

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS COMPANHIAS AÉREAS BRASILEIRAS COM MODELO Fuzzy-DEA

Teresa Cristina Vilardo Domingues Correia

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil.
cristinavilardo@yahoo.com.br

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil.
jcsmello@producao.uff.br

RESUMO

Com a desregulamentação do setor de transporte aéreo, iniciada na década de 70 nos Estados Unidos, surgiram as Low Cost Carriers (LCCs). Definiu-se assim uma nova dinâmica no mercado antes monopolizado pelas Full Service Carriers (FSCs). Este conceito rapidamente expandiu-se por outras regiões, atingindo o mercado brasileiro nos anos 90. Em 2001, surgiu a primeira LCC brasileira, Gol Transporte Aéreo Ltda. O aumento da competitividade no setor de transporte aéreo induziu que a gestão das empresas passasse de uma visão puramente operacional para uma visão de negócios. Neste estudo, aplicou-se Análise Envoltória de Dados e Conjuntos Nebulosos para analisar a eficiência das companhias quanto à utilização da frota para transporte de carga e passageiros em território nacional e internacional no período de 2001 a 2005. Sendo assim, foi possível analisar o desempenho das companhias aéreas brasileiras e a evolução das mesmas frente a um novo cenário de competitividade no mercado.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados, Companhias Aéreas, Utilização da Frota.

ABSTRACT

Low Cost Carriers (LCCs) have dramatically changed the market of air transportation. Before the beginning of LCCs operation, there were only Full Service Carriers (FSCs). The LCCs have quickly expanded worldwide. In Brazil they appeared in the 1990s in commuters flights, forcing a great competition. In 2001 the first Brazilian LCC (Gol Transporte Aéreo Ltda) begins to fly. The increase of the air transportation sector competition forced the companies to change from an operational management to a business management. In this study, we analysed the Brazilian air carriers performance from 2001 to 2005. We used Data Envelopment Analysis (DEA) and Fuzzy Sets to analyse the air carriers efficiency. We use an approach of optimising fleet's use in respect to passengers and payload transportation. Therefore we analysed the Brazilian air carriers performance and how did they react facing a new scene of market competition.

Keywords: Data Envelopment Analysis, air carriers, usage of fleet.

1. Introdução

Com o surgimento das Low Cost Carriers (LCCs) definiu-se uma nova dinâmica no mercado antes monopolizado pelas *Full Service Carriers (FSCs)*. As LCCs apareceram com a desregulamentação do setor de transporte aéreo, iniciada na década de 70 nos Estados Unidos. Este conceito rapidamente expandiu-se por outras regiões, atingindo o mercado brasileiro nos anos 90.

No Brasil, o processo de desregulamentação passou por três fases. O primeiro período foi caracterizado pela quebra do monopólio das companhias regionais, estimulando a entrada de FSCs de menor escala. Além disso, estimulou-se a competição entre preços, com a inclusão de limite aos mesmos.

No segundo período, em 1997, houve a quebra do monopólio de algumas rotas lucrativas utilizadas por companhias regionais. E no terceiro, em 2001, houve a extinção da maioria das restrições de entrada em rotas, frequência de vôos e tarifação.

Neste cenário, surgiu a primeira LCC no Brasil, Gol Transporte Aéreo Ltda, atingindo rapidamente grande penetração no mercado (Evangelho et al, 2005). Exigiu-se, naquele momento, um novo modelo de competição mercadológica.

O aumento da competitividade no setor de transporte aéreo induziu que a gestão das empresas passasse de uma visão puramente operacional para uma visão de negócios. Com a inibição do repasse de custo ao consumidor para as companhias cobrirem seus custos operacionais, estas precisaram desenvolver estratégias para auferirem lucros crescentes, sem prejuízos aos seus clientes.

É neste contexto que o estudo se insere com o objetivo de analisar o desempenho das companhias aéreas brasileiras após o surgimento da primeira Low Cost Carrier (LCC) no país. Busca-se avaliar a utilização da frota para transporte de carga e passageiro em território nacional e internacional. Otimizar a frota, evitando ociosidade nas aeronaves, é um dos fatores que contribuem para redução de custos operacionais e consequentemente aumento do lucro da empresa

Para isso, aplicou-se Análise Envoltória de Dados e Conjuntos Nebulosos para avaliar não somente o desempenho de cada empresa, mas a evolução das mesmas no período de análise, 2001 a 2005.

