

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Leonardo Leite Pereira

Utilização de Análise Envoltória de Dados na Avaliação Operacional de Empresas de Transporte Aéreo

Trabalho de Graduação

2006

INFRA

Leonardo Leite Pereira

**UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NA AVALIAÇÃO
OPERACIONAL DE EMPRESAS DE TRANSPORTE AÉREO**

Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Arnaldo Scarpel (ITA)

Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão Biblioteca Central do ITA/CTA

Pereira, Leonardo Leite.

Utilização de Análise Envoltória de Dados na Avaliação Operacional de Empresas de Transporte Aéreo / Leonardo Leite Pereira.

São José dos Campos, 2006.

73f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2006. Orientadores: Prof. Dr. Rodrigo Arnaldo Scarpel.

1. DEA. 2. Eficiência. 3. Empresas Aéreas. I. Centro Técnico Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica. II. Utilização de Análise Envoltória de Dados na Avaliação Operacional de Empresas de Transporte Aéreo

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, Leonardo Leite. **Utilização de Análise Envoltória de Dados na Avaliação Operacional de Empresas de Transporte Aéreo**. 2006. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

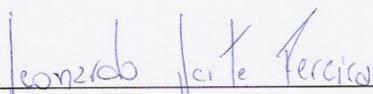
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Leonardo Leite Pereira

TÍTULO DO TRABALHO: Utilização de Análise Envoltória de Dados na Avaliação Operacional de Empresas de Transporte Aéreo.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2006

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.



Leonardo Leite Pereira

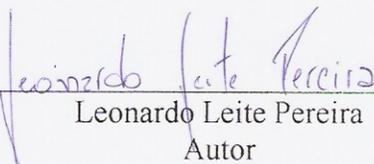
Rua Califórnia, 693, apto 102 – Brooklin.

São Paulo / SP.

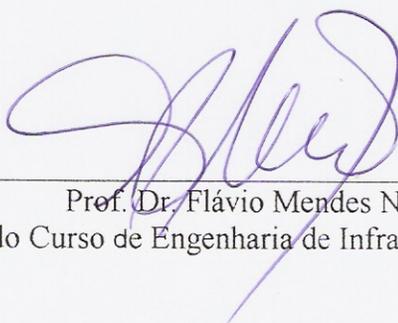
CEP 04566 – 061

UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NA AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE EMPRESAS DE TRANSPORTE AÉREO

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação


Leonardo Leite Pereira
Autor


Prof. Dr. Rodrigo Arnaldo Scarpel (ITA)
Orientador


Prof. Dr. Flávio Mendes Neto
Coordenador do Curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

São José dos Campos, 13 de novembro de 2006

*“C DE CASA;
B DE BOLA;
A DE HANTA.”
AUTOR DESCONHECIDO*

Agradecimentos

Existem tantos a quem agradecer nesse momento que poderia fazer um livro sobre isso. Sou uma pessoa que não se esquece de alguém que já fez algo por mim e que me fez chegar até aqui. E muitas pessoas me ajudaram nessa minha caminhada entre as tortuosas pedras da vida.

Agradeço nesse capítulo não somente àqueles que me deram forças para terminar esse TG, mas a todos que me deram forças para viver minha vida, e chegar até aqui.

Primeiro minha mãe. Mãe, eu sei que a vida foi difícil e que passamos por muitos problemas juntos. Espero que tudo melhore daqui por diante. Mesmo assim não me esqueço dos bons tempos. Obrigado por não ter ido passar o ano novo de 1988 no *Bateau Mouche*. Obrigado por ter sempre estado ao meu lado, mesmo distante. Passamos muito tempo longe um do outro, mas sempre soube que podia contar com você. Obrigado mãe.

Retrocedo a 1997 quando fui morar com minha Tia Ana Cristina e meus primos Brenno e Sasha Wariss. Viraram em cinco anos meus irmãos. Aprendi com eles muito, e se hoje estou aqui, não poderia deixar de agradecê-los. Minha Tia, que sempre esteve presente quando precisei tem um lugar especial nessa história. Muito obrigado Tia!

Meu irmão Flávio, com quem tenho bastante contato, teve sua contribuição no meu lado mais social. Saímos bastante, bebemos bastante, conversamos sobre a vida e sobre nossa família.

Fizemos isso muitas vezes. Lembro de cada uma delas.

Fábio, o mais velho dos irmãos, Iteano também, foi sempre meu mentor, amigo e ídolo. Alguém que um dia me disse que o mais importante que ele poderia fazer por mim era me dar a orientação que eu precisava quando tinha que tomar uma decisão. Palavras marcadas e verdadeiras. Dizem até que sigo seus passos somente por serem seus passos... prefiro acreditar que são meras coincidências. Fábio, obrigado por tudo. Sua esposa, Ana Paula, também foi muito importante na minha trajetória. Paula, Fábio, obrigado por me aturarem literalmente por um ano inteiro, morando com vocês durante todas as semanas. Obrigado por sua comida, sua tv, sua sala... Desculpem-me por sua taça.

Minha irmã Michelle também me ajudou bastante. Restabeleci o contato com meus irmãos através dela, cinco anos depois de ter me mudado pra Belém. Lembro até hoje de ela me esperando no aeroporto. Obrigado.

Ainda posso agradecer muitas pessoas da minha família, mas precisaria de mais um TG inteiro para isso... Tio Zé, Tia Rose, Tio Abraão... Obrigado.

No meu segundo ano de ITA conheci uma menina e hoje posso dizer que se terminei meu curso foi por causa dela. Todas as vezes em que não tinha forças pra ir para aula, ou para

realizar minhas atividades acadêmicas, ela sempre esteve lá. Foi ela que me deu broncas por não fazer meus trabalhos. E teriam continuado incompletos se não fosse por ela. Giselle, muito obrigado por tudo. Não é somente minha namorada, mas é minha grande amiga, que sempre me ajudou. Não estaria aqui se não fosse por você. Muito obrigado. Cada momento que passei com você aqui foi ótimo.

Nesses cinco anos fizemos amigos, colegas, conhecidos e irmãos dentro do ITA. O tempo que passei com meus irmãos de faculdade faz os cinco anos aqui dentro serem prazerosos, e não dolorosos. Vaporeto, Tobias, Pingüim, Lontra, Baiano, Crato, Pit, Macharoto, Yuri, Currálinho, Suguinha, Abelha, Moquinho... São tantos... Foi uma honra passar cinco anos com vocês, comemorando cada dia de nossa existência.

Agradeço também ao meu orientado, Prof.Dr. Rodrigo Arnaldo Scarpel, péla paciência em me orientar nesse trabalho.

Não se preocupe se você não foi citado nesse agradecimento. Tenho muita gente para agradecer e pouco espaço para escrever. Mas você também foi importante em minha vida.

Resumo

Este trabalho de graduação tem por finalidade avaliar a eficiência operacional das principais empresas de transporte aéreo no Brasil, no período entre 1997 e 2004. Para realizar essa avaliação, será utilizada a Análise Envoltória de Dados, uma ferramenta da matemática não-paramétrica que está sendo amplamente usada em casos de análise de eficiência. DEA, como também é conhecida essa ferramenta, calcula índices de eficiência comparativos entre unidades tomadoras de decisão (DMU's) que realizam tarefas similares, usando recursos (*inputs*) para gerar produtos (*outputs*). O cálculo dessa eficiência está relacionado ao quanto melhor as DMU's utilizam seus recursos disponíveis para gerar seus produtos. Cada empresa aérea será considerada uma DMU distinta para cada ano de análise, possibilitando assim a avaliação temporal da eficiência. O modelo escolhido de DEA para a análise leva em consideração que os retornos de escala entre as empresas são diferentes: é possível comparar grandes empresas com pequenas empresas sem prejudicar a análise por conta das diferentes escalas.

Abstract

The objective of this graduation work is to evaluate the operational efficiency of the major Brazilian air carriers, between 1997 and 2004. To do this evaluation, Data Envelopment Analysis approach is used. DEA, how this analysis is commonly named, is a tool from a non-parametric mathematics that has been heavily used to do efficiency analysis of all kinds. DEA calculates comparative efficiency indexes among all decision Making Units (DMU's) that works in a same way, using resources (*inputs*) to generate products (*outputs*). The calculation of this index is related with how well the DMU can generate products with the available resources. Each air carrier will be considerer a distinct DMU in each year of analysis. This will provide a way to evaluate the air carriers' efficiencies over time. The chosen DEA model takes into account that return scales from the air carriers are different: this way it is possible to compare big air carriers with small ones without harming the whole analysis because of different operation scales.

Sumário

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Sumário.....	v
1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Organização do texto.....	2
2 Método utilizado: Análise Envoltória de Dados	4
2.1 Considerações iniciais	4
2.2 Introdução.....	5
2.3 O modelo CCR	7
2.4 O modelo CCR orientado a input	9
2.5 O modelo CCR orientado a output	10
2.6 O modelo BCC	12
2.7 O modelo BCC orientado a input	13
2.8 O modelo BCC orientado a output	15
2.9 A escolha do modelo para avaliar a eficiência das empresas de transporte aéreo.....	16
3 Avaliação da eficiência operacional das empresas de transporte aéreo utilizando Análise Envoltória de Dados	19
3.1 O problema	19
3.2 Dados sobre as empresas de transporte aéreo analisadas	20
3.3 Variáveis de INPUT e OUTPUT utilizadas	23
3.4 Resultados da Análise Envoltória de Dados para o problema em questão.....	24
3.5 Análise dos resultados	27
4 Conclusões e recomendações	37
Referências	39
Apêndice A – Informações estatísticas das empresas analisadas de transporte aéreo do Brasil, entre 1997 e 2004.	41
A1:	41
A2:	41
A3:	42

A4:	42
A5:	43
A6:	43
A7:	44
A8:	44
A9:	45
A10:	45
A11:	46
A12:	46
A13:	47
A14:	47
A15:	48
A16:	48
A17:	49
A18:	49
A19:	50
A20:	50
A21:	51
A22:	51
A23:	52
Apêndice B – Glossário das siglas utilizadas	53
Apêndice C – Resultados DEA	54
Apêndice D – Gráficos de Eficiência e de Ass.km oferecidos / Ass.km pagos para as empresas aéreas no período de 1997 a 2004 que não foram analisadas no capítulo 3.	57
Apêndice E – IAC1502-0669 (Extraído parcialmente de DAC, 1999).	60

Índice de Figuras

Figura 1: Fronteira de produtividade genérica (extraído de ANGULO-MEZA, 2005).	5
Figura 2: Fronteira CCR, modelo input-orientado (Extraído de AVELLAR, 2004).	10
Figura 3: Fronteira CCR, modelo <i>output-orientado</i> (Extraído de AVELLAR, 2004).	11
Figura 4: Representação geométrica dos fatores de escala no modelo BCC, <i>input-orientado</i> (Extraído e alterado de ANGULO-MEZA, 2005).	14
Figura 5: Representação geométrica dos fatores de escala no modelo BCC, <i>output-orientado</i> (Extraído e alterado de ANGULO-MEZA, 2005).	16
Figura 6: Representação das fronteiras de eficiência no modelo CCR e BCC (Extraído de ANGULO-MEZA, 2005).	18
Figura 7: Histograma da eficiência das DMU's em análise	27
Figura 8: Avaliação da eficiência do Grupo Varig	28
Figura 9: Avaliação da eficiência do Grupo TAM	29
Figura 10: Avaliação da eficiência do Grupo TBA	30
Figura 11: Avaliação da eficiência da VASP	30
Figura 12: Avaliação da eficiência da GOL.	31
Figura 13: Avaliação da eficiência dos Grupos TAM, Varig, TBA e VASP.	32
Figura 14: Avaliação da eficiência da Abaeté.	34
Figura 15: Avaliação da eficiência da Pantanal.	34
Figura 16: Avaliação da eficiência da Trip.	34
Figura 17: Avaliação da eficiência da TAVAJ.	35
Figura 18: Avaliação da eficiência da Penta.	35
Figura 19: Avaliação da eficiência da Rico.	36
Figura 20: Avaliação da eficiência da Total.	36

1 Introdução

Este trabalho de graduação tem por finalidade avaliar a eficiência operacional das principais empresas de transporte aéreo no Brasil, no período entre 1997 e 2004. Para realizar essa avaliação, será utilizada uma ferramenta da matemática não-paramétrica que está sendo amplamente usada em casos de análise de eficiência. Essa ferramenta é chamada de DEA, em português: Análise Envoltória de Dados.

Entre 1997 e 2004 houve vários fatos que afetaram de modo significativo o mercado de transporte aéreo no Brasil. Várias empresas tiveram suas atividades encerradas enquanto outras entraram de forma bem expressiva no mercado, criando impactos em todas as demais. Houve a mudança da agência reguladora do transporte aéreo no país, do DAC para a ANAC. Houve alianças entre empresas, na esperança de melhorias operacionais conjuntas que justificassem seus atos.

Além disso, todos os eventos de âmbito nacional influenciam o setor aéreo brasileiro. Principalmente a economia. Em um setor fortemente vinculado à moeda americana, qualquer variação cambial poderia marcar o fim das operações de uma empresa que não tivesse condições de se estabelecer em uma crise geral a todas as companhias.

Eventos de âmbito internacional também marcam as operações em território brasileiro. O mais expressivo desses eventos foram os atentados de 11 de setembro de 2001 ao *World Trade Center* nos Estados Unidos da América. Atentados que mudaram completamente a forma como o transporte aéreo seria regido em todos os países do mundo (ou quase todos).

Todas as empresas aéreas brasileiras passaram por todos esses ocorridos durante esse período. Mas as formas de reagir foram diferentes.

Deve-se lembrar que em um mundo cada vez mais competitivo, e com mercados globalizados, a corrida pela eficiência pode definir o futuro de uma empresa.

A avaliação temporal da eficiência operacional dessas empresas pretende mostrar como as empresas aéreas brasileiras responderam a alguns dos eventos citados e se elas estão em busca de maiores eficiências operacionais para se tornarem mais competitivas.

1.1 Motivação

A motivação para esse trabalho surgiu de duas formas distintas, que acabaram convergindo. Primeiramente houve um grande interesse pela ferramenta que será utilizada nesse trabalho: DEA. O primeiro contato com DEA foi através de uma apresentação

ministrada pelo Professor Avellar, mestre pelo Instituto tecnológico de Aeronáutica (ITA), para os alunos do 4º ano dos cursos de engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica e de Engenharia Mecânica do ITA.

A palestra mostrou as várias aplicações da ferramenta em questão. Pensou-se, então em utilizá-la em uma aplicação relacionada ao curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica.

A área que apresenta mais aplicações para a ferramenta é a de Transportes Aéreos. E esse é o segundo motivo. Essa área é muito interessante, ainda mais sendo uma área com muitos dados estatísticos e com grande interesse em resultados quanto à eficiência, de um modo geral. Assim pensou-se em se fazer uma análise com DEA das empresas de transporte aéreo. Tal proposta foi aceita e assim começaram os trabalhos para desenvolver este TG.

1.2 Objetivo

Utilizar a Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência operacional das empresas brasileiras de transporte aéreo regular, doméstico, de passageiros, no período entre 1997 e 2004.

1.3 Organização do texto

No capítulo 2, inicialmente, há uma descrição da Análise Envoltória de Dados. Passa-se por um breve histórico e pela explicação do que é e o que faz a Análise Envoltória de Dados. Após isso há uma explicação detalhada dos principais modelos existentes de DEA e suas formulações matemáticas, além de suas particularidades e melhores aplicações para cada um dos modelos. O capítulo é finalizado fazendo-se a escolha do modelo de DEA utilizado para avaliar a eficiência operacional das empresas de transporte aéreo no Brasil.

A análise das empresas é feita no capítulo 3. Primeiramente o problema é formulado e apresentado. Nessa parte é feita uma análise de quais empresas serão analisadas e como isso será feito. Em seguida, na seção 3.2, haverá uma breve discussão sobre os dados disponíveis e relevantes sobre as empresas aéreas escolhidas para análise. Além disso, todos os dados colhidos para a realização desse trabalho serão disponibilizados no apêndice A e em arquivo eletrônico anexo ao trabalho. Na seção 3.4 serão apresentadas as variáveis que serão utilizadas para a análise de eficiência das empresas de transporte aéreo e a justificativa para seu uso.

