

# AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS COMPANHIAS AÉREAS BRASILEIRAS COM UMA VARIAÇÃO DO MODELO DE LI E REEVES

*Juliana Quintanilha da Silveira<sup>1</sup>*

*Eliane Ribeiro Pereira<sup>2</sup>*

*Teresa Cristina Vilar do Domingues Correia<sup>1</sup>*

*João Carlos Correia Baptista Soares de Mello<sup>1</sup>*

*João Carlos Namorado Clímaco<sup>3</sup>*

*Lidia Angulo Meza<sup>1</sup>*

**Resumo:** O crescente aumento da competitividade do setor de transporte aéreo nos últimos anos tem provocado uma mudança na dinâmica de mercado, levando as companhias aéreas a buscar novas estratégias para garantir a sua posição. Este artigo objetiva analisar o desempenho das companhias aéreas brasileiras, no que tange à sua gestão operacional, após a consolidação das mudanças decorrentes da desregulamentação do setor. A análise da eficiência das empresas aéreas é realizada através da comparação dos resultados obtidos no modelo DEA Clássico com os Índices de Eficiência MCDEA-TRIMAP, calculados com base no modelo desenvolvido por Li e Reeves. O índice calculado permite aprimorar a discriminação das unidades produtivas avaliadas.

**Palavras Chave.** DEA - Análise Envoltória de Dados, TRIMAP, Companhias Aéreas.

*Abstract: The increase of the air transportation sector competition in recent years has changed this market dynamics, leading airlines to seek new strategies to ensure its position. This article aims to analyze the performance of Brazilian air carriers regarding its operational management, after the consolidation of the changes arising from the deregulation of the sector. The analysis of the companies' efficiency is done by comparing the results obtained with DEA model and with efficiency index MCDEA-TRIMAP, based on Li and Reeves model. The index calculated improves the discrimination of the production units evaluated*

**Keywords:** DEA – Data Envelopment Analysis. TRIMAP. Air Carriers.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro

<sup>3</sup> Universidade de Coimbra e INESC

## 1. INTRODUÇÃO

A importância do mercado doméstico brasileiro de transporte aéreo pode ser medida pelo fato de ser ele o maior mercado latino-americano, sendo responsável por 3% do PIB, e tendo gerado cerca de 35.000 empregos diretos em 2003, Araújo et al.(2006). Além disso, os autores destacam o crescimento de 0,7% para 2,7% da indústria de transporte aéreo na economia brasileira entre os anos de 1970 e 2002, com uma taxa anual de crescimento da ordem de 6,5% entre 1997 e 2001.

Soares de Mello et al.(2003) apresentam um histórico da indústria de transporte aéreo brasileira, destacando as profundas mudanças ocorridas ao longo do tempo, em especial as decorrentes da desregulamentação do setor, que deram novo tom à concorrência no segmento. Desde então, as barreiras geográficas entre companhias regionais, nacionais e internacionais deixaram de ser bem definidas, tornando a concorrência entre as empresas mais acirrada.

Num momento seguinte aparece a primeira companhia brasileira que adota o modelo Low Cost Carriers (LCC), (Evangelho *et al.*, 2005) no qual são praticadas tarifas mais baixas, com alto uso das aeronaves, grande uso da internet para vendas, serviço de bordo reduzido e melhor aproveitamento do peso máximo de decolagem. Para garantir sua competitividade, as outras empresas viram-se obrigadas a buscar um melhor aproveitamento dos seus recursos.

O presente estudo objetiva analisar o desempenho das companhias aéreas brasileiras, após a consolidação das mudanças descritas. Para isso, a análise foi baseada na utilização da frota para transporte de carga e passageiros no território nacional e internacional, bem como na consideração do pessoal envolvido na operacionalização deste transporte. Destaque-se que são raros os estudos de eficiência em empresas aéreas. Entre as companhias brasileiras, foram encontrados dois estudos sobre eficiência operacional (Soares De Mello *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2006) e outros dois que usam DEA para estudar a estrutura

de capital dessas empresas (Fernandes Capobianco, 2001; Capobianco Fernandes, 2004). No que tange o transporte aéreo, a ferramenta DEA é mais usada para estudar eficiências de aeroportos (Fernandes Pacheco, 2002; Pacheco Fernandes, 2003; Soares De Mello Gomes, 2004; Pacheco *et al.*, 2006)

Para a obtenção da medida de eficiência das companhias aéreas, aplicou-se o modelo multiobjetivo MCDEA, de Li e Reeves (1999). Este modelo possibilita ordenar as unidades eficientes com o uso de duas funções objetivo adicionais à do DEA clássico.