O estudo está organizado da seguinte forma: na seção 2 há uma revisão da metodologia DEA e fronteiras DEA difusas. A seção 3 explicita os modelos utilizados para analisar as companhias aéreas. Na seção 4 os resultados são apresentados e discutidos. E finalmente, as conclusões do trabalho estão descritas na seção 5.

2. Metodologia DEA e Fronteiras DEA Difusas

O método de Análise Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) é uma ferramenta matemática que mede a eficiência relativa das unidades de produção (*DMU's - Decision Making Units*). Compara o que foi produzido (*outputs*), dado os recursos (*inputs*) disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Além disso, estabelece metas de eficiência, através da identificação de bechmarks, para as unidades abaixo da fronteira eficiente.

Existem dois modelos clássicos em DEA: CCR (também conhecido por CRS ou *Constant Return to Scale*) proposto por CHARNES et al. (1978) e BCC (também conhecido por VRS ou *Variable Return to Scale*) proposto por BANKER et al. (1984).

O modelo CCR trabalha com retornos constantes de escala, ou seja, qualquer variação nos *inputs* produz variação proporcional nos *outputs*. Já o modelo BCC não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, permitindo DMU's que operam com baixos valores

de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes.

Para o cálculo da eficiência são possíveis dois tipos de orientação. A orientação a *inputs* objetiva produzir a mesma quantidade de produtos minimizando a utilização dos recursos. Em contrapartida, a orientação a *outputs* visa maximizar a produção mantendo constante a quantidade de recursos consumidos.

Quando as variáveis (*inputs* ou *outputs*) apresentam algum grau de incerteza na medição, pode-se usar a fronteira estocástica ou combinações de DEA com conjuntos difusos. A base conceitual destes métodos pode ser vista em Kao e Liu (2000), que usam modelos de programação matemática difusa.

Neste artigo será usado um enfoque semelhante ao mencionado acima, mas baseado em propriedades geométricas da fronteira (Soares de Mello et al, 2005, Gomes et al, 2006). Neste enfoque a fronteira eficiente é construída considerando-se os limites de incerteza, isto é, os menores e maiores valores possíveis de serem assumidos pela variável afetada pela incerteza de medição. Dessa forma, constrói-se um região em relação à qual as DMUs possuem um certo grau de pertinência.

Para calcular o grau de pertinência são construídas fronteiras otimistas e pessimistas. Quando se deseja utilizar a orientação a *inputs*, os limites inferiores das variáveis são utilizados para construir a fronteira otimista. Para a fronteira pessimista, utilizam-se os maiores valores das variáveis. O inverso é válido para a orientação a *outputs*.

3. Revisão bibliográfica

Uma revisão bibliográfica sobre os distintos enfoques utilizados para lidar com dados imprecisos pode ser encontrada em Zhu (2003). O autor divide a imprecisão em três tipos: dados com limites superior e inferior, dados ordinais e razões de dados com limites superior e inferior. O modelo utilizado para esse caso é o IDEA (Imprecise Data Envelopment Analysis) (Cooper et al., 1999), sendo este um problema de programação não linear que, com pequenas variações, lida com os três tipos de dados imprecisos, com o uso de transformações de escala. Por existirem problemas associados à transformação de escala, o autor propõe um enfoque simplificado, que converte as variáveis utilizadas em dados exatos. Os resultados mostram que os índices de eficiência assim obtidos são calculados mais facilmente.

A avaliação do desempenho de departamentos acadêmicos de uma Universidade é realizada por Lopes e Lanzer (2002). Os resultados de DEA nas dimensões de ensino, pesquisa, extensão e qualidade foram modelados como números difusos e agregados através de um agregador ponderado, o que gera um único índice de desempenho para cada departamento.

Kao e Liu (2000) apresentam um procedimento para medir as eficiências das DMUs que envolvem variáveis difusas. O modelo difuso é transformado em uma família de modelos DEA convencionais baseados em dados exatos, utilizando o enfoque α -cut. Os índices de eficiência difusos obtidos são expressos por meio de funções intervalares. Dessa maneira, segundo os autores, há maior nível de informação para a gerência.

Uma abordagem em três estágios para medir a eficiência técnica em ambiente difuso é proposta por Triantis e Girod (1998). Essa abordagem usa DEA clássico e incorpora conceitos desenvolvidos em programação paramétrica difusa (Carlsson e Korhonen, 1986).