Finalmente, no final do capítulo 3, são apresentados os resultados obtidos com a

utilização da ferramenta DEA e é feita uma análise desses resultados. Essa análise tenta apontar possibilidades para eventuais modificações nas eficiências de algumas empresas e tenta explicar através da eficiência e de alguns dados complementares, o que ocorreu com algumas empresas aéreas ao longo do período de análise.

Vale ressaltar aqui também, que nessa análise não são levados em conta, diretamente, fatores econômicos. A análise é sobre a eficiência operacional das empresas aéreas.

No capítulo 4 são apresentadas as principais conclusões do trabalho e algumas recomendações para trabalhos futuros.

Como apêndices existem as tabelas contendo todos os dados coletados de todas as empresas aéreas presentes nesse trabalho, os resultados do DEA em uma tabela, incluindo os pesos atribuídos às variáveis e valor atribuído à variável independente u_0^1 , os gráficos de eficiência das empresas aéreas no período entre 1997 e 2004 que não foram analisadas no capítulo 3 e parte da IAC 1502-0669 (DAC, 1999), que será discutida brevemente na seção 3.1.

¹ DEA será explicado em detalhes no capítulo 2. São utilizados termos específicos sobre DEA neste momento apenas com o intuito de explicar a organização do texto de forma mais adequada. Informações adicionais sobre pesos das variáveis e variável independente u_0 ver seções 2.2 e 2.6 respectivamente.

2 Método utilizado: Análise Envoltória de Dados

2.1 Considerações iniciais

Uma definição sucinta de eficácia, segundo Angulo-Meza, (2005) é: “capacidade de a unidade produtiva atingir a produção que tinha como meta”. Mas dessa definição surge a pergunta: ser eficiente é o mesmo que ser eficaz? Ou ser eficaz e ser eficiente possuem significados diferentes? A resposta para essas perguntas, mesmo parecendo um pouco contrária ao bom senso, é que ser eficaz é diferente de ser eficiente. Eficácia se resume em obter bons resultados (metas pré-estabelecidas) na tarefa realizada, sem levar em consideração o que foi necessário para produzir esse resultado. Quer dizer que para um time de futebol ser eficiente basta ganhar jogos e campeonatos. Se levarmos em consideração que ele faz isso com pouco investimento, então o time se torna eficiente. Até mesmo com pouca base acadêmica e matemática podemos inferir se determinado processo está sendo eficaz ou não. Basta que o processo atinja as expectativas para que ele seja considerado eficaz. Já a eficiência não funciona dessa maneira.

O conceito de eficiência é relativo. Eficiência é a comparação do que foi produzido com os recursos disponíveis e o que poderia ter sido produzido utilizando os mesmo recursos. A maneira como isso é feito depende do tipo de abordagem que se utilize. Esse é o motivo pelo qual esse conceito é considerado relativo. Os métodos paramétricos, por exemplo, supõem que exista uma relação funcional pré-definida entre o que foi produzido e os recursos utilizados. Normalmente usam médias para avaliar o que poderia ter sido produzido com os recursos disponíveis (ANGULO-MEZA, 2005).

Já outros modelos não assumem que exista essa relação funcional. De fato existem diversos modelos matemáticos que se propõem a medir eficiência.

Este trabalho de graduação se propõe a discutir e comparar a eficiência de diversas empresas de transporte aéreo ao longo do período compreendido entre 1997 e 2004. Esse tipo de análise requer um modelo matemático que seja capaz de mensurar a eficiência de cada empresa de modo objetivo, e assim possibilitar uma comparação entre elas.

Será utilizada uma metodologia que já é amplamente conhecida, discutida e utilizada para os fins de comparação de eficiência chamada DEA. Diferentemente dos métodos paramétricos, essa ferramenta não faz nenhuma suposição funcional entre produtos e recursos e considera que o máximo que poderia ter sido produzido é obtido por meio da observação das unidades mais produtivas (ANGULO-MEZA, 2005).

2.2 Introdução

A Análise Envoltória de Dados, comumente abreviada de DEA - do inglês, *Data Envelopment Analysis* - é uma ferramenta da matemática não paramétrica que compara a eficiência de unidades tomadoras de decisão – DMU's, do Inglês *Decision Making Units* - que realizam tarefas semelhantes e se utilizam de recursos, insumos (*inputs*) para gerar produtos (*outputs*). A eficiência é medida através da avaliação de quanto insumo é utilizado para gerar o produto. Uma DMU é tão mais eficiente quanto consiga produzir mais *outputs* utilizando-se de menos *inputs* ou vice-versa.

DEA é uma ferramenta recente. Foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 para avaliar escolas de ensino fundamental (Charnes et al., 1978). Essa ferramenta se baseia em problemas de programação linear. Nesses problemas devemos maximizar a eficiência obedecendo a diversas restrições, entre elas que a eficiência seja um número entre zero e um.

A resolução do problema de programação linear cria uma fronteira de eficiência máxima, também conhecida como fronteira de produção. Essa fronteira de produção é caracterizada pela máxima quantidade de *outputs* gerados com uma quantidade fixa de *inputs* ou a mínima quantidade de *inputs* utilizados para gerar uma quantidade fixa de *outputs*. Seja a Figura 1, onde na abscissa estão representados os recursos (X) e na ordenada os produtos (Y). A função $f(x)$ representa neste caso a fronteira de produtividade. Para cada quantidade de recurso x existe um máximo de produtos y que podem ser produzidos.

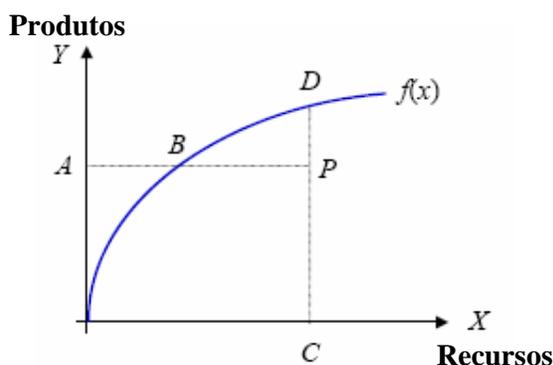


Figura 1: Fronteira de produtividade genérica (extraído de ANGULO-MEZA, 2005).

Qualquer uma das DMU's analisadas estará dentro da região formada. Quanto mais próxima da fronteira, mais eficiente é a unidade em questão. Seja a DMU ineficiente P. Para ela se tornar eficiente ela deve migrar da posição atual para uma posição sobre a fronteira de

produtividade. Isso pode ser feito de diversas maneiras, mas as duas principais maneiras são: manter a quantidade de recursos C constante e aumentar a quantidade de produtos A, indo de P para a posição D; ou manter a quantidade de produto A constante e diminuir a quantidade de recursos C, indo da posição P para a B. Em ambos os casos a DMU P passa a se tornar eficiente, logo sobre a fronteira de produção.

O primeiro método, por ter como estratégia aumentar a quantidade de produtos da DMU P para torná-la eficiente, é chamado de método orientado a *output*. Já o segundo método, por ter como estratégia diminuir a quantidade de recursos mantendo a quantidade de produtos constante, é chamado de método orientado a *input*.

A função $f(x)$, representativa da fronteira de eficiência, depende do modelo utilizado. Neste mesmo capítulo, nas próximas seções, serão exemplificados os modelos mais conhecidos, com uma descrição sobre suas características, o tipo de fronteira de eficiência e a sua formulação matemática.

Segundo Avellar (2004), uma forma de se calcular a eficiência comparativa de uma DMU com diversos *inputs* e *outputs* foi demonstrada por Farrel (Farrel et al., 1962):

$$\text{Eficiência } j = \frac{u_1 \cdot y_{1j} + u_2 \cdot y_{2j} + \dots}{v_1 \cdot x_{1j} + v_2 \cdot x_{2j} + \dots} \quad (1)$$

Onde:

j é o índice de uma DMU qualquer ($j=1, 2, \dots, m$);

x_{ij} é a quantidade de *input* i ($i=1, 2, \dots, n$) da DMU j ;

y_{rj} é a quantidade de *output* r ($r=1, 2, \dots, p$) da DMU j ;

u_r é o peso do *output* r ; e

v_i é o peso do *input* i .

Para cada *input* e *output* de uma determinada DMU existe uma combinação de pesos que determina sua eficiência. Se determinado *input* é muito importante na análise da eficiência de uma DMU ele terá um peso de valor elevado, caso contrário terá um peso de pequeno valor, podendo até ser zero (sendo desprezado). Esses pesos são diferentes para cada DMU envolvida na análise.

DEA funciona de forma similar. A ferramenta varia os pesos de todas as DMU's a serem analisadas para quantificar a eficiência comparativa entre elas. Essa análise comparativa mostra quais *inputs* e *outputs* são mais relevantes para a eficiência de cada DMU, como a DMU pode ser tornar mais eficiente e qual o benchmark para cada DMU envolvida na análise. Esse tipo de análise, possibilitado pela DEA, é uma das principais atratividades para

recorrer ao seu uso.

DEA está sendo amplamente utilizado nas últimas três décadas. Existem vários modelos dessa poderosa ferramenta de análise e esses modelos estão sofrendo transformações advindas de estudos recentes. Na maioria dos casos essas transformações ocorrem para deixar o modelo mais próximo da realidade dos fatos, e assim gerar comparações reais de eficiência, e não tendenciosas.

2.3 O modelo CCR

O modelo CCR foi o primeiro modelo desenvolvido de DEA, em 1978. O nome do modelo leva as iniciais dos seus criadores: Charnes, Cooper e Rhodes. Esse modelo é caracterizado por ter uma fronteira de produção linear por partes (AVELLAR, 2004) e sendo assim não apresenta ganhos de escala. Por esse fato, esse modelo recebe também, o nome de modelo CRS – do inglês, *Constant Return of Scale* –.

Esse modelo assume que aumentos / reduções nos *inputs* geram aumentos / reduções nos *outputs* de maneira proporcional, sem ganhos de escala. A aplicação desse modelo pressupõe que a ordem de grandeza das entidades envolvidas seja a mesma. Caso a ordem de grandeza entre elas seja muito diferente, precisam-se avaliar os eventuais ganhos de escalas, que o modelo CCR não prevê.

A formulação matemática do modelo CCR, ou CRS pode ser feita da maneira descrita logo em seguida: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Maximizar :} \\
 \text{Sujeito a:}
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}} \\
 \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1 \\
 j = 1, \dots, n; \quad v_i, u_r \geq 0; \quad \forall i, r
 \end{array} \right. \quad (2)$$

Onde:

h_0 é a deficiência da DMU₀;

x_{i0} é a quantidade de *input* i da DMU₀;

y_{r0} é a quantidade de *output* r da DMU₀;
 x_{ij} é a quantidade de *input* i da DMU j ($j=1, \dots, n$);
 y_{rj} é a quantidade de *output* r da DMU j ($j=1, \dots, n$);
 u_r é a variável que representa o peso do *output* r ; e
 v_i é a variável que representa o peso do *input* i .

A grande questão resolvida por Charnes, Cooper e Rhodes foi que o problema anterior, um problema de programação fracionada, tem infinitas soluções ótimas. Eles reescreveram o problema em forma de um PPL (problema de programação linear) e com isso criaram o modelo CRS. Para passar do PPF para um PPL impõem-se mais uma restrição, de que o denominador da função objetivo seja igual a uma constante. Geralmente adota-se a unidade (ANGULO-MEZA, 2005). A formulação matemática do PPL é apresentada: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Maximizar :} \\
 \text{Sujeito a:}
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0} \\
 \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0} = 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} \leq 0 \\
 j = 1, \dots, n; \quad v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r
 \end{array} \right. \quad (3)$$

DEA resolve esse PPL para cada uma das DMU's variando os pesos de maneira a encontrar a maior eficiência possível para cada uma das DMU's. Essa variação nos pesos a princípio é livre para cada DMU, da forma que for mais conveniente a ela. Vale a pena ressaltar que uma das condições impostas ao modelo é que a eficiência tem o valor máximo de um, então os pesos para uma determinada DMU não podem gerar eficiência maior que um para nenhuma outra DMU. Existe a possibilidade de se atribuírem restrições aos pesos para que casos em que uma variável tenha muito mais relevância que as outras para a eficiência da DMU, ou que algumas variáveis sejam desconsideradas, não aconteçam.

Como foi explicado anteriormente, cada modelo possui a possibilidade de tentar melhorar a eficiência de uma DMU utilizando-se de menos *inputs* para gerar uma quantidade fixa de *outputs* (modelo orientado a *input*), ou aumentando a quantidade de *outputs* mantendo

fixa a quantidade de *inputs* (modelo orientado a *output*). Na próxima seção serão discutidas as do modelo CCR orientado a *input*.

2.4 O modelo CCR orientado a *input*

O modelo CCR apresentado em (3) calcula a eficiência das DMU's diminuindo os recursos deixando constante o produto. Essa é a própria definição de um modelo orientado a *input*. Essa orientação torna-se mais evidente se for usado o dual do problema de programação linear proposto. Esse dual de (3) é conhecido como Modelo do Envelope, isso porque o objetivo aqui é encontrar as DMU's eficientes que formarão a fronteira de produção, e envelopam todas as demais DMU's. A formulação matemática do dual é apresentada: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Minimizar : } \left\{ \begin{array}{l} \theta \end{array} \right. \\
 \\
 \text{Sujeito a: } \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n y_{rj} \cdot \lambda_j \geq y_{r0} \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot \lambda_j \leq \theta \cdot x_{i0} \\ r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m; \quad \theta, \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \end{array} \right. \quad (4)
 \end{array}$$

Para o caso de apenas um *input* e um *output*, a Figura 2 mostra um modelo CCR orientado a *input*. Neste exemplo, as DMU's A e C são eficientes, assim formam uma fronteira de eficiência máxima. Nenhuma DMU pode estar do lado esquerdo da reta formada por A e C porque existe essa restrição no modelo. Perceba que para qualquer DMU, sua eficiência pode ser dada pela sua distância horizontal até a fronteira de eficiência dividida pela distância horizontal até o eixo Y dos outputs (modelo orientado a *input*). Para a DMU B seria $\frac{\overline{BB'}}{\overline{BB''}}$.

Como a eficiência deve ser menor que um e positiva, não existe sentido em uma DMU do lado de fora da fronteira de eficiência (seria um número menor do que zero). As DMU's B, D e E são ineficientes e para se tornarem eficientes devem diminuir a quantidade de insumos consumidos para gerarem a quantidade atual de produtos (AVELLAR, 2004).

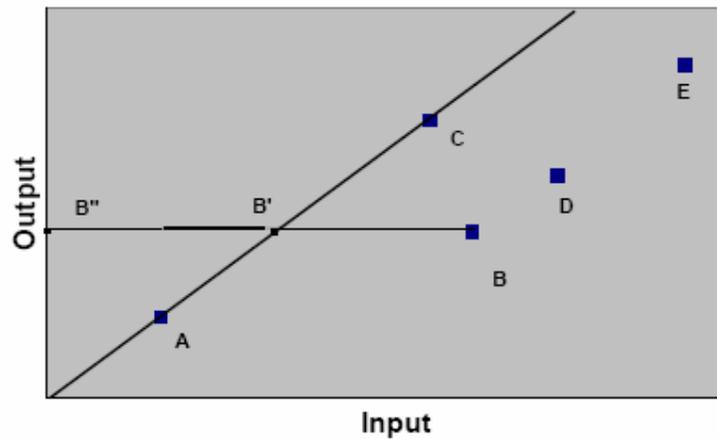


Figura 2: Fronteira CCR, modelo *input*-orientado (Extraído de AVELLAR, 2004).

Existe também a possibilidade de se querer manter a quantidade de *inputs* constante e aumentar a quantidade de *outputs*. Esse é o modelo orientado a *output*.