Para gerar as soluções não dominadas do modelo multiobjetivo utilizou-se a ferramenta computacional TRIMAP, desenvolvida por Clímaco e Antunes (1987) que permite uma avaliação a respeito da decomposição do espaço de pesos das funções objetivo. A partir do cálculo dos valores das funções objetivo para cada região do espaço dos pesos, determinou-se, para cada companhia aérea, o índice de eficiência MCDEA – TRIMAP, proposto por Soares de Mello et al. (2006).

O artigo foi organizado da seguinte forma: na seção 2 há uma revisão do modelo DEA clássico e do modelo de Li e Reeves. A seção 3 sumariza a ferramenta TRIMAP. Na seção 4 é discutido o uso do TRIMAP no modelo MCDEA. Na seção 5 são apresentadas a caracterização e a modelagem do problema. A seção 6 apresenta os resultados da aplicação do modelo MCDEA, juntamente com o cálculo do Índice de Eficiência, além de uma comparação dos mesmos com os resultados obtidos em DEA clássico. Finalmente, na seção 7, são descritas as conclusões do trabalho.

## 2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E O MODELO DE LI E REEVES

A Programação Linear Multiobjetivo (PLMO) e DEA têm em comum o conceito de Pareto eficiência, já que ambas as abordagens consideram que

unidades produtivas são eficientes, se, e somente se, não é possível melhorar uma de suas características sem piorar alguma das demais.

O método de Análise Envoltória de Dados foi desenvolvido a fim de determinar a eficiência de unidades produtivas (DMU's – Decision Making Units), ponderando o que foi produzido (*outputs*) em relação aos recursos disponíveis (*inputs*), por meio de problemas de programação linear.

Em DEA, cada DMU escolhe seu próprio conjunto de multiplicadores, de modo que a eficiência seja a melhor possível em relação às demais. Por isso, é possível que um grande número de DMU's se localize na fronteira eficiente, revelando a estrutura benevolente do método e reduzindo sua capacidade discriminatória. Segundo Leta et al. (2005), por determinação empírica, o empate das unidades produtivas acontece principalmente quando o número de DMU's não é muito grande em comparação com o número total de *inputs* e *outputs*.

Ao longo dos anos, têm-se desenvolvido diferentes modelos com o objetivo de melhorar a discriminação em DEA (Angulo-Meza Lins, 2002). Dentre eles, pode-se destacar o modelo MCDEA, de Li e Reeves (1999), que utiliza Programação Linear Multiobjetivo para resolver os problemas de discriminação das DMU's e promover uma melhor distribuição dos multiplicadores para as variáveis.

O modelo MCDEA se diferencia do DEA clássico na medida em que propõe duas outras funções objetivo, além da clássica de DEA. Assim, os novos critérios para medida de eficiência (desvio máximo e soma dos desvios) tendem a restringir mais a eficiência das DMU's, pois permitem menor flexibilidade para otimização.

Outro ponto a ser destacado no modelo MCDEA é que, por se tratar de um método multicritério, apresenta soluções não dominadas, que levam em consideração todas as funções objetivo, não sendo limitado por soluções obtidas a partir da otimização individual de cada

função. Pode portanto ser considerado um método de avaliação conjunta (Angulo-Meza et al., 2003).

Dessa forma, o modelo MCDEA propõe um enfoque multicritério para DEA, com o uso da PLMO, incluindo funções objetivo adicionais para restringir a liberdade de otimização do modelo DEA-CCR, proposto por Charnes et al. (1978), e conseqüentemente, a flexibilidade dos multiplicadores das variáveis.

O modelo CCR, originalmente definido, considera a maximização da eficiência  $h_o$  da unidade produtiva, que é calculada de acordo com o modelo (1), Onde  $v_i$  e  $u_r$  são os multiplicadores de *inputs*  $i$ ,  $i = 1, \dots, m$ , e *outputs*  $r$ ,  $r = 1, \dots, s$ , respectivamente;  $x_{ij}$  e  $y_{rj}$  são os *inputs*  $i$  e *outputs*  $r$  da DMU  $j$ ,  $j = 1, \dots, n$ ;  $x_{io}$  e  $y_{ro}$  são os *inputs*  $i$  e *outputs*  $r$  da DMU 0.

$$\begin{aligned} \text{Max } h_o &= \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \\ \text{Sujeito a} & \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, j=1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq 0, \forall r, i \end{aligned}$$

Uma DMU é eficiente quando  $h_o = 1$ , o que significa dizer que a restrição relativa a essa DMU está ativa e, portanto, tem folga igual a zero. O modelo MCDEA, propõe a utilização dessa folga  $d$  como medida, ao invés de  $h$ . Assim, neste modelo a DMU é eficiente se, e somente se,  $d = 0$ . Pode-se dizer, então, que esta formulação minimiza a ineficiência da DMU, com a restrição de a soma ponderada dos *outputs* ser menor ou igual à soma ponderada dos *inputs* de cada DMU. Assim, o modelo CCR foi reformulado como em (2):

$$\begin{aligned} \text{Min } d_o \\ \text{Sujeito a} & \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0, j=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, d_j \geq 0, \forall r, i$$