Sengupta (1992) explora a teoria dos conjuntos difusos no contexto de DEA. O autor usa três tipos de estatísticas difusas (programação matemática difusa, regressão difusa e entropia difusa) para ilustrar os tipos de decisão e de solução que podem ser alcançados quando os dados são vagos e a informação a priori é inexata e imprecisa.

Em relação ao segmento de transporte aéreo, na literatura, a maioria dos artigos com aplicação de DEA refere-se à avaliação de aeroportos. No estudo feito por Adler e Berechman (2001), a qualidade dos aeroportos é avaliada sob o ponto de vista das companhias aéreas, indicando apoio na escolha de seus aeroportos *hubs*. Pestana e Dieke (2007) utilizam DEA para analisar desempenho operacional e financeiro dos aeroportos italianos. Martin e Roman (2001) avaliam a eficiência dos aeroportos espanhóis para suportar o processo de privatização.

Para a avaliação de companhias aéreas, Soares de Mello et al (2003) aplica DEA para calcular o índice de eficiência das empresas brasileiras em relação ao transporte aéreo de passageiros nos anos de 1998, 1999 e 2000. Além disso, calcula os *benchmarks* de cada companhia com um enfoque DEA-Multiobjetivo, que permite a escolha de uma meta dentre um conjunto possível de empresas eficientes. Schefczyk (1993) avalia o desempenho operacional das companhias aéreas, finalizando o estudo com uma análise dos fatores estratégicos relativos a rentabilidade e desempenho no setor aéreo.

4. Análise das Companhias Aéreas Brasileiras

Para avaliar as companhias aéreas brasileiras, aplicou-se inicialmente DEA com as seguintes variáveis: peso máximo de decolagem como input e assento em quilômetros utilizados e toneladas em quilômetros utilizadas como outputs. Os dados foram retirados dos Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo divulgados no site da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Cada empresa individualmente e os grupos empresariais de companhias aéreas em cada ano são consideradas uma unidade tomadora de decisão. Sendo assim, a TAM Linhas Aéreas S/A em 2001 é considerada uma DMU, em 2002 é outra DMU e assim sucessivamente. O mesmo ocorre com os grupos de companhias, Grupo Varig e Grupo Transbrasil, por exemplo. Em anos diferentes correspondem a DMUs distintas.

Devido à grande disparidade de tamanho entre as companhias aéreas e a não haver presunção de proporcionalidade entre input e outputs, o modelo BCC foi escolhido.

A modelagem escolhida envolve num único *input*: toda a capacidade de transporte de cada avião, seja de passageiros ou de carga. De fato, o peso máximo de decolagem engloba o peso do avião, e combustível (o que não gera receitas) mais o peso da carga transportada e o peso dos passageiros (o que gera receitas). Como há um *output* relativo a passageiros e outro a carga, e não há restrições a anular pesos, o modelo permite que empresas especializadas só em transporte de carga ou só em transporte de passageiros sejam eficientes.

Conforme já explicitado, o estudo visa avaliar o desempenho das companhias aéreas no que tange a otimização da frota. Portanto, a orientação a input foi utilizada para avaliar as unidades que têm a capacidade de reduzir sua frota sem prejuízos ao total transportado.

O período de análise compreende os anos 2001 a 2005. A decisão baseia-se em três justificativas. O período de 1998 a 2000, embora com a utilização de metodologia diferente, já foi estudado por Soares de Mello et al (2003) com a aplicação de DEA no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. Outro fator que contribuiu para iniciar o estudo em 2001 foi a entrada da GOL no mercado, trazendo uma nova dinâmica de competitividade, onde grandes empresas tradicionais enfrentaram a entrada de um novo conceito de voar. Além disso, como em 2006 houve a crise da líder de mercado, Varig, culminando na saída desta empresa do mercado, observa-se mais uma grande mudança no setor aéreo. Sendo assim, optou-se por analisar anos com características semelhantes para que tenhamos consistência nos dados.

Ressalta-se que os dados retirados dos anuários referem-se a informações do final ano. Isso porque há a totalização de passageiros e cargas em quilômetros transportados ao longo daquele ano. Porém os dados da frota explicitam apenas a posição em dezembro de cada ano. Mas sabe-se que a frota pode variar ao longo do ano. Ou seja, a frota pode crescer ou ser

reduzida linearmente ao longo do ano, ou até mesmo oscilar ao longo deste período. Mas este comportamento da frota é desconhecido, ou melhor, não são apresentados nos dados estatísticos divulgados pela ANAC. Por isso, optou-se por aplicar teoria de conjuntos nebulosos para calcular a eficiência das empresas.

