysis using data envelopment analysis." Annals of Operations Research, 145(1), 229-250.

YAI T., FUJISAKI K., ITOH R., KARIYAZAKI K., KUME H., PAN H., ROTHENGATTER W., SUZUKI A., TOMARI N. (2015). Intercity Transport Policy and Planning System: International Comparison between the EU, USA, China and Japan. In: Intercity Transport and Climate Change - Strategies for Reducing the Carbon Footprint. Chapter 2. XIV.