A partir do modelo apresentado em (2), e com o objetivo de restringir a liberdade de escolha dos multiplicadores, o modelo MCDEA adiciona duas funções objetivo: minimização da soma dos desvios (“benevolência generalizada”) e minimização do desvio máximo (“equidade”). De acordo com Li e Reeves (1999), cada uma das três funções objetivo é independente em relação às demais, não havendo ordem de prioridade entre os critérios de eficiência. A formulação MCDEA, é então apresentada em (3):

$$\begin{aligned} & \text{Min } d_o \\ & \text{Min Max } d_j \\ & \text{Min } \sum_{j=1}^n d_j \\ & \text{Sujeito a} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, d_j \geq 0, \forall r, i$$

Na avaliação dos resultados, uma DMU é eficiente minimax se, e somente se, o valor de  $d_o$  correspondente à solução que minimiza a segunda função objetivo do modelo MCDEA é zero. Analogamente, uma DMU é eficiente minisoma se, e somente se, o valor de  $d_o$  correspondente à solução que minimiza a terceira função objetivo do modelo é zero.

Quando uma DMU é minimax ou minisoma eficiente, também deve ser DEA eficiente, pois, por definição, as eficiências minisoma e minimax requerem  $d_o = 0$ . Pode-se concluir, então, que os objetivos minimax e minisoma não favorecem, geralmente, a eficiência clássica da DMU em avaliação.

No entanto, em casos particulares, o objetivo minimax pode restringir pouco as combinações de multiplicadores que

otimizam a função objetivo clássica. Isso ocorre, normalmente, quando a DMU com pior avaliação tem pontos fortes e fracos semelhantes à DMU em avaliação, isto é, tem multiplicadores semelhantes.

Para a solução do modelo em estudo foi utilizada a ferramenta de apoio à decisão TRIMAP, indicada para problemas de programação linear tricritério, além de apresentar uma interface gráfica para análise das unidades produtivas.

### 3. MÉTODO TRIMAP

O TRIMAP, (Climaco Antunes, 1989), é um ambiente interativo de cálculo que objetiva apoiar os agentes de decisão na pesquisa de soluções eficientes para problemas de programação linear tricritério. Ele permite uma pesquisa livre, com base numa aprendizagem progressiva e seletiva do conjunto de soluções eficientes. Combina a redução da região admissível, com a redução do espaço dos pesos das funções objetivo, permitindo que o agente de decisão especifique limitações inferiores para os valores da função objetivo, e/ou imponha restrições no espaço dos pesos (Climaco *et al.*, 2003).

Inicialmente, no método TRIMAP, são calculadas as soluções eficientes que otimizam cada função objetivo e a solução eficiente que minimiza uma distância ponderada de Tchebycheff à solução ideal. As preferências do decisor são obtidas nas interações, a partir da eliminação progressiva das soluções não desejadas. Durante o desenvolvimento do método, há uma diminuição da região admissível, poupando esforço computacional e aumentando progressivamente o foco na sub-região eficiente de maior interesse do agente decisor, que, ao ampliar seu conhecimento do conjunto de soluções eficientes, torna-se apto a tomar uma decisão final.

O método combina três procedimentos fundamentais: decomposição do espaço dos pesos, introdução de restrições no espaço dos

objetivos e introdução de restrições no espaço dos pesos. Como em Soares de Mello et al.(2006), neste estudo o TRIMAP foi utilizado para gerar soluções e servir de ferramenta de análise para o estudo do espaço dos pesos.

O fato de trabalhar com apenas três funções objetivos, representa, muitas vezes, uma limitação do método. Todavia, ele permite o uso de representações gráficas bastante úteis, como a representação do espaço dos pesos, de grande interesse para o estudo do modelo MCDEA. Como este modelo tem exatamente 3 funções objetivo, a limitação não existe.

O gráfico obtido apresenta o espaço dos pesos decomposto em regiões de indiferença – regiões onde os pesos das funções objetivo podem variar sem alterar o valor da solução obtida – que correspondem às soluções básicas não dominadas obtidas até o momento. Além disso, o gráfico pode mostrar restrições diretas aos pesos e aos valores admissíveis das funções objetivo.

O TRIMAP oferece, ainda, um resumo dos resultados numéricos obtidos, fornecendo, para cada solução básica não dominada, o valor das variáveis básicas, das funções objetivo, o percentual da área ocupada pela região de indiferença, entre outros dados.