A utilização de DEA Nebuloso é indicada quando não há certeza sobre as medidas. Sendo assim, embora não saibamos o comportamento da frota ao longo do ano, podemos estimar a frota no início do ano como sendo a frota do final do ano anterior, dado este obtido nos Anuários Estatísticos divulgados pela ANAC. Com esses dois valores, consegue-se calcular as fronteiras otimista e pessimista para aplicar o modelo desenvolvido por *Soares de Mello et al (2005)*.

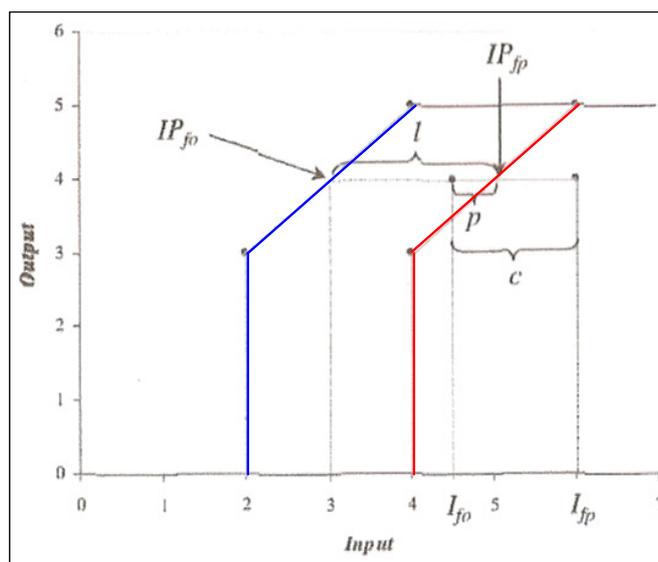


Fig. 1: Fronteira Otimista e Pessimista para o caso de modelo BCC orientado a inputs

Sendo assim, a linha azul representa a fronteira otimista e a vermelha a fronteira pessimista. I_{fo} representa o input na fronteira otimista e I_{fp} o input na fronteira pessimista. IP_{fo} representa o input projetado na fronteira otimista e IP_{fp} o input projetado na fronteira pessimista. Tem-se que, c é o comprimento da DMU, l a largura da faixa e p a parte que está dentro da faixa.

O cálculo do grau de pertinência a fronteira é dada pelas equações a seguir, conforme explicação dada em Soares de Mello *et al*, (2005).

$$\wp = \frac{p^2}{lc}$$

$$\wp = \frac{(I_{fp}Ef_{fp} - I_{fo})^2}{(I_{fo}Ef_{fp} - I_{fp}Ef_{fp})(I_{fp} - I_{fo})}, \text{ se } I_{fp}Ef_{fp} - I_{fo} \geq 0$$

$$\wp = 0, \text{ caso contrário}$$

5. Resultados

Inicialmente foram analisadas as companhias aéreas e seus grupos aplicando DEA sem envolver os conceitos de conjuntos nebulosos. Analisou-se, portanto, 87 DMU's dentre as quais obtivemos 13 eficientes.

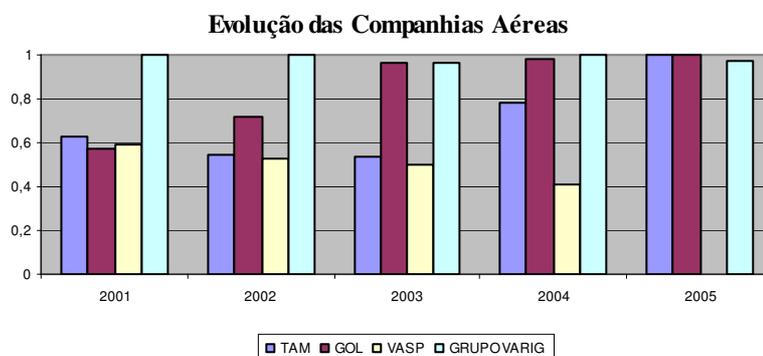
COMPANHIA AÉREA	ANO
ABAETÉ LINHAS AEREAS	2001
GRUPO VARIG	2001
ABAETÉ LINHAS AEREAS	2002
GRUPO VARIG	2002
PUMA AIR	2002
VARIG + VARIG LOG	2002
VARIG + VARIG LOG	2003
ABAETÉ LINHAS AEREAS	2004
GRUPO VARIG	2004
VARIG + VARIG LOG	2004
ABSA - AEROLINEAS BRASILEIRAS	2005
GOL TRANSPORTES AÉREO LTDA	2005
TAM LINHAS AÉREAS S/A	2005

