

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/228304376>

A Model for Hub Identification in Air Transportation Networks (Um Modelo de Identificação de Hubs no Transporte Aéreo) (Portuguese)

Article in SSRN Electronic Journal · June 2010

DOI: 10.2139/ssrn.1625769

CITATIONS

0

READS

418

3 authors, including:



Tiago Fernandes Gondim Costa
Instituto Tecnológico de Aeronautica

4 PUBLICATIONS 80 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Alessandro V. M. Oliveira
Instituto Tecnológico de Aeronautica

108 PUBLICATIONS 565 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Tourism transport in Brazil [View project](#)



Airline costs [View project](#)

Um Modelo de Identificação de *Hubs* no Transporte Aéreo

Tiago Fernandes Gondim Costa*

Guilherme Lohmann†

Alessandro V. M. Oliveira‡

NECTAR – Núcleo de Economia dos Transportes, Antitruste e Regulação

RESUMO

A aviação comercial brasileira vem sendo intensamente discutida nos últimos tempos, sobretudo no que diz respeito a questões de congestionamento e gargalos de infra-estrutura. Um dos fatores estruturais, que vem sendo apontado como potencialmente indutor dos problemas observados atualmente no setor, é o aumento da concentração da rede das companhias aéreas em detrimento da cobertura ao longo do território nacional. O presente trabalho visa estudar este grau de concentração ou “hubinização” da malha aeroviária brasileira, por meio da modelagem de indicadores baseados no chamado Índice de Herfindhal-Hirschman (HHI). Foi desenvolvido um conjunto de limites teóricos referentes a tipos alternativos de estrutura de rede – ponto-a-ponto versus *hub-and-spoke* – de forma a se propiciar uma metodologia de identificação de possíveis aeroportos *hubs*, que seja mais apropriada à realidade do transporte aéreo nacional do que a tradicional abordagem da *Federal Aviation Administration* (FAA). Estes índices podem ser aplicados não apenas à rede brasileira como a qualquer outra rede de aeroportos que se queira calcular o número de *hubs* e o tipo de arquitetura da rede predominante. Adicionalmente, foi promovida uma análise comparativa dos resultados obtidos a partir das diferentes abordagens, contrastando-os com resultados de um levantamento efetuado junto a um painel de especialistas. Os resultados finais apontam para um melhor desempenho da modelagem aqui proposta, em contraposição aos indicadores sugeridos pela FAA.

* Pesquisador de Iniciação Científica, aluno do Instituto Tecnológico de Aeronáutica. E-mail: tiagofgc@ig.com.br.

† Assistant Professor in Transportation Management. School of Travel Industry Management (TIM), University of Hawaii at Manoa. Email: guilherme.lohmann@gmail.com.

‡ Professor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Webpage: <http://www.nectar.ita.br>. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias. CEP 12228-900 – São José dos Campos – SP. E-mail: A.V.M.Oliveira@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Com a Política de Flexibilização da Aviação Comercial brasileira na década de 1990, as autoridades removeram a estrutura rígida que existia de quatro companhias aéreas nacionais e cinco regionais, extinguindo também os controles sobre as variáveis econômicas do setor, começou-se a desenhar um novo mercado aéreo nacional, com a entrada de pequenas novas companhias e a geração de um grande surto de competitividade (Oliveira, 2006). Após esse período de liberdade econômica, em 2003, o setor voltou a sofrer interferência por parte dos órgãos reguladores objetivando controlar o que foi chamado de “excesso de capacidade” e o acirramento da “competição ruinosa” no mercado. Mesmo assim, não faltavam evidências de que a Política de Flexibilização havia gerado ganhos indubitáveis ao setor aéreo no Brasil, como queda de preços, maior eficiência operacional e competitividade das empresas resultando em uma visível expansão do setor (Oliveira e Salgado, 2006).

Observou-se ao longo dos anos, entretanto, que o mesmo teor de liberalização econômica não foi aplicado aos setores de infra-estrutura que compõem a cadeia produtiva do transporte aéreo, como os aeroportos e o controle de tráfego aéreo. Adicionalmente, muito vem sendo discutido na atualidade sobre se esse descompasso de políticas não teria sido uma das principais causas do chamado “Apagão Aéreo”, série de eventos ocorridos desde outubro de 2006 até os dias atuais, tais como atrasos em massa de vôos em toda a rede aérea, cancelamentos de vôos e a operações intencionalmente retardadas por parte de segmentos da classe de

controladores de voo. Voltou-se então a discutir-se intensamente a aviação comercial brasileira e o seu *modus operandi*, analisando-se então os aspectos negativos gerados pela liberalização econômica do setor, tais como o crescimento acelerado que pressiona as infra-estruturas aeroportuárias e de espaço aéreo – com decorrentes gargalos geradores de congestionamento e atrasos –, e a piora na cobertura geográfica decorrente de uma maior concentração das operações aéreas em poucos aeroportos.

Um outro fator negativo também associado ao ambiente pós-liberalização é o nítido aumento da concentração da cobertura do transporte aéreo ao longo do território nacional. Uma deterioração da cobertura aérea significa que as companhias aéreas regulares concentram suas frequências de voo nos principais nós de sua estrutura de rede, fazendo com que apenas poucos aeroportos concentrem a maior parte das operações. O presente trabalho visou estudar esse grau de concentração ou “hubinização” – isto é, a concentração de tráfego em determinados aeroportos centralizadores de conexões de voos, dentro de uma morfologia de rede conhecida como *Hub-and-Spoke* – da malha aeroviária brasileira.

Para tentar mensurar a concentração da malha aérea brasileira, utilizamos indicadores de cobertura territorial, gerados a partir de índices de concentração idealizados, partindo-se do conceito do chamado ***Índice de Herfindahl-Hirshman, HHI***, sendo também desenvolvidos limites teóricos referentes a tipos alternativos de estrutura de rede (“Ponto-a-Ponto” e “*Hub-and-Spoke*”) que representam extremos quando se analisa a concentração da malha aérea em um conjunto de aeroportos. A

aplicação de limites teóricos ao indicador HHI constitui nossa contribuição metodológica ao estudo da concentração da malha aérea no transporte aéreo.

Foi efetuada uma aplicação empírica do modelo de índice de concentração proposto, sendo discutidos os resultados, e estes contrastados com os métodos atualmente existentes para medir níveis concentração e identificação do número de hubs em uma rede de transporte aéreo. Em particular, efetuou-se um contraste com os resultados do método clássico proposto pela *Federal Aviation Administration* (FAA). Como forma de comparação do desempenho dos indicadores quando aplicados à realidade nacional, utilizou-se como balizador o resultado de uma aplicação de questionários a um painel de especialistas nacionais sobre os aeroportos domésticos.

O presente trabalho está assim dividido: (1) apresentação dos índices de concentração mais utilizados. (2) apresentação do problema a ser solucionado e descrição da dedução do modelo proposto, (3) comparação do modelo proposto com os outros métodos utilizados para medir o número de *Hubs*, com (4) aplicação do modelo proposto aos dados brasileiros e discussão de resultados, (5) validação do método proposto através de um painel de especialistas (6) conclusões.

1. ÍNDICES DE CONCENTRAÇÃO E O PROBLEMA DA “HUBINIZAÇÃO” EM REDES

O nosso objetivo ao estudar concentração em aeroportos é ajudar a tentar solucionar entraves operacionais como o que ocorre no Brasil atualmente, e assim poder sugerir soluções racionais para esses problemas. Para tanto é necessária a quantificação da concentração na malha aérea. Partiremos da aplicação de índices já consagrados quando se trata de concentração e os aplicamos a área de cobertura aérea, obtendo resultados próximos a realidade observada por especialistas da área. Será também proposta uma metodologia própria de cálculo de *proxy* para a concentração da malha aérea ao longo do território nacional.

