

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Tiago Fernandes Gondim Costa

Estudo Econométrico Comparativo do Desempenho de Índices
de Concentração Baseados no HHI e Gini para uma Análise
Evolutiva de Malhas Aéreas

Trabalho de Graduação

2010

Civil-Aeronáutica

Tiago Fernandes Gondim Costa

**Estudo Econométrico Comparativo do Desempenho de Índices de
Concentração Baseados no HHI e Gini para uma Análise
Evolutiva de Malhas Aéreas**

Orientador

Prof. Dr. Alessandro V. M. Oliveira (ITA)

Engenharia Civil-Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão de Informação e Documentação

Costa, Tiago Fernandes Gondim
Estudo Econométrico Comparativo do Desempenho de Índices de Concentração Baseados no HHI e Gini para uma Análise Evolutiva da Malhas Aéreas.
São José dos Campos, 2010.
42f.

Trabalho de Graduação – Divisão Engenharia Civil – Instituto Tecnológico de Aeronáutica,
2010. Orientador: Prof. Dr. Alessandro V. M. Oliveira.

1. Transporte Aéreo. 2. Concentração. 3. Herfindahl-Hirschman 4. Gini. I. Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. II. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Ciência da Computação. III. Desenvolvimento de Trabalhos Acadêmicos

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA, Tiago Fernandes Gondim. **Estudo Econométrico Comparativo do Desempenho de Índices de Concentração Baseados no HHI e Gini para uma Análise Evolutiva de Malhas Aéreas**. 2010. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

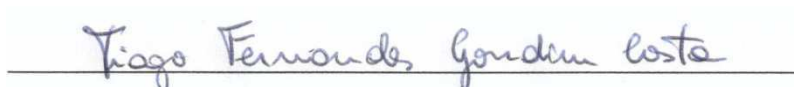
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Tiago Fernandes Gondim Costa

TÍTULO DO TRABALHO: Estudo Econométrico Comparativo do Desempenho de índices de Concentração Baseados no HHI e Gini para uma Análise Evolutiva de Malhas Aéreas

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2010

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.

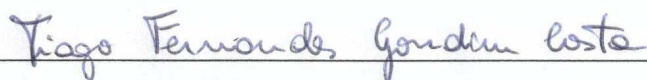


Tiago Fernandes Gondim Costa

Alameda Ribeirão Preto, 410, Apto 203, Bela Vista, São Paulo-SP, Brasil.

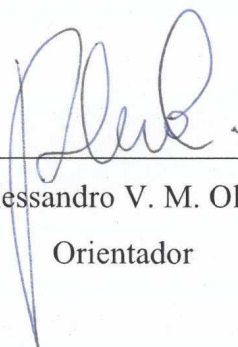
**ESTUDO ECONOMÉTRICO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE
ÍNDICES DE CONCENTRAÇÃO BASEADOS NO HHI E GINI PARA UMA
ANÁLISE EVOLUTIVA DE MALHAS AÉREAS**

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



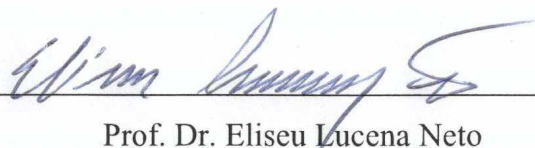
Tiago Fernandes Gondim Costa

Autor



Prof. Dr. Alessandro V. M. Oliveira (ITA)

Orientador



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 23 de novembro de 2010

Dedico este trabalho a minha amada mulher.

Agradecimentos

Agradeço Painho, Mainha, Natália e Ives. Agradeço aos meus avós, meus tios, minhas tias e meus primos. Agradeço aos meus colegas de escola, de colégio, de faculdade. Agradeço aos meus professores e aos meus mestres. Agradeço aos amigos verdadeiros. Agradeço a minha terra natal e ao meu país.

“Diante da vastidão do tempo e da imensidão do espaço é uma alegria para mim compartilhar
uma época e um planeta com você.”

Carl Sagan

Resumo

O transporte aéreo no Brasil foi recentemente liberalizado e uma das possíveis conseqüências desse processo foi a concentração de vôos em poucos aeroportos chamados de aeroportos “hubs”.

Durante os anos 2006 e 2007, dois acidentes fatais criaram um caos sem precedentes na história da aviação do País, com conseqüências danosas para os usuários do sistema, as companhias aéreas e aos setores da economia que dependem do transporte aéreo. Esses importantes problemas possivelmente foram causados por congestionamento nos aeroportos e sobrecarga de trabalho dos aeronautas e aeroviários, e levou a muitos episódios de atrasos e cancelamentos de vôos que duraram alguns meses. Pode-se argumentar que, dentre outros fatores, esse estado caótico foi resultado do aumento do grau de concentração do sistema em poucos aeroportos, particularmente Congonhas (em São Paulo) e Brasília.

Usando dados obtidos do HOTRAN e da INFRAERO, a concentração da malha aérea brasileira ao longo do tempo foi medida. Para tal, realizou-se uma mensuração de indicadores econométricos aplicados aos aeroportos. Apresentamos uma discussão a respeito das duas metodologias mais conhecidas para estudar concentração no transporte aéreo, o Índice de Herfindhal-Hirschman (HHI) e o índice de Gini. Além disso, apresentamos uma discussão a respeito do tipo de dados utilizados no estudo do fenômeno da concentração no transporte aéreo. Para isso foram contrastados dados de passageiros (INFRAERO) e de frequências de vôos (HOTRAN) nos 67 principais aeroportos brasileiros.

Por fim, estudamos a concentração no transporte aéreo brasileiro utilizando variáveis macroeconômicas como o PIB e o câmbio, além de medirmos quais os efeitos de eventos recentes na concentração do setor, como a própria crise de 2006 e 2007.

Abstract

The air travel in Brazil has recently been liberalized and the possible consequences of this process were the concentration of flights at airports just called airport hubs.

During the years 2006 and 2007, two fatal accidents have created an unprecedented chaos in the history of aviation in the country, with serious consequences for users of the system, airlines and economic sectors that depend on air transportation. These major problems were possibly caused by airport congestion and workload of aircrew and airline staff, and led to many episodes of delays and cancellations of flights that lasted a few months. It can be argued that, among other factors, this chaotic state was the result of the increase in concentration of the system in a few airports, particularly Congonhas (Sao Paulo) and Brasilia.

Using data obtained from HOTRAN and INFRAERO, the concentration of Brazilian air transportation network over time was measured. To this end, we carried out an econometric measurement of indicators applied to airports. We present a discussion about the two most popular methods to study concentration in air transport, Herfindhal-Hirschman Index (HHI) and the Gini index. Moreover, we present a discussion about the type of data used in the study of the phenomenon of concentration in air transport. For that, passenger data were contrasted (INFRAERO) with frequencies of flights data (HOTRAN) at 67 major airports.

Finally, we studied the concentration in the Brazilian air transportation using macroeconomic variables such as GDP and foreign exchange, besides which we measure the effects of recent events in the concentration of industry, as the crisis of 2006 and 2007.

Lista de Figuras

Figura 1: HHI versus NC	24
Figura 2: Distribuição dos pontos HHI versus NC.....	26
Figura 3: Passageiros versus Freqüências utilizando o HHI.....	28
Figura 4: Passageiros versus Freqüências utilizando o NC.....	28
Figura 5: Índice de conexão (número de passageiro – INFRAERO).....	32
Figura 6: Evolução da participação do aeroporto no tráfego de passageiros e o índice de conexão no aeroporto de Congonhas (INFRAERO).....	33

Lista de Tabelas

Tabela 1: Regressão linear do índice NC contra o HHI.....	25
Tabela 2: Regressão linear dos dados de passageiros e vôos utilizando o índice HHI.....	29
Tabela 3: Regressão linear dos dados de passageiros e vôos utilizando o índice NC.....	30
Tabela 4: Descrição das variáveis utilizadas em regressões	35
Tabela 5: Regressão para HHI	36
Tabela 6: Regressão para o índice Gini.	37
Tabela 7: Regressão para o índice LCO.	38
Tabela 8: Comparativo entre o HHI (hhi), número de hubs (lco), NC (nc), Gini (gini), Gini com Gini Maximo (adj_nc).	39

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

HHI	Índice Herfindahl-Hirschman
LCO	Índice criado por Lohman, Costa e Oliveira (2010)
NC	Índice de Gini Ajustado
HCI	<i>Hubbing Concentration Index</i>
HS	Configuração de rede <i>Hub-and-spoke</i>
SITAR	Sistema Integrado de Transporte Aéreo
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
HOTRAN	Horário de Transporte
PIB	Produto Interno Bruto

Sumário

1. Introdução.....	15
1.1. Motivação	15
1.2. Objetivo	15
1.3. Estrutura do Trabalho	16
2. Liberalização do Transporte Aéreo no Brasil	16
3. Hubs	17
4. Herfindahl-Hirschman Versus Gini	19
4.1. Gini	19
4.2. HHI	20
4.3. LCO	21
4.4. Comparando os dois índices	23
5. Dados de Passageiros Versus Dados de Frequências de Vôos.....	26
6. Índice de Conexão.....	30
7. Avaliando a Concentração nos Aeroportos Brasileiros.....	34
8. Discussão e Conclusão	39
9. Referências	41

1. Introdução

O transporte aéreo no Brasil foi recentemente liberalizado e uma das possíveis conseqüências desse processo foi a concentração de vôos em poucos aeroportos chamados de aeroportos “hubs”.

Durante os anos 2006 e 2007, dois acidentes fatais criaram um caos sem precedentes na história da aviação do País, com conseqüências danosas para os usuários do sistema, as companhias aéreas e aos setores da economia que dependem do transporte aéreo. Esses importantes problemas possivelmente foram causados por congestionamento nos aeroportos e sobrecarga de trabalho dos aeronautas e aeroviários, e levou a muitos episódios de atrasos e cancelamentos de vôos que duraram alguns meses. Pode-se argumentar que, dentre outros fatores, esse estado caótico foi resultado do aumento do grau de concentração do sistema em poucos aeroportos, particularmente Congonhas (em São Paulo) e Brasília.

1.1. Motivação

A motivação para realizar esse estudo vem da necessidade de se conhecer como se encontra organizada a malha aérea brasileira. Esse conhecimento é de extrema importância para os órgãos reguladores do setor, para as companhias aéreas, para os usuários e principalmente para o governo, que administra os maiores aeroportos do país, ajudando no direcionamento de investimentos e esforços, de forma a se obter sempre um sistema funcional e com bom nível de serviço.