Tabela 1: Companhias Eficientes - DEA

O gráfico a seguir apresenta a evolução do desempenho de quatro companhias aéreas ao longo do período de análise. Observa-se claramente a melhoria de performance da GOL ao longo dos anos, principalmente entre os anos 2002 e 2003. Além de apresentar crescimento na participação de mercado no período avaliado, mostrou anualmente melhoria operacional. Em 2005, atingiu a eficiência quanto à utilização da frota.

Em contrapartida, a VASP mostrava-se com dificuldades operacionais, refletida em seus índices decrescentes de eficiência, o que culminou com o encerramento de suas operações em 2005.

Verifica-se, também através do gráfico, que embora o Grupo Varig tenha sido eficiente em três dos cinco anos analisados, entrou em crise no ano de 2006. Verifica-se, portanto, que sua decadência está relacionada à ineficiência financeira e não operacional.



Cabe ressaltar que o fato do Grupo Varig apresentar uma curva quase constante de eficiência está relacionado a uma deficiência do método aplicado. O modelo BCC considera as DMU's com menor input ou com maior output como DMU's eficientes. Sendo assim, companhias aéreas que tiverem frota com menor peso máximo de decolagem ou que tiverem transportado maior número de passageiros ou carga, serão consideradas eficientes.

Realizada a análise preliminar, aplicou-se a teoria dos conjuntos nebulosos para uma nova avaliação dos resultados. Nesta foram analisadas 82 DMU's. Vale dizer que a redução do número de DMU's avaliadas é explicada pelo fato de que algumas empresas tiveram início de suas operações no período analisado e outras começaram sua atuação, depois de um tempo paradas (por exemplo, Passaredo), neste mesmo período. Assim, como não existem dados da frota no início do respectivo ano, as DMU's ABSA-Aerolineas 2003, Oceanair 2003, Passaredo 2005, Puma Air 2002 e TAF Linhas Aéreas 2005 foram excluídas desta segunda avaliação.

Os graus de pertinência à fronteira estão listadas na tabela 2:

COMPANHIA AÉREA	ANO	GRAU DE PERTINÊNCIA
ABAETÉ LINHAS AEREAS	2001	1
ABAETÉ LINHAS AEREAS	2002	1
ABAETÉ LINHAS AEREAS	2004	1
ABSA - AEROLINEAS BRASILEIRAS	2005	1
GOL TRANSPORTES AÉREO LTDA	2005	1
GRUPO VARIG	2001	1
GRUPO VARIG	2002	1
GRUPO VARIG	2004	1
GRUPO VARIG	2005	1
TAM LINHAS AÉREAS S/A	2005	1
GOL TRANSPORTES AÉREO LTDA	2004	0.85393
VARIG VIAÇÃO AE.RIOGRANDENSE	2001	0.63467
GOL TRANSPORTES AÉREO LTDA	2001	0.57344
GOL TRANSPORTES AÉREO LTDA	2003	0.53507
WEBJET	2005	0.37379
GOL TRANSPORTES AÉREO LTDA	2002	0.24471
GRUPO VARIG	2003	0.23995
ABAETÉ LINHAS AEREAS	2003	0.11845
PUMA AIR	2003	0.06593

Tabela 2: Grau de Pertinência à Fronteira Difusa

Comparando a Tabela 2 com o resultado preliminar exposto na Tabela 1, observa-se que das 13 DMU's eficientes com a aplicação da metodologia clássica, 9 apresentaram grau de pertinência total à fronteira difusa. Sendo assim, pode-se concluir que são companhias que apresentam os melhores índices de ocupação de sua frota.

Já as DMU's VARIG+VARIG LOG (2002), VARIG+VARIG LOG (2003) e VARIG+VARIG LOG (2004) não apresentaram o mesmo comportamento. Ao inserir a incerteza dos dados, não se apresentaram eficientes em relação à utilização de sua frota.