2.5 O modelo CCR orientado a *output*

Nesse modelo há interesse em maximizar a quantidade de *outputs* mantendo constante a quantidade de *inputs* utilizados. A formulação matemática desse modelo é similar a do modelo orientado a *input*, com a diferença que a função objetivo agora é de minimização, já que o numerador é constante (geralmente igual a unidade) e não mais o denominador: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Minimizar :} \\
 \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0} \end{array} \right. \\
 \\
 \text{Sujeito a:} \\
 \left\{ \begin{array}{l} \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0} = 1 \\ \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0} \geq 0 \\ j = 1, \dots, n ; v_i, u_r \geq 0, \forall i, r \end{array} \right. \quad (5)
 \end{array}$$

No caso de um *input* e um *output*, assim como na Figura 2, a Figura 3 apresenta uma fronteira de eficiência formada novamente pelas DMU's A e C, eficientes. Como o modelo é orientado a *output*, a eficiência de qualquer DMU pode ser dada como a distância da projeção

da DMU sobre a reta de eficiência até o eixo horizontal dividido pela distância vertical da DMU até o eixo horizontal. Para a DMU B a eficiência é dada por $\frac{\overline{B'B''}}{\overline{BB''}}$ (AVELLAR, 2004). As DMU's B, D e E, ineficientes, precisam produzir mais outputs com a quantidade fixa de inputs para se tornarem eficientes.

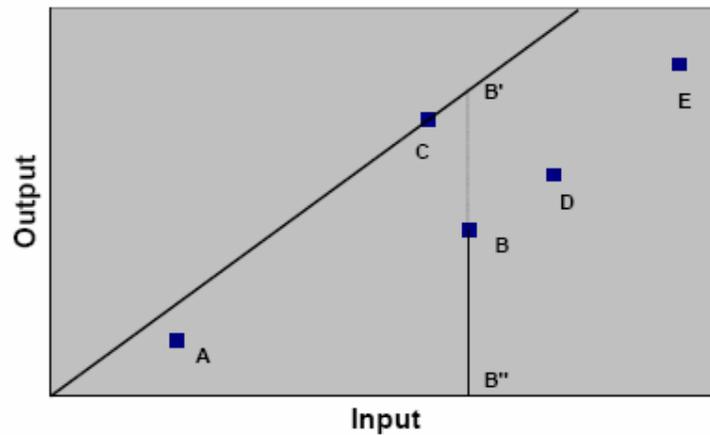


Figura 3: Fronteira CCR, modelo *output-orientado* (Extraído de AVELLAR, 2004).

Se os resultados do modelo CCR orientado a *output* forem comparados ao do modelo CCR orientado a *input*, perceberemos que os valores calculados para a eficiência das DMU's não eficientes são iguais nos dois modelos. A diferença, então, entre os dois modelos é a maneira como essas DMU's passam a ser eficientes e por isso possuem benchmarks e alvos diferentes.

Assim como foi feito no modelo CCR orientado a *input*, é apresentado o dual do modelo CCR orientado a *output*: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Maximizar:} \\
 \text{Sujeito a:}
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 \eta \\
 \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot \lambda_j \leq x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \\
 \sum_{j=1}^n y_{rj} \cdot \lambda_j \geq \eta \cdot y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s \\
 \eta, \lambda \geq 0, \quad \forall j
 \end{array} \right. \quad (6)$$

A formulação matemática apresentada em (6) leva à conclusão de que a eficiência não

é a própria variável η (pois a função objetivo é maximizada e há a restrição de $\eta \geq 0$). A eficiência deve ser no máximo igual a um. Assim, nessa formulação, a eficiência é dada por $\frac{1}{\eta}$.

Existem casos em que a utilização do modelo CCR não descreve muito bem a realidade dos fatos. Imagine, por exemplo, que algumas empresas estão sendo avaliadas pelo modelo DEA. Dessas, uma é uma micro-empresa e outra é uma Multinacional. O modelo CCR considera que aumentos nos *inputs* geram aumentos proporcionais nos *outputs*. Acontece que isso nem sempre funciona. Nesse caso, a Multinacional possui vantagens competitivas por causa da escala em que opera. Para as duas empresas, aumentos iguais nos recursos não irão gerar aumentos proporcionais nos produtos. Espera-se que a Multinacional tenha um aumento maior nos produtos, isso por causa dos benefícios da operação em larga escala.

2.6 O modelo BCC

Tentando superar esse impasse, em se avaliar entidades que operam em escalas diferentes, Banker, Charnes e Cooper desenvolveram em 1984 uma variação do modelo CCR, que insere uma variável na formulação matemática do modelo que representa os retornos de escala variáveis para as diferentes DMU's. Esse novo modelo ficou conhecido como modelo BCC (Iniciais dos nomes de seus criadores), ou como é comumente chamado, VRS - do inglês, *Variable Return of Scale* -.

Ao se utilizar DEA deve-se avaliar qual tipo de modelo mais se adequa à realidade das DMU's em análise. Como dito anteriormente, o modelo CCR não avalia os ganhos de escala entre as DMU's de diferentes ordens de grandeza. O modelo BCC, com auxílio dessa nova variável em sua formulação matemática, já avalia os ganhos de escala de empresas de diferentes ordens de grandeza. A formulação matemática do modelo BCC é apresentada: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{aligned}
 \text{Maximizar : } & \left\{ \begin{aligned} & h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0} + u_0}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}} \end{aligned} \right. \\
 \text{Sujeito a: } & \left\{ \begin{aligned} & \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} + u_0}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1 \\ & v_i, u_r \geq 0; \quad \forall i, r \quad u_0 \text{ irrestrito} \end{aligned} \right. \quad (7)
 \end{aligned}$$

. A variável que representa o retorno de escala é a variável u_0 . Ela é apresentada tanto na função objetivo quanto nas restrições. Para tal variável não existem restrições. A resolução do problema irá indicar qual o valor de u_0 que mais beneficia a DMU em questão. Tal variável pode até receber o valor zero, sendo assim desconsiderada da análise.

O valor de u_0 representa em que ponto a reta tangente à envoltória de dados intercepta o eixo Y dos outputs. Se for zero, então não existe benefício do retorno de escala e então o modelo daria resposta igual ao modelo CCR. Existem ainda duas situações possíveis: se u_0 for menor que zero ou se for maior que zero. A análise das implicações de um ou de outro depende se o modelo é orientado a input ou a output. Sendo assim, essas implicações serão comentadas nas próximas seções, quando é discutido o modelo BCC orientado a *input* e a *output*.

2.7 O modelo BCC orientado a *input*

Assim como no modelo CCR, a orientação a *input* implica que a DMU passa a ser mais eficiente se diminuir a quantidade de *inputs* deixando constante a quantidade de *outputs*. É quando se quer manter o nível de serviço (produção constante) e usar menos recursos para atingir esse nível de serviço. A formulação matemática do modelo BCC orientado a *input* é apresentada: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Maximizar :} \\
 \text{Sujeito a:}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0} + u_0 \\
 \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0} = 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} + u_0 \leq 0 \\
 j = 1, \dots, n ; \quad v_i, u_r \geq 0 \quad u_0 \text{ irrestrito}
 \end{array}
 \right. \quad (8)$$

Nessa formulação, assim como na do CCR orientado a *input*, o denominador da função objetivo é constante, geralmente igual à unidade.

A figura 4 mostra os possíveis casos para u_0 . No caso de modelo orientado a *input*, para u_0 igual a zero, não existe retorno de escala. Para u_0 menor que zero, a DMU está em uma região de retorno de escala decrescente, e para um valor de u_0 positivo, a DMU está em uma região de retorno de escala crescente. Na figura 4, esses três casos são representados pelas retas azul (retorno constante de escala), verde (retorno decrescente de escala) e vermelha (retorno crescente de escala).

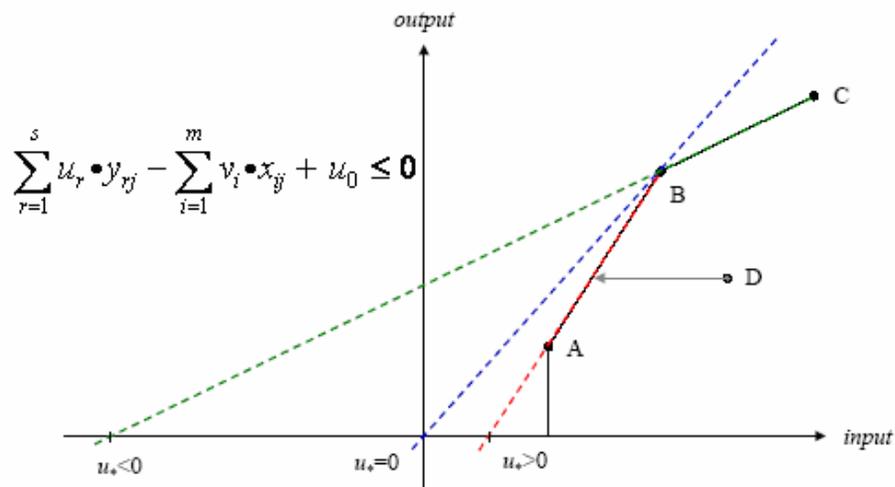


Figura 4: Representação geométrica dos fatores de escala no modelo BCC, *input-orientado* (Extraído e alterado de ANGULO-MEZA, 2005).

A formulação matemática do dual de (8) possui uma restrição a mais, acarretada pela variável u_0 . A formulação matemática do dual de (8) é apresentada: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Minimizar : } \left\{ \begin{array}{l} \theta \end{array} \right. \\
 \\
 \text{Sujeito a: } \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m y_{rj} \cdot \lambda_j \geq y_{r0} \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot \lambda_j \leq \theta x_{i0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \text{ (restrição imposta por } u_0) \\ \theta, \lambda \geq 0 \quad \forall j \end{array} \right. \quad (9)
 \end{array}$$

2.8 O modelo BCC orientado a *output*

Para a orientação a *output*, da mesma maneira que o modelo CCR, a eficiência é atingida aumentando-se a quantidade de *outputs* e fixando-se a quantidade de *inputs*. A formulação matemática do modelo é apresentada: (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Minimizar : } \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0} + v_0 \end{array} \right. \\
 \\
 \text{Sujeito a: } \left\{ \begin{array}{l} \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0} = 1 \\ \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0} + v_0 \geq 0 \\ j = 1, \dots, n ; \quad v_i, u_r \geq 0 \quad v_0 \text{ irrestrito} \end{array} \right. \quad (10)
 \end{array}$$

No modelo orientado a *output*, as regiões de retorno de escala estão invertidas com as do modelo orientado a *input*. A Figura 5 mostra esses casos de maneira bem clara. Se u_0 for igual a zero, a DMU está em uma região de retorno de escala constante (representado na Figura 5 pela reta azul); se for positivo, a DMU está em uma região de retorno de escala decrescente (representado na Figura 5 pela reta verde); por último, se u_0 for negativo, a DMU está em uma região de retorno de escala crescente (representado na Figura 5 pela reta vermelha).

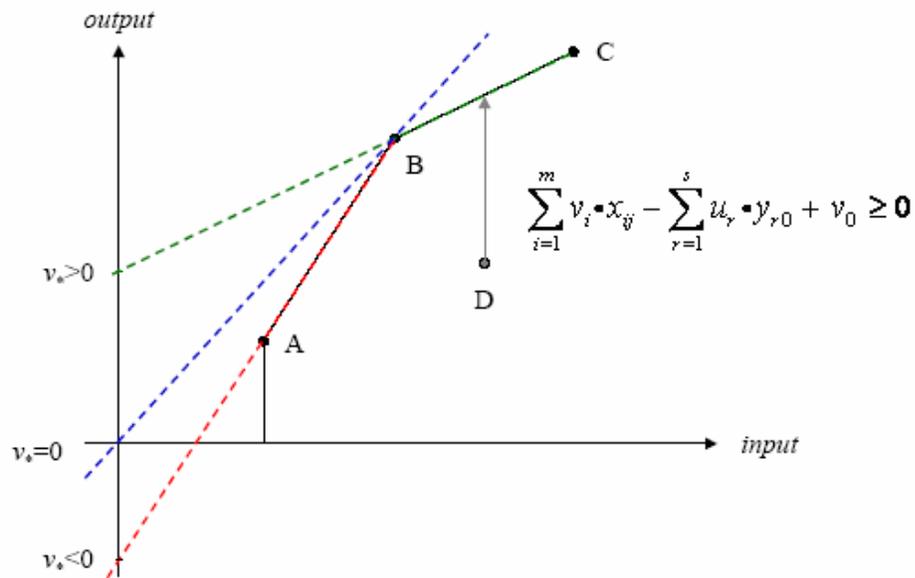


Figura 5: Representação geométrica dos fatores de escala no modelo BCC, *output-orientado* (Extraído e alterado de ANGULO-MEZA, 2005).

Por último, segue a formulação matemática do dual de (10): (Extraído e alterado de AVELLAR, 2004).

$$\begin{array}{l}
 \text{Maximizar: } \left\{ \begin{array}{l} \eta \end{array} \right. \\
 \\
 \text{Sujeito a: } \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot \lambda_j \leq x_{i0}, \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \cdot \lambda_j \geq \eta \cdot y_{r0} \\ \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ i = 1, \dots, m \quad r = 1, \dots, s \quad j = 1, \dots, n \\ \eta, \lambda \geq 0, \forall j \end{array} \right. \quad (11)
 \end{array}$$

2.9 A escolha do modelo para avaliar a eficiência das empresas de transporte aéreo

Para esse tipo de análise deve-se escolher o modelo, dentre os apresentados, que mais seja condizente com a natureza dos dados disponíveis das empresas aéreas e que esteja em harmonia com objetivos deste trabalho.

Primeiramente, pode-se afirmar que o modelo BCC estará representando de maneira mais realista os resultados do que o modelo CCR. Isso se faz claro checando as informações disponíveis das DMU's que serão analisadas neste trabalho (Apêndice A). Como existem empresas muito maiores que outras, devem ser considerados retornos de escalas diferentes de zero.

Entre orientação a *input* e a *output*, deve-se escolher aquela que seja condizente com o objetivo do estudo. A avaliação de eficiência das empresas de transporte aéreo no Brasil será baseada no fato de que se quer aumentar a eficiência dessas empresas mantendo o nível de serviço atual, ou seja, devem-se consumir menos recursos gerando a quantidade atual de produtos. Não existe nenhum motivo aparente para que o contrário também faça sentido. O trabalho será baseado nessa premissa apenas por uma questão de escolha. Seguindo essa premissa, percebe-se que o modelo deve ser orientado a *input*.

Vale ressaltar neste momento de escolha entre os modelos que empresas que aparecem como não eficientes no modelo CCR podem ser consideradas eficientes pelo modelo BCC. A Figura 6, extraída de (ANGULO-MEZA, 2005), mostra claramente que qualquer eficiência calculada pelo modelo BCC será maior ou igual que pelo modelo CCR. Nesta Figura há a representação geométrica das fronteiras de eficiência do modelo CCR (representado pela reta azul) e do modelo BCC (representado pela curva vermelha). Na orientação a *input*, a DMU E possui eficiência igual a $\frac{\overline{E''E'}}{E''E}$ no modelo BCC e eficiência $\frac{\overline{E''E''''}}{E''E}$ no modelo CCR. Como $\overline{E''E''''} \leq \overline{E''E'}$ para todas as DMU's em análise, então a eficiência pelo modelo BCC sempre será maior ou igual do que pelo modelo CCR.

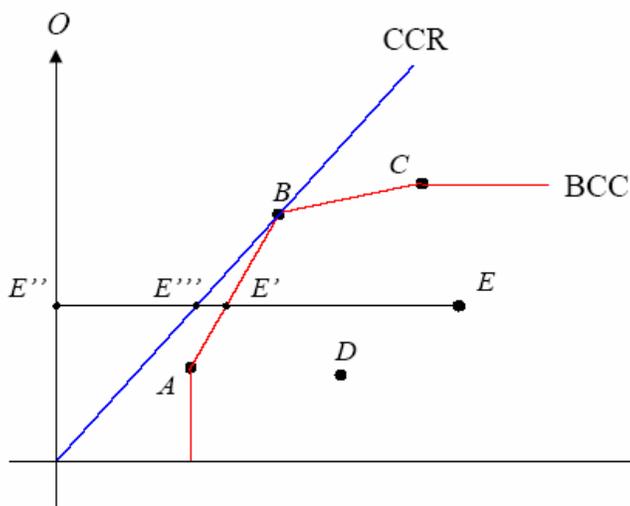


Figura 6: Representação das fronteiras de eficiência no modelo CCR e BCC (Extraído de ANGULO-MEZA, 2005).