As medidas de concentração são muito utilizadas como forma de indicar como é a estrutura de um determinado mercado. Para isso as medidas devem possuir algumas características desejáveis. De acordo com Hall e Tideman (1967) são elas: (1) ser uma medida unidimensional, (2) independer do tamanho do mercado estudado, (3) uma medida de concentração deve ser afetada por uma mudança em qualquer das participações P_i , com aumento de concentração se houver uma troca de uma empresa ranqueada como baixa para uma empresa ranqueada como alta, e vice-versa, (4) se um mercado A tem K vezes o número de empresas presentes em outro mercado B, $K > 1$, e as participações P_i em A são distribuídas de forma que cada correspondente P_i em B existem K empresas do tamanho P_i/K , então a medida de concentração para A deve ser $1/K$ vezes a medida para B (Por exemplo, se em um dado mercado cada

empresa é dividida em duas outras empresas de igual tamanho o efeito sobre a medida de concentração deve ser a sua redução pela metade), (5) quando um mercado é dividido em N empresas igualmente, a medida de concentração deve ser função decrescente de N, (6) a medida deve variar em um espaço de 0 a 1.

Existem um conjunto de propostas de medidas de concentração disponíveis na literatura, e dentre as mais usadas estão o índice de concentração simples (C), o coeficiente de entropia (E) e o Índice de Herfindhal-Hirschman (HHI) – Guterres (2002). Dentre esses, destaca-se o HHI, que é recomendado pelo Departamento de Justiça Americano (DOJ) e pela Comissão Federal de Comércio dos EUA (FTC) conforme descrevem Schmidt e Lima (2002).

O índice de Herfindhal-Hirschman é definido como o somatório das participações (P_i) ao quadrado, dos participantes do mercado.

$$HHI = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

Para ilustrar como funciona o calculo, podemos aplicar o HHI em dois casos distintos descritos no quadro abaixo:

Quadro 1: Exemplo para o HHI

Empresas	Mercado 1		Mercado 2	
	P_i	P_i^2	P_i	P_i^2
A	0,50	0,25	0,80	0,64
B	0,40	0,16	0,10	0,01
C	0,10	0,01	0,10	0,01
HHI		0,42		0,66

Nos dois mercados apresentados acima, as participações das empresas A e B somam 90%, enquanto que o HHI desses dois mercados somam 0,42 para o mercado 1 e 0,66 para o mercado 2, fato que mostra uma importante característica desse índice, que é refletir o tamanho relativo das empresas envolvidas.

Este índice obedece todas as características desejáveis para um índice de concentração já citados anteriormente, entretanto para o estudo aplicado em aeroportos, os seus valores podem não refletir fielmente a situação do mercado como explicaremos a seguir.

2. NOVA PROPOSTA METODOLÓGICA: LIMITES TEÓRICOS DE HHI

Ao começarmos a analisar os aeroportos e suas operações, percebemos que o índice HHI varia apenas entre 0 e 0,5, seja qual for a participação desses. Esse fato é facilmente constatado, visto que os pousos e decolagens ocorrem sempre aos pares, ou seja, um avião sempre decola de um aeroporto inicial e pousa em um segundo aeroporto diferente do primeiro, gerando assim tráfego nos dois locais utilizados. Com isso, um aeroporto nunca pode ter mais de 50% das operações aéreas totais.

Poderíamos tomar esse novo intervalo, entre 0 e 0,5, como satisfatório, entretanto ele ainda não se mostra adequado para a nossa finalidade futura, que será tentar identificar o número de *Hubs* em uma rede. Para isso, precisamos saber o número de aeroportos existentes nessa rede e isso irá se refletir nos seus valores

limites do intervalo, gerando intervalos com limites variáveis a cada número diferente de aeroportos. Vejamos a seguir.

Para desenvolvermos novos limites, tanto superiores, quanto inferiores, diferentes de 0 e 0,5 e variando com o número de aeroportos, utilizamos uma abordagem baseada no desenho das rotas ou *network Design* (Lederer e Nambimadon, 1998). O *network design* apresenta dois desenhos diferentes que representam a configuração mais concentrada e a mais distribuída, respectivamente *Hub-and-spoke* (HS) e Ponto-a-ponto (PP).

Partimos do menor número de aeroportos possíveis, que são dois, e as respectivas possibilidades de conexão. Procedemos assim para três aeroportos, quatro e assim por diante, extrapolando para n aeroportos. Assim pudemos obter as participações de cada aeroporto nos casos mais extremos, ou seja, para *Hub-and-spoke* e para Ponto-a-ponto e calcular também o HHI para cada situação como veremos no próximo tópico.

Para o limite superior do intervalo criaremos a variável $I_{Max.}$ e para o limite inferior a variável $I_{Min.}$.

A interpretação do $I_{Max.}$ é, então, o índice de concentração que uma rede com n aeroportos teria caso ela tivesse uma arquitetura puramente *Hub-and-spoke* (Figura 1), sendo este o modo de organização mais concentrado possível como dito anteriormente. Note que o aeroporto A é o *Hub* e o B, C e D *spokes*. Já o $I_{Min.}$ estaria no outro extremo, representando o sistema Ponto-a-ponto (Figura 2).

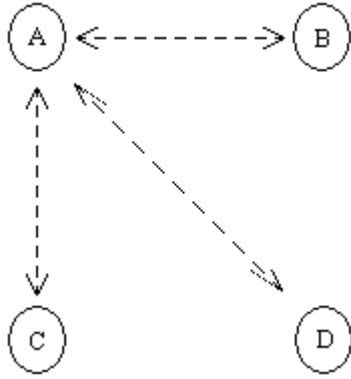


Figura 1: Hub-and-spoke puro para 4 aeroportos

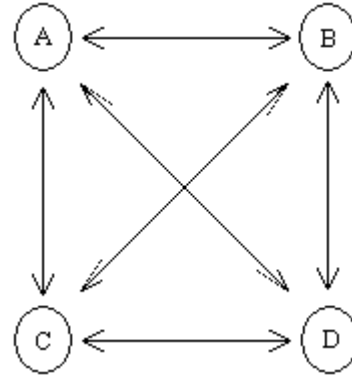


Figura 2: Ponto-a-ponto para 4 aeroportos

A forma proposta para o cálculo de tais variáveis é baseada na participação percentual P_n ou *market share* de cada aeroporto no sistema.