1.2. Objetivo

Os objetivos desse trabalho são: estudar a concentração da malha aérea brasileira ao longo do tempo utilizando índices econométricos aplicados aos aeroportos, estudar os aeroportos hubs, contrastar os dois índices mais utilizados no estudo da concentração no transporte aéreo (HHI e Gini) e seus resultados, contrastar os dois tipos de dados que podem ser utilizados nesses estudos (dados de passageiros e dados de freqüências de

vôos) e modelar a concentração no transporte aéreo. Essas análises foram feitas com o uso de regressões lineares.

1.3. Estrutura do Trabalho

Primeiramente comentamos sobre o processo de liberalização do transporte aéreo brasileiro e como esse ajudou a moldar o sistema que hoje temos em funcionamento. Em seguida, realizamos um estudo profundo da literatura sobre os aeroportos hubs, mostrando entre outras coisas a visão dos especialistas do setor sobre o assunto. Nas seções seguintes, os índices econométricos de concentração são descritos e comparados entre si, os dados de passageiros e frequências de vôos são contrastados e o índice de conexão é explicitado como uma forma de se estudar os aeroportos hubs. Por fim, realizamos regressões em busca de um modelo econométrico que pudesse modelar a concentração da rede de aeroportos brasileiros.

2. Liberalização do Transporte Aéreo no Brasil

A liberalização do transporte aéreo no Brasil tem sua origem no início da década de 1990 quando o SITAR, Sistema Integrado de Transporte Aéreo, e sua estrutura rígida de companhias aéreas regionais e nacionais foram desmanchados, eliminando-se também os controles sobre as variáveis econômicas sobre o setor. Um novo mercado aéreo começou a tomar forma no país, com a entrada de pequenas novas companhias aéreas e a geração de um grande surto de competitividade (Oliveira, 2006a). Após esse período de liberalização ou desregulamentação, em 2003, o setor sentiu um aumento da interferência dos órgãos reguladores visando controlar a competição predatória no mercado. Ainda assim, não faltavam evidências de que a desregulamentação havia gerado ganhos indubitáveis ao setor aéreo brasileiro, como queda de preços, maior eficiência operacional e competitividade das empresas resultando em uma visível expansão do setor (Oliveira, 2006b).

Essa liberalização, porém, não foi aplicada aos setores de infra-estrutura que compõem a cadeia produtiva do transporte aéreo, como os aeroportos e o controle de

tráfego aéreo. Os principais aeroportos do país continuaram a ser administrados pelo INFRAERO, empresa estatal, e o controle de tráfego aéreo permaneceu sob a tutela do DECEA, órgão do governo subordinado ao Ministério da Defesa. Sem flexibilidade e sem investimentos suficientes (TCU, 2006), esses dois setores geraram um descompasso entre a infra-estrutura e o mercado aéreo, o que pode ter sido a principal causa dos gargalos operacionais e acidentes registrados no período de 2006-2007.

Outros fatores negativos, também associados a esse ambiente liberalizado, começaram a surgir tais como a redução no número de cidades atendidas pelo transporte aéreo e o aumento da concentração de frequências de vôos nos principais nós de sua estrutura de rede, conhecidos como hubs. Essas mudanças no perfil de operação das companhias aéreas obedecem a uma tendência mundial verificada em mercados recém-liberalizados como será explicado a seguir.

3. Hubs

Redes com configuração Hub-and-Spoke (HS) estão presentes em diferentes áreas da sociedade moderna, incluindo transportes, telecomunicações e logística (Horner, 2001). No transporte aéreo, a rede HS apareceu pela primeira vez em 1955, quando a Delta Air Lines usou Atlanta como um hub, num esforço para competir com a Eastern Air Lines na região sudeste dos Estados Unidos (Babcock, 2002). Após a desregularização do transporte aéreo nos Estados Unidos, em 1978, e na Europa, entre 1987 e 1997, as redes HS foram adotadas pela maioria das companhias aéreas nacionais que operavam em mercados liberalizados (Alderighi, 2005, Martin, 2009).

As principais vantagens das redes HS é que elas permitem as companhias aéreas reduzir os seus custos de viagem e aumentar a sua conectividade (Pels, 2001). As companhias aéreas conseguem reduzir o custo de viagem reunindo um agrupamento de passageiros, com a mesma origem e diferentes destinos, em vôos que alimentam o hub. Esses passageiros são redistribuídos em diferentes vôos de conexão, que saem do hub para seus destinos finais. A conectividade é aumentada dentro de um hub pelo fato de haver concentração de pousos e decolagens em determinados espaços de tempo, comumente chamadas de ondas do hub (Alderighi, 2005). Se por um lado um aeroporto

hub pode aumentar a produtividade das empresas aéreas, por outro, ele pode trazer alguns malefícios. O primeiro deles é o fato do hub fornecer certo poder de monopólio sobre as instalações aeroportuárias por parte das companhias aéreas que lá operam (Nero, 1999). Em adição a isso, ocorre uma sobrecarga de operações nos hubs, aumentando os atrasos, criando barreiras a novos entrantes naquele aeroporto, aumentando o nível de desvios na rede e aumentando o congestionamento aéreo, o que pode causar uma sobrecarga nos controladores de voo podendo comprometer a segurança (Button, 2002, Hoffman, 2000, Oliveira, 2006b, Rodrigue, 2006).

Apesar da grande importância dos hubs, não há consenso entre os especialistas do setor acerca de uma definição precisa para o hub. Como exemplo, Burghouwt (Burghouwt, 2007) fornece uma lista de quinze definições de diferentes autores. No entanto, dentre essas é possível identificar algumas congruências. Uma delas é a palavra “concentração”. A concentração de tráfego no espaço-tempo significa que as companhias consolidam suas operações para que o tráfego de uma gama de origens possam ser distribuído para uma outra gama de destinos finais. Nesse sentido, O’Kelly (O’Kelly, 1998) resume que “hubs [...] são nós especiais de uma parte da rede, localizados de tal forma a facilitar a conectividade entre lugares”. Além das características de concentração e distribuição, centralidade é também outro termo usualmente associado com hubs (Shaw, 1993). Lohmann (Lohmann, 2009), por exemplo, descreve as vantagens que Singapura e Dubai desfrutaram em termos de sua posição geográfica central, desenvolvendo com isso não só hubs robustos como também o turismo local.

Outro aspecto comum identificado, dentre algumas das definições apresentadas por Burghouwt, está o fato de que uma rede HS deve ter um número limitado de hubs. Por exemplo, Button, Haynes e Stough (Button, 1998) afirmam que “em operações em redes HS, as companhias aéreas geralmente utilizam um ou mais aeroportos grandes”. Kanafani e Ghobrial (Kanafani, 1985) dizem que a concentração de vôos ocorre em poucos aeroportos, enquanto Oum, Zhang e Zhang (Oum, 1995) afirmam que a operação de uma companhia aérea usando uma rede HS vai ocorrer utilizando um, ou poucas cidades hubs.

Levando em conta a falta de uma definição única para o hub, um considerável número de estudos vem tentando operacionalizar a definição de um hub e, acima de

tudo, apresentam como foco principal as redes das companhias aéreas ao invés dos aeroportos em si. Esses cálculos são fortemente baseados em medidas econometricas padrão de concentração tais como medidas de entropia, coeficiente de variação e índices de Theil, de Gini e Herfindahl (Alderighi, 2005, Burghouwt, 2003, Martin, 2009, Reynolds-Feighan, 2001), sendo esses dois últimos os mais utilizados.

4. Herfindahl-Hirschman Versus Gini

Medidas econometricas de concentração são muito utilizadas como forma de indicar como está estruturado um determinado mercado. No mercado aéreo não é diferente, e essas medidas podem ser utilizadas, desde que possuam algumas características desejáveis (Hall, 1967), dentre elas serem unidimensionais, independentem do tamanho do mercado estudado e variarem de zero a um.

4.1. Gini

Um dos índices mais encontrados na literatura para medir concentração no transporte aéreo é o índice de Gini (Burghouwt, 2003, Martin, 2009, Huber, 2008, Reynolds-Feighan, 1998, Reynolds-Feighan, 2001). Surgiu pela primeira vez no trabalho do estatístico Corrado Gini que buscava expressar a diferença de distribuição da uniformidade (Gini, 1913). Bastante utilizado para medir desigualdade de riqueza e renda, só foi introduzido na análise do transporte aéreo em 1998 por Reynolds-Feighan (Reynolds-Feighan, 1998) que o utilizou para medir a concentração espacial nas redes

$$1 - 1/N \sum_{i=1}^N (\sigma Y_i + \sigma Y_{i-1})$$

Equação 1):

$$Gini = \left| 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\sigma Y_i + \sigma Y_{i-1}) \right|$$

Equação 1

N é o número de aeroportos da rede.

σY_i é o tráfego acumulado do aeroporto mais movimentado até o i -ésimo aeroporto mais movimentado.

Entretanto, de acordo com Burghouwt (Burghouwt, 2003), o índice de Gini apresentava duas falhas que iam de encontro com as características citadas por Hall (Hall, 1967), nem variavam de zero a um e nem dependiam do tamanho do mercado estudado. Assim, para eliminar esses problemas, ele introduziu um novo índice, chamado de NC, que representa o índice Gini ponderado pelo Gini máximo possível para aquela rede (Equação 2):

$$NC = \frac{Gini}{G_{max}}$$

Equação 2

G_{max} é o índice de Gini máximo em uma rede, dado por $G_{max} = 1 - 2/N$

Uma das vantagens do Gini é que ele não é sensível a distribuição da população e reage bem a mudanças em qualquer parte da população, sejam mudanças em aeroportos pequenos, médios ou grandes (Huber, 2008). O cálculo do índice Gini não necessita de um mercado homogêneo ou bem definido.

4.2. HHI

O outro índice mais utilizado para medir concentração no transporte aéreo é o índice de Herfindhal-Hirschman (Huber, 2008, Martin, 2009, Papatheodorou, 2009, Reynolds-Feighan, 2001, Lijesen, 2004). Foi desenvolvido em 1950 pelos economistas Orris Herfindahl e Albert Hirschman (Hirschman, 1964) com o intuito de medir a

concentração das empresas em uma determinada indústria. Esse índice é bastante utilizado em casos de regulação antitruste (Schmidt, 2002) e comumente utilizado no transporte aéreo como um substituto ou concorrente do índice Gini.