Por último, são apresentadas algumas das propriedades dos modelos descritos nas seções anteriores que foram levadas em consideração na escolha do Modelo BCC orientado a *input* para esse trabalho (ANGULO-MEZA, 2005):

- “Em qualquer modelo DEA, cada DMU escolhe seu próprio conjunto de pesos, de modo que apareça o melhor possível em relação às demais. Dessa forma, cada DMU pode ter um conjunto de pesos (multiplicadores) diferente;
- Todos os modelos são invariantes com a escala de medida, isto é, usar como variável, por exemplo, a área plantada de uma determinada cultura em km^2 , m^2 ou hectares não afeta o resultado;
- Em qualquer modelo DEA, a DMU que apresentar a melhor relação (*output j*) / (*input i*) será sempre eficiente;
- Pré-escolha das variáveis, ou seja, identificar quais variáveis poderão compor o modelo. A decisão se elas entrarão efetivamente no modelo depende de uma segunda análise, mais aprofundada;
- O modelo CCR tem como propriedade principal a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* na fronteira, ou seja, o aumento (decremento) na quantidade dos *inputs*, provocará acréscimo (redução) proporcional no valor dos *outputs*.
- No modelo BCC, a DMU que tiver o menor valor de um determinado *input* ou o menor valor de um certo *output* será eficiente. A esta DMU chamamos de eficiente por *default* ou eficiente à partida;
- O modelo BCC é invariante a translações a *outputs* quando é orientado a *inputs* e vice-versa. Essa propriedade pode ser importante quando se trabalha com casos em que há variáveis negativas, por exemplo”.

3 Avaliação da eficiência operacional das empresas de transporte aéreo utilizando Análise Envoltória de Dados

3.1 O problema

A análise da eficiência das empresas de transporte aéreo no Brasil poderia ter sido feita de várias maneiras. Primeiro pela definição do que se quer avaliar, as variáveis que serão consideradas na análise, tanto de entrada no sistema como de saída, que empresas aéreas considerar, que período considerar. Segundo pelo meio de se fazer tal análise. Existem várias ferramentas que podem avaliar a eficiência de entidades que usam recursos para gerar produtos. DEA é apenas uma dessas ferramentas. A agência Nacional de Aviação Civil, ANAC, por exemplo, utiliza a IAC 1502-0669 (DAC, 1999), que determina como deve ser medida a eficiência das empresas aéreas, com quais critérios, quais variáveis. Um trecho da IAC 1502-0669 encontra-se no apêndice E.

O capítulo 2 explicou sobre a ferramenta que foi escolhida para essa análise. Em especial, a seção 2.9 definiu que modelo de DEA seria mais apropriado para fazer a análise. Nesse início de capítulo 3 haverá uma discussão de como foi feita a análise, que decisões foram tomadas na hora de se analisar e o porquê delas.

A ferramenta escolhida para análise foi a DEA, e o modelo escolhido foi o modelo BCC com orientação a *input*. Existem alguns *softwares* disponíveis na Internet para realiza a Análise Envoltória de Dados. Como exemplo, existe o SIAD², Sistema Integrado de Apoio à Decisão (ANGULO-MEZA, 2003). Tal *software* tem uma interface muito simples, o que facilita a visualização dos resultados e facilita a inserção dos dados para análise. Ele, todavia, não foi útil nesse trabalho por ter uma limitação. O número máximo de DMU's a se analisar é de 100. Na maioria das aplicações de DEA esse número de DMU's já é um tanto quanto grande, fazendo que esse limite não seja alcançado. Porém, nesse trabalho, há uma análise temporal de várias empresas de transporte aéreo, fazendo que esse número seja alcançado.

Optou-se então por se utilizar o *software* Microsoft Excel[®]. Utilizou-se o Solver para fazer a formulação matemática e a otimização do valor de eficiência para cada DMU, segundo a equação (8). Para que o Solver fosse utilizado uma vez para cada DMU e que após isso os resultados ficassem guardados em algum lugar da planilha, utilizou-se o Microsoft Visual Basic 6.2[®].

Assim, toda a formulação matemática do DEA, modelo BCC orientado a *input* está

² O software SIAD encontra-se disponível gratuitamente para *download* no endereço <http://www.uff.br/decisao>.

nessa planilha, que será disponibilizada em anexo ao trabalho para futuras utilizações.

Foram escolhidas para análise diversas empresas de transporte aéreo regular. Optou-se por somente avaliar os dados referentes a vôos domésticos dessas empresas (não foram levados em consideração os gastos e resultados dos vôos internacionais dessas empresas). As empresas aéreas de transporte regular de carga, sem transporte de passageiros, também não foram consideradas nessa análise por poderem gerar distorções na análise como um todo (isso ficará mais claro nas seções 3.3 e 3.4, quando forem discutidas que variáveis foram usadas como *inputs* e *outputs*).

Cada empresa aérea, em cada um dos anos de análise, foi considerada uma DMU diferente. Ou seja, uma empresa que teve operações regulares no período entre 1997 e 2004 terá oito DMU's diferentes, uma para cada ano. Assim haverá a possibilidade de se avaliar a evolução temporal da eficiência dessa empresa.

DEA foi rodado apenas uma vez, com todas as DMU's juntas. Isso foi necessário para que fosse calculado o índice de eficiência de todas DMUS e que assim a análise temporal da eficiência dessas DMU's fosse atingida de maneira satisfatória e mais próxima à realidade possível. Dessa maneira é possível analisar os impactos de eventos no setor aéreo em todas as empresas em um mesmo ano.

3.2 Dados sobre as empresas de transporte aéreo analisadas

Na Tabela 1 encontram-se as empresas que serão analisadas nesse trabalho e na Tabela 2 estão listadas todas as DMU's analisadas. Cada empresa em cada ano é considerada uma DMU diferente:

Tabela 1: Lista de empresas aéreas analisadas.

TAM LINHAS AÉREAS S.A.	INTRBRASIL STAR S.A.	ABAETÉ LINHAS AÉREAS
TAM TRANSP.AE.MERIDIONAIS	TRANSBRASIL	META MESQUITA
TAM TRANSP. AÉREOS REGIONAL S.A	GRUPO TBA	RICO LINHAS AÉREAS S.A.
GRUPO TAM	GOL TRANSPORTE AÉREO LTDA	NORDESTE LINHAS AÉREAS REG. S.A
RIO SUL SERVIÇOS AE. REG. S.A.	VASP	PENTA PENA TRANSP. AÉREO S.A.
VARIG VIAÇÃO AE. RIOGRANDENSE	TOTAL LINHAS AÉREAS S.A.	PANTANAL L.A. SUL-MATOGROSSENSE
GRUPO VARIG	TAVAJ TRANSP. AE. REGULARES AS	PUMA AIR
	OCEANAIR	TRIP T.A.R INTERIOR PAULISTA

Vale ressaltar que empresas como a Puma Air estão presentes nesse mercado desde 2002 apenas, tornando a quantidade dados para uma análise temporal um tanto quanto reduzidos.

Além disso, vale ressaltar também, que algumas empresas faziam parte de um grupo maior, mas eram avaliadas a partir dos seus recursos e resultados, sem considerar o grupo que pertenciam como todo. Um caso desses é a TAM linhas Aéreas, que passou a ser a única empresa do grupo TAM a partir de 2000 apenas. Antes disso, existiam também a TAM Transportes Aéreos Regionais S. A, TAM Transportes Aéreos Meridionais e a TAM Linhas Aéreas S.A. Para a análise dessas empresas foi considerado que cada uma delas, em cada um dos anos de suas existências, eram DMU's distintas. Foi considerada também uma DMU adicional chamada Grupo X, onde X é o nome do grupo existente (Varig, TAM, TAB). Esse grupo é formado pela soma direta dos recursos e resultados de todas as empresas que fazem parte do grupo. Isso possibilitou que houvesse uma comparação direta entre os principais grupos de empresas aéreas existentes no período considerado.

É apresentada na Tabela 2 uma lista com todas as DMU's a serem analisadas nesse trabalho. Ao todo são 144 DMU's³.

Tabela 2: Lista de DMU's analisadas

TAM Linhas 2004	Abaeté 2004	Nordeste 2004	Rio-Sul 2004	Interbrasil 2001	Trip 2004
TAM Linhas 2003	Abaeté 2003	Nordeste 2003	Rio-Sul 2003	Interbrasil 2000	Trip 2003
TAM Linhas 2002	Abaeté 2002	Nordeste 2002	Rio-Sul 2002	Interbrasil 1999	Trip 2002
TAM Linhas 2001	Abaeté 2001	Nordeste 2001	Rio-Sul 2001	Interbrasil 1998	Trip 2001
TAM Linhas 2000	Abaeté 2000	Nordeste 2000	Rio-Sul 2000	Interbrasil 1997	Trip 2000
TAM Meridionais 2000	Abaeté 1999	Nordeste 1999	Rio-Sul 1999	Transbrasil 2001	Trip 1999
TAM Meridionais 1999	Abaeté 1998	Nordeste 1998	Rio-Sul 1998	Transbrasil 2000	Trip 1998
TAM Meridionais 1998	Abaeté 1997	Nordeste 1997	Rio-Sul 1997	Transbrasil 1999	Total 2004
TAM Meridionais 1997	Meta 2004	Penta 2004	Varig 2004	Transbrasil 1998	Total 2003
TAM Regionais 2000	Meta 2003	Penta 2003	Varig 2003	Transbrasil 1997	Total 2002
TAM Regionais 1999	Meta 2002	Penta 2002	Varig 2002	Grupo Tba 2001	Total 2001
TAM Regionais 1998	Meta 2001	Penta 2001	Varig 2001	Grupo Tba 2000	Total 2000
TAM Regionais 1997	Meta 2000	Penta 2000	Varig 2000	Grupo Tba 1999	Total 1999
Grupo TAM 2004	Meta 1999	Penta 1999	Varig 1999	Grupo Tba 1998	Total 1998
Grupo TAM 2003	Rico 2004	Penta 1998	Varig 1998	Grupo Tba 1997	Total 1997
Grupo TAM 2002	Rico 2003	Penta 1997	Varig 1997	Vasp 2004	Tavaj 2004
Grupo TAM 2001	Rico 2002	Pantanal 2004	Grupo Varig 2004	Vasp 2003	Tavaj 2003
Grupo TAM 2000	Rico 2001	Pantanal 2003	Grupo Varig 2003	Vasp 2002	Tavaj 2002
Grupo TAM 1999	Rico 2000	Pantanal 2002	Grupo Varig 2002	Vasp 2001	Tavaj 2001
Grupo TAM 1998	Rico 1999	Pantanal 2001	Grupo Varig 2001	Vasp 2000	Tavaj 2000
Grupo TAM 1997	Rico 1998	Pantanal 2000	Grupo Varig 2000	Vasp 1999	Tavaj 1999
Gol 2004	Rico 1997	Pantanal 1999	Grupo Varig 1999	Vasp 1998	Tavaj 1998
Gol 2003	Puma 2004	Pantanal 1998	Grupo Varig 1998	Vasp 1997	Tavaj 1997
Gol 2002	Puma 2003	Pantanal 1997	Grupo Varig 1997	Ocean Air 2004	
Gol 2001				Ocean Air 2003	

Todas as informações obtidas sobre as empresas aéreas para a realização desse trabalho foram extraídas dos Anuários Estatísticos de Transporte Aéreo do DAC dos anos

³ Este é o motivo pelo qual o SIAD não pode ser utilizado nesse trabalho. São no máximo 100 DMU's em análise no SIAD ao mesmo tempo.

entre 1997 e 2004 inclusive (DAC, 1997; DAC, 1998; DAC, 1999; DAC, 2000; DAC, 2001; DAC, 2002; DAC, 2003; DAC, 2004). Esses dados encontram-se disponíveis para consulta no Apêndice A e em forma eletrônica em anexo ao trabalho.

É necessário, porém, fazer uma pequena observação nesse momento. Alguns dados disponibilizados pelos Anuários do DAC parecem estar um pouco distorcidos. Isso ocorre, por exemplo, no consumo de combustível da empresa GOL no ano de 2002. Ela apresenta um consumo de 1.012.153.696 litros de combustível para 32.850.816 horas voadas, o que dá um consumo médio de 30,8 litros de combustível por km voado. No ano seguinte, em 2003, temos 262.849.967 litros de combustível consumidos para 48.986.321 km voados. Isso equivale a um consumo médio de 5,4 litros de combustível por km voado. Isso faz com que haja certa desconfiança quanto a total integridade dos valores publicados pelo DAC. A Tabela 3 mostra o consumo médio de combustível de todas as demais DMU's analisadas para que se possa fazer uma comparação direta com o consumo médio da GOL:

Tabela 3: Consumo médio de combustível de cada DMU analisada

EMPRESA	Consumo*	EMPRESA	Consumo*	EMPRESA	Consumo*	EMPRESA	Consumo*
Gol 2004	5,5	Grupo Varig 2004	6,2	Abaeté 2004	1,3	Nordeste 2004	3,3
Gol 2003	5,4	Grupo Varig 2003	6,0	Abaeté 2003	1,2	Nordeste 2003	2,4
Gol 2002	30,8	Grupo Varig 2002	6,5	Abaeté 2002	1,3	Nordeste 2002	3,7
Gol 2001	17,3	Grupo Varig 2001	5,7	Abaeté 2001	1,4	Nordeste 2001	3,2
Tam Linhas 2004	5,3	Grupo Varig 2000	5,6	Abaeté 2000	0,8	Nordeste 2000	3,1
Tam Linhas 2003	5,3	Grupo Varig 1999	5,4	Abaeté 1999	0,8	Nordeste 1999	2,8
Tam Linhas 2002	6,5	Grupo Varig 1998	5,7	Abaeté 1998	1,0	Nordeste 1998	2,9
Tam Linhas 2001	5,1	Grupo Varig 1997	5,8	Abaeté 1997	0,9	Nordeste 1997	3,0
Tam Linhas 2000	4,9	Rio-Sul 2004	3,3	Trip 2004	1,3	Puma 2004	1,6
Tam Meridionais 2000	4,5	Rio-Sul 2003	4,5	Trip 2003	1,5	Puma 2003	1,3
Tam Meridionais 1999	4,5	Rio-Sul 2002	5,0	Trip 2002	1,4	Penta 2004	1,1
Tam Meridionais 1998	4,6	Rio-Sul 2001	4,3	Trip 2001	2,4	Penta 2003	1,1
Tam Meridionais 1997	3,4	Rio-Sul 2000	4,1	Trip 2000	1,3	Penta 2002	0,8
Tam Regionais 2000	5,0	Rio-Sul 1999	4,0	Trip 1999	1,3	Penta 2001	1,2
Tam Regionais 1999	4,5	Rio-Sul 1998	3,9	Trip 1998	1,2	Penta 2000	1,2
Tam Regionais 1998	4,3	Rio-Sul 1997	3,6	Total 2004	3,5	Penta 1999	1,5
Tam Regionais 1997	4,2	Varig 2004	6,3	Total 2003	2,7	Penta 1998	1,7
Grupo Tam 2004	5,3	Varig 2003	6,2	Total 2002	2,8	Penta 1997	1,5
Grupo Tam 2003	5,3	Varig 2002	7,2	Total 2001	3,3	Pantanal 2004	2,1
Grupo Tam 2002	6,5	Varig 2001	6,4	Total 2000	1,9	Pantanal 2003	2,0
Grupo Tam 2001	5,1	Varig 2000	6,2	Total 1999	1,7	Pantanal 2002	2,2
Grupo Tam 2000	4,7	Varig 1999	6,3	Total 1998	1,7	Pantanal 2001	2,1
Grupo Tam 1999	4,5	Varig 1998	6,6	Total 1997	1,5	Pantanal 2000	2,1
Grupo Tam 1998	4,4	Varig 1997	6,5	Tavaj 2004	2,5	Pantanal 1999	1,8
Grupo Tam 1997	4,0	Vasp 2004	6,2	Tavaj 2003	2,5	Pantanal 1998	1,7
INTERBRASIL 2001	1,7	Vasp 2003	6,1	Tavaj 2002	2,5	Pantanal 1997	1,7
INTERBRASIL 2000	1,8	Vasp 2002	6,0	Tavaj 2001	2,4	Rico 2004	2,7
INTERBRASIL 1999	2,1	Vasp 2001	5,5	Tavaj 2000	2,8	Rico 2003	1,6
INTERBRASIL 1998	1,8	Vasp 2000	5,7	Tavaj 1999	3,2	Rico 2002	1,5
INTERBRASIL 1997	1,7	Vasp 1999	5,9	Tavaj 1998	2,8	Rico 2001	1,3
Transbrasil 2001	5,5	Vasp 1998	6,0	Tavaj 1997	2,8	Rico 2000	0,9
Transbrasil 2000	5,5	Vasp 1997	6,1	Meta 2004	1,1	Rico 1999	0,9
Transbrasil 1999	6,3	Grupo TBA 2001	4,7	Meta 2003	1,2	Rico 1998	0,9
Transbrasil 1998	6,9	Grupo TBA 2000	4,8	Meta 2002	1,3	Rico 1997	0,9
Transbrasil 1997	12,6	Grupo TBA 1999	5,7	Meta 2001	1,2		
Ocean Air 2004	1,5	Grupo TBA 1998	6,4	Meta 2000	1,2		
Ocean Air 2003	1,4	Grupo TBA 1997	11,6	Meta 1999	1,2		

* consumo em km voados por litro de combustível

Outras três DMU's que apresentam consumo excessivo de combustível são a Transbrasil 1997, Grupo TBA 1997 (influenciado diretamente pela Transbrasil 1997) e a GOL 2001. A média de consumo de combustível nos grandes grupos é de aproximadamente 6 litros de combustível por km voado, o que faz essas DMU's estarem bem acima da média, chegando a um consumo cinco vezes maior no caso da GOL em 2002, três vezes maior no caso da GOL em 2001 e duas vezes maior no caso da Transbrasil e do Grupo TBA em 1997.