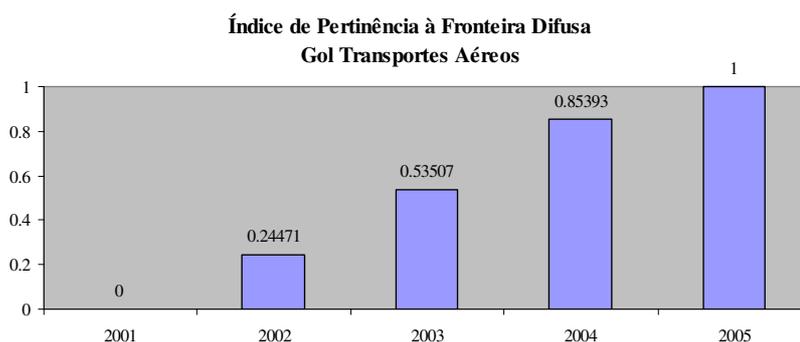
Além disso, verifica-se também que com a aplicação do DEA Nebuloso outras DMU's apresentaram-se eficientes quanto à utilização da frota.

Avaliando o comportamento de algumas companhias ao longo dos anos, destaca-se o desempenho da Gol Transportes Aéreos Ltda.

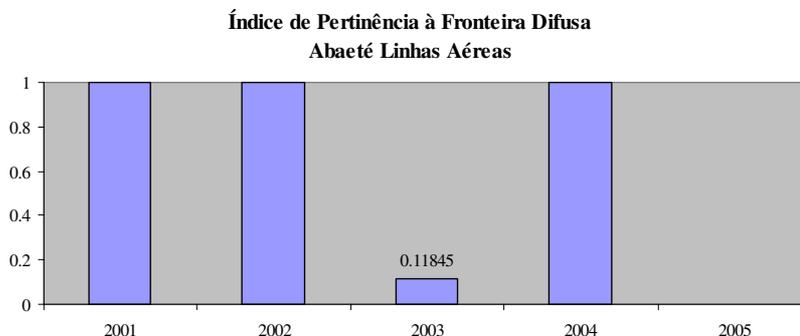
COMPANHIA AÉREA	2001	2002	2003	2004	2005
ABAETÉ LINHAS AEREAS	1	1	0.11845	1	0
ABSA - AEROLINEAS BRASILEIRAS				0	1
GOL TRANSPORTES AÉREO LTDA	0	0.24471	0.53507	0.85393	1
GRUPO TRANSBRASIL	0				
GRUPO VARIG	1	1	0.23995	1	1
INTERBRASIL STAR S.A.	0				
META MESQUITA	0	0	0	0	0
NORDESTE LINHAS AÉREAS REG. S.A	0	0	0	0	
OCEANAIR				0	0
PANTANAL L.A.SUL-MATOGROSSENSE	0	0	0	0	0
PASSAREDO TRANSP.AE.S/A	0				
PENTA PENA TRANSP.AÉREOS S/A	0	0	0	0	
PUMA AIR			0.06593	0	0
RICO LINHAS AÉREAS S/A	0	0	0	0	0
RIO SUL SERVIÇOS AE.REG.S/A	0	0	0	0	
TAF LINHAS AÉREAS S/A	0				
TAM LINHAS AÉREAS S/A	0	0	0	0	1
TAVAJ TRANSP.AE.REGULARES S/A	0	0	0	0	
TOTAL LINHAS AÉREAS S/A	0	0	0	0	0
TRANSBRASIL LINHAS AÉREAS	0				
TRIP T.A.R.INTERIOR PAULISTA	0	0	0	0	0
VARIG + VARIG LOG		0	0	0	
VARIG VIAÇÃO AE.RIOGRANDENSE	0.63467				
VASP VIAÇÃO AÉREA SÃO PAULO	0	0	0	0	
WEBJET					0.37379

Tabela 3: Evolução das Companhias Aéreas

Esta companhia apresentou índices crescentes de pertinência à fronteira difusa ao longo de sua consolidação no mercado de transporte aéreo.



Em relação a Abaeté Linhas Aéreas observa-se que esta empresa em 2003 apresentou um grau baixo de pertinência a fronteira. Este desempenho foi reflexo da aquisição de uma aeronave E110 no referido ano, mas com decréscimo em termos de transporte de passageiros e carga em quilômetros percorridos.