O HHI é dado pela Equação 3:

$$HHI = \sum_{i=1}^N s_i^2$$

Equação 3

s_i é a participação de tráfego do aeroporto i .

O principal problema do HHI é que ele depende do tamanho do mercado analisado, além de ser considerada uma medida pobre uma vez que pode ser derivada a partir dos parâmetros da distribuição de tamanho de base (Reynolds-Feighan, 2001). Possui também outra limitação que se refere à existência de um mercado bem definido, o que não representa problema para o nosso estudo, visto que o mercado doméstico de passageiros é um mercado bem definido, mas constitui-se numa limitação importante.

Já uma vantagem desse índice, é que ele só é sensível a mudanças nos extremos da população em estudo, o que é ideal quando se busca estudar os hubs por exemplo. Utilizando essa linha de raciocínio, Costa (Costa, 2010) utilizou o HHI e desenvolveu um modelo para medir o número de hubs teórico de uma dada rede.

4.3. LCO

Nesse trabalho, Costa (Costa, 2010) dividiu os aeroportos em duas categorias: aeroportos hubs e aeroportos “spoke”. Por definição, um hub é um aeroporto pelo qual todo o tráfego é canalizado. Dada essa restrição, hubs concentram 50% de todos os pousos e decolagens, sendo os outros 50% restantes distribuídos pelos spokes. Assim, aplicando o HHI a rede de h hubs e $(n-h)$ spokes, obteve-se (Equação 4):

$$HHI(n, h) = \sum_{i=1}^h s_{hi}^2 + \sum_{j=1}^{n-h} s_{sj}^2$$

Equação 4

n é o número de aeroportos da rede

h é o número de aeroportos hub da rede

s_{hi} é a participação de tráfego de um aeroporto hub

s_{sj} é a participação de tráfego de um aeroporto spoke

impondo simetria ao sistema e fazendo uso da definição de hub tem-se (Equação 5):

$$HHI = HHI(n, h) = \left(\frac{0,5}{n}\right)^2 h + \left(\frac{0,5}{n-h}\right)^2 (n-h)$$

$$HHI(n, h) = \frac{0,25n}{h(n-h)}$$

Equação 5

Na situação de máxima concentração existiria apenas um hub com 50% do tráfego, e nessa situação temos (Equação 6):

$$HHI^* = HHI(1, h) = \frac{0,25n}{(n-1)}$$

Equação 6

Se dividirmos a Equação 5 pela Equação 6 teremos:

$$\frac{HHI(n, h)}{HHI(n, 1)} = \frac{HHI}{HHI^*} = \frac{0,25n}{h(n-h)} \frac{(n-1)}{0,25n}$$

$$(-HHI)h^2 + (nHHI)h + (1 - n)HHI^* = 0$$

$$h = \frac{1}{2} \left(n \pm \sqrt{n^2 - \frac{n}{HHI}} \right)$$

Equação 7

A Equação 7 mostra o resultado obtido por Costa (Costa, 2010), onde h representa o número de hubs da rede em estudo. Esse índice é denominado no presente trabalho de LCO (iniciais dos autores) apenas para facilitar a sua referência.

4.4. Comparando os dois índices

A comparação entre índices de concentração no transporte aéreo foi levantada algumas vezes na literatura, entretanto, sempre de forma qualitativa. O que propomos é fazer a comparação quantitativa entre os índices HHI e de Gini, sendo esse utilizado na forma de NC (Burghouwt, 2003). Outro aspecto quando se analisa redes em transporte aéreo utilizando os índices de concentração é que em toda a bibliografia avaliada, o foco dos estudos eram sempre as redes das companhias aéreas. Aqui, utilizamos tais índices para avaliar a rede de aeroportos de certo país ou região, no nosso caso o Brasil.

A base de dados utilizada para fazer a comparação entre os índices foram os dados mensais de volume de passageiros da INFRAERO. Tal base de dados contém o registro de todos os passageiros que passaram pelos sessenta e um maiores aeroportos administrados pela INFRAERO em volume de passageiros no período de janeiro de 1995 até julho de 2008. Uma observação relevante em relação aos dados da INFRAERO é que eles foram coletados nos aeroportos pelas companhias aéreas, que nem sempre preenchiam os formulários de forma uniforme. Portanto, essa é uma base que pode apresentar erros, sem, entretanto, comprometer a ordem de grandeza dos números, que é o que nos importa nesse estudo.

Analisando os dois índices calculados ao longo desse período, podemos reparar na correlação visual que esses apresentam (Figura 1), ou seja, sempre que um deles

apresenta redução, em função de uma queda na concentração, o outro o acompanha de forma semelhante.

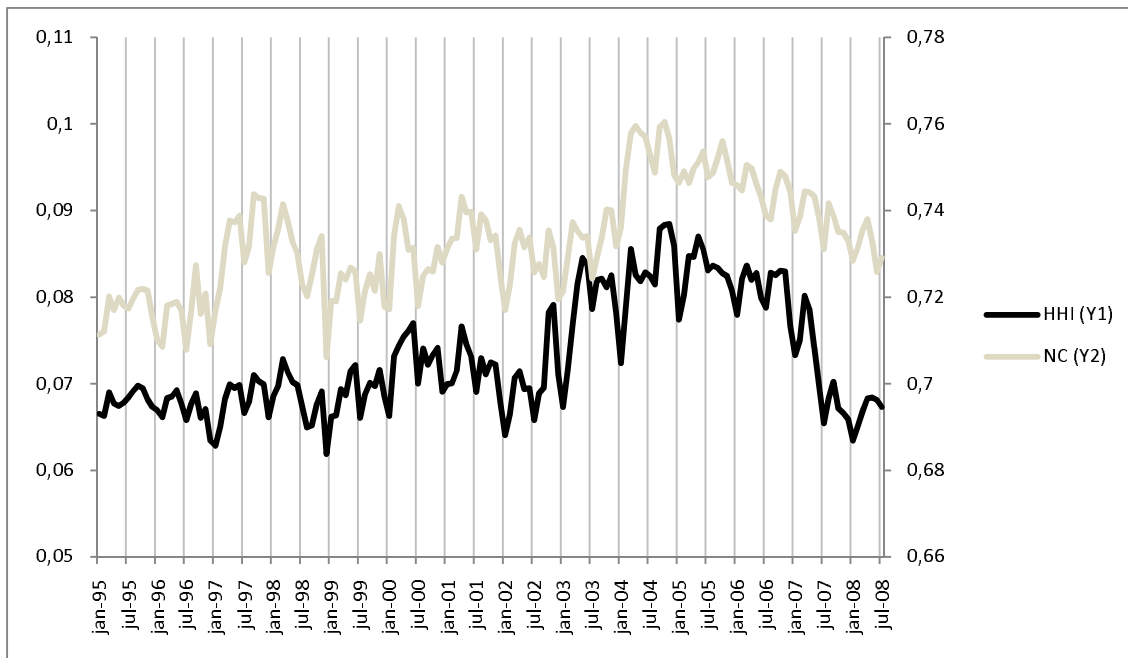


Figura 1: HHI versus NC

A partir dessa constatação, com o auxílio do programa STATA 11™, estudou-se através de uma regressão linear, como estavam correlacionados os dois índices. Os parâmetros estatísticos obtidos podem ser observados na Tabela 1.

. reg nc hhi t m_2-m_12						
Source	SS	df	MS			
Model	.018050192	13	.001388476	Number of obs = 163		
Residual	.006297421	149	.000042265	F(13, 149) = 32.85		
				Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.7414		
				Adj R-squared = 0.7188		
Total	.024347614	162	.000150294	Root MSE = .0065		
nc	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
hhi	1.059658	.0966085	10.97	0.000	.868758	1.250558
t	.0000898	.000013	6.90	0.000	.0000641	.0001156
m_2	.0018761	.0024671	0.76	0.448	-.002999	.0067511
m_3	.0044481	.002514	1.77	0.079	-.0005197	.0094159
m_4	.004819	.0025202	1.91	0.058	-.0001608	.0097989
m_5	.0029878	.0025177	1.19	0.237	-.0019871	.0079628
m_6	.0024763	.0025026	0.99	0.324	-.0024689	.0074216
m_7	-.0014021	.0024643	-0.57	0.570	-.0062715	.0034673
m_8	.0002432	.0025398	0.10	0.924	-.0047756	.005262
m_9	.0033567	.002554	1.31	0.191	-.00169	.0084035
m_10	.0033522	.0025614	1.31	0.193	-.0017092	.0084136
m_11	.0035677	.0025674	1.39	0.167	-.0015056	.008641
m_12	-.0021075	.0025107	-0.84	0.403	-.0070686	.0028536
_cons	.6462651	.0063768	101.35	0.000	.6336644	.6588658

Tabela 1: Regressão linear do índice NC contra o HHI.

Nessa regressão linear, o NC (nc) é a variável independente enquanto que o HHI (hhi) é a variável dependente. Dos resultados observou-se que os índices possuem uma correlação bastante alta entre si, pois tanto o parâmetro R2 (R-squared) quanto o R2 ajustado (Adj R-squared) possuem valores maiores que 0,7. Também nessa regressão, utilizaram-se variáveis dummies de sazonalidade (m_<mês>) e de controle de tendência (t), que como o próprio nome diz, servem para eliminar efeitos de sazonalidade e efeitos temporais da série de dados. O principal resultado foi à observação de que o coeficiente (Coef.) da variável dependente HHI é positivo e bastante significativo ($P > |t| = 0,000$), o que indica, como já esperado, que HHI e NC são diretamente proporcionais e bastante correlacionados. Os resultados são apresentados graficamente na Figura 2, onde é apresentado um diagrama de dispersão dos pontos obtidos, no eixo das abscissas o HHI e nas ordenadas o Gini.