Considerando-se as características do modelo MCDEA, o TRIMAP apresenta-se como uma ferramenta altamente apropriada para o seu estudo, calculando todas as soluções ótimas da função objetivo do DEA clássico e identificando as não dominadas. Soares de Mello et al.(2006) destacam a importância deste resultado, uma vez que o conhecimento da existência de multiplicadores alternativos e a identificação de quais correspondem a soluções básicas propicia

a realização de análises mais aprofundadas. Além disso, o conhecimento da decomposição do espaço dos pesos permite investigar a estabilidade das soluções eficientes, bem como identificar combinações de pesos que, mesmo não atribuindo eficiência máxima a uma DMU, permitam que as mesmas sejam consideradas boas soluções, por não reduzirem demasiadamente a eficiência e, ao atribuir melhores valores às outras funções objetivo, estejam mais de acordo com as preferências do agente de decisão.

#### 4. USO DO TRIMAP NO MODELO MCDEA

Devido ao fato do modelo MCDEA trabalhar com 3 funções objetivo, o TRIMAP é extremamente adequado para gerar e analisar os resultados desse modelo. Clímaco et al(2008) mostram como fazer análises qualitativas do modelo MCDEA com o TRIMAP. Já Soares de Mello et al.(2006) propuseram um índice de avaliação MCDEA-TRIMAP considerando as propriedades decorrentes do uso do TRIMAP no modelo de Li e Reeves. Dado que, para o cálculo da eficiência neste modelo, deve ser considerada toda a infinidade de combinações possíveis dos pesos das funções objetivo e que há uma variação contínua dos valores assumidos pela função objetivo clássica, integra-se esta última quando a soma ponderada das três funções objetivo é otimizada. Essa integração deve ser feita em todo o espaço dos pesos possíveis e a divisão de seu resultado pelo tamanho desse espaço fornece o valor médio da função objetivo clássica nesse espaço. O complemento desse valor médio representa o índice de eficiência, conforme detalhado em (4):

$$I(Ef_{MCDEA-TRIMAP}) = 1 - \left( \frac{\iint_{\Delta} FOI(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) dS}{\text{área do } \Delta} \right) \quad (4)$$

O cálculo deste índice pode ser simplificado se for observado que o integrando é contínuo por partes no espaço dos pesos, e que em cada região de continuidade, assume valor constante.

Portanto, basta fazer a soma ponderada da primeira função objetivo, tendo como ponderadores as percentagens da área em que cada solução é válida. É importante destacar que todos esses valores são

facilmente obtidos através do TRIMAP. No entanto, uma pequena modificação deve ser feita no modelo MCDEA original, para evitar distorções na integração do espaço dos pesos, geradas pela consideração de vários desvios de eficiência na função objetivo minisoma, em contraste com o que ocorre nas outras duas funções objetivo. Para eliminar as distorções, divide-se a expressão referente a essa função objetivo (minisoma) pelo número total de DMU's em análise.

Em concordância com as propriedades do modelo de Li e Reeves, o índice MCDEA é menor ou igual à eficiência clássica DEA. Por isso, neste estudo, o índice será utilizado para avaliação da eficiência em comparação aos resultados obtidos em DEA clássico.

## **5. MODELO PARA CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DAS COMPANHIAS AÉREAS**

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) divulga, anualmente, dados estatísticos do transporte aéreo no país. Esse estudo considerou os dados disponíveis no Anuário Estatístico de Transporte Aéreo relativos ao ano de 2005, por serem os mais recentes na ocasião em que foi iniciado, e que pode ser obtido em [www.anac.gov.br](http://www.anac.gov.br). Destaque-se que os anuários da ANAC fornecem dados referentes ao final do ano. Assim, quaisquer possíveis variações ocorridas ao longo do ano foram ignoradas para fins da análise realizada.

Os dados referentes às companhias ATA, BRA, MEGA, SKYMASTER, CRUISER e WEBJET não foram divulgados no Anuário 2005, o que impossibilitou a inclusão das referidas empresas no estudo. Por sua vez, a empresa ABSA, por efetuar somente transporte de carga, também não foi considerada.

O ano de 2005 foi marcado por mudanças. Houve a paralisação e encerramento das operações da VASP, enquanto novas empresas iniciaram operações regulares. Algumas empresas

já tradicionais no segmento não regular se transformaram em concessionárias, passando a operar também linhas regulares, como a TAF Linhas Aéreas, por exemplo, que voltou a operar neste mercado, de onde havia se retirado em 2002.

A avaliação das companhias aéreas brasileiras foi efetuada a partir de uma análise comparativa dos resultados obtidos pela aplicação da metodologia DEA e dos índices obtidos pela aplicação do modelo MCDEA.