6. Conclusões

O presente estudo proporcionou uma avaliação das companhias aéreas diante de um novo cenário de competitividade no mercado de transporte aéreo. Além do surgimento de um novo conceito de voar, iniciado no Brasil pela Gol Transportes Aéreos Ltda., o mercado tentava se reestabelecer após a crise provocada pelos atentados de 11 de setembro de 2001. Muitas empresas tiveram que se reorganizar para superar a redução do tráfego e o aumento dos custos gerados pelas novas medidas de segurança.

Neste cenário destaca-se o desempenho da Gol Transporte Aéreos Ltda que encontrou a oportunidade de entrar e de se estabelecer no mercado. O desempenho operacional aqui exposto foi acompanhado de crescimento na participação de mercado, atingindo a vice-liderança em 2005 com 27,29% de todo o volume de passageiros transportados de janeiro a dezembro, perdendo apenas para TAM Linhas Aéreas com 43,52%.

7. Bibliografia

Adler, N. & Berechman, J. (2001). Measuring airport quality from the airlines' viewpoint: An application of data envelopment analysis. *Transport Policy*, 8 (3), 171-181.

Angulo_Meza, L., Biondi Neto, L., Soares de Mello, J.C.C.B. & Gomes, E.G. (2005). ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, 25 (3), 493-503.

Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo – disponível em <http://www.anac.gov.br/>.

Araújo, A.H., Avellar, J.V.G., Million, A.Z. & Marins, F.A.S. (2006). Eficiência e Desempenho do Transporte Aéreo Regional Brasileiro. Anais do Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro, 1, 1-10.

Banker, R.D., Charnes, A. & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.

Versão Final Recebida em 28/04/08 - Publicado em 28/04/08

- Beting, Gianfranco. (2005). *Asas Brasileiras: história ilustrada da aviação civil brasileira*. Beting Books, São Paulo.
- Biondi Neto, L., Coelho, P.H.G., Amaral, J.L.M., Mello, M.H.C. (2006). Sistema especialista nebuloso. *Anais do XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Goiânia.
- Carlsson, C. & Korhonen, P. (1986). A Parametric Approach to Fuzzy Linear Programming. *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 17-33.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Cooper, W.W., Park, K.S. & Yu, G. (1999). IDEA and AR-IDEA: Models for dealing with imprecise data in DEA. *Management Science*, 45, 597-607.
- Evangelho, F., Huse, C. & Linhares, A. (2005). Market entry of a low cost airline and impacts on the Brazilian business travelers. *Journal of Air Transport Management*, 11, 99-105.
- Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B. & Mangabeira, J.A.C. (2006). Fronteira DEA difusa na avaliação de eficiência em agricultura. *Investigação Operacional*, 26 (1), 65-88.
- Kao, C. & Liu, S.T. (2000). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 113 (3), 427-437.
- Lopes, A.L.M. & Lanzer, E.A. (2002). Data envelopment analysis - DEA and fuzzy sets to assess the performance of academic departments: a case study at Federal University of Santa Catarina - UFSC. *Pesquisa Operacional*, 22 (2), 217-230.
- Martin, J.C. & Roman, C. (2001). An application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization. *Journal of Air Transport Management*, 7 (3), 149-157.
- Pestana Barros, C., Dieke, P.U.C. (2007). Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis. *Journal of Air Transport Management*, 13 (4), 184-191.
- Schefczyk, M. (1993). Operational performance of airlines: an extension of traditional measurement paradigms. *Strategic Management Journal*, 14, 301-317.
- Sengupta, J.K. (1992). A fuzzy systems approach in data envelopment analysis. *Computers & Mathematics with Applications*, 24 (8-9), 259-266.
- Soares de Mello, J.C.C.B., Angulo-Meza, L., Gomes, E.G., Serapião, B.P. & Estellita Lins, M.P. (2003). Análise de Envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, 23 (2), 325-345.
- Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Angulo-Meza, L., Biondi Neto, L. & Sant'anna, A.P. (2005). Fronteiras DEA difusas. *Investigação Operacional*, 25 (1), 85-103.
- Triantis, K. & Girod, O. (1998). A Mathematical Programming Approach for Measuring Technical Efficiency in a Fuzzy Environment. *Journal of Productivity Analysis*, 10 (1), 85-102.

Zhu, J. (2003). Imprecise data envelopment analysis (IDEA): A review and improvement with an application. *European Journal of Operational Research*, 144, 513-529.