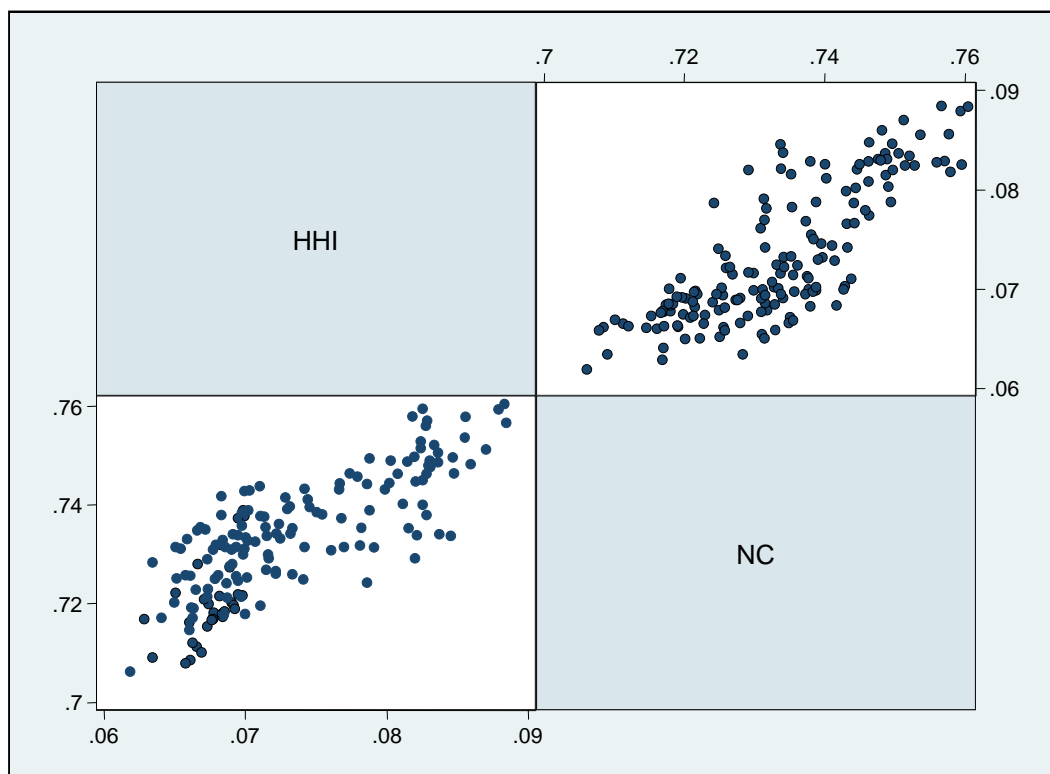


Figura 2: Distribuição dos pontos HHI versus NC.

Dessa forma, pode-se afirmar que os índices HHI e NC quando utilizados para estudar dados de passageiros em aeroportos produzem um resultado muito semelhante. A discussão a respeito de qual índice de concentração é melhor ou pior torna-se irrelevante, observando-se, entretanto, as limitações impostas a cada um deles, discutidas nos itens anteriores.

5. Dados de Passageiros Versus Dados de Frequências de Vôos

Além das medidas econometricas, outro aspecto relevante que se coloca em relação aos estudos de concentração em malhas aéreas, sejam elas de companhias aéreas ou de aeroportos, é em relação ao tipo de dados utilizados para avaliá-las. Podem-se utilizar dados relacionados ao fluxo de passageiros ou dados relacionados às frequências de vôos entre os pontos da rede.

Os dois tipos de dados são importantes quando da avaliação da infra-estrutura dos aeroportos. Os dados de passageiros são interessantes por permitir uma análise da utilização do lado terrestre do aeroporto (saguões de embarque, desembarque, etc.) enquanto que os dados das frequências de vôos permitem uma melhor análise do lado aéreo do aeroporto (pistas, pátios, etc.).

Os dados de passageiros permitem a análise do índice de conexão em cada aeroporto, facilitando assim o estudo e a localização daqueles aeroportos que são utilizados como hubs. Já os dados das frequências de vôos permitem estudar e localizar aqueles aeroportos que estão concentrando mais vôos, mas não necessariamente passageiros em conexão.

Em se tratando do estudo da concentração e hubinização de uma rede no transporte aéreo, não existem conclusões na literatura a respeito de qual tipo de dado é melhor para avaliá-la. Esse tópico de estudo visa responder a essa pergunta e para isso utilizamos uma abordagem estatística dos dois tipos de dados.

Os dados utilizados para comparar os dois tipos de dados são a base HOTRAN+/NECTAR (NECTAR, 2010) e dados mensais da INFRAERO, contendo informações do fluxo de vôos e passageiros, respectivamente, nos sessenta e um aeroportos mais movimentados administrados pela INFRAERO, durante o período de janeiro de 1999 até julho de 2008. O HOTRAN (Horário de Transporte) é um sistema de informações dos vôos das companhias aéreas regulares onde constam os vôos aprovados pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil).

Para avaliar essas duas séries de dados aplicaram-se os dois índices de concentração citados no tópico anterior, o HHI e o NC. Isso tem como objetivo, além de contrastar os dois tipos de dados, que é o objetivo principal do tópico, como também mostrar que os dois índices apresentam as mesmas conclusões. As séries de dados de passageiros e vôos são apresentadas na Figura 3 e na Figura 4, onde foram aplicados, respectivamente, os índices HHI e NC.

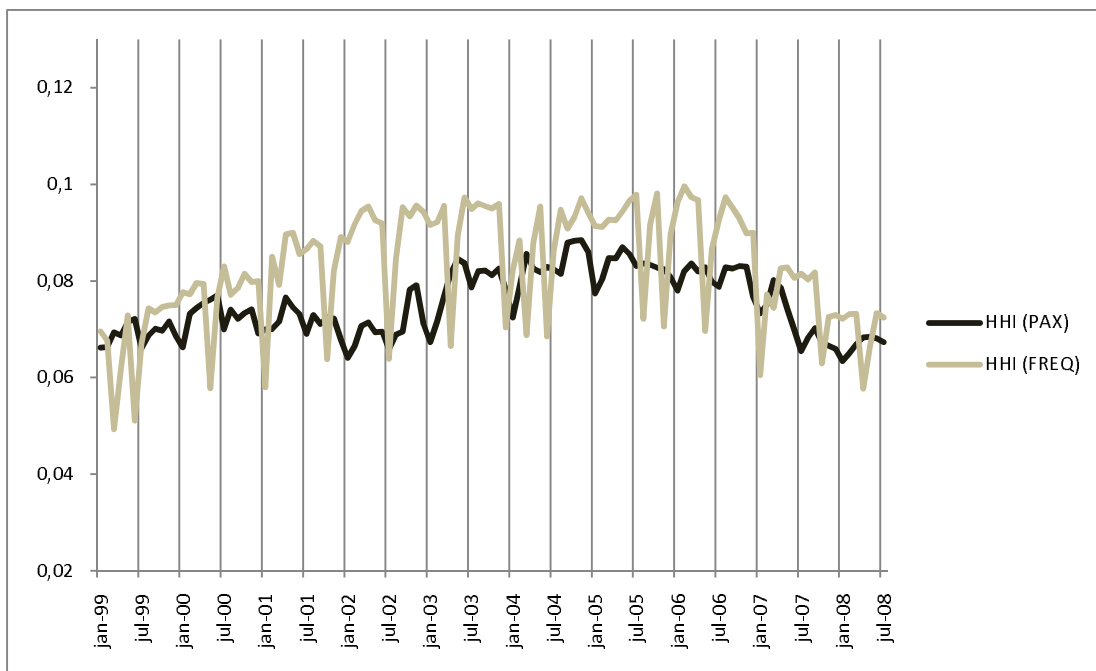


Figura 3: Passageiros versus Freqüências utilizando o HHI

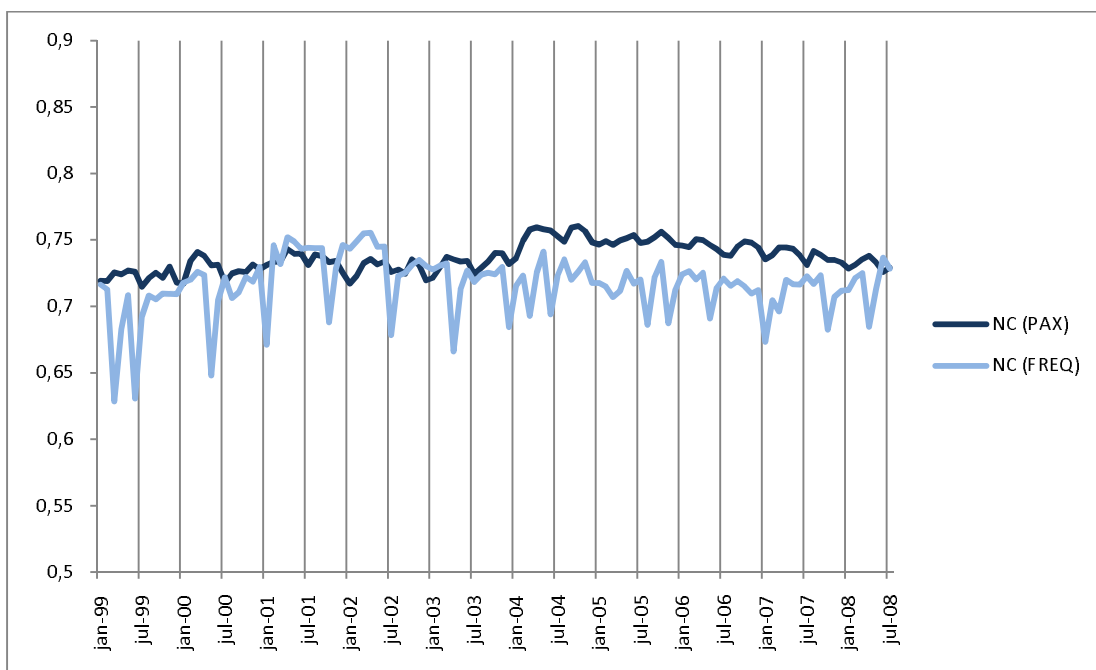


Figura 4: Passageiros versus Freqüências utilizando o NC

Em ambos os casos, nota-se que a série de passageiros apresenta-se mais suave, enquanto que a de freqüências de vôos apresenta-se mais irregular. Tal observação pode estar ligada ao fato de que a demanda dos passageiros pode ser considerada contínua, enquanto que a oferta de assentos ou freqüências é discreta.