2.1 CASO HUB-AND-SPOKE PURO:

Para *Hub-and-spoke* puro temos as seguintes participações para cada componente em uma rede com n aeroportos:

$$P_1 = \left(\frac{0,5}{n-1} \right), P_2 = \left(\frac{0,5}{n-1} \right), \dots, P_{n-1} = \left(\frac{0,5}{n-1} \right), P_{Hub} = 0,5.$$

P_{Hub} : participação do *Hub*

Aplicando as participações na equação de Herfindhal-Hirschman obtemos a equação para a variável I_{Max} :

$$\begin{aligned}
I_{Max.} &= HHI_{HS} \\
I_{Max.} &= \sum_{i=1}^{n-1} P_i^2 + P_{Hub}^2 \\
I_{Max.} &= \left(\frac{0,5}{n-1} \right)^2 \cdot (n-1) + (0,5)^2 \\
I_{Max.} &= \frac{0,25}{n-1} + 0,25 \\
\boxed{I_{Max.} &= 0,25 \left(\frac{n}{n-1} \right)}
\end{aligned}$$

Para um caso extremo teórico em que a rede possuísse infinitos aeroportos, podemos usar o limite $n \rightarrow \infty$ na equação acima, e então teremos o menor valor alcançado pela variável $I_{Max.}$:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} I_{Max.} = 0,25$$

2.2 CASO PONTO-A-PONTO PURO:

Para o caso do Ponto-a-ponto puro temos as seguintes participações para cada aeroporto:

$$P_1 = \frac{1}{n}, P_2 = \frac{1}{n}, \dots, P_{n-1} = \frac{1}{n}, P_n = \frac{1}{n}.$$

Aplicando novamente na equação de Herfindhal-Hirschman temos a equação para a variável $I_{Min.}$:

$$I_{Min.} = HHI_{PP}$$

$$I_{Min.} = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

$$I_{Min.} = \left(\frac{1}{n}\right)^2 . n$$

$$I_{Min.} = \frac{1}{n}$$

Para um caso extremo teórico em que a rede possuísse infinitos aeroportos, podemos usar o limite $n \rightarrow \infty$ na equação acima, e então teremos o menor valor alcançado pela variável $I_{Min.}$:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} I_{Min.} = 0$$

De posse desses novos limites poderemos achar intervalos razoáveis e adaptáveis ao número n de aeroportos presentes na rede, evitando assim grandes desvios nos cálculos de concentração.

3. IDENTIFICAÇÃO DO NÚMERO DE HUBS EFETIVOS

A definição de *hub* por si só já é causa de controvérsia, dado que a maioria dos analistas e autoridades em geral confunde o conceito de “grande terminal” com o conceito de “centro de distribuição de vôos” (Holloway, 2005). Existe, entretanto, um método quantitativo, público e de cálculo relativamente simples de contagem e

identificação de *hubs*: a abordagem da *FAA, Federal Aviation Administration* (FAA, 1997). Este método é o mais reconhecido na área de transporte aéreo, sendo utilizado em diversos estudos, como por exemplo, Bazargan e Vasigh (2003) e Button et al. (1999). De acordo com aquele órgão do governo americano, existem três tipos de *hubs*. *Hub* pequeno é aquele que possui de 0,05% a 0,25% do volume total de passageiros de uma região, *hub* médio é aquele que possui de 0,25% a 1% do volume e *hub* grande é aquele que possui mais de 1% de todo o volume de passageiros.

A Figura a seguir apresenta uma fotografia da malha aeroportuária brasileira no período entre 1998 e 2008, segundo a classificação da FAA. Nela, é apresentado o mapa do Brasil e a localização dos aeroportos que tiveram alguma movimentação com vôos regulares no período. Utiliza-se as legendas ● para aeroportos classificados como “hubs grandes”, ▲ para “hubs médios”, ● para “hubs pequenos” e ● para “aeroportos locais”:

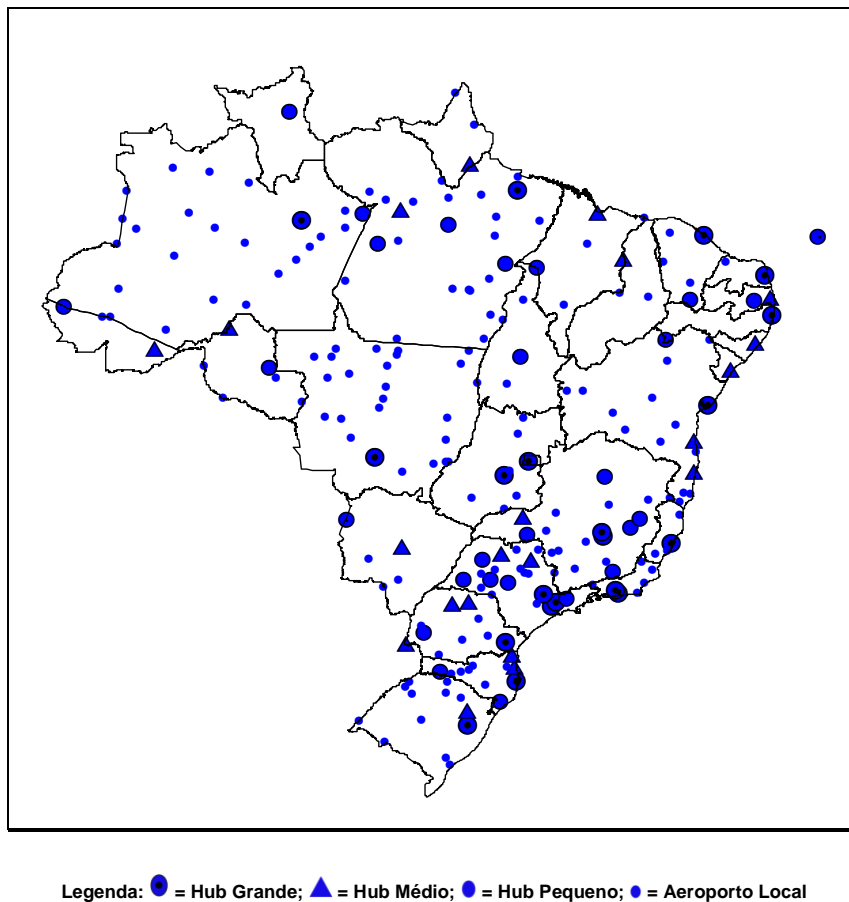


Figura 3 – Operações Aeroportuárias 1998-2008: Brasil

Pode-se perceber, pela Figura, que a classificação da FAA perde um pouco o sentido quando aplicada fora dos Estados Unidos, pois leva à identificação de um número *hubs* bem acima do esperado *ex-ante* por especialistas do setor. Alguns dos aeroportos em geral apontados pelo método fornecem poucos indícios quanto à organização e à determinação de qual malha aérea existe em uma região e o quão concentrada ela é. O número de “*hubs grandes*” apontado para o caso brasileiro (20 para a média do período) foi considerado demasiado e pouco consistente com a

realidade, apesar de se tratar de uma informação construída a partir de uma metodologia largamente utilizada e reconhecida.

Outra forma interessante de tentar visualizar qual o número de *hubs* de uma dada região é através da identificação do número de participantes efetivos (NPE), utilizando o inverso do índice de Herfindhal-Hirschman, método descrito por Adelman (1969):

$$NPE = \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i^2}$$

Como alternativa aos indicadores da FAA e do número de participantes efetivos (NPE), propomos uma nova metodologia. Essa metodologia advém de um princípio em se propor limites teóricos para o índice HHI, de maneira a se identificar quantos *hubs* efetivos existiriam aproximadamente em uma potencial rede *Hub-and-Spoke* com n aeroportos. Adota, portanto, a hipótese de que existe uma estrutura de rede *Hub-and-Spoke* em vigor, e que a tarefa do analista é de calcular o número de *hubs* consistentes com os níveis de HHI observados.

Assim, o método proposto consiste em calcularmos o HHI teórico para um número h de *hubs* em uma rede com n aeroportos. Chamaremos esse HHI de I_h .

$$I_h = HHI_{hHubs}$$

$$I_h = \sum_{i=1}^h P_{hi}^2 + \sum_{i=1}^{n-h} P_i^2$$

$$I_h = \left(\frac{0,5}{h}\right)^2 \cdot h + \left(\frac{0,5}{n-h}\right)^2 \cdot (n-h) , \text{ onde } n-h=s \text{ e } s \text{ é o número de spokes.}$$

$$I_h = \frac{0,25}{h^2} \cdot h + \frac{0,25}{s^2} \cdot s$$

$$I_h = 0,25 \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{s} \right)$$

Podemos reparar que o $I_{Max.}$ coincide com o I_1 ($h=1$) e que o I_{Min} ocorre quando $h=s$.