Já as empresas menores, como por exemplo, a Abaeté, Meta, Puma e Total, têm um consumo médio de combustível bem menor, chegando a 1,5 litros de combustível por km voado.

Outro tipo de caso ocorre com a Penta. Em 1997, a empresa voou 15.657 horas e 5.235.230 km, uma média de 334,4 km voados por hora. Entretanto, em 1998 a empresa voou 8.013.444 km em 114.723 horas, uma média de 69,9 km por hora. Mais lento que um carro de passeio!

Esse tipo de análise prévia dos dados é muito importante em um trabalho em que todas as análises partem de um conjunto de dados existentes. Não foi intuito procurar e apontar eventuais erros publicados nos Anuários do DAC, apenas se faz importante saber que dados devem ser usados com cuidado por poderem estar distorcidos.

3.3 Variáveis de *INPUT* e *OUTPUT* utilizadas

Como dito no início da seção 3.1, existem diversas maneiras de se fazer a análise de eficiência. É necessário que sejam escolhidas as variáveis de entrada e de saída do modelo BCC orientado a *input*.

Optou-se nesse trabalho por não fazer jus a nenhuma variável de caráter financeiro. Sendo assim, essa análise não avalia gastos com pessoal, marketing, vendas, multas. Todas as variáveis que possam ser medidas em R\$ não foram consideradas. Isso também vale para variáveis de saída do modelo. Receitas com passagens e excesso de bagagem não foram consideradas. Quis se fazer com isso uma análise mais da eficiência operacional das empresas do que econômica.

Neste trabalho foi considerado que o produto oferecido por uma empresa aérea é o Ass.km oferecido. Para que a empresa aérea consiga oferecer seu produto ela precisa de equipamentos, pessoal para operar seu equipamento, combustível, pessoal para fazer a manutenção e ela precisa voar certo número de horas ou quilômetros. Todas essas poderiam ser variáveis de entrada consideradas no modelo adotado para a análise. Entretanto, alguns

deles poderiam distorcer um pouco a análise final. Por exemplo, pessoal de manutenção: algumas empresas aéreas terceirizam esses funcionários. Sendo assim, optou-se por utilizar como *inputs* do modelo apenas as variáveis ass.km oferecido, consumo de combustível e km voados. Vale ressaltar nesse momento que não se fez jus também aos dados de carga transportada das empresas aéreas consideradas, levando em conta de que o produto oferecido por uma empresa aérea é o Ass.km oferecido. Esse é um dos motivos por ter se retirado da análise empresa como a SKY MASTER, que tem apenas como produto a Ton.km oferecida. Dados de carga transportada não foram considerados nem pelas empresas que têm como produto os dois: Ass.km oferecido e Ton.km oferecido.

As variáveis escolhidas como *inputs* conseguem traduzir de maneira satisfatória se a empresa está conseguindo disponibilizar seu produto (ass.km oferecido) e como está fazendo isso: com aviões de maior ou menor capacidade, voando pouco ou muito e por último se o consumo de combustível está sendo adequado para suas operações. Ou seja, a análise se torna bastante operacional.

As variáveis de *output* foram escolhidas de maneira similar. Não foram considerados fatores econômicos e não foram considerados os resultados de carga transportada de qualquer espécie. Apenas se levou em consideração se o produto da empresa aérea estaria sendo consumido, ou seja, o ass.km oferecido teria se tornado ass.km pago e como isso estava ocorrendo. Utilizou-se o *load factor* (razão entre Ass.km pago e Ass.km oferecido) como variável auxiliar na explicação de como o produto das empresas aéreas estava sendo consumido. Um *load factor* alto significaria maior eficiência em realizar o consumo do produto de determinada empresa aérea.

Uma metodologia diferente na análise das empresas aéreas de transporte foi utilizada por Gomes (2003). Igualmente a este trabalho, Gomes considera que cada empresa em um ano diferente é uma DMU distinta. Nessa análise, são feitas três abordagens diferentes: uma de vendas, uma operacional e uma global. Cada DMU analisada teria três índices de eficiência para cada ano em questão. Essa desagregação das variáveis fez com que eficiências antes mascaradas pudessem ser avaliadas. Empresas que em uma análise global são consideradas ineficientes podem ser eficientes em vendas e não eficientes operacionalmente.

3.4 Resultados da Análise Envoltória de Dados para o problema em questão

A Análise Envoltória de Dados calcula um índice de eficiência para cada uma das DMU's escolhidas para análise, fazendo uma ponderação das variáveis de *input* e de *output* da

maneira que for mais benéfica para cada DMU. Essa ponderação é feita com pesos que podem assumir valores quaisquer desde que as restrições impostas pelo modelo BCC orientado a *input* sejam satisfeitas. Pelo modelo ser com retorno de escala variável, existe também a variável u_0 que é atribuída para cada DMU de modo a maximizar a eficiência e respeitar as restrições. Sendo assim, o resultado que DEA fornece é um índice de eficiência, um valor de peso para cada variável e uma variável u_0 para cada DMU. Os resultados dessa análise, na íntegra, estão disponíveis para verificação no apêndice C.

Ao se analisar os resultados obtidos com o DEA, primeiramente no que diz respeito aos pesos adotados para as variáveis de *input* e *output*, pode-se perceber que todos esses pesos são números muito pequenos. Isso ocorre por causa da ordem de grandeza dos *inputs* e *outputs*. Essas variáveis possuem valores muito elevados, fazendo assim com que os pesos sejam muito pequenos. Nesse momento, talvez seja interessante voltar à equação (8) e analisar as restrições na formulação matemática do modelo mais uma vez para entender melhor a ordem de grandeza dos pesos.

Uma segunda análise dos resultados, ainda no que diz respeito aos pesos adotados por cada DMU para maximizar sua eficiência, mostra que alguns pesos são iguais a zero. Isso ocorre porque a DMU é mais eficiente se tal variável não for levada em consideração. Alguns trabalhos existentes, como o de Lins (2000), mencionam que existe uma série de críticas ao uso de pesos sem uma análise prévia dos resultados (extraído de MACEDO, 2003):

- “Fatores sabidamente de menor importância podem dominar o estabelecimento da eficiência de uma DMU, ou seja, podem ter um alto peso;
- Fatores importantes podem ser ignorados da análise, o que acontece quando o PPL outorga um peso zero na variável respectiva;
- As DMU’s passam a ter objetivos individuais e circunstâncias particulares, o que nem sempre é compatível com a idéia de homogeneidade entre estas; e
- Ignora-se o prévio entendimento sobre a importância de algumas das variáveis para o tipo de decisão que está sendo tomada”.

Caso se queira evitar que uma variável seja desprezada pelo modelo, é possível se adicionar uma restrição extra aos pesos na equação (8), de maneira que cada peso tenha um valor mínimo diferente de zero, e um valor máximo (para que ele não seja super estimado). Essa restrição é chamada de restrição direta aos pesos:

$$\begin{aligned} Q_{2i} \leq v_i \leq Q_{1i} & \text{ para os inputs} \\ P_{2j} \leq u_j \leq P_{1j} & \text{ para os outputs} \end{aligned} \quad (12)$$

Essa restrição direta aos pesos deve ser feita com muita precaução, uma vez que arbitrar restrições aos pesos pode criar uma PPL sem solução viável. Recomenda-se que o modelo seja rodado sem restrição nenhuma aos pesos para que se possam inferir restrições mais próximas às adotadas pelo modelo.

Neste trabalho, primeiramente utilizou-se o programa para encontrar os índices de eficiência das empresas de transporte aéreo entre 1997 e 2004 e os pesos das variáveis adotadas. Tentou-se, após isso, determinar limites para os pesos das variáveis: consumo de combustível, *load factor*, Ass.km ofertado / utilizado pago e km voados. O problema envolvido nisso é a dificuldade em se achar limites razoáveis para as variáveis de maneira que algum PPL não se torne impossível (sem solução).

Não se conseguiu restringir diretamente os pesos das variáveis por conta desse problema, que ocorria constantemente. Existem métodos mais complexos para se restringir os pesos das variáveis envolvidas no modelo, mas não se optou por estudá-los e utilizá-los nesse trabalho.

Como consequência dessa opção, haverá momentos em que as variáveis escolhidas como *inputs* ou como *outputs* para o modelo serão anuladas. Esse valor nulo só ocorre com frequência para o peso da variável *load factor*. Apenas em dois casos ela é utilizada como *output* do modelo: para as DMU's Meta 2003 e Penta 2004. Já as outras variáveis: km voados, combustível consumido e ass.km ofertado podem eventualmente serem zeradas.

No período considerado, de 1997 a 2004, apenas oito DMU's foram classificadas como eficientes segundo o modelo adotado: A Tabela 4 apresenta essas empresas.

Tabela 4: DMU's consideradas eficientes segundo o modelo adotado

Abaeté 2001	100,00%
Meta 2004	100,00%
Meta 2002	100,00%
Rico 1999	100,00%
Trip 2004	100,00%
Trip 1998	100,00%
Total 2001	100,00%
Gol 2004	100,00%

O resultado geral do modelo pode ser representado pela Figura 7, que mostra a

quantidade de DMU's em cada faixa de eficiência:

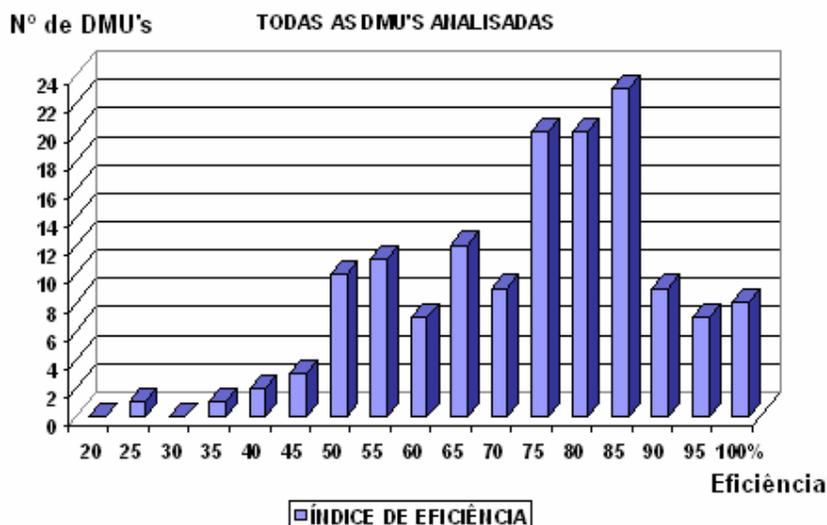


Figura 7: Histograma da eficiência das DMU's em análise

A Figura 7 mostra grande concentração de DMU's com eficiência entre 75% e 90%. Existem algumas DMU's com eficiência menor que 50%, mostrando que elas produzem bem menos do que outras DMU's utilizando os recursos disponíveis.

3.5 Análise dos resultados

Nessa etapa será feita a avaliação de eficiência das empresas de transporte aéreo no Brasil ao longo dos anos entre 1997 e 2004. Serão utilizados, para isso, gráficos de Eficiência x Tempo e gráficos de Ass.km oferecido / Ass.km pago x Tempo.

Inicialmente, serão apresentados os principais fatos ocorridos no mercado de transporte aéreo. Esses fatos devem influenciar de algum modo a eficiência e os Ass.km oferecidos / pagos das empresas analisadas. Essa é uma forma de validar o modelo utilizado na avaliação de eficiência das empresas de transporte aéreo.

- 1998: segunda rodada de desregulamentação;
- 1999: mudança de regime cambial com forte desvalorização do Real;
- 2001: liberação geral de preços no setor;
- 2002: forte desvalorização cambial;
- 2003: *codeshare* Varig-TAM;
- 2003: outra rodada de desregulamentação.

Uma primeira análise bem interessante dos dados gerados pelo modelo é avaliar como variou a eficiência das grandes empresas de transporte aéreo nesses oito anos de análise. São consideradas grandes empresas: Grupo Varig, Grupo TAM, Grupo TABA, Vasp e GOL. A Figura 8 apresenta os resultados obtidos pelo Grupo Varig:

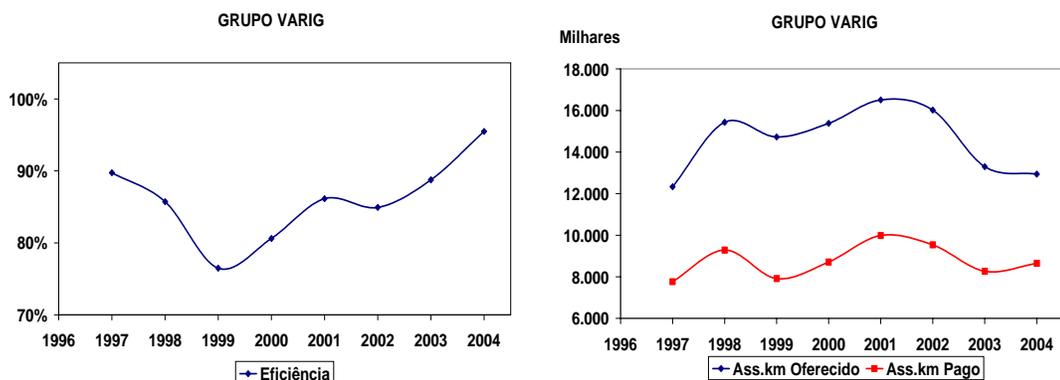


Figura 8: Avaliação da eficiência do Grupo Varig

Essa figura mostra que, embora o grupo tenha praticamente encerrado as atividades no início de 2006, a empresa nos anos anteriores era muito eficiente operacionalmente, ou pelo menos mais eficiente do que a média das empresa do setor no mesmo período (a média de eficiência de todas as DMU's é de 76,3% no período analisado. O Grupo Varig possui menor eficiência registrada no período igual a 76,5%).