Foram realizadas duas regressões lineares simples com as séries, uma tratada com HHI e a outra com o NC. Utilizaram-se também variáveis auxiliares dummies de controle de sazonalidade e de tendência. Em ambas as regressões a variável de passageiros (hhipax e ncpax) foi utilizada como variável independente, enquanto que a variável de frequências de vôos (hhifreq e ncfreq) foi utilizada como variável dependente. Os resultados são apresentados na Tabela 2, para o HHI e na Tabela 3 para o NC.

. reg hhipax hhifreq t m_2-m_12						
Source	SS	df	MS			
Model	.001940632	13	.000149279	Number of obs = 115		
Residual	.003190853	101	.000031593	F(13, 101) = 4.73		
Total	.005131485	114	.000045013	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.3782		
				Adj R-squared = 0.2981		
				Root MSE = .00562		
hhipax	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
hhifreq	.2532114	.0459956	5.51	0.000	.1619686	.3444543
t	.0000363	.0000161	2.26	0.026	4.41e-06	.0000682
m_2	.0016184	.0025266	0.64	0.523	-.0033936	.0066304
m_3	.0060429	.0025149	2.40	0.018	.001054	.0110318
m_4	.0064596	.002516	2.57	0.012	.0014686	.0114507
m_5	.0064458	.0025164	2.56	0.012	.001454	.0114377
m_6	.00562	.0025162	2.23	0.028	.0006285	.0106114
m_7	.0016291	.0025206	0.65	0.520	-.0033711	.0066293
m_8	.0044214	.0025984	1.70	0.092	-.0007331	.0095759
m_9	.0043924	.0026145	1.68	0.096	-.0007941	.0095789
m_10	.0060931	.0025934	2.35	0.021	.0009486	.0112376
m_11	.0064028	.0025948	2.47	0.015	.0012554	.0115502
m_12	.0024541	.0025935	0.95	0.346	-.0026906	.0075989
_cons	.0461486	.0041015	11.25	0.000	.0380123	.0542849

Tabela 2: Regressão linear dos dados de passageiros e vôos utilizando o índice HHI.

. reg ncpax ncfreq t m_2-m_12						
Source	SS	df	MS		Number of obs =	115
Model	.00550859	13	.000423738		F(13, 101) =	5.11
Residual	.008371061	101	.000082882		Prob > F =	0.0000
Total	.013879651	114	.000121751		R-squared =	0.3969
					Adj R-squared =	0.3193
					Root MSE =	.0091
ncpax	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ncfreq	.0386573	.0385111	1.00	0.318	-.0377384	.115053
t	.0001722	.0000256	6.72	0.000	.0001214	.0002231
m_2	.0047162	.0041021	1.15	0.253	-.0034213	.0128538
m_3	.0103624	.0040718	2.54	0.012	.0022851	.0184397
m_4	.0113228	.0040735	2.78	0.006	.003242	.0194036
m_5	.0088107	.0040745	2.16	0.033	.000728	.0168933
m_6	.0076109	.0040735	1.87	0.065	-.0004699	.0156917
m_7	.0002733	.0040788	0.07	0.947	-.007818	.0083646
m_8	.0052762	.0041888	1.26	0.211	-.0030333	.0135857
m_9	.0076337	.0041998	1.82	0.072	-.0006976	.0159651
m_10	.0091987	.0041851	2.20	0.030	.0008966	.0175007
m_11	.0090965	.0041897	2.17	0.032	.0007853	.0174077
m_12	.0017897	.0041895	0.43	0.670	-.0065212	.0101006
_cons	.6845216	.027586	24.81	0.000	.6297985	.7392447

Tabela 3: Regressão linear dos dados de passageiros e vôos utilizando o índice NC.

Observando os resultados dessas duas regressões, podemos responder a pergunta sobre qual tipo de dado, de passageiros ou de frequências de vôos, é melhor para avaliar concentração e hubinização no transporte aéreo. Infelizmente, a partir da série estudada, não é possível desenhar nenhuma conclusão, visto que as regressões mostraram os parâmetros R2 (R-squared) baixos, o que significa que, mesmo utilizando dois índices diferentes, não foi possível traçar nenhuma correlação confiável a respeito das duas séries de dados.

Por outro lado, obtivemos resultados semelhantes com os dois índices, HHI e NC, mesmo sendo resultados inconclusivos, quando comparados passageiros com frequências, o que nos indica que os índices caminham na mesma direção na análise.

6. Índice de Conexão

Voltando ao estudo do hub, um ponto pouco discutido na literatura, mas de grande importância no estudo desse elemento, é o índice de conexão nos aeroportos. O índice de conexão é definido como sendo o percentual de passageiros de conexão em um determinado aeroporto. Martin e Voltes-Dorta (Martin, 2009) são um dos poucos que tenta quantificar esse aspecto. Eles criaram um índice híbrido de HHI e índice de

conexão nos aeroportos, o qual eles chamaram de HCI (Hubbing Concentration Index). Entretanto, esse índice é de difícil cálculo, pois necessita de dados desagregados em todas as possíveis rotas dentro da rede.

No entanto, o próprio índice de conexão nos aeroportos, já nos ajuda a avaliar se os aeroportos são ou não utilizados como hubs. Com o objetivo de fazermos essa avaliação, foram utilizados, novamente, os dados mensais da INFRAERO, durante o período de janeiro de 2000 até julho de 2008, e calculamos o índice de conexão para os sessenta e um aeroportos administrados pela INFRAERO. A Figura 5 mostra a evolução dos índices de conexão dos dez aeroportos com maiores índices de conexão em julho de 2008.

Analisando a Figura 5 extraímos algumas informações importantes em relação aos aeroportos retratados. O aeroporto de Brasília, ao longo desse período, apresenta-se como maior centro de conexões na rede de aeroportos brasileiros, apresentando um pico bastante importante em 2004, onde o índice de conexão ultrapassou cinquenta por cento. Outro aeroporto importante nesse cenário é o aeroporto de Guarulhos/São Paulo. Esse aeroporto apresentava-se, no início da década, como o que possuía mais conexões, mas viu seu índice de conexão cair de mais de trinta por cento para menos de quinze por cento ao final do período estudado. Um terceiro aeroporto, que vale ser mencionado, é o aeroporto do Galeão/Rio de Janeiro, que apresentou um crescimento expressivo no número de passageiros em conexão utilizando suas instalações, passando de menos de dez por cento para aproximadamente vinte por cento. Entretanto, o que mais chama atenção nessa série é a importante inflexão do gráfico no período compreendido entre julho de 2007 e julho de 2008. Tal inflexão apresentou-se mais acentuada nos aeroportos de Brasília, Galeão/Rio de Janeiro e Congonhas/São Paulo, tendo como causa mais provável as medidas tomadas pelo governo federal após o “apagão aéreo”.

Essas medidas afetaram principalmente o aeroporto de Congonhas/São Paulo, palco do acidente com uma aeronave da companhia TAM no dia 17 de julho de 2007 vitimando fatalmente duzentas pessoas. Essas medidas, tomadas pela ANAC, consistiram dentre outras, na redução do número de operações horárias de pouso e decolagem, no estabelecimento de um limite máximo de mil quilômetros para vôos com origem e destino em Congonhas e a proibição de vôos com escala ou conexão nesse aeroporto (Estadão, 2007).

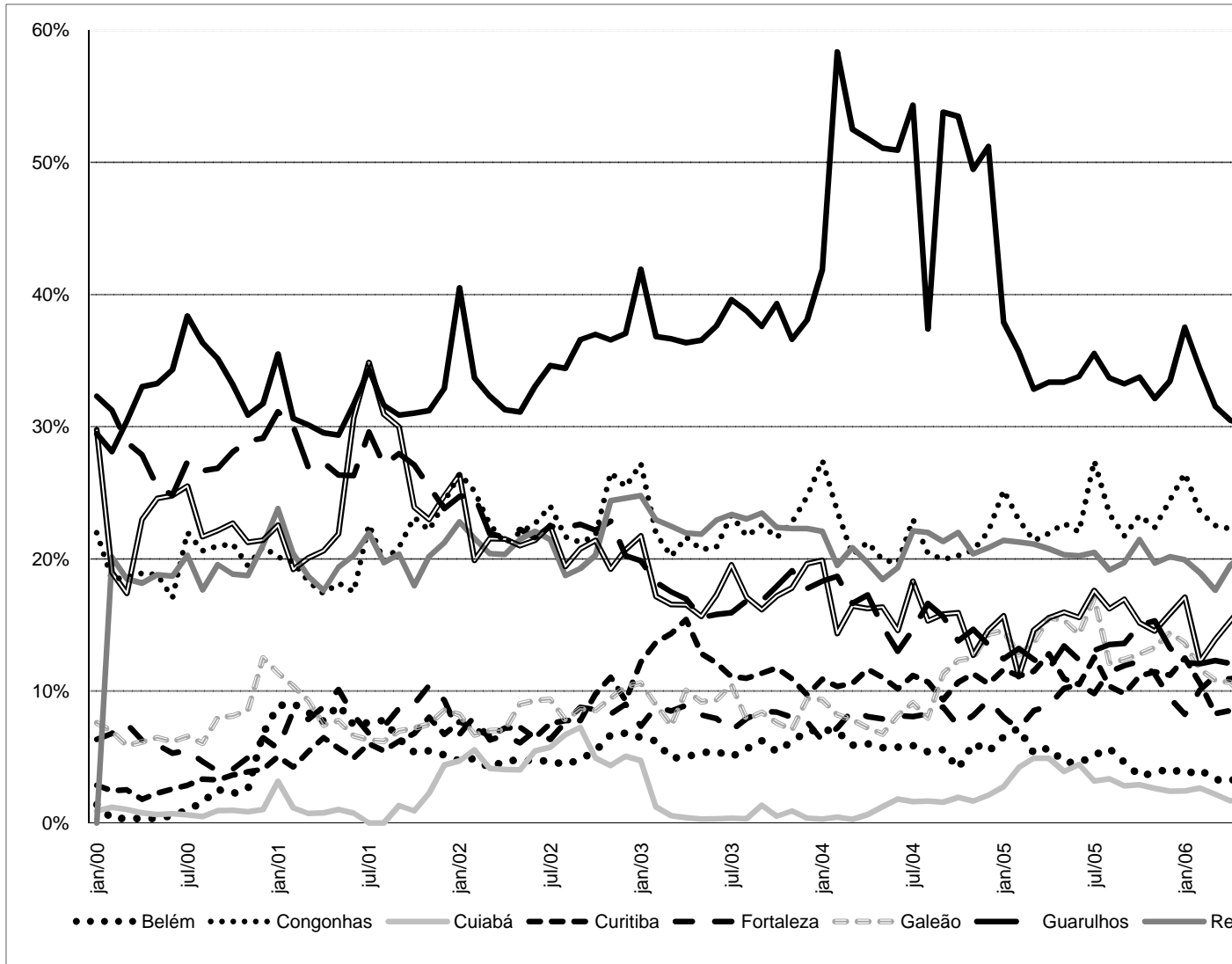


Figura 5: Índice de conexão (número de passageiro – INFRAERO)

Essas medidas, em última instância, transformaram as características desse aeroporto de um hub nacional em um aeroporto regional (Knibb, 2007). Infelizmente, essas medidas não duraram muito, sendo retiradas de forma gradual e transformando o aeroporto de Congonhas novamente em um importante centro de conexões e de tráfego aéreo nacional. A Figura 6 mostra três momentos distintos, julho de 2007, quando aconteceu o acidente da TAM, janeiro de 2008, auge das restrições, e julho de 2008, quando foram retiradas as restrições ao aeroporto. São mostrados dois aspectos, a participação de Congonhas no número de passageiros transportados na rede brasileira e o índice de conexão nesse aeroporto.