Como forma de ilustrar tudo o que foi desenvolvido até agora, utilizaremos o seguinte exemplo.

Suponha uma rede com $n=8$ aeroportos com as seguintes participações:

$$P_1 = 40\%, P_2 = 20\%, P_3 = 15\%, P_4 = 13\%, P_5 = 7\%, P_6 = 3\%, P_7 = 1\%, P_8 = 1\%$$

Quadro 2: exemplo de organização e índices característicos

Aeroporto	P_i	P_i^2
1	0,40	0,16
2	0,20	0,04
3	0,15	0,0225
4	0,13	0,0169
5	0,07	0,0049
6	0,03	0,0009
7	0,01	0,0001
8	0,01	0,0001
HHI		0,2454

I_{max}	0,285714
I_2	0,166667
I_3	0,133333
I_{min}	0,125

Podemos notar que o HHI obtido para essa organização está localizado entre o I_{\max} e o I_2 , sinalizando a arquitetura da rede possui entre um e dois *hubs*. Note também, que calculamos o I_h até quatro, pois não faz sentido falar em mais de quatro *hubs* em uma rede com apenas oito aeroportos, pois $h < n/2, \forall n \geq 4$.

Para evitar ter que ficar interpolando o resultado do HHI obtido entre muitos valores a serem calculados, chegamos a uma formulação para o cálculo do h através do I_{\max} e do I_h , como vemos a seguir:

$$i) I_h = 0,25 \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{s} \right) = 0,25 \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{n-h} \right) = 0,25 \left(\frac{n}{h(n-h)} \right)$$

$$ii) I_{\max} = 0,25 \left(\frac{n}{n-1} \right)$$

Dividindo-se i por ii, temos:

$$\frac{I_h}{I_{\max}} = \frac{n-1}{h(n-h)}$$

$$I_{\max}(n-1) = I_h(nh - h^2)$$

Temos então uma expressão onde conhecemos o n e podemos calcular o I_{\max} e o I_h , que será o próprio HHI da rede estudada.

$$I_{\max}(n-1) = HHI(nh - h^2)$$

$$\boxed{HHIh^2 - nHHIh + I_{\max}(n-1) = 0}$$

Resolvendo a equação acima, chegamos no seguinte resultado:

$$h = \frac{n}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{n}{2}\right)^2 - \frac{I_{Max.}}{HHI} \cdot (n-1)} \quad , \text{ onde } I_{Max.} = 0,25 \cdot \left(\frac{n}{n-1}\right)$$

$$h = \frac{n}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{n}{2}\right)^2 - \frac{0,25 \cdot n}{HHI}}$$

Se aplicarmos o cálculo do h para o exemplo anterior, obteremos um $h = 1,198$, o que corrobora a nossa tese anterior, e nos mostra que a conformação do exemplo está mais próxima de um *hubs* de que de dois.

A identificação do numero de *hubs* existentes através dessas análises vai nos ajudar a identificar qual a arquitetura predominante presente em qualquer rede de aeroportos, e aplicada à realidade brasileira, vai nos ajudar a elucidar o quão concentrado está nossa malha aérea. Nossa proposta é, portanto, de utilização do HHI com limites teóricos, efetuando uma comparação com o desempenho do índice da FAA e do indicador de número de participantes efetivos (NPE). Para efeitos da comparação do método da FAA com a nossa proposta, consideramos o conceito de *hub* pela FAA apenas os “grandes *hubs*” classificados por essa entidade, ou seja, aqueles aeroportos que apresentavam mais de 1% do tráfego total.

4. APLICAÇÃO DOS INDICADORES E RESULTADOS

Com o intuito de promover uma aplicação empírica dos indicadores alternativos de concentração com vistas a efetuar uma análise comparativa dos resultados, foi efetuada a coleta de uma amostra de dados representativa do sistema aéreo doméstico brasileiro. O cálculo dos indicadores de concentração foi realizado por meio

de dados obtidos do HOTRAN, publicação do antigo DAC e atual ANAC que registra os vôos comerciais regulares (domésticos e internacionais) de transporte de passageiros e/ou carga que as empresas de transporte aéreo regular estão autorizadas a executar com horários, itinerários, frequências e equipamentos pré-estabelecidos e dados da INFRAERO disponíveis em seu *site* sobre o movimento nos 67 aeroportos sob a sua administração. No nosso trabalho com o HOTRAN utilizamos os vôos domésticos regulares de passageiros e carga, levando em consideração as frequências e não o número de passageiros ou a quantidade de carga transportada, e com os dados da INFRAERO trabalhamos com movimento de aeronaves, passageiros, carga e mala postal.

Em um primeiro momento aplicamos aos dados do HOTRAN os três métodos em tela: o método da FAA, o método de NPE e o método proposto com base nos limites teóricos ao HHI. As participações de cada aeroporto a serem usadas nos índices foram calculadas com base no número de pousos e decolagens registrados nos HOTRANs recolhidos junto a ANAC por volta do dia 15 de cada mês no período de agosto de 1998 até fevereiro de 2007. Os resultados encontram-se na Figura 4, onde estão plotados o número de *Hubs* identificados por cada método, em cada mês do ano, no período pesquisado.

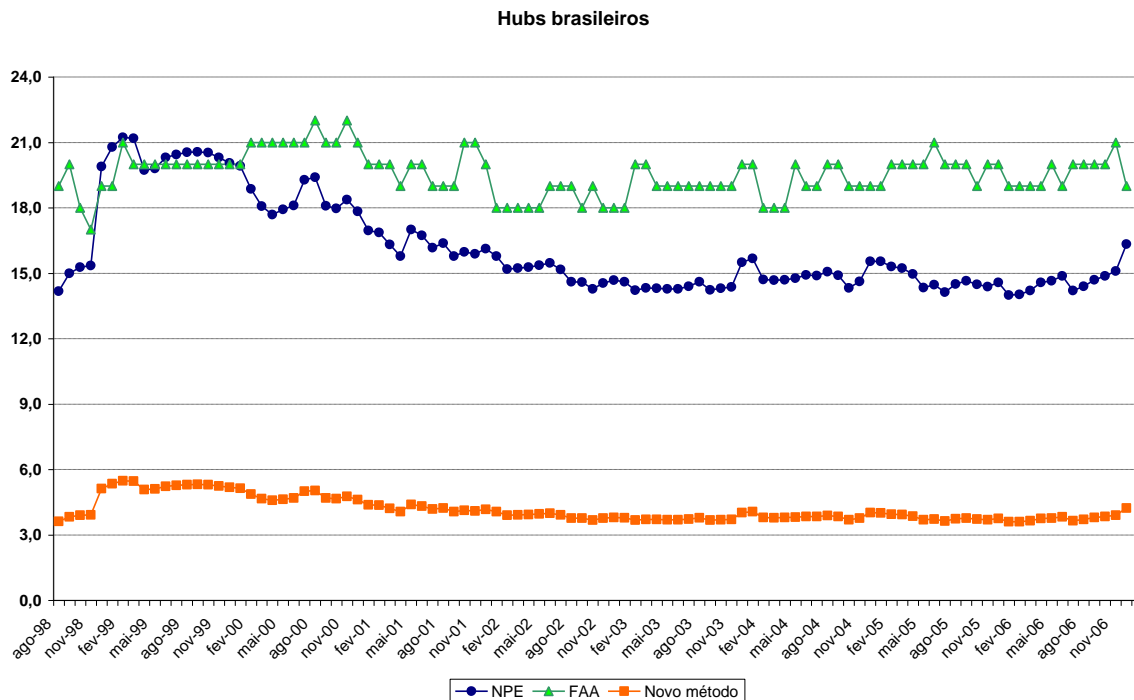


Figura 4: Número de hubs em cada período do ano de acordo com os três métodos descritos anteriormente.