Da avaliação de eficiência, percebe-se que houve dois anos de quedas de eficiência (esta que aparenta ser crescente com o tempo para o grupo, de modo geral). Uma primeira em 1999 e outra em 2002. Nesses dois períodos houve um grande problema com a desvalorização do câmbio, que afetou, de maneira significativa, várias empresas do setor. Mesmo não havendo variáveis no modelo que estão diretamente ligadas a quesitos financeiros, deve-se lembrar que a maioria dos gastos das companhias aéreas é em dólar, seja com aquisição de combustível ou com pagamento de leasing das aeronaves. Isso pode impactar as tarifas impostas aos passageiros que deixariam de voar, diminuindo ass.km pago. Isso de fato acontece, mas de maneira bem suave, como mostra o gráfico de Ass.km oferecido / pago.

Outro fato que chama a atenção é a constante melhora da eficiência da empresa, a partir da crise de 1999. Mesmo considerando 2002, quando houve outra crise acentuada do câmbio brasileiro e conseqüente diminuição da eficiência da Varig, a empresa ainda possuía índices maiores do que os anos anteriores e com tendência positiva.

Essa melhora de eficiência após 2000 pode ser explicada também pela liberação geral de preços do setor, que ocorreu em 2001. Com maiores flexibilidades nas tarifas, as empresas podiam se utilizar de estratégias comerciais de maneira a utilizar de modo mais eficiente os seus Ass.km oferecidos. Por exemplo, poderiam criar promoções nas tarifas dos vôos que estivessem vazios com a finalidade de enchê-los.

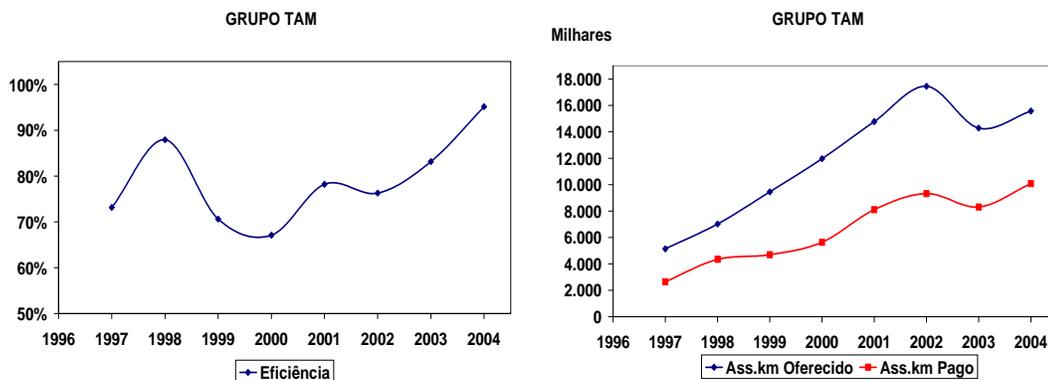


Figura 9: Avaliação da eficiência do Grupo TAM

O Grupo TAM também apresenta boa sensibilidade aos acontecimentos de 1999 e de 2002. O grupo, da mesma maneira que o Grupo Varig, possui tendência de melhora na eficiência ao longo do período considerado. Uma diferença perceptível entre os dois grupos é o crescimento do grupo Tam, que chegou a ser de quase 300% (em ass.km ofertados entre 1997 e 2004). No mesmo período, o Grupo Varig teve aumento máximo de 33%, ficando praticamente estável no período como um todo.

Em 2003 há uma perceptível queda de ass.km oferecidos tanto do Grupo TAM quanto do Grupo Varig. Isso pode ser decorrente do *codeshare* Varig-TAM ocorrido nesse ano. Esse *codeshare* era como uma mútua ajuda entre as empresas de modo que os ass.km oferecidos pelas empresas fossem utilizados de forma mais eficiente. Esperava-se com isso, então, um aumento da eficiência operacional das duas empresas, fato que pôde ser constatado por essa avaliação de eficiência. Em 2003 existe uma diminuição de ass.km oferecido das duas empresas e existe um aumento de eficiência considerável dos dois grupos.

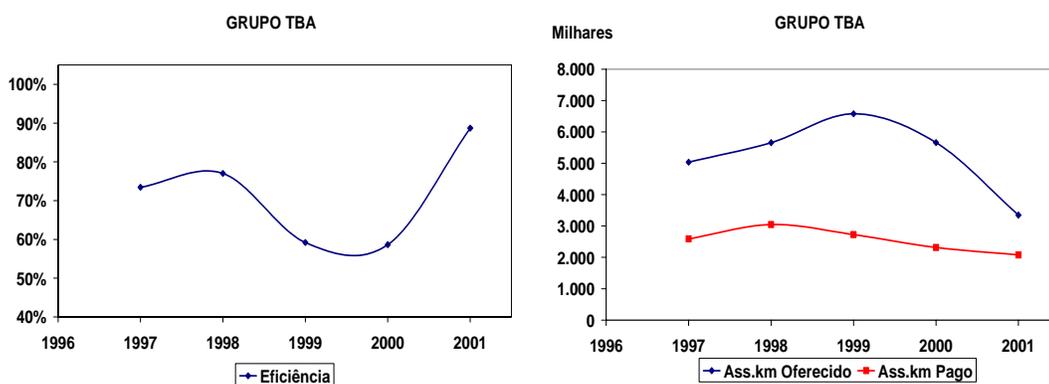


Figura 10: Avaliação da eficiência do Grupo TBA

O Grupo TBA por sua vez, também foi impactado pela grande crise de 1999 (mudança de regime cambial, com grande desvalorização). Percebe-se que houve acentuada perda de eficiência nesse ano e constante diminuição de Ass.km oferecido desde 1999 até 2001, quando a empresa encerrou suas atividades.

Essa redução de Ass.km oferecido pode explicar, de certa maneira, o aumento de eficiência do Grupo TBA de 2000 em diante. Como o Ass.km oferecido é um dos *inputs* do modelo, a diminuição do seu uso provoca aumento de eficiência, desde que se consiga manter o nível de Ass.km utilizado pago, fato que ocorre.

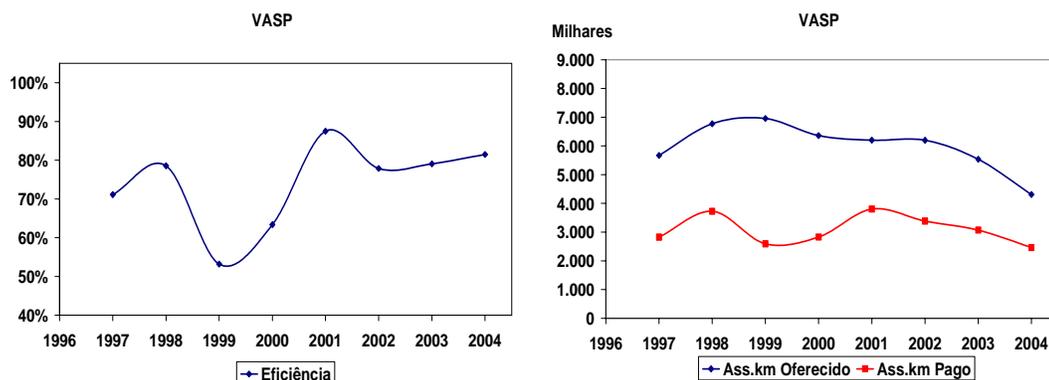


Figura 11: Avaliação da eficiência da VASP

A VASP, da mesma maneira que os demais grupos, também foi fortemente impactada pelo ocorrido em 1999. Percebe-se uma perda de aproximadamente 30 pontos percentuais de eficiência comparativa com as demais empresas nesse ano. Em 2002, a empresa sofre de maneira similar aos outros grupos os impactos da desvalorização cambial.

Principalmente em 1999, percebe-se que a empresa estava utilizando mal os ass.km oferecidos, já que nesse ano temos o menor *load factor* para empresa, de 37% (valor muito baixo de aproveitamento para o setor, onde o *break-even* é de aproximadamente 65%).

Da mesma maneira que o Grupo TBA, a eficiência após 1999 da VASP aumentou consideravelmente. Isso pode ser explicado também pela liberação geral de preços do setor.

A Figura 12 mostra os resultados obtidos pela GOL:

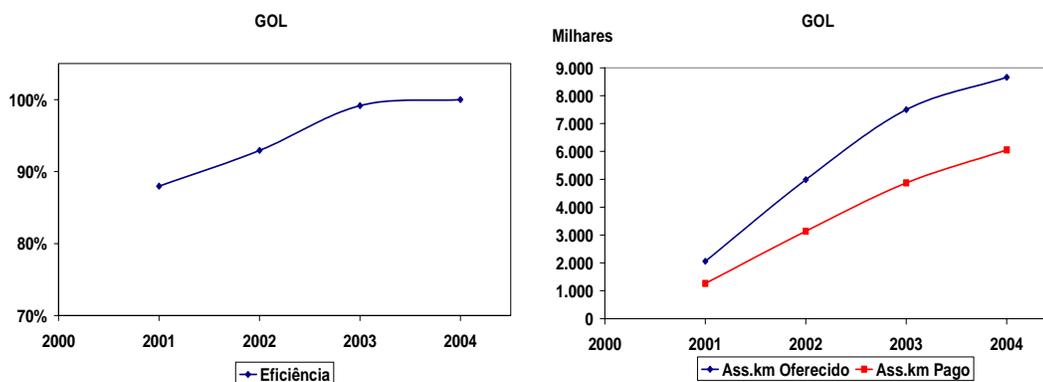


Figura 12: Avaliação da eficiência da GOL.

A empresa, criada em 2001, começou suas operações com um nível de eficiência maior do que as demais grandes empresas do setor. De 2001 até 2004 a empresa aumentou sua eficiência constantemente, até se tornar, de acordo com o modelo, eficiente em 2004. Além disso, a empresa cresceu 400% de 2001 a 2004 (em ass.km oferecido), e mesmo assim aumentou sua eficiência.

Dos grandes Grupos analisados, apenas a GOL não sofreu efeitos da desvalorização cambial de 2002. Foi a única empresa que manteve a eficiência operacional crescente constantemente no período analisado.

A Figura 13 faz a superposição dos índices de eficiência para as empresas no período considerado. Esse tipo de análise cria a possibilidade de avaliar as empresas que mais foram impactadas pela desvalorização cambial de 1999 e de 2002 e como os outros grupos reagiram (em termos de eficiência) ao *codeshare* Varig-TAM.

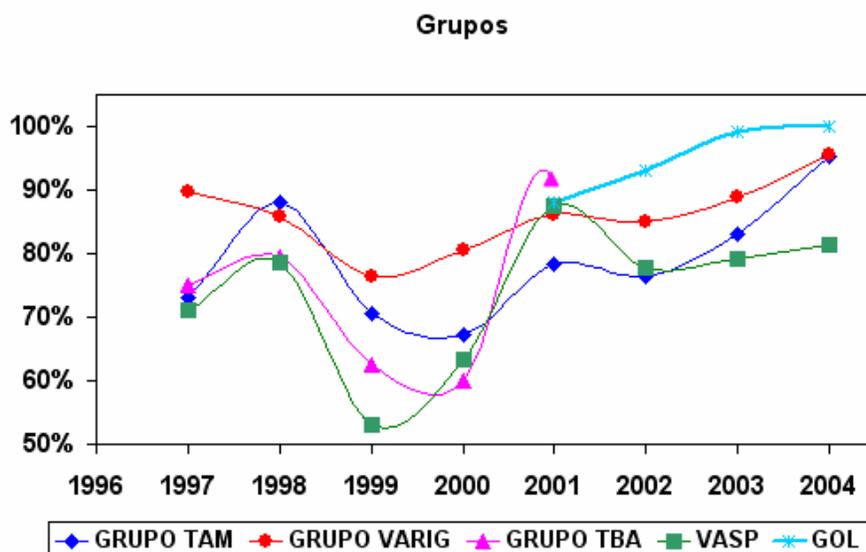


Figura 13: Avaliação da eficiência dos Grupos TAM, Varig, TBA e VASP.

Percebe-se da Figura 13 que o Grupo Varig possui eficiência maior, na média, que todos os demais grandes grupos. Esse fato só muda com a entrada da GOL no mercado de transporte aéreo. Além disso, o Grupo Varig é o menos afetado pelos problemas cambiais de 1999 e de 2002 (a GOL não sofreu perda de eficiência decorrente dos problemas cambiais de 2002).

Em compensação, o Grupo Varig é o que tem o menor aumento de eficiência em 2001, com a liberação das tarifas no setor. Enquanto algumas empresas aumentaram aproximadamente 30% de um ano para o outro, a Varig aumentou apenas 5,5% de eficiência. Isso é explicado pelo fato de que a Varig já possuía a maior eficiência entre as empresas analisadas, fazendo que fosse impossível um aumento mais significativo.

Como dito nas análises anteriores, todos os grupos sofreram impactos em seus índices de eficiência com a desvalorização do Real em 1999 e em 2002. A Figura 13 mostra que a empresa mais afetada pela desvalorização cambial de 1999 foi a VASP. Em compensação, a maior recuperação de eficiência no ano subsequente também foi da VASP. Apenas ela e o Grupo Varig tiveram aumento de eficiência de 1999 para 2000. A Tabela 5 resume isso de forma mais objetiva:

Tabela 5: Variação de eficiência dos Grandes Grupos nos períodos considerados

Empresa	Variação de Eficiência			
	1998 para 1999	1999 para 2000	2000 para 2001	2001 para 2002
Grupo TAM	-17,3%	-3,53%	11,13%	-1,93%
Grupo Varig	-9,2%	4,13%	5,52%	-1,23%
Grupo TBA	-16,89%	-2,56%	31,45%	---
VASP	-25,4%	10,18%	24,13%	-9,6%

É necessário que se faça uma análise com uma abordagem mais financeira para que se possam comparar os resultados dessa avaliação operacional de eficiência das empresas com uma avaliação de eficiência financeira das empresas. Sabe-se, por exemplo, que a Varig, no início de 2006 passou por sérios problemas, praticamente encerrando suas operações. A empresa está gradativamente se recuperando, mas teve uma queda muito acentuada de Ass.km oferecidos. Muitas de suas rotas foram fechadas por conta de atrasos nos pagamentos de taxas aeroportuárias. Além disso, ela não dispunha de recursos para fazer a correta manutenção de toda a sua frota. Como uma empresa que apresentou no período entre 1997 e 2004 a maior eficiência operacional entre os grandes grupos pode ter praticamente encerrado suas operações pouco mais de um ano depois?

A Varig, embora fosse muito eficiente, acumulou prejuízos no período considerado da ordem de R\$ 3,5 Bilhões. Isso mostra que a empresa era pouco eficiente financeiramente, seja por administrar mal seus recursos ou por pagamento excessivo de juros de empréstimos e outros encargos.

O mesmo tipo de análise se aplica ao Grupo TBA, que tem no seu último ano de operações a maior eficiência operacional constatada entre os grandes grupos de empresas aéreas. Se uma análise de eficiência financeira for feita para tal grupo, deverá ser encontrada uma baixa eficiência financeira.

Esse tipo de análise, uma financeira e outra operacional, é feita por Gomes (2003). Gomes faz essa desagregação das variáveis para que se possa justamente identificar e explicar casos como os dos grupos TBA e Varig.

Algumas empresas menores apresentaram variação de eficiência de forma similar aos grupos analisados. Essas empresas são: Abaeté, Pantanal e Trip. As Figuras 14 e 15 e 16 apresentam as avaliações de eficiência dessas três empresas:

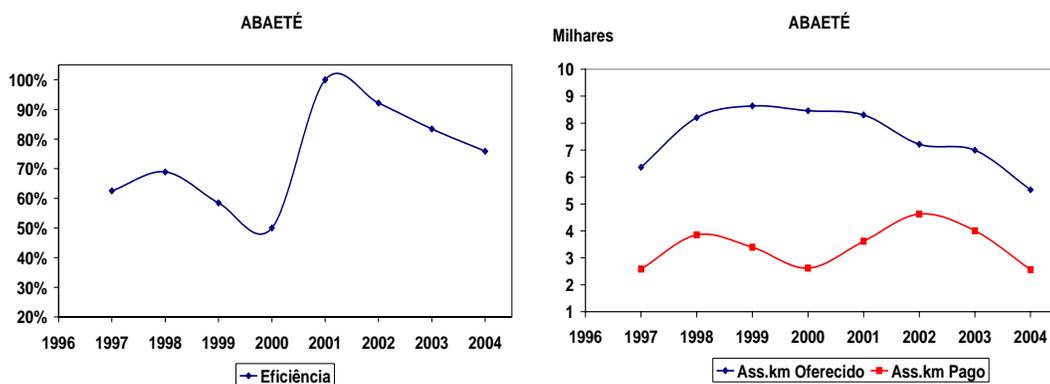


Figura 14: Avaliação da eficiência da Abaeté.