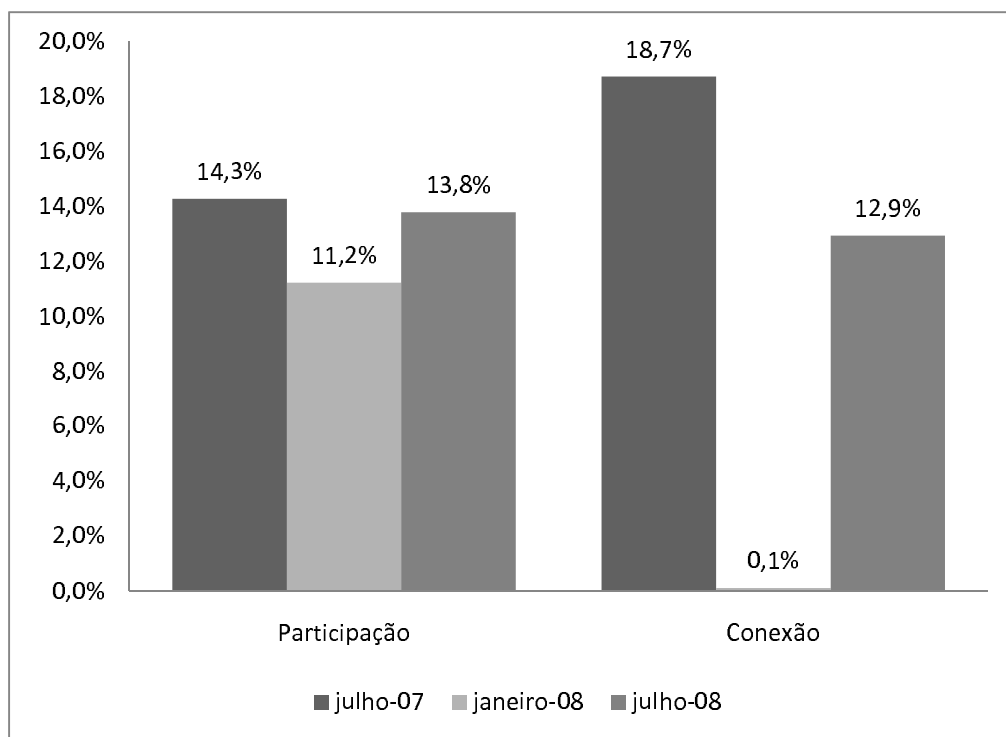


Figura 6: Evolução da participação do aeroporto no tráfego de passageiros e o índice de conexão no aeroporto de Congonhas (INFRAERO).

Essa análise serve, além de outros objetivos, para mostrar como é importante se analisar o índice de conexão nos aeroportos, principalmente se ele possui vocação para servir como um hub. Essa análise só é possível com dados sobre o fluxo de passageiros nos aeroportos, sendo tal aspecto um fator a favor do uso de dados de passageiros.

7. Avaliando a Concentração nos Aeroportos Brasileiros

Nessa seção a concentração nos aeroportos brasileiros será avaliada de forma quantitativa, e para isso, foram utilizadas, novamente, regressões lineares. Essas regressões, por sua vez, envolveram testar uma gama de variáveis, desde variáveis macroeconômicas até eventos específicos, com o objetivo de desenvolver uma equação que possa modelar, de forma satisfatória, a concentração nos aeroportos brasileiros. As regressões foram realizadas no programa STATA 11TM e os dados utilizados foram os dados mensais de passageiros da INFRAERO, coletados nos sessenta e um maiores aeroportos administrados pela empresa, durante o período janeiro de 1995 até julho de 2008. Todas as variáveis testadas encontram-se descritas na Tabela 4.

Variáveis	Tipo de variável	Explicação
<i>hhi</i>	independente	Índice HHI
<i>nc</i>	independente	Índice NC
<i>lco</i>	independente	Índice LCO
<i>gdp</i>	dependente	PIB nominal
<i>usd</i>	dependente	Taxa de câmbio USD/BRL corrigida pelo IPCA
<i>lnhhi</i>	independente	Logaritmo neperiano do HHI
<i>lnnc</i>	independente	Logaritmo neperiano do NC
<i>lnlco</i>	independente	Logaritmo neperiano do LCO
<i>lngdp</i>	dependente	Logaritmo neperiano do PIB
<i>lnusd</i>	dependente	Logaritmo neperiano do LCO
<i>gol</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> indicativa da presença da Gol no mercado
<i>cgh</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> indicativa de CGH sob intervenção governamental
<i>codeshare</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> indicativa da presença do <i>codeshare</i> entre TAM e Várig
<i>apagao</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> do período do apagão aéreo
<i>cint</i>	dependente	Volume de passageiros em conexão internacional na rede
<i>lncint</i>	dependente	Logaritmo neperiano dos passageiros em conexão internacional na rede
<i>n</i>	dependente	Número de aeroportos presentes na rede
<i>gini</i>	independente	Índice Gini
<i>gmax</i>	dependente	Gini máximo para a rede
<i>lngini</i>	independente	Logaritmo neperiano do Gini
<i>lngmax</i>	dependente	Logaritmo neperiano do Gini máximo

<i>t</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> para controle de tendência
<i>m_*</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> para controle de sazonalidade, onde o símbolo * representa o mês do ano
<i>t_poslib</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> que sinaliza a quebra na tendência após a liberalização de 1998
<i>t_posgol</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> que sinaliza a quebra na tendência após a entrada da Gol
<i>t_cs</i>	dependente	Variável <i>dummy</i> que sinaliza a quebra na tendência após a liberalização de 1998

Tabela 4: Descrição das variáveis utilizadas em regressões

As estimações efetuadas tiveram como objetivo achar uma da seguinte forma (Equação 8):

$$VI = \alpha_1 VD_1 + \alpha_2 VD_2 + \dots + \alpha_{n-1} VD_{n-1} + \alpha_n VD_n + Constante$$

Equação 8

VD é variável dependente

VI é variável independente

α_n é o coeficiente ou parâmetro

As regressões realizadas nesse tópico, por serem mais complexas e tratarem com mais variáveis, foram realizadas com um modelo de regressão diferente do modelo clássico. Esse modelo é chamado de estimação OLS (Ordinary Least Squares) que serve para estimar os parâmetros de uma regressão linear utilizando o método mínimos quadrados ordinários.

Após as estimações, chegamos a conclusão de que nenhuma das variáveis *dummy* apresentou resultado estatisticamente significativo (apagão, codeshare, gol, cgh). Entretanto obtivemos resultados bastante satisfatórios quando se tratava das variáveis macroeconômicas (PIB e câmbio) e dos deslocadores de tendência (*t*, *t_poslib*, *t_posgol*, *t_cs*)

Primeiramente foi testado o índice de concentração HHI. A equação que modela a concentração para esse índice é dado pelas variáveis mostradas na Tabela 5. Todas as variáveis dependentes foram consideradas significantes e o R2 obteve valor próximo a 0,7.

Tabela 5: Regressão para HHI

```

. ivreg29 lnghi lngdp lnusd lncint t t_poslib t_posgol t_cs m_2-m_12, bw(2) rob small
OLS estimation
-----
Estimates efficient for homoskedasticity only
Statistics robust to heteroskedasticity and autocorrelation
  kernel=Bartlett; bandwidth=      2
  time variable (t):  t

                                     Number of obs =      163
                                     F( 18,   144) =      25.89
                                     Prob > F      =      0.0000
                                     Centered R2    =      0.6881
                                     Uncentered R2  =      0.9996
                                     Root MSE    =      .05276

Total (centered) SS      = 1.284946164
Total (uncentered) SS  = 1120.519836
Residual SS             = .4007980748

```

lnghi	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lngdp	-.5451722	.2017928	-2.70	0.008	-.9440308	-.1463135
lnusd	.0566063	.0312503	1.81	0.072	-.0051623	.1183748
lncint	.0828915	.0346125	2.39	0.018	.0144773	.1513057
t	.0034551	.0007312	4.72	0.000	.0020098	.0049005
t_poslib	.0015387	.0006345	2.42	0.017	.0002845	.002793
t_posgol	-.0001611	.0001937	-0.83	0.407	-.0005441	.0002218
t_cs	.0005637	.0001587	3.55	0.001	.00025	.0008774
m_2	.0147349	.0202002	0.73	0.467	-.0251924	.0546622
m_3	.0730184	.0217131	3.36	0.001	.0301008	.115936
m_4	.0916289	.0196955	4.65	0.000	.0526993	.1305585
m_5	.1141782	.0215098	5.31	0.000	.0716625	.1566939
m_6	.1045837	.0218882	4.78	0.000	.0613201	.1478474
m_7	.0487928	.022538	2.16	0.032	.0042447	.0933409
m_8	.0769909	.0235086	3.28	0.001	.0305245	.1234574
m_9	.0753048	.0222787	3.38	0.001	.0312692	.1193403
m_10	.1070553	.0249359	4.29	0.000	.0577675	.156343
m_11	.1226188	.0259126	4.73	0.000	.0714005	.1738371
m_12	.0454812	.0230356	1.97	0.050	-.0000505	.0910128
_cons	-2.516463	.0677562	-37.14	0.000	-2.650388	-2.382537

```

Included instruments: lngdp lnusd lncint t t_poslib t_posgol t_cs m_2 m_3 m_4
                    m_5 m_6 m_7 m_8 m_9 m_10 m_11 m_12