Assim podemos perceber que o número de *hubs* identificados pelo nosso método é bem menor que o indicado pelos outros dois. Entretanto, surgiu uma dúvida a respeito da validade do confronto do nosso método com o da FAA por esse tratar-se do volume de passageiros e o método proposto, ser aplicado no HOTRAN, que trata das freqüências.

Para gerar conhecimento nesse sentido, utilizamos dados da INFRAERO disponíveis em seu *site* e que mostram o movimento de aeronaves, passageiros, carga e mala postal nos 67 aeroportos sob sua administração desde janeiro de 2003 até agosto de 2007. Aplicamos o nosso método de forma a verificar se haveria uma

grande discrepância entre calcular o número de *Hubs* com passageiros ou com frequências.

Obtivemos a figura 5, que mostra quantos são e como variam no tempo os *Hubs* domésticos brasileiros para movimentações de aeronaves ou frequência (MOVDOM), para passageiros (PAXDOM), para carga (CARDOM) e para mala postal (MALDOM).

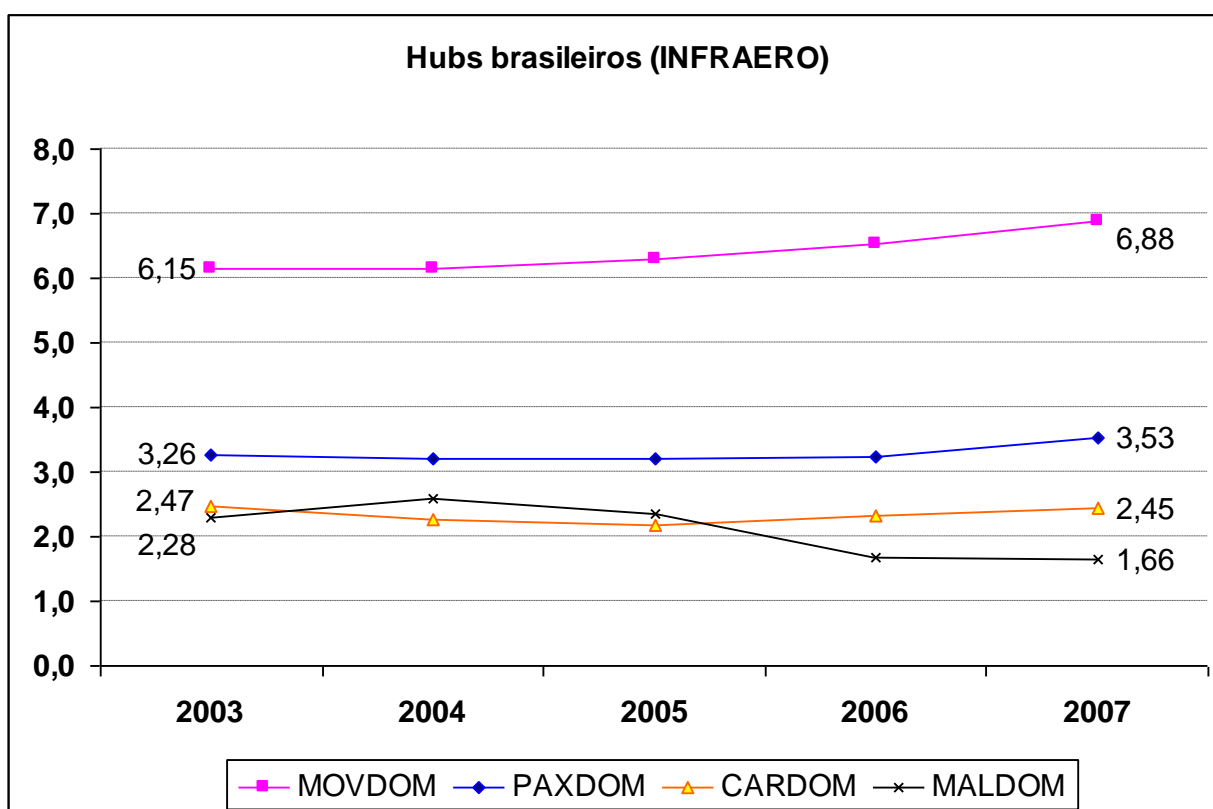


Figura 5: Número de hubs a cada ano de acordo com o novo método descrito.

De posse desses dados, podemos perceber que o número de *hubs* no Brasil levando em conta o número de passageiros é um pouco menor quando comparado

com o número de *hubs* por freqüência. Então, caso os HOTRANS registrassem número de passageiros, registraríamos pelo método da FAA, ainda mais *hubs*, o que, novamente, não corresponderia à realidade esperada *ex-ante*. Logo podemos dizer que usar freqüências e volume de passageiros para confrontar o nosso método e do FAA não constitui-se um grande problema.

Com o modelo proposto e os dados dos HOTRANS, pudemos chegar a um resultado de 4,23 *hubs* para freqüências em fevereiro de 2007 (Figura 6), e com os dados da INFRAERO obtivemos 6,88 *hubs* para freqüências (MOVDOM), 3,53 *hubs* para passageiros (PAXDOM), 2,45 *hubs* para carga (CARDOM), e 1,66 *hubs* para mala postal (MALDOM) (Figura 5).

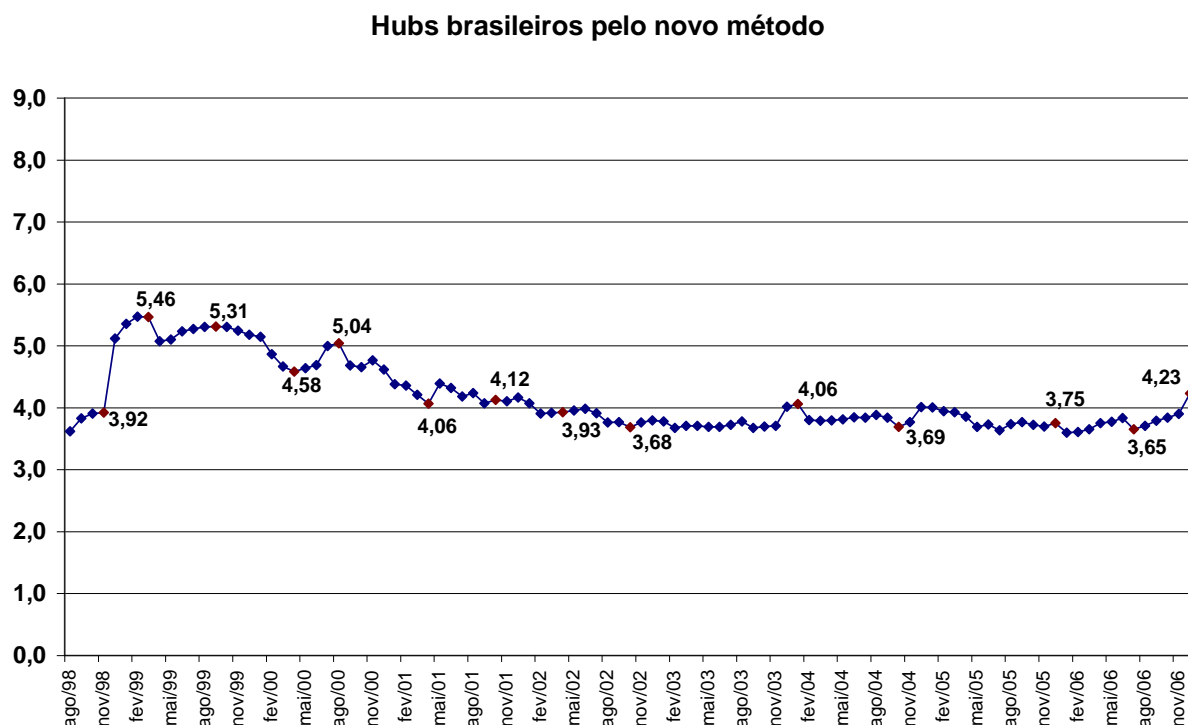


Fig.6: número de Hubs obtidos a partir do nosso modelo para dados dos HOTRANS.