As empresas transportam passageiros e carga, e recebem por esse transporte, logo os *outputs* devem estar vinculados a essas duas variáveis. Por outro lado, não basta transportar – o transporte aéreo caracteriza-se por transportar a longas distâncias. Assim, foram escolhidos como *outputs* o número de assentos utilizados x quilômetros, e toneladas utilizadas x quilômetro. Para a escolha dos *inputs* deve-se considerar que o principal bem de capital dessas empresas são as aeronaves. No entanto, o número de aeronaves não pode ser considerado diretamente como input, já que não se pode considerar de igual forma um Airbus A330 e um EMB120 Brasília, por exemplo. Utilizou-se, então, o peso máximo de decolagem como *input*, por ser uma variável que tem ligação com a capacidade de transporte, tanto de passageiros, quanto de carga. Por outro lado, é preciso pessoal para operar as aeronaves, executar os serviços de apoio e gerir a empresa. Com isso, o outro *input* utilizado foi o total de pessoal de cada empresa.

Destaque-se que combustível poderia ser utilizado como outro output. No entanto, a ANAC deixou de divulgar o total de combustível gasto por cada empresa. Além disso, Soares de Mello et al. (2003) mostraram que o uso dessa variável distorce os resultados, identificando um número muito grande de empresas como eficiente.

Cada empresa individualmente foi considerada uma DMU. O Grupo Varig foi considerado uma única DMU porque o seu funcionamento, por influência dos bancos credores, ocorria de forma

integrada com a Nordeste, Rio Sul e VarigLog, apresentando características de uma única empresa. Destaque-se que a VarigLog integrava o grupo, mas dentro do plano de recuperação judicial, foi desmembrada e vendida no final de 2005. No entanto, só operou fora do Grupo Varig em um número pequeno de dias no final do ano. Dessa forma, foi considerada como integrante do grupo durante todo o ano.

O estudo visa avaliar o desempenho das companhias aéreas no que tange à sua gestão operacional. Portanto, a orientação a input foi utilizada para avaliar as empresas que têm a capacidade de reduzirem sua frota e gerenciarem seu quadro funcional, sem prejuízos ao total transportado.

Apesar da diferença de tamanho entre as companhias aéreas, não há garantia de desproporcionalidade entre os *inputs* e *outputs*. Assim, optou-se pela adoção do modelo CCR para fins de comparação com o modelo utilizado por Li e Reeves (1999), que é baseado neste modelo, conforme mencionado anteriormente.

## 6. RESULTADOS

O modelo DEA-CCR clássico foi aplicado às 13 DMU's que representam as empresas brasileiras de transporte aéreo regular, com movimentação de carga e passageiros no ano de 2005.

Dentre as companhias avaliadas, estão a regional Pantanal, com atuação principalmente no interior paulista, operando com aviões ATR. A companhia Rico, de médio porte, atuando com aviões E110, E120 e B737; a companhia Passaredo, empresa de pequeno porte, sofreu um processo de drástica redução de sua operação, passando a contar, em 2005, apenas com aviões EMB120 Brasília.

No final do ano avaliado, segundo informações da ANAC, as companhias Gol, com aviões B737, e TAM, operando com aviões F100, A319, A320 e A330, juntas somaram 69% de todo o volume de passageiros transportados de janeiro a

dezembro no mercado doméstico. Foi a primeira vez, desde 2001, quando entrou em operação, que a Gol alcançou a vice-liderança do setor, superando a Varig. Essa inversão coincide com o agravamento da crise financeira da Varig, que pediu para entrar em recuperação judicial - mecanismo previsto na nova Lei de Falências - em junho de 2005.

Segundo dados da ANAC, as empresas ABAETÉ, OCEANAIR, TRIP, META, PUMA AIR, e TOTAL, também envolvidas neste estudo, respondiam, na ocasião, por 2% do total de passageiros e carga transportados no mercado doméstico.

Assim, conforme mencionado, aplicou-se, primeiramente, o modelo DEA-CCR clássico a 13 DMU's que representam as companhias aéreas existentes.

Para o cálculo da eficiência segundo o modelo DEA-CCR das 13 DMU's estudadas, apresentadas na tabela 1, foi utilizado o *software* SIAD, de Angulo Meza et al.(2005).

Como o problema em questão apresenta um número de DMU's reduzido em relação ao total de *outputs* e *inputs*, foram encontradas 4 DMU's eficientes - Gol Transportes Aéreos Ltda, TAM linhas aéreas S/A, Grupo Varig, e Pantanal L.A. Sul Matogrossense – não havendo como fazer distinção entre elas com o modelo DEA CCR. Para aumentar a discriminação entre as unidades, aplicou-se o modelo MCDEA e utilizou-se o TRIMAP, com o objetivo de avaliar também o espaço dos pesos. As figuras 1, 2, 3 e 4 mostram a decomposição do espaço dos pesos para as DMU's eficientes no modelo clássico.