```

Tabela 5: Regressão para HHI

Já para o índice NC, os resultados iniciais não se mostravam animadores, visto que os coeficientes da equação não conseguiam obter índice de significância aceitável. Assim, o Índice NC foi quebrado em seus dois constituintes, índice Gini (Ingini) e Gini máximo (Ingmax), sendo que o Gini máximo passou a ser variável dependente. Com isso, obtivemos resultados muito próximos ao do índice HHI, coeficientes significante, além do R2 acima de 0,8. Os resultados são mostrados na Tabela 6. Tabela 5: Regressão para HHI

```
. ivreg29 lngini lngdp lnusd lncint lngmax t t_poslib t_posgol t_cs m_2-m_12, bw(2) rob small
```

OLS estimation

Estimates efficient for homoskedasticity only
 Statistics robust to heteroskedasticity and autocorrelation
 kernel=Bartlett; bandwidth= 2
 time variable (t): t

Number of obs = 163
 F(19, 143) = 34.24
 Prob > F = 0.0000
 Centered R2 = 0.8175
 Uncentered R2 = 0.9996
 Root MSE = .007771

Total (centered) SS = .0473322783
 Total (uncentered) SS = 19.78438228
 Residual SS = .0086358174

lngini	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lngdp	-.081846	.0271639	-3.01	0.003	-.1355408	-.0281512
lnusd	.0125296	.003802	3.30	0.001	.0050143	.0200449
lncint	.0143322	.0041462	3.46	0.001	.0061365	.0225279
lngmax	8.298641	.6553552	12.66	0.000	7.003205	9.594076
t	.0004728	.0001119	4.23	0.000	.0002516	.000694
t_poslib	.0003846	.0001283	3.00	0.003	.0001309	.0006383
t_posgol	.0001035	.0000367	2.82	0.005	.0000311	.000176
t_cs	.0001627	.0000276	5.89	0.000	.0001081	.0002172
m_2	-.0037531	.0033454	-1.12	0.264	-.0103659	.0028598
m_3	.0040754	.0037519	1.09	0.279	-.003341	.0114918
m_4	.0140703	.0034194	4.11	0.000	.0073111	.0208294
m_5	.019885	.0031875	6.24	0.000	.0135842	.0261857
m_6	.0176957	.0029979	5.90	0.000	.0117697	.0236217
m_7	.0137473	.0031231	4.40	0.000	.0075738	.0199208
m_8	.003887	.0035405	1.10	0.274	-.0031115	.0108855
m_9	.0077619	.0031062	2.50	0.014	.0016219	.013902
m_10	.0166304	.0033586	4.95	0.000	.0099914	.0232694
m_11	.0189983	.0035607	5.34	0.000	.0119598	.0260368
m_12	.0175702	.0033214	5.29	0.000	.0110049	.0241355
_cons	-.0318137	.029445	-1.08	0.282	-.0900174	.0263901

Included instruments: lngdp lnusd lncint lngmax t t_poslib t_posgol t_cs m_2 m_3 m_4 m_5 m_6 m_7 m_8 m_9 m_10 m_11 m_12

Tabela 6: Regressão para o índice Gini.

Testamos também o índice criado por Costa (Costa, 2010), que estima o número de aeroportos hubs (lnlco) de uma rede. Ele apresentou resultados muito próximos ao HHI, do qual ele deriva, e que por isso possui inteira correlação. Note que os coeficientes da regressão desse índice estão todos invertidos em relação ao do HHI. Isso se explica pelo fato de que quando a concentração aumenta o número de hubs diminui. Os resultados são mostrados na Tabela 7.

```
. ivreg29 lnlco lngdp lnusd lncint t t_poslib t_posgol t_cs m_2-m_12, bw(2) rob small
```

OLS estimation

Estimates efficient for homoskedasticity only
 Statistics robust to heteroskedasticity and autocorrelation
 kernel=Bartlett; bandwidth= 2
 time variable (t): t

Number of obs = 163
 F(18, 144) = 24.60
 Prob > F = 0.0000
 Centered R2 = 0.6806
 Uncentered R2 = 0.9983
 Root MSE = .05681

Total (centered) SS = 1.454890326
 Total (uncentered) SS = 278.5028727
 Residual SS = .4646777095

lnlco	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lngdp	.582331	.2174415	2.68	0.008	.1525415	1.01212
lnusd	-.0581778	.0335303	-1.74	0.085	-.1244529	.0080973
lncint	-.0873568	.0369052	-2.37	0.019	-.1603026	-.0144109
t	-.0037598	.0007872	-4.78	0.000	-.0053158	-.0022038
t_poslib	-.0017014	.0006818	-2.50	0.014	-.003049	-.0003538
t_posgol	.0002222	.0002062	1.08	0.283	-.0001854	.0006298
t_cs	-.0005852	.000172	-3.40	0.001	-.0009251	-.0002452
m_2	-.0158712	.0217766	-0.73	0.467	-.0589142	.0271718
m_3	-.0788013	.023498	-3.35	0.001	-.1252469	-.0323556
m_4	-.0984166	.0213278	-4.61	0.000	-.1405727	-.0562605
m_5	-.1221864	.0232078	-5.26	0.000	-.1680584	-.0763144
m_6	-.1118316	.0237073	-4.72	0.000	-.1586909	-.0649723
m_7	-.0518939	.0243299	-2.13	0.035	-.0999837	-.003804
m_8	-.0822749	.0251836	-3.27	0.001	-.1320521	-.0324977
m_9	-.0805021	.0240237	-3.35	0.001	-.1279867	-.0330174
m_10	-.1144313	.0269508	-4.25	0.000	-.1677015	-.061161
m_11	-.13067	.0280028	-4.67	0.000	-.1860197	-.0753204
m_12	-.047739	.0249394	-1.91	0.058	-.0970335	.0015555
_cons	1.19499	.0729183	16.39	0.000	1.050861	1.339118

Included instruments: lngdp lnusd lncint t t_poslib t_posgol t_cs m_2 m_3 m_4 m_5 m_6 m_7 m_8 m_9 m_10 m_11 m_12

Tabela 7: Regressão para o índice LCO.

O modelo obtido para a concentração, utilizando ambos os índices (HHI e Gini), foi bem semelhante. A variável do PIB (lngdp), por exemplo, em ambos os casos apresentou coeficiente negativo, demonstrando que o crescimento do PIB causa uma diminuição nos índices de concentração, o que significa uma redução na concentração do sistema. Esse resultado era, de certa forma, esperado, pois quando o PIB do país aumenta existe uma tendência de crescimento do transporte aéreo. Esse para crescer aumenta o número de frequências em localidades menores e cria também novas rotas que antes não existiam, fazendo com que o transporte aéreo se disperse ao longo da rede, reduzindo a concentração.

A variável de taxa de câmbio (lnusd), em ambos os modelos, apresentou coeficiente positivo, indicando que uma alta na taxa de câmbio tende a aumentar a concentração. A vulnerabilidade do setor aéreo a choques cambiais é bem conhecida, visto que quase todos os

custos envolvidos nesse setor estão atrelados de alguma forma a taxa de câmbio (combustível, financiamento de aeronaves, manutenção). Essa constatação pode ser explicada pelo fato de que quando a taxa de câmbio sobe os custos de operação das companhias aéreas aumenta, levando a uma redução na malha aérea operada.

variable	hhi	lco	nc	gini	adj_nc
ln gdp	-0.5452***	0.5823***	-0.0635*	-0.0698*	-0.0818***
ln exchange rate	0.0566*	-0.0582*	0.0046	0.0007	0.0125***
ln intl connections	0.0829**	-0.0874**	0.0092**	0.0055	0.0143***
trend	0.0035***	-0.0038***	0.0006***	0.0006***	0.0005***
trend x lib dummy	0.0015**	-0.0017**	0.0006***	0.0005***	0.0004***
trend x gol dummy	-0.0002	0.0002	-0.0001	-0.0001	0.0001***
trend x codeshare dummy	0.0006***	-0.0006***	0.0001*	0.0001	0.0002***
ln gini max					8.2986***
seasonality dummy - feb	0.0147	-0.0159	0.0037	-0.0015	-0.0038
seasonality dummy - mar	0.0730***	-0.0788***	0.0134***	0.0063	0.0041
seasonality dummy - apr	0.0916***	-0.0984***	0.0157***	0.0156***	0.0141***
seasonality dummy - may	0.1142***	-0.1222***	0.0159***	0.0193***	0.0199***
seasonality dummy - jun	0.1046***	-0.1118***	0.0140***	0.0167***	0.0177***
seasonality dummy - jul	0.0488**	-0.0519**	0.0026	0.0135***	0.0137***
seasonality dummy - aug	0.0770***	-0.0823***	0.0078**	0.0044	0.0039
seasonality dummy - sep	0.0753***	-0.0805***	0.0116***	0.0070*	0.0078**
seasonality dummy - oct	0.1071***	-0.1144***	0.0151***	0.0159***	0.0166***
seasonality dummy - nov	0.1226***	-0.1307***	0.0170***	0.0175***	0.0190***
seasonality dummy - dec	0.0455*	-0.0477*	0.0007	0.0159***	0.0176***
N	163.0000	163.0000	163.0000	163.0000	163.0000
r2_a	0.6491	0.6407	0.6183	0.5701	0.7933
F	25.8851	24.6044	12.1325	10.6555	34.2382
rmse	0.0528	0.0568	0.0103	0.0112	0.0078
Legend: * p<.1; ** p<.05; *** p<.01					

Tabela 8: Comparativo entre o HHI (hhi), número de hubs (lco), NC (nc), Gini (gini), Gini com Gini Máximo (adj_nc).

8. Discussão e Conclusão

Encerramos essa discussão sobre concentração, aeroportos e hubs fazendo um resumo dos resultados obtidos nesse trabalho. Vimos que após a liberalização do transporte aéreo no Brasil houve um intenso crescimento do setor pressionando a infra-estrutura. Uma das principais características desse processo foi a concentração de vôos em poucos aeroportos chamados de hubs. Essa concentração é tida por muitos especialistas do setor como sendo uma das causas do chamado “apagão aéreo”.