Uma nota final diz respeito à diferença observada entre os dados dos HOTRANS e os da INFRAERO. Este fato se deve provavelmente ao fato de que a INFRAERO contabiliza também a aviação geral em seus registros, enquanto os HOTRANS contabilizam apenas vôos regulares.

5.1. PESQUISA JUNTO A ESPECIALISTAS

Foi promovida uma análise comparativa dos resultados obtidos a partir das diferentes abordagens de concentração aeroportuária (FAA, NPE e HHI), contrastando-os com resultados de um levantamento efetuado junto a um painel de especialistas. Os resultados finais visam apontar qual a metodologia que apresenta melhor desempenho na identificação do número de hubs e da estrutura predominante em uma determinada malha aérea, contrapondo a pela presente proposta com os indicadores sugeridos pela FAA.

Foram enviados questionários a 300 especialistas considerados de notório saber nas diversas sub-áreas do setor de transporte aéreo e que estavam cadastrados na lista de discussão da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Transporte Aéreo (SBTA). A estrutura dos questionários, que foram disponibilizados *on-line*, está apresentada no Anexo. Foram recebidos retornos de 79 deles, que se auto-denominaram, a partir da pergunta “*Em qual desses grupos você pode melhor ser enquadrado?*”, da seguinte forma:

Quadro 3: Resposta à pergunta: “Em qual desses grupos você pode melhor ser enquadrado?”,

Especialista	N	%
Pesquisador	17	22%
Professor	13	16%
Profissional do Setor Aéreo	40	51%
Estudante	4	5%
Outro	5	6%
Total	79	100%

Em seguida, perguntamos aos especialistas qual seria a definição mais correta para Hub do ponto de vista operacional e recebemos as seguintes respostas:

Na sua opinião, quais das alternativas abaixo apresenta a melhor definição de um aeroporto "Hub"?

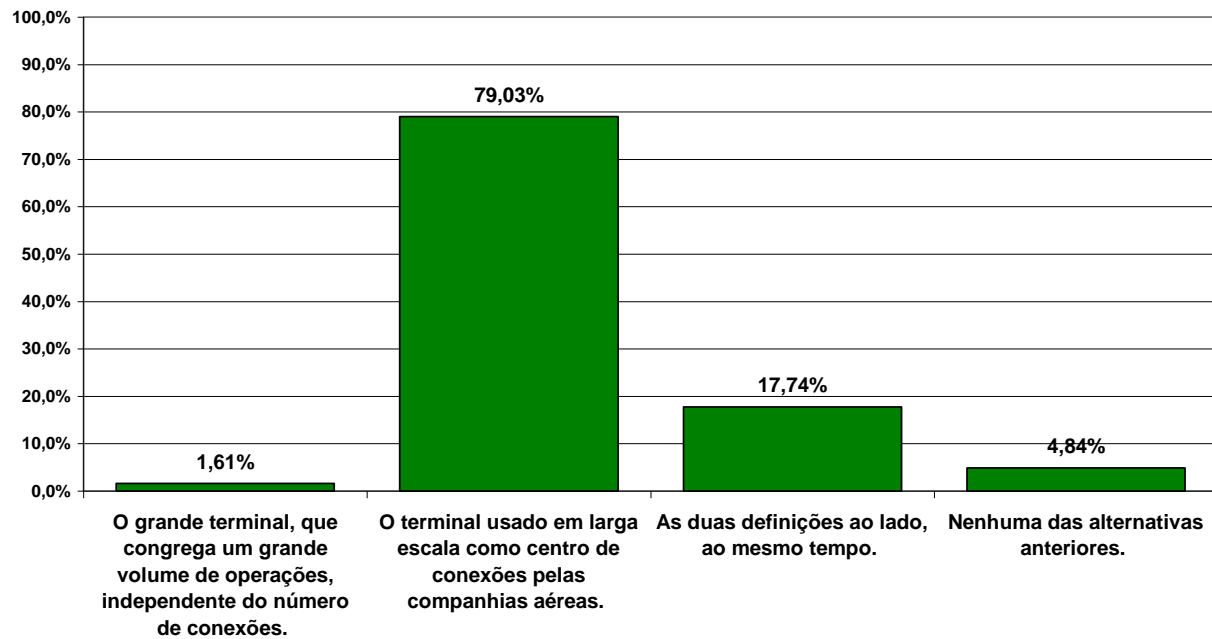


Figura 7: Respostas dos especialistas à segunda pergunta da pesquisa.

Como foi frisado anteriormente, a definição de *hub* na literatura é causa de controvérsia, por confundir-se bastante o conceito de “grande terminal” com o conceito de “centro de distribuição de vôos”. No painel realizado, é interessante perceber que a grande maioria dos especialistas brasileiros acredita ser *Hub* apenas o aeroporto utilizado pelas companhias aéreas como centros de distribuição de seus vôos, causando conseqüentemente uma inflação no numero de operações daquele aeroporto.

Por fim, foi apresentada a relação dos 40 maiores aeroportos do País e solicitado ao especialista que elencasse os aeroportos que considerasse dentro das seguintes categorias: “*É hub*” e “*Deveria ser hub*”. Os resultados das respostas estão a seguir:

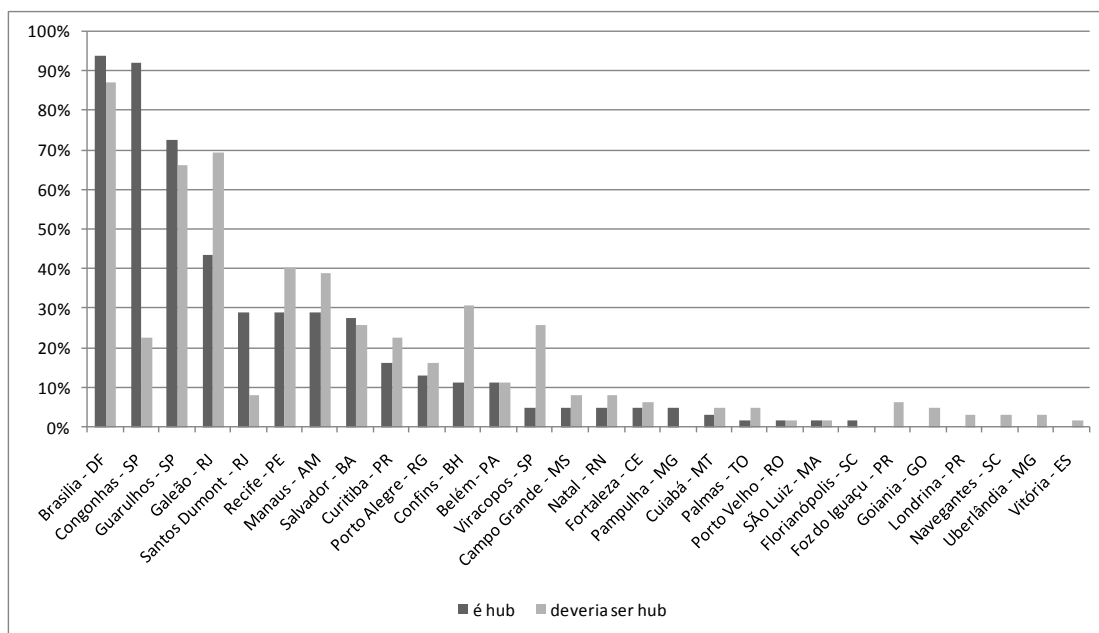


Fig.8: resultados das respostas à pergunta: “É hub”? e “Deveria ser hub”?