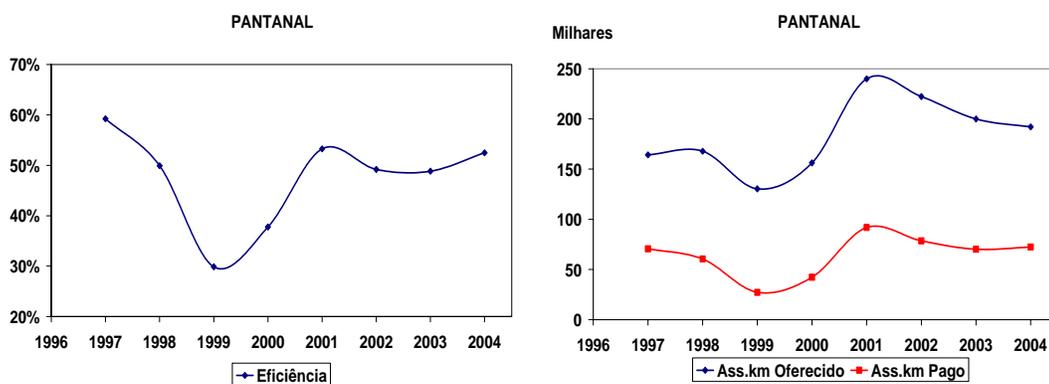


Figura 15: Avaliação da eficiência da Pantanal.

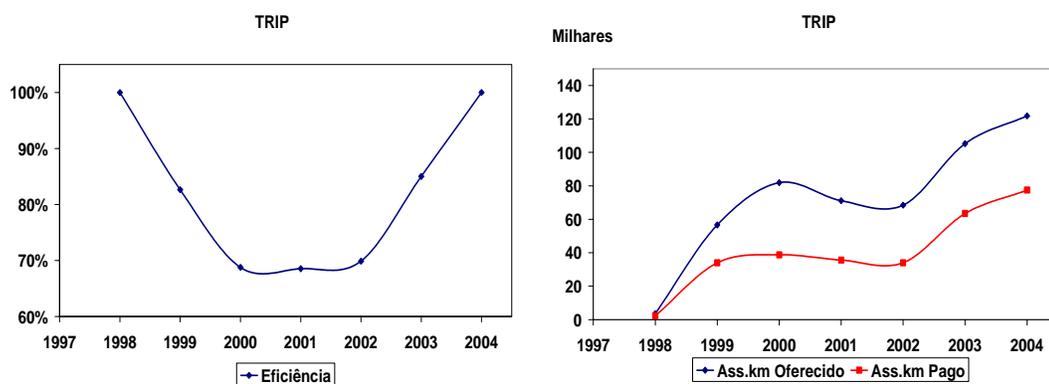


Figura 16: Avaliação da eficiência da Trip.

Da mesma maneira que os grupos das grandes empresas, as empresas aéreas Abaeté, Pantanal e Trip são afetadas pelos problemas com o câmbio em 1999 e em 2002. Em 2001, Abaeté e Pantanal tiveram, de forma similar aos grupos analisados, um aumento de eficiência, enquanto a Trip manteve seu índice praticamente constante. O que chama a atenção nesse período de análise é que a empresa Abaeté perdeu eficiência constantemente após 2001 e que

a empresa Trip teve uma recuperação acentuada de sua eficiência após 2002, aumentando os ass.km oferecidos e utilizados.

Outras duas empresas também apresentam variação de eficiência de forma similar aos grandes grupos analisados. Porém essas duas empresas sofrem um efeito retardado dos acontecimentos de 1999. A TAVAJ e a Penta apresentam queda mais expressiva de eficiência em 2000 do que em 1999. As Figuras 17 e 18 apresentam isso:

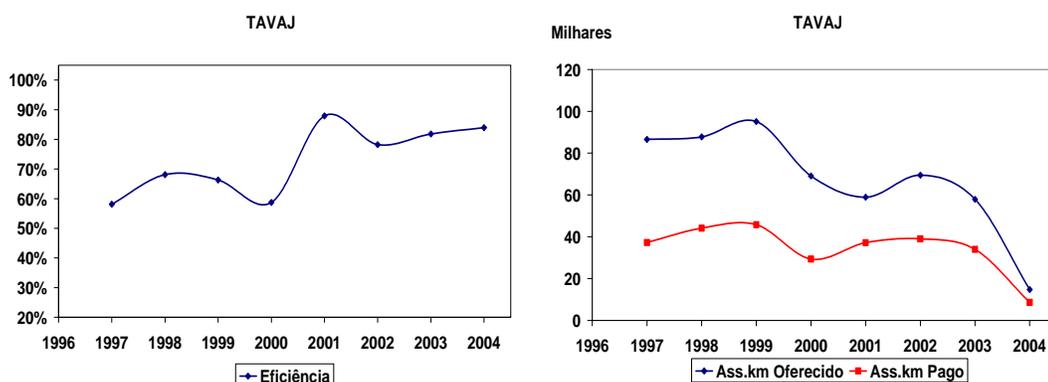


Figura 17: Avaliação da eficiência da TAVAJ.

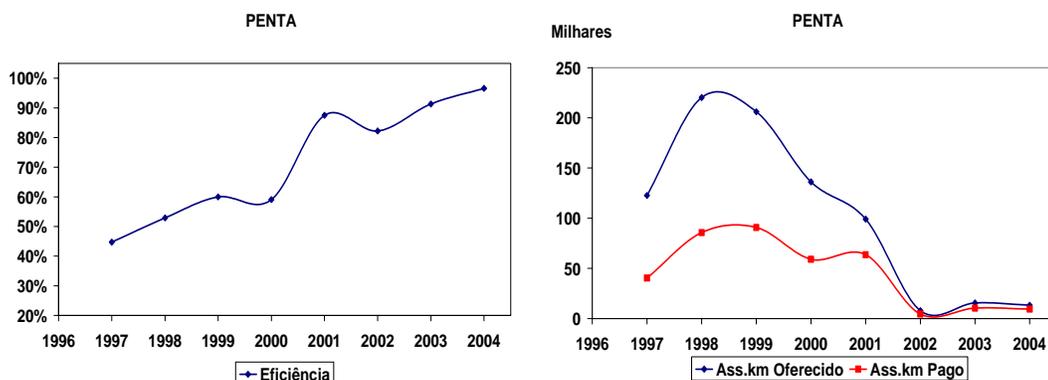


Figura 18: Avaliação da eficiência da Penta.

Perceba que há um aumento gradual da eficiência dessas empresas desde 1997 a 2004 (apenas há perda de eficiência em 2000 e em 2002, provavelmente decorrentes dos problemas cambiais ocorridos). Um fato que pode explicar isso é a diminuição de ass.km oferecidos pelas empresas no período considerado combinado com o aumento do *load factor* (os ass.km oferecidos diminuem mais que os ass.km utilizados pagos).

Outras duas empresas que apresentam resultados inesperados na avaliação de eficiência são a Rico e a Total. No período considerado as das empresas tiveram aumento de

eficiência significativo em 1999. As Figuras 19 e 20 mostram a avaliação dessas duas empresas.

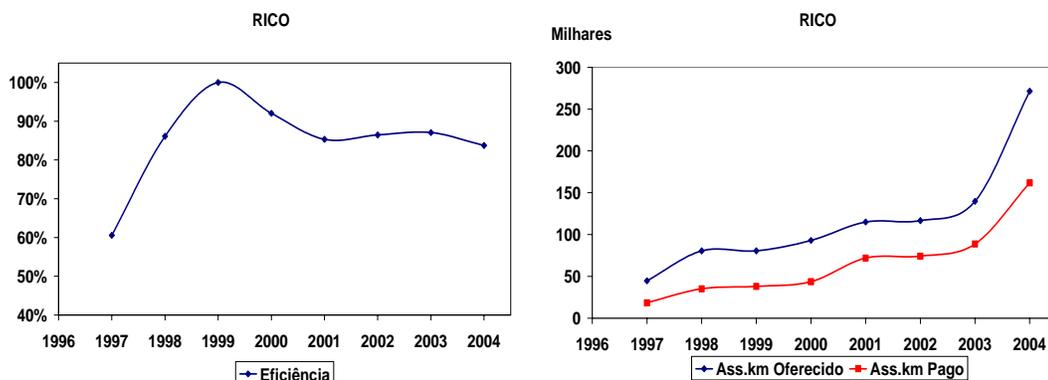


Figura 19: Avaliação da eficiência da Rico.

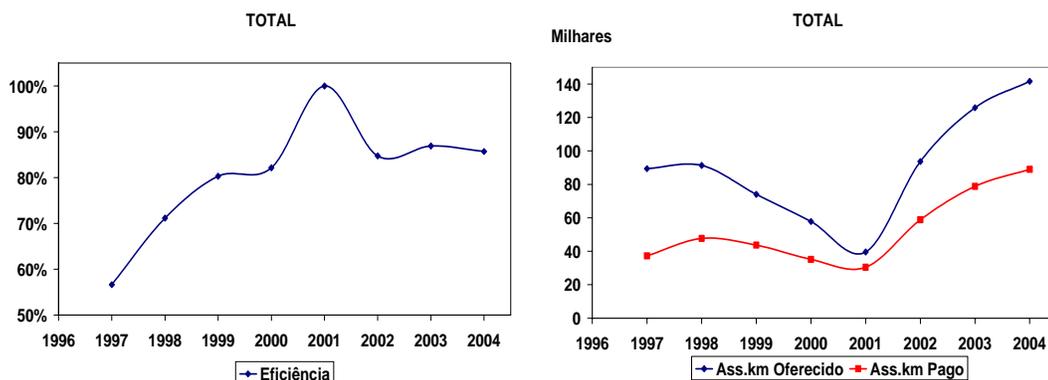


Figura 20: Avaliação da eficiência da Total.

A Rico é uma empresa que opera na região amazônica. Segundo Gomes (2003), essa é o tipo de empresa que se beneficia das características da região onde opera. Nessa região o transporte aéreo tem importância vital. A empresa atua também com o Cessna Caravan Anfíbio. Esse avião a coloca no nicho do Eco-Turismo e no transporte de pescadores. É provável que esses dois efeitos juntos possam ter anulado os efeitos da crise de 1999.

Já o ganho de eficiência da Total pode ser explicado pela grande diminuição de ass.km oferecido pela empresa de 1997 a 2001, quando a Total chegou a menor quantidade de ass.km oferecido e o maior *load factor*.

Os gráficos das demais empresas analisadas podem ser encontrados no apêndice D.

4 Conclusões e recomendações

Pode-se afirmar que o objetivo desse trabalho de graduação foi atingido de forma satisfatória. Foram avaliadas as eficiências operacionais das principais empresas de transporte aéreo no Brasil no período entre 1997 e 2004. Os fatos mais importantes que ocorreram no período puderam ser identificados de alguma forma nas avaliações de eficiência das empresas. Cita-se, por exemplo, que quase todas as empresas analisadas sofreram de alguma forma com a desvalorização cambial de 1999 e de 2002. Apenas são exceções as empresas Rico e Total, que apresentam aumento de eficiência em 1999 principalmente, ano em que as demais empresas mais perderam eficiência operacional.

O modelo utilizado para se fazer as análises se adequou bem ao problema. Pode ser identificado o retorno de escala positivo em várias das empresas analisadas. Além disso, a orientação ao *input* tende a ser o mais próximo do que uma empresa que presta serviços faz: tenta consumir menos mantendo o nível de seu serviço oferecido constante.

Existe um ponto, porém, que faz a utilização do modelo BCC um pouco imprópria: são as chamadas DMU's eficientes por *default*. O modelo BCC assume que a DMU que menos consumir e a que mais produzir serão eficientes, independente da quantidade de produtos e recursos respectivamente que cada DMU possua. Isso é feito pelo modelo para que a fronteira de eficiência seja formada. Isso pode prejudicar de certa forma a avaliação de eficiência das demais empresas. Faz-se necessário um estudo mais detalhado para que se evite o aparecimento de DMU's eficientes por *default*.

Ainda quanto ao DEA, é necessário que se estudem modelos mais complexos na restrição dos pesos, para que nenhuma variável seja ignorada pelo modelo. Existem diversos trabalhos publicados que estudam como se fazer restrições aos pesos de modo a não tornar o PPL impossível de se resolver (sem solução ótima).

Uma das questões que surgiu após a conclusão desse trabalho, e que é muito relevante, é que se deve usar no modelo alguma variável de entrada que contabilize a frota de aeronaves que cada DMU possui. Isso é relevante, por exemplo, para a empresa TAM, que tinha uma parte de sua frota parada durante o período analisado. Esse fato é um problema operacional, mas não é contabilizado de nenhuma maneira pelo modelo. Variáveis como quantidade total de assentos disponíveis ou frota de aviões indexada por um determinado modelo (para se poderem comparar diferentes aeronaves) são tipos de variáveis que refletiriam o caso da TAM na análise.

Uma análise que seria muito importante para complementar esse trabalho é uma

análise da eficiência financeira das empresas de transporte aéreo brasileiras no período entre 1997 e 2004. Com essa análise em paralelo é possível explicar o caso de algumas empresas que foram muito eficientes operacionalmente no período considerado, mas mesmo assim acabaram por encerrar suas atividades. Casos como o do grupo Varig e o do grupo Transbrasil poderiam fazer mais sentido com uma análise desse tipo.

Como comentado, Gomes (2003) apresenta em seu trabalho três índices de eficiência para as DMUS analisadas entre 1998 e 2000: um operacional um de vendas e um global. O trabalho que se propõem como continuação deste TG é um que siga a mesma linha de raciocínio, mas que apresente entre as variáveis de entrada no sistema variáveis relacionadas ao patrimônio e aos resultados financeiros das empresas.

Referências

- ANGULO MEZA, Lidia, BIONDI NETO, Luiz, RIBEIRO, Paulo Guilherme. Curso de Análise Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, 2005.
- ANGULO MEZA, Lidia, BIONDI NETO, Luiz, SOARES DE MELLO, João Carlos C. B., GOMES, Eliane Gonçalves, COELHO, Pedro Henrique Gouvêa. SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação Computacional de Modelos de Análise Envoltória de Dados. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção, v. 3, n. 20. Niterói: Universidade Federal Fluminense - Mestrado em Engenharia de Produção, 2003. http://www.producao.uff.br/rpep/relpesq303/relpesq_303_20.doc
- AVELLAR, José Virgílio Guedes de. Modelos DEA com soma constante de *inputs/outputs*, 2004. Tese de Mestrado – Instituto tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research* 2, 429-444, 1978.
- DAC (1997), *Anuário de dados Estatísticos – 1997*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- DAC (1998), *Anuário de dados Estatísticos – 1998*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- DAC (1999), *Anuário de dados Estatísticos – 1999*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- DAC (1999), *Portaria DAC Nº 366/DGAC de 8 de junho de 1999 – 1999*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- DAC (2000), *Anuário de dados Estatísticos – 2000*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- DAC (2001), *Anuário de dados Estatísticos – 2001*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- DAC (2002), *Anuário de dados Estatísticos – 2002*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- DAC (2003), *Anuário de dados Estatísticos – 2003*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- DAC (2004), *Anuário de dados Estatísticos – 2004*. Departamento de Aviação Civil, Rio de Janeiro.
- FARREL, M.J.; FIELDHOUSE, M. Estimating efficient production functions under

increasing returns to scale. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 252-267,1962.