Vimos que não existe uma definição estabelecida para o hub, entretanto existem várias tentativas de operacionalizar essa definição. A maioria dos estudos parte de dois índices de concentração, o HHI e o Gini. Esses índices não foram criados para estudar transporte aéreo e

por isso possuem algumas imperfeições, sendo a principal delas a sensibilidade a mudanças nos elementos estudados. Fizemos uma comparação entre esses dois índices e chegamos a conclusão que eles são bastante semelhantes nos seus resultados.

Em relação aos hubs, novamente, uma questão importante levantada é se a utilização de dados de passageiros é equivalente ao uso de dados de frequência de vôos. A nossa conclusão, baseada em testes estatísticos é de que não podemos afirmar com certeza se os dados são equivalentes. Portanto, ao comparar análises feitas com passageiros e frequências de vôo, deve-se tomar cuidado com as conclusões.

Outro aspecto relacionado aos hubs investigado nesse trabalho foi o índice de conexão. Esse índice indica o volume de passageiros que estão utilizando as instalações do aeroporto para fazer conexão. Ele se constitui num importante indicador da hubinização de um aeroporto, uma vez que um dos aspectos mais ressaltados por especialistas do setor é a importância das conexões na qualificação de um aeroporto como hub.

No último tópico, estudamos a concentração, e confirmamos que a taxa de câmbio e o PIB nacional possuem importante papel na modelagem desse aspecto. A taxa de câmbio afeta diretamente a estrutura de custo das companhias aéreas, fazendo com que as companhias aéreas modifiquem as suas malhas, modificando também a utilização da malha aeroportuária. O PIB também modifica a malha das companhias, uma vez que ele altera a demanda por transporte aéreo.

O conhecimento aqui abordado e desenvolvido é de extrema importância para os órgãos reguladores do setor, para as companhias aéreas, e principalmente para o governo. Os órgãos reguladores deveriam olhar com mais cuidado indicadores de concentração, visto que eles podem indicar como o setor aeroportuário está se modificando, e com isso poderem antecipar problemas de congestionamento em certos aeroportos, podendo intervir naqueles aeroportos, se for o caso, de forma a não prejudicar o resto da malha. Para as companhias aéreas, saber o quão concentrada encontra-se a sua rede, é de vital importância para planejar expansões de rotas e saber como está a saturação de cada mercado. Finalmente, para o governo, que administra o sistema, é de suma importância saber se a concentração está pressionando algum aeroporto, de forma que investimentos e esforços sejam direcionados para esses nós da malha, para evitar o colapso do sistema, e que esse seja sempre funcional e possua sempre um bom nível de serviço.

9. Referências

- ALDERIGHI, M., CENTO, A., NIJKAMP, P., & RIETVELD, P. (2005) Network competition - the coexistence of hub-and-spoke and point-to-point systems. *Journal of Air Transport Management*, 11, 328-334.
- BABCOCK, B. A. (Ed.) (2002) *Making sense of cities: A geographical survey*, London, Oxford University Press.
- BURGHOUWT, G. (Ed.) (2007) *Airline network development in Europe and its implications for airport planning*, Hampshire, Ashgate.
- BURGHOUWT, G., HAKFOORT, J., & RITSEMA VAN ECK, J. (2003) The spatial configuration of airline networks in Europe. *Journal of Air Transport Management*, 9, 309-323.
- BUTTON, K. (2002) Debunking some common myths about airport hubs. *Journal of Air Transport Management*, 8, 177-188.
- BUTTON, K., HAYNES, K., & STOUGH, R. (Ed.) (1998) *Flying into the future: Air transport policy in the European union*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing.
- COSTA, T. F. G., LOHMANN, G. & OLIVEIRA, A. V. M. (2010) A model to identify airport hubs and their importance to tourism in Brazil. *Research in Transportation Economics*, 26, 3-11.
- ESTADÃO (2007) Vôo 3054, um ano depois. São Paulo.
- GINI, C. (1913) Variabilità e Mutabilità. *Journal of the Royal Statistical Society*, 76, 326-327.
- HALL, M. T., N. (1967) Measures of Concentration. *Journal of the American Statistical Association*, 62, 162-168.
- HIRSCHMAN, A. O. (1964) The Paternity of an Index. *The American Economic Review*, 54, 761-766.
- HOFFMAN, J., & VOSS, W. (2000) Analytical Identification of Airport and Airspace Capacity Constrains. *3rd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar Napoli, June 2000*.
- HORNER, M. W., & O'KELLY, M. E. (2001) Embedding economies of scale concepts for hub network design. *Journal of Transport Geography*, 9, 255-235.
- HUBER, H. (2008) Comparing spatial concentration and assessing relative market structure in air traffic. *Journal of Air Transport Management*, 1-11.
- KANAFANI, A., & GHOBRIAL, A. A. (1985) Airline hubbing: some implications for airport economies. *Transportation Research Part A*, 19, 15-27.
- KNIBB, D. (2007) Brazil's bottleneck to change. *Airline Business*, Flight Global.
- LIJESSEN, M. G. (2004) Adjusting the Herfindahl index for close substitutes: an application to pricing in civil aviation. *Transportation Research Part E*, 40, 123-134.
- LOHMANN, G., ALBERS, S., KOCH, B. & PAVLOVICH, K. (2009) From hub to tourist destination - an explorative study of Singapore and Dubai's aviation-based transformation. *Journal of Air Transport Management*, 15, 205-211.
- MARTIN, J. C., & VOLTES-DORTA, A. (2009) A note on how to measure hubbing practices in airline networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45, 250-254.
- NECTAR (2010) HOTRAN+/NECTAR. NECTAR.
- NERO, G. (1999) A note on the competitive advantages of the large hub-and-spoke networks. *transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 35, 225-239.
- O'KELLY, M. E. (1998) A geographer's analysis of hub-and-spoke networks. *Journal of Transport Geography*, 6, 171-186.
- OLIVEIRA, A. V. M. (2006a) Liberalização Econômica e Universalização do Acesso no Transporte Aéreo: É Possível Conciliar Livre Mercado com Metas Sociais e Ainda Evitar Gargalos de Infra-estrutura. *Acervo Científico do NECTAR*. São José dos Campos, SP, Brasil.

- OLIVEIRA, A. V. M., & SALGADO L. H. (2006b) Reforma Regulatória e Bem-Estar no Transporte Aéreo Brasileiro: E Se a Flexibilização Não Tivesse Ocorrido? *Acervo Científico do NECTAR*. São José dos Campos, SP, Brasil.
- OUM, T. H., ZHANG, A., & ZHANG, Y. (1995) Airline network rivalry. *Journal of Economics*, 18, 836-857.
- PAPATHEODOROU, A. A., P. (2009) Spatial evolution of airport traffic and air transport liberalisation: the case of Greece. *Journal of Transport Geography*, 17, 402-412.
- PELS, E. (2001) A note on airlines alliances. *Journal of Air Transport Management*, 7, 3-7.
- REYNOLDS-FEIGHAN, A. (1998) The impact of US airline deregulation on airport traffic patterns. *Geographical Analysis*, 30, 234-253.
- REYNOLDS-FEIGHAN, A. (2001) Traffic distribution in low-cost and full-service carrier networks in the US air transportation market. *Journal of Air Transport Management*, 7, 265-275.
- RODRIGUE, J. P., COMTOIS, C. & SLACK, B. (Ed.) (2006) *The geography of transport systems*., New York, Routledge.
- SCHIMIDT, C. A. L., M. A. (2002) Índices de Concentração. *Série de Documentos de Trabalho*. Brasília, DF, Brasil, Ministério da Fazenda.
- SHAW, S. (Ed.) (1993) *Airline marketing & management*., London, Pitman Publishing.
- TCU (2006) Relatório de Levantamento da Auditoria No Sistema de Controle do Tráfego Aéreo. IN UNIÃO, T. D. C. D. (Ed.). Brasília.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 22 de novembro de 2010	3. REGISTRO N° DCTA/ITA/TC-100/2010	4. N° DE PÁGINAS 42
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Estudo econométrico comparativo do desempenho de índices de concentração baseados no HHI e GINI para uma análise evolutiva de malhas aéreas			
6. AUTOR(ES): Tiago Fernandes Gondim Costa			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Transporte aéreo, índices de concentração, aeroportos, HHI, Gini			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Transporte aéreo; Índices estatísticos; Aeroportos; Concentração econômica; Econometria; Administração de transportes			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Alessandro Vinícius Marques de Oliveira. Publicado em 2010.			
11. RESUMO: <p>O transporte aéreo no Brasil foi recentemente liberalizado e uma das possíveis conseqüências desse processo foi a concentração de vôos em poucos aeroportos chamados de aeroportos “hubs”.</p> <p>Durante os anos 2006 e 2007, dois acidentes fatais criaram um caos sem precedentes na história da aviação do País, com conseqüências danosas para os usuários do sistema, as companhias aéreas e aos setores da economia que dependem do transporte aéreo. Esses importantes problemas possivelmente foram causados por congestionamento nos aeroportos e sobrecarga de trabalho dos aeronautas e aeroviários, e levou a muitos episódios de atrasos e cancelamentos de vôos que duraram alguns meses. Pode-se argumentar que, dentre outros fatores, esse estado caótico foi resultado do aumento do grau de concentração do sistema em poucos aeroportos, particularmente Congonhas (em São Paulo) e Brasília.</p> <p>Usando dados obtidos do HOTRAN e da INFRAERO, a concentração da malha aérea brasileira ao longo do tempo foi medida. Para tal, realizou-se uma mensuração de indicadores econométricos aplicados aos aeroportos. Apresentamos uma discussão a respeito das duas metodologias mais conhecidas para estudar concentração no transporte aéreo, o Índice de Herfindhal-Hirshman (HHI) e o índice de Gini. Além disso, apresentamos uma discussão a respeito do tipo de dados utilizados no estudo do fenômeno da concentração no transporte aéreo. Para isso foram contrastados dados de passageiros (INFRAERO) e de freqüências de vôos (HOTRAN) nos 67 principais aeroportos brasileiros.</p> <p>Por fim, estudamos a concentração no transporte aéreo brasileiro utilizando variáveis macroeconômicas como o PIB e o câmbio, além de medirmos quais os efeitos de eventos recentes na concentração do setor, como a própria crise de 2006 e 2007.</p>			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			