Para se definir o número de hubs escolhido pelos especialistas, é necessário efetuar um ponto de corte no percentual a partir do qual se considera “a maioria dos especialistas”. Por exemplo, acima de 50%, em geral se considera que se obtém a maioria. Para fins de conservadorismo na análise, utilizou-se, como maioria, também um percentual de 40%. Pode-se observar que o índice de concentração aqui proposto com base nos limites teóricos do HHI apresenta desempenho melhor que os demais índices, inclusive o da FAA. Isso ocorre porque ele é o que apresenta a menor distância com relação às *proxies* de número de hubs apontados pela “maioria dos especialistas”, conforme observado no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4: Número de Hubs de acordo com o painel de especialistas

Método	N. Hubs
FAA	20
INVHHI	15
Índice de Rede Proposto	3
Painel >40% - "É Hub"	4
Painel >40% - "Deveria Ser Hub"	4
Painel >50% - "É Hub"	3
Painel >50% - "Deveria Ser Hub"	3

Feita a análise anterior, tentamos identificar quais seriam esses aeroportos *Hubs*. Utilizando a opção que usa 40% como ponto de corte nas respostas dos especialistas, e cruzando-a com os dados da INFRAERO e dos HOTRANs, podemos construir o seguinte quadro (quadro 5) que mostra quais seriam os *Hubs* brasileiros de acordo com o nosso modelo.

Quadro 5: Hubs brasileiros

	1º	2º	3º	4º
<i>Hubs por frequência (HOTRAN)</i>	<i>Congonhas – SP</i>	<i>Brasília – DF</i>	<i>Galeão – RJ</i>	<i>Guarulhos – SP</i>
<i>Hubs por frequência (INFRAERO)</i>	<i>Congonhas – SP</i>	<i>Brasília – DF</i>	<i>Guarulhos – SP</i>	<i>Salvador – BA</i>
<i>Hubs por número de passageiros (INFRAERO)</i>	<i>Congonhas – SP</i>	<i>Brasília – DF</i>	<i>Guarulhos – SP</i>	<i>Galeão – RJ</i>
<i>Hubs por carga (INFRAERO)</i>	<i>Guarulhos – SP</i>	<i>Manaus – AM</i>	<i>Recife – PE</i>	-
<i>Hubs por mala postal (INFRAERO)</i>	<i>Guarulhos – SP</i>	<i>Manaus – AM</i>	-	-

Para tentar comprovar o quanto os resultados obtidos aproximam-se da percepção dos especialistas, reflexo da realidade do país, pudemos observar que os *Hubs* identificados pelo nosso método quando analisados os dados dos HOTRANs, são os mesmos aeroportos indicados pelos especialistas no painel: Congonhas-SP, Brasília-DF, Guarulhos-SP e Galeão-RJ.

CONCLUSÕES

Com esse trabalho, pudemos revisar alguns importantes conceitos da literatura referentes ao *Network Design*. Vimos que os dois tipos principais de design de redes para aeroportos, *Hub-and-spoke* (HS) e Ponto-a-ponto (PP), representam extremos quando se trata de concentração. Através desses extremos pudemos chegar a uma fórmula de cálculo do número de *Hubs* em uma rede. Utilizamos então a metodologia

da FAA e o cálculo do NPE com o objetivo de contrastar o nosso método com outros já existentes, mas que não se adequavam bem a nossa realidade. Por fim, realizamos um painel de especialistas com o intuito de validar nosso modelo e verificar se nossos resultados estavam de acordo com a realidade.

Vimos então, que a aplicação do nosso método mostrou-se bastante condizente com a realidade atual do nosso país, atestada pelos especialistas consultados, constituindo-se em uma alternativa na avaliação da concentração em redes aeroportuárias e na identificação do número de *Hubs*. Essa avaliação mostra-se importante, pois ajuda na regulação econômica do setor, uma vez que tem condições de quantificar com precisão a concentração de suas operações.

Essa concentração de operações no Brasil advém de muitos fatores, e dentre esses, podemos apontar o fato de não existir concorrência entre os aeroportos, pois os principais aeroportos do país são administrados por uma única empresa estatal, INFRAERO. Esse monopólio estatal da infra-estrutura aeroportuária contrasta de forma negativa com o mercado desregulado em que atuam as empresas aéreas, e um dos reflexos desse contraste é o aumento na concentração desse mercado com a diminuição do número de *Hubs* e de cidades servidas pelo transporte aéreo. Cabe salientar que a escolha dos *Hubs* é de certa forma definida pelas companhias aéreas, que em busca de otimizar suas operações, acabam agravando ainda mais o quadro.

Existem várias soluções que atualmente vêm sendo discutidas por profissionais para dinamizar o setor e atrair mais investimentos e permitir o nascimento de um mercado concorrencial, desde a privatização dos aeroportos até a abertura de capital

da INFRAERO com permissão da entrada de novos competidores nesse mercado. Seja quais forem as medidas tomadas, o importante é termos em mente que a competição sadia entre os aeroportos pode e deve contribuir para o aumento do número de cidades servidas, para a descentralização de operações em aeroportos congestionados e para uma melhora geral na qualidade do serviço prestado a população usuária.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao NECTAR e ao ITA por dispor de suas instalações, à FAPESP que patrocinou por meio da bolsa de iniciação científica a realização desse trabalho, aos especialistas que responderam com bastante atenção a nossa pesquisa, e aos nossos familiares e amigos que nos apoiaram para a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADELMAN, M. A. (1969) Comment on the "H" concentration measure as a numbers-equivalent. *Review of Economics and Statistics*, 51: 99-101.
- BAZARGAN, M. e VASIGH, B. (2003) Size versus efficiency: a case study of US commercial airports. *Journal of Air Transport Management*, vol. 9, pp. 187-193.
- BRINGHENTI, C. (2009) Falências e Forte Competição de Mercado: Evidência do Transporte Aéreo nos Estados Unidos. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 3, n. 2, pp. 47-67.
- BUTTON, K., LALL, S., STOUGH, R. e TRICE, M. (1999) High technology employment and hub airports. *Journal of Air Transport Management*, vol. 5, pp. 53-59.
- CAPITANI, L. M. (2009) Conceitos e Discussões Metodológicas sobre Índices de Concentração de Malha Aérea. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 3, n. 2, pp. 80-107.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2002) *Introduction to the Airport Impovement Program*. Eastern Region Airports Division, November.
- FERREIRA, N. S. (2007) Desregulação, Preços e Formação de Hubs no Transporte Aéreo: Breve Análise de um Estudo Clássico. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 1, n. 1, pp. 105-116.
- FERREIRA, N. S., BARRAGAN, G. A. e LIMA, M. G. (2008) A Experiência Internacional na Desregulação Econômica do Transporte Aéreo. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 2, n. 1, pp. 61-124.