Tabela 1. Eficiência Clássica das Companhias Aéreas

Companhia Aérea	Eficiência Clássica
Gol Transportes Aéreos Ltda	1,0000
Grupo Varig	1,0000
Pantanal L.A.Sul-Matogrossense	1,0000
Tam Linhas Aéreas S/A	1,0000
Abaeté Linhas Aéreas	0,9551
Taf Linhas Aéreas S/A	0,9023
Passaredo Transp.Ae.S/A	0,6654
Oceanair	0,4256
Trip T.A.R.Interior Paulista	0,4069
Rico Linhas Aéreas S/A	0,3792
Meta Mesquita	0,3675
Puma Air	0,2161
Total Linhas Aéreas S/A	0,2153

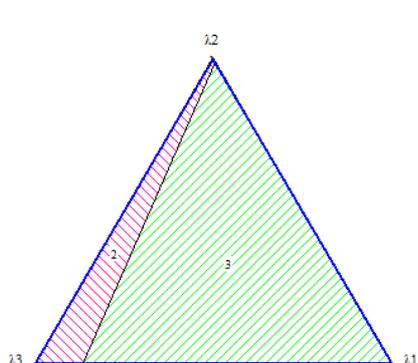


Figura 1. Gol Transportes Aéreos

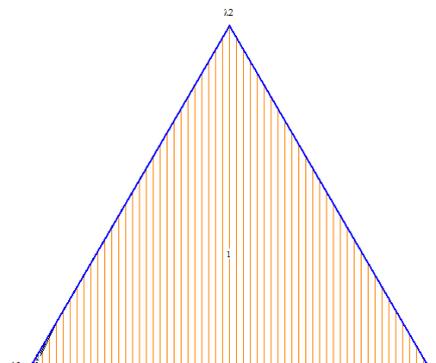


Figura 2. TAM Linhas Aéreas

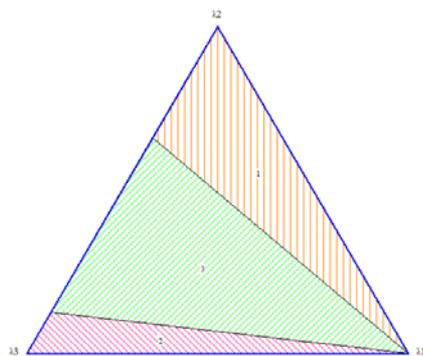


Figura 3. Grupo Varig

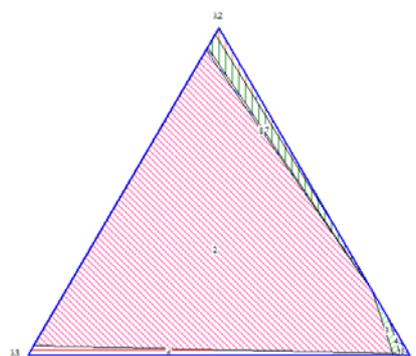


Figura 4. Pantanal L. A. Sul Matogrossense

Usando os processos de análise descritos em Clímaco et al (2008), verifica-se que a DMU “Grupo Varig” foi a única minisoma eficiente e minimax eficiente. As soluções que otimizam a função objetivo referente ao modelo DEA CCR recobrem todo o espaço dos pesos. Assim, segundo a análise feita em Clímaco et al (2008) esta deverá ser a DMU melhor avaliada pelo modelo

MCDEA.

As DMUs GOL e TAM são minimax eficientes, mas não minisoma eficientes. No entanto, a DMU TAM deixa de ser minisoma eficiente apenas por uma pequena área. Portanto, em análise qualitativa deve ser melhor avaliada do que a DMU GOL. Já a DMU Pantanal foi apenas eficiente e, mesmo assim, numa área muito pequena. Só consegue a

eficiência com esquemas muito particulares de multiplicadores.

A Tabela (2) apresenta o cálculo do índice de eficiência MCDEA-TRIMAP para as DMU's eficientes no modelo clássico. Destaque-se que o processo de cálculo considera a soma ponderada das soluções da primeira função objetivo, cujos ponderadores são os percentuais das áreas em que cada solução é válida, utilizando-se os dados fornecidos pelo

TRIMAP. De forma similar, foram calculados os índices de eficiência MCDEA-TRIMAP para as 13 DMU's em estudo, mostrados na Tabela (3).

A partir destes resultados, verificou-se que a única DMU que se manteve eficiente foi o Grupo Varig, aparecendo a TAM muito próxima, o que confirma o fato de que o modelo MCDEA restringe a otimização das DMU's.