- FRAGA, R. (2008) Estudo da Interação entre Produtos de Baixa Qualidade vs Produtos de Alta Qualidade no Transporte Aéreo. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 4, n. 2, pp. 144-159.
- FRAGA, R. e OLIVEIRA, A. V. M. (2009) Distribuição de Slots em Aeroportos: A Experiência Internacional e a Concentração de Frequências de Vôo no Brasil. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 3, n. 2, pp. 25-46.
- GOMES, S., LACERDA, S., BASTOS, V. e CASTRO, M. (2002) Aviação Regional Brasileira (Modal Aéreo IV). *Informe Infra-Estrutura - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES*, n. 50.
- GUTERRES, M. X. (2002) *Efeitos da flexibilização do transporte aéreo brasileiro sobre a concentração da indústria*. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- HALL, M. e TIDEMAN, N. (1967) Measures of Concentration. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 62, n. 317, pp. 162-168.
- HOLLOWAY, S. (2005) *Straight and Level: Practical Airline Economics*. 2ª edição. Ashgate Publishing: Burlington.
- HONG, S. e HARKER, P. T., (1992) Air traffic network equilibrium. Toward frequency, price and slot priority analysis. *Transportation Research Part B*, vol. 26, pp. 307-323.
- LEDERER, P. J., NAMBIMADOM, R. S. (1998) Airline network design. *Operations Research*, vol. 46, n. 6 pg. 785.
- LOPES, F. S. (2005) *Estudo da evolução das estruturas de rotas das empresas aéreas no Brasil*. Trabalho de Graduação. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

- MELO FILHO, C. R. (2009) Formas de Regulação Econômica e suas Implicações para a Eficiência Aeroportuária. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 3, n. 1, pp. 96-110.
- OLIVEIRA, A. V. M. (2007) Regulação da Oferta no Transporte Aéreo: Do Comportamento de Operadoras em Mercados Liberalizados aos Atritos que Emergem da Interface Público-Privado. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 1, n. 2, pp. 22-46.
- OLIVEIRA, A. V. M. (2006) Liberalização Econômica e Universalização do Acesso no Transporte Aéreo: É Possível Conciliar Livre Mercado com Metas Sociais e Ainda Evitar Gargalos de Infra-Estrutura. *Documento de Trabalho N. 014 – Acervo Científico do Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo (NECTAR)*. São José dos Campos, SP. Disponível em www.nectar.ita.br.
- OLIVEIRA, A. V. M., SALGADO, L. H. (2006) Reforma Regulatória e Bem-Estar no Transporte Aéreo Brasileiro: E Se a Flexibilização dos Anos 1990 Não Tivesse Ocorrido? *Documento de Trabalho N. 013 – Acervo Científico do Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo (NECTAR)*. São José dos Campos, SP. Disponível em www.nectar.ita.br
- SILVA, L. N. (2010) O Mercado de “Slots” e a Concessão de Aeroportos à Iniciativa Privada: Caminhos Possíveis para o Setor Aéreo. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 4, n. 1, pp. 49-80.
- SANTOS, F. A. B. (2009) As Consequências da Desregulamentação Econômica na Indústria do Transporte Aéreo. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 3, n. 2, pp. 68-79.
- SCHMIDT, C. A. e LIMA, M. A. (2002) Índices de Concentração. *Série de Documentos de Trabalho*, n. 13, Ministério da Fazenda, Brasília.

ANEXO

O questionário abaixo foi enviado por e-mail para 300 especialistas do setor de transporte aéreo no período de novembro de 2007, e consta de quatro perguntas simples de múltipla escolha. Os aeroportos avaliados na pesquisa são os quarenta aeroportos administrados pela INFRAERO que registraram maior movimento acumulado no período de 2003 a 2007.

1. Em qual desses grupos você pode melhor ser enquadrado?

- a. ☐ Pesquisador(a)
- b. ☐ Professor(a)
- c. ☐ Profissional do setor
- d. ☐ Estudante
- e. ☐ Outro

2. Na sua opinião, quais das alternativas abaixo apresenta a melhor definição de um aeroporto "Hub"?

- a. ☐ O grande terminal, que congrega um grande volume de operações, independente do número de conexões.
- b. ☐ O terminal usado em larga escala como centro de conexões pelas companhias aéreas.
- c. ☐ As duas definições acima, ao mesmo tempo.
- d. ☐ Nenhuma das alternativas anteriores.

3. Dos 40 aeroportos listados abaixo, quais você apontaria como "*Hubs* domésticos" nos últimos 5 anos? [Favor se ater ao uso dos aeroportos até antes das recentes medidas governamentais de 2007]

- | | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1. () Congonhas - SP | 11. () Recife - PE | 21. () Aracaju - SE | 31. () João Pessoa - PB |
| 2. () Brasília - DF | 12. () Fortaleza - CE | 22. () Campo Grande - MS | 32. () Rio Branco - AC |
| 3. () Santos Dumont - RJ | 13. () Vitória - ES | 23. () Boa Vista - RR | 33. () Porto Velho - RO |
| 4. () Galeão - RJ | 14. () Pampulha - MG | 24. () Ilhéus - BA | 34. () Santarém - PA |
| 5. () Guarulhos - SP | 15. () Florianópolis - SC | 25. () Macapá - AP | 35. () Navegantes - SC |
| 6. () Salvador - BA | 16. () Belém - PA | 26. () São Luiz - MA | 36. () Foz do Iguaçu - PR |
| 7. () Curitiba - PR | 17. () Manaus - AM | 27. () Teresina - PI | 37. () Londrina - PR |
| 8. () Viracopos - SP | 18. () Goiânia - GO | 28. () Maceió - AL | 38. () Joinville - SC |
| 9. () Porto Alegre - RG | 19. () Cuiabá - MT | 29. () Palmas - TO | 39. () Macaé - RJ |
| 10. () Confins - MG | 20. () Natal - RN | 30. () Uberlândia - MG | 40. () Petrolina - PE |

4. Dos 40 aeroportos listados abaixo, quais você acha que deveriam ser "*Hubs* domésticos" no Brasil?

- | | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1. () Congonhas - SP | 11. () Recife - PE | 21. () Aracaju - SE | 31. () João Pessoa - PB |
| 2. () Brasília - DF | 12. () Fortaleza - CE | 22. () Campo Grande - MS | 32. () Rio Branco - AC |
| 3. () Santos Dumont - RJ | 13. () Vitória - ES | 23. () Boa Vista - RR | 33. () Porto Velho - RO |
| 4. () Galeão - RJ | 14. () Pampulha - MG | 24. () Ilhéus - BA | 34. () Santarém - PA |
| 5. () Guarulhos - SP | 15. () Florianópolis - SC | 25. () Macapá - AP | 35. () Navegantes - SC |
| 6. () Salvador - BA | 16. () Belém - PA | 26. () São Luiz - MA | 36. () Foz do Iguaçu - PR |
| 7. () Curitiba - PR | 17. () Manaus - AM | 27. () Teresina - PI | 37. () Londrina - PR |
| 8. () Viracopos - SP | 18. () Goiânia - GO | 28. () Maceió - AL | 38. () Joinville - SC |
| 9. () Porto Alegre - RG | 19. () Cuiabá - MT | 29. () Palmas - TO | 39. () Macaé - RJ |
| 10. () Confins - MG | 20. () Natal - RN | 30. () Uberlândia - MG | 40. () Petrolina - PE |