Tabela 2. Cálculo do Índice de Eficiência MCDEA das DMU's eficientes

GOL TRANSPORTES AÉREO LTDA			TAM LINHAS AÉREAS S/A			GRUPO VARIG			PANTANAL L.A.SUL-MATOGROSSENSE		
Soluções (F <sub>o</sub> = Min d <sub>o</sub> )	% Área	F <sub>oi</sub> . A <sub>i</sub>	Soluções (F <sub>o</sub> = Min d <sub>o</sub> )	% Área	F <sub>oi</sub> . A <sub>i</sub>	Soluções (F <sub>o</sub> = Min d <sub>o</sub> )	% Área	F <sub>oi</sub> . A <sub>i</sub>	Soluções (F <sub>o</sub> = Min d <sub>o</sub> )	% Área	F <sub>oi</sub> . A <sub>i</sub>
0,17	0,002	0,0003	0,00	99,801	0,0000	0,00	34,102	0,0000	0,88	1,168	1,0252
0,12	14,816	1,7140	0,06	0,105	0,0065	0,00	12,476	0,0000	0,86	91,081	78,7164
0,00	85,163	0,0000	0,06	0,037	0,0022	0,00	53,423	0,0000	0,88	3,534	3,1033
0,17	0,019	0,0032	0,03	0,057	0,0020				0,88	0,667	0,5861
									0,86	2,721	2,3508
									0,82	0,596	0,4907
									0,82	0,143	0,1174
									0,81	0,065	0,0527
									0,81	0,015	0,0120
									0,82	0,010	0,0081
Índice = 1 - ((ΣF <sub>oi</sub> . A <sub>i</sub> )/100)		0,9828	Índice = 1 - ((ΣF <sub>oi</sub> . A <sub>i</sub> )/100)		0,9999	Índice = 1 - ((ΣF <sub>oi</sub> . A <sub>i</sub> )/100)		1,0000	Índice = 1 - ((ΣF <sub>oi</sub> . A <sub>i</sub> )/100)		0,1354

Além disso, a análise das tabelas 1 e 2 permite observar a benevolência do modelo DEA Clássico, que apontou a companhia Pantanal como eficiente,

enquanto no modelo MCDEA esta companhia apresentou um dos menores índices de eficiência, 0,1355.

Tabela 3. Índice de Eficiência MCDEA - TRIMAP

Companhia Aérea	Índice MCDEA – TRIMAP
Grupo Varig	1,0000
Tam Linhas Aéreas S/A	0,9999
Gol Transportes Aéreo Ltda	0,9828
Trip T.A.R.Interior Paulista	0,3421
Rico Linhas Aéreas S/A	0,3171
Meta Mesquita	0,2902
Total Linhas Aéreas S/A	0,2061
Puma Air	0,1622
Taf Linhas Aéreas S/A	0,1597
Pantanal L.A.Sul-Matogrossense	0,1355
Passaredo Transp.Ae.S/A	0,0858
Oceanair	0,0847
Abaeté Linhas Aereas	0,0670

## 7. CONCLUSÕES

O índice MCDEA-TRIMAP possibilitou a realização de uma análise

mais completa do modelo em estudo, viabilizando a identificação da companhia mais eficiente – Grupo Varig.

Deve-se ressaltar que esta companhia estava em estado pré-falimentar no ano de 2005 e, efetivamente, entraria em colapso em 2006. No entanto, o resultado apresentado é coerente com esta situação. No decorrer do ano de 2005 o grupo Varig passou por um choque de gestão com vistas, finalmente, a aumentar o uso da frota, reduzir empregados e custos operacionais. Portanto os resultados obtidos mostram o sucesso desse esforço, em termos de eficiência operacional. Os resultados aqui apresentados não consideram variáveis monetárias, nem o acúmulo de problemas anteriores, como o *code-share* com a TAM (Soares De Mello *et al.*, 2005).

A aplicação do modelo DEA indicou 4 empresas como eficientes. Enquanto a análise dos índices fornecidos pelo modelo MCDEA-TRIMAP atingiu o seu objetivo de melhor discriminação das unidades produtivas. Todavia, é importante ressaltar que 3 das empresas dadas como eficientes no primeiro caso (Grupo Varig, TAM e GOL), obtiveram índices bem próximos na aplicação do MCDEA; por sua vez, a companhia Pantanal atingiu um índice muito inferior. Tal diferença pode ser verificada na análise qualitativa, onde a Pantanal conseguiu ser apenas eficiente e, mesmo assim, numa área muito pequena.

O modelo MCDEA (Li Reeves, 1999) foi desenvolvido para modelos DEA-CCR. Estudos futuros poderiam investigar o uso do MCDEA com os modelos DEA-BCC (Banker *et al.*, 1984). Também para estudos futuros podem explorar-se as potencialidades de interatividade do TRIMAP e de modelos DEA, seja com limitações aos valores das funções objetivo, seja com restrições aos valores dos multiplicadores.

### Referências Bibliográficas

ANGULO-MEZA, L., BIONDI NETO, L., SOARES DE MELLO, J. C. C. B.GOMES, E. G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD Sistema Integrado de Apoio a Decisão): A Software Package for Data Envelopment Analysis Model. **Pesquisa**

ENGEVISTA, v. 10, n. 2, p. 145-155 dezembro 2008

**Operacional**, v.25, n.3, p.493-503. 2005.

ANGULO-MEZA, L., GOMES, E. G., BIONDI NETO, L.COELHO, P. H. G. Avaliação do ensino nos cursos de Pós-graduação em engenharia: Um enfoque quantitativo de avaliação em conjunto. **Engevista**, v.5, n.9, p.41-49. 2003.

ANGULO-MEZA, L.LINS, M. P. E. Review of methods for increasing discrimination in data envelopment analysis. **Annals of Operations Research**, v.116, p.225-242. 2002.

ARAÚJO, A. H., AVELLAR, J. V. G., MILIONI, A. Z.MARINS, F. A. S. **Eficiência e Desempenho do Transporte Aéreo Regional Brasileiro**. SPOLM. Rio de Janeiro, 2006. p.

BANKER, R. D., CHARNES, A.COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v.30, n.9, p.1078-1092. 1984.

CAPOBIANCO, H. M. P.FERNANDES, E. Capital structure in the world airline industry. **Transportation Research Part a-Policy and Practice**, v.38, n.6, p.421-434. 2004.

CHARNES, A., COOPER, W. W.RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, p.429-444. 1978.

CLIMACO, J. C. N.ANTUNES, C. H. Implementation of a user-friendly software package. A guided tour of TRIMAP. **Mathematical and Computer Modelling**, v.12, n.10-11, p.1299-1309. 1989.

CLÍMACO, J. C. N.ANTUNES, C. H. TRIMAP - an interactive tricriteria linear programming package. **Foundations of Control Engineering**, v.12, p.101-119. 1987.

CLIMACO, J. C. N., ANTUNES, C. H.ALVES, M. J. **Programação Linear Multiobjetivo**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra. 2003

CLÍMACO, J. C. N., SOARES DE

- MELLO, J. C. C. B. ANGULO-MEZA, L. Performance Measurement – From DEA to MOLP. In: ADAM, F. HUMPHREYS, P. (Ed.). **Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies**. Hershey: Information Science Reference, v.2, 2008. Performance Measurement – From DEA to MOLP, p.709-715
- EVANGELHO, F., HUSE, C. LINHARES, A. Market entry of a low cost airline and impacts on the Brazilian business travelers. **Journal of Air Transport Management**, v.11, p.99-105. 2005.
- FERNANDES, E. CAPOBIANCO, H. M. P. Airline capital structure and returns. **Journal of Air Transport Management**, v.7, n.3, p.137-142. 2001.
- FERNANDES, E. PACHECO, R. R. Efficient use of airport capacity. **Transportation Research Part a-Policy and Practice**, v.36, n.3, p.225-238. 2002.
- LETA, F. R., SOARES DE MELLO, J. C. C. B., GOMES, E. G. ANGULO-MEZA, L. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. **Investigação Operacional**, v.25, n.2, p.229-242. 2005.
- LI, X. B. REEVES, G. R. Multiple criteria approach to data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v.115, n.3, p.507-517. 1999.
- PACHECO, R. R. FERNANDES, E. Managerial efficiency of Brazilian airports. **Transportation Research Part a-Policy and Practice**, v.37, n.8, p.667-680. 2003.
- PACHECO, R. R., FERNANDES, E. SANTOS, M. P. D. Management style and airport performance in Brazil. **Journal of Air Transport Management**, v.12, n.6, p.324-330. 2006.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B., ANGULO-MEZA, L., GOMES, E. G., SERAPIÃO, B. P. LINS, M. P. E. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. **Pesquisa Operacional**, v.23, n.2, p.325-345. 2003.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B., CLÍMACO, J. C. N. ANGULO-MEZA, L. Índice de eficiência MCDEA-TRIMAP. **XXXVIII Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. Goiania 2006.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B. GOMES, E. G. Eficiências aeroportuárias: uma abordagem comparativa com análise de envoltória de dados. **Revista de Economia e Administração**, v.3, n.1, p.15-23. 2004.
- SOARES DE MELLO, P. H. C., SOARES DE MELLO, J. C. C. B. ANGULO-MEZA, L. Quantificação dos efeitos do compartilhamento de vôos nas informações prestadas nos aeroportos: estudo de caso no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. **Relatório de Pesquisa em Engenharia de Produção da UFF**, v.5, n.4. 2005.