GOMES, Eliane Gonçalves, ANGULO MEZA, Lúcia, João Carlos C. B., SERAPIÃO, Bruno Pessoa, LINS, Marcos Pereira Estellita. Análise Envoltória de Dados no Estudo da Eficiência e dos *Benchmarks* para Companhias Aéreas Brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v.23, n.2, p 325-345, Maio a Agosto de 2003.

LINS, M. P. E & MEZA, L. A. Análise Envoltória de Dados. Rio de Janeiro: COPPE/UFRRJ, 2000.

MACEDO, Álvaro da Silva. Mensurando a Eficiência de Fundos DI no Brasil: Uma Metodologia Aplicando Análise Envoltória de Dados. VI Simpósio de Pesquisa Operacional da Marinha, VII Simpósio de Logística da Marinha, Rio de Janeiro, 2003.

Apêndice A – Informações estatísticas das empresas analisadas de transporte aéreo do Brasil, entre 1997 e 2004.

A1:

ABAETÉ LINHAS AÉREAS								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	1.140	1.353	1.430	5.388	2.893	1.794	1.564	1.193
km voados	381.045	471.675	480.790	1.550.108	876.288	578.147	546.426	425.241
Ass.km oferecido (000)	5.525	6.993	7.215	8.301	8.457	8.637	8.202	6.362
Ass.km utilizado (000)	2.560	4.004	4.625	3.634	2.631	3.419	3.855	2.591
Ass.km utilizado pago (000)	2.559	4.004	4.623	3.613	2.616	3.392	3.849	2.580
combustível (l)	479.994	576.556	644.367	2.095.724	729.935	486.531	523.952	399.248
Load Factor	46,3%	57,3%	64,1%	43,5%	30,9%	39,3%	46,9%	40,6%
Etapa média de voo	416	452	385	420	414	356	373	344
Etapa média de PAX	551	536	506	536	455	414	36	32
Etapa Realizadas	917	1.043	1.249	3.694	2.118	1.626	1.464	1.237

A2:

GOL TRANSPORTE AÉREO LTDA								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	90.608	79.145	71.310	25.140	--	--	--	--
km voados	58.841.421	48.986.321	32.850.816	14.411.804	--	--	--	--
Ass.km oferecido (000)	8.659.281	7.499.421	4.984.229	2.056.215	--	--	--	--
Ass.km utilizado (000)	6.066.318	4.879.666	3.145.171	1.269.852	--	--	--	--
Ass.km utilizado pago (000)	6.054.135	4.869.007	3.136.373	1.265.076	--	--	--	--
combustível (l)	324.280.732	262.849.907	1.012.153.690	249.969.487	--	--	--	--
Load Factor	69,9%	64,9%	62,9%	61,5%	--	--	--	--
Etapa média de voo	667	653	633	628	--	--	--	--
Etapa média de PAX	811	806	792	772	--	--	--	--
Etapa Realizadas	85.223	75.000	51.877	22.937	--	--	--	--

A3:

META MESQUITA								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	2.534	3.179	3.853	5.155	4.384	1.780	--	--
km voados	1.176.052	1.293.415	1.503.461	2.019.697	1.797.526	735.381	--	--
Ass.km oferecido (000)	35.405	39.187	45.903	60.539	53.947	22.061	--	--
Ass.km utilizado (000)	24.858	27.989	33.598	40.603	20.526	7.821	--	--
Ass.km utilizado pago (000)	24.858	27.988	33.581	40.603	20.506	7.819	--	--
combustível (l)	1.267.813	1.614.005	1.961.603	2.432.744	2.164.570	912.631	--	--
Load Factor	70,2%	71,4%	73,2%	67,1%	38,0%	35,4%	--	--
Etapa média de voo	455	347	350	364	410	435	--	--
Etapa média de PAX	621	569	624	640	428	449	--	--
Etapa Realizadas	2.584	3.725	4.297	5.553	4.379	1.692	--	--

A4:

NORDESTE LINHAS AÉREAS REG. S.A								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	6.389	14.162	39.882	48.522	40.851	39.089	32.673	18.579
km voados	3.811.556	8.206.578	22.000.971	23.715.838	20.815.000	18.504.201	15.340.019	8.842.700
Ass.km oferecido (000)	258.215	424.657	1.705.327	1.700.408	1.487.023	1.115.782	917.561	550.431
Ass.km utilizado (000)	168.230	265.012	1.018.768	918.863	732.980	536.871	444.382	229.814
Ass.km utilizado pago (000)	161.800	255.988	986.223	896.762	712.208	520.726	432.431	224.552
combustível (l)	12.505.035	20.051.992	81.741.735	75.864.339	64.409.552	51.510.016	44.087.051	26.539.792
Load Factor	62,7%	60,3%	57,8%	52,7%	47,9%	46,7%	47,1%	40,8%
Etapa média de voo	551	520	513	465	487	453	467	485
Etapa média de PAX	721	664	814	695	614	523	54	62
Etapa Realizadas	6.913	15.768	42.918	50.976	42.760	40.855	32.873	18.235

A5:

OCEANAIR								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	13.870	8.538	--	--	--	--	--	--
km voados	5.514.530	3.091.060	--	--	--	--	--	--
Ass.km oferecido (000)	185.025	99.024	--	--	--	--	--	--
Ass.km utilizado (000)	87.639	40.510	--	--	--	--	--	--
Ass.km utilizado pago (000)	85.620	39.174	--	--	--	--	--	--
combustível (l)	8.325.890	4.367.711	--	--	--	--	--	--
Load Factor	46,3%	39,6%	--	--	--	--	--	--
Etapa média de voo	366	284	--	--	--	--	--	--
Etapa média de PAX	459	384	--	--	--	--	--	--
Etapa Realizadas	15.050	10.885	--	--	--	--	--	--

A6:

PENTA PENA TRANSP. AÉREO S.A.								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	6.498	6.178	3.401	14.324	22.036	27.095	114.723	15.657
km voados	1.763.393	1.812.412	839.621	4.720.299	6.688.328	7.913.495	8.013.444	5.235.230
Ass.km oferecido (000)	13.285	15.534	7.867	99.110	136.218	206.115	220.287	122.676
Ass.km utilizado (000)	9.673	10.693	4.565	64.703	59.660	91.365	85.843	40.424
Ass.km utilizado pago (000)	9.389	10.396	4.482	63.678	59.092	90.807	85.661	40.377
combustível (l)	1.992.897	2.081.896	665.659	5.597.557	7.874.219	11.770.701	13.768.108	7.991.629
Load Factor	70,7%	66,9%	57,0%	64,2%	43,4%	44,1%	38,9%	32,9%
Etapa média de voo	460	457	253	384	362	338	346	353
Etapa média de PAX	515	561	429	550	409	389	10	36
Etapa Realizadas	3.834	3.962	3.323	12.289	18.471	23.427	23.132	14.821

A7:

PUMA AIR								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	3.111	2.995	--	--	--	--	--	--
km voados	1.198.784	994.170	--	--	--	--	--	--
Ass.km oferecido (000)	36.199	23.179	--	--	--	--	--	--
Ass.km utilizado (000)	22.712	12.999	--	--	--	--	--	--
Ass.km utilizado pago (000)	22.598	12.896	--	--	--	--	--	--
combustível (l)	1.896.673	1.284.300	--	--	--	--	--	--
Load Factor	62,4%	55,6%	--	--	--	--	--	--
Etapa média de voo	379	330	--	--	--	--	--	--
Etapa média de PAX	537	501	--	--	--	--	--	--
Etapa Realizadas	3.166	3.009	--	--	--	--	--	--

A8:

PANTANAL L.A. SUL-MATOGROSSENSE								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	11.940	12.249	14.242	15.453	10.196	7.268	10.758	11.218
km voados	4.094.575	4.389.772	4.953.618	5.330.991	3.471.083	2.752.248	4.083.303	4.653.290
Ass.km oferecido (000)	192.100	199.982	222.330	239.980	156.194	130.335	167.865	164.195
Ass.km utilizado (000)	74.444	71.789	83.523	95.837	43.227	28.103	61.725	73.197
Ass.km utilizado pago (000)	72.340	70.131	78.573	91.848	42.295	27.255	60.428	70.628
combustível (l)	8.524.402	8.741.038	10.968.798	11.184.873	7.138.742	4.852.867	7.045.735	7.726.485
Load Factor	37,7%	35,1%	35,3%	38,3%	27,1%	20,9%	36,0%	43,0%
Etapa média de voo	284	288	268	291	305	424	390	366
Etapa média de PAX	408	413	341	385	295	470	42	43
Etapa Realizadas	14.402	15.242	18.467	18.334	11.389	6.484	10.479	12.703

A9:

RICO LINHAS AÉREAS S.A.								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	10.151	10.143	11.686	10.496	7.751	6.430	7.141	23.077
km voados	4.630.168	4.258.744	4.665.268	4.298.620	3.420.425	2.918.603	3.080.734	2.203.452
Ass.km oferecido (000)	271.412	139.829	116.660	114.979	92.972	80.517	80.440	44.633
Ass.km utilizado (000)	161.926	89.381	74.947	72.045	43.713	37.984	35.167	18.400
Ass.km utilizado pago (000)	161.814	88.732	74.142	71.922	43.678	37.984	35.163	18.398
combustível (l)	12.480.884	6.774.343	7.005.312	5.769.805	3.026.911	2.495.745	2.699.433	1.953.395
Load Factor	59,6%	63,5%	63,6%	62,6%	47,0%	47,2%	43,7%	41,2%
Etapa média de voo	420	355	339	339	336	302	314	314
Etapa média de PAX	731	643	568	548	367	322	34	9
Etapa Realizadas	11.015	11.995	13.761	12.681	10.182	9.653	9.821	7.020

A10:

TAM LINHAS AÉREAS S.A.								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	164.996	157.661	226.902	212.966	17.546	--	--	--
km voados	107.153.015	100.245.057	136.405.855	124.898.794	10.416.439	--	--	--
Ass.km oferecido (000)	15.573.847	14.281.241	17.446.902	14.774.944	1.179.827	--	--	--
Ass.km utilizado (000)	10.329.721	8.583.189	10.114.477	8.695.681	564.089	--	--	--
Ass.km utilizado pago (000)	10.082.474	8.305.486	9.323.388	8.104.767	526.334	--	--	--
combustível (l)	567.013.720	534.722.845	891.756.285	640.264.078	51.394.406	--	--	--
Load Factor	64,7%	58,2%	53,4%	54,9%	44,6%	--	--	--
Etapa média de voo	759	724	633	606	620	--	--	--
Etapa média de PAX	900	876	868	815	684	--	--	--
Etapa Realizadas	141.204	138.536	215.521	206.201	16.803	--	--	--

A11:

TAM TRANSP.AE.MERIDIONAIS								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	--	--	--	--	90.876	65.377	46.841	34.647
km voados	--	--	--	--	53.375.694	39.854.610	26.283.923	15.338.446
Ass.km oferecido (000)	--	--	--	--	5.773.754	4.596.547	2.850.014	1.237.053
Ass.km utilizado (000)	--	--	--	--	2.832.529	1.976.637	1.944.235	660.069
Ass.km utilizado pago (000)	--	--	--	--	2.669.668	1.883.776	1.896.098	632.276
combustivel (l)	--	--	--	--	238.460.863	178.696.774	121.340.170	52.086.273
Load Factor	--	--	--	--	46%	41%	67%	51%
Etapa média de voo	--	--	--	--	665	674	666	483
Etapa média de PAX	--	--	--	--	756	710	785	790
Etapa Realizadas	--	--	--	--	80.218	59.110	39.449	31.789

A12:

TAM TRANSP. AÉREOS REGIONAL S.A								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	--	--	--	--	80.793	87.603	83.507	77.222
km voados	--	--	--	--	45.774.929	48.024.923	43.807.866	40.701.023
Ass.km oferecido (000)	--	--	--	--	5.011.736	4.853.850	4.167.948	3.898.184
Ass.km utilizado (000)	--	--	--	--	2.544.922	2.856.670	2.484.752	2.067.643
Ass.km utilizado pago (000)	--	--	--	--	2.440.794	2.803.793	2.442.909	2.013.994
combustivel (l)	--	--	--	--	228.558.629	218.496.969	186.547.473	170.397.576
Load Factor	--	--	--	--	49%	58%	59%	52%
Etapa média de voo	--	--	--	--	514	526	52.231	51.786
Etapa média de PAX	--	--	--	--	553	598	62	61
Etapa Realizadas	--	--	--	--	89.024	91.250	83.873	78.594

A13:

Grupo TAM								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	164.996	157.661	226.902	212.966	189.215	152.980	130.348	111.869
km voados	107.153.015	100.245.057	136.405.855	124.898.794	109.567.062	87.879.533	70.091.789	56.039.469
Ass.km oferecido (000)	15.573.847	14.281.241	17.446.902	14.774.944	11.965.317	9.450.397	7.017.962	5.135.237
Ass.km utilizado (000)	10.329.721	8.583.189	10.114.477	8.695.681	5.941.540	4.833.307	4.428.987	2.727.712
Ass.km utilizado pago (000)	10.082.474	8.305.486	9.323.388	8.104.767	5.636.796	4.687.569	4.339.007	2.646.270
combustível (l)	567.013.720	534.722.845	891.756.285	640.264.078	518.413.898	397.193.743	307.887.643	222.483.849
Load Factor	65%	58%	53%	55%	47%	50%	62%	52%
Etapa média de voo	759	724	633	606	1.799	584	568	508
Etapa média de PAX	900	876	868	815	1.993	1.308	847	851
Etapa Realizadas	141.204	138.536	215.521	206.201	186.045	150.360	123.322	110.383

A14:

INTERBRASIL								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	--	--	--	14.116	18.936	17.806	9.106	8.282
km voados	--	--	--	5.627.401	7.598.879	7.376.454	3.513.494	3.277.504
Ass.km oferecido (000)	--	--	--	172.973	262.125	280.894	103.884	97.837
Ass.km utilizado (000)	--	--	--	104.423	106.065	104.139	40.853	34.056
Ass.km utilizado pago (000)	--	--	--	103.551	105.454	104.073	40.840	34.039
combustível (l)	--	--	--	9.534.899	13.341.672	15.414.749	6.276.663	5.687.728
Load Factor	--	--	--	59,9%	40,2%	37,1%	39,3%	34,8%
Etapa média de voo	--	--	--	313	299	304	27.494	28.203
Etapa média de PAX	--	--	--	462	350	359	32	32
Etapa Realizadas	--	--	--	17.976	25.434	24.246	12.779	11.621

A15:

TRANSBRASIL								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	--	--	--	33.095	54.958	60.649	54.878	48.909
km voados	--	--	--	21.077.968	36.153.927	39.707.547	35.487.430	31.826.482
Ass.km oferecido (000)	--	--	--	3.175.639	5.398.517	6.296.900	5.552.974	4.940.479
Ass.km utilizado (000)	--	--	--	2.053.745	2.252.841	2.638.367	3.017.404	2.569.252
Ass.km utilizado pago (000)	--	--	--	1.974.609	2.209.257	2.620.758	3.005.249	2.554.264
combustível (l)	--	--	--	115.891.319	197.493.627	251.785.191	243.671.819	400.437.730
Load Factor	--	--	--	62,2%	40,9%	41,6%	54,1%	51,7%
Etapa média de voo	--	--	--	904	926	811	781	739
Etapa média de PAX	--	--	--	1.411	1.019	903	1.012	969
Etapa Realizadas	--	--	--	23.323	39.050	48.989	45.465	43.091

A16:

Grupo TBA								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	--	--	--	47.211	73.894	78.455	63.984	57.191
km voados	--	--	--	26.705.369	43.752.806	47.084.001	39.000.924	35.103.986
Ass.km oferecido (000)	--	--	--	3.348.612	5.660.642	6.577.794	5.656.858	5.038.316
Ass.km utilizado (000)	--	--	--	2.158.168	2.358.906	2.742.506	3.058.257	2.603.308
Ass.km utilizado pago (000)	--	--	--	2.078.160	2.314.711	2.724.831	3.046.089	2.588.303
combustível (l)	--	--	--	125.426.218	210.835.299	267.199.940	249.948.482	406.125.458
Load Factor	--	--	--	62,1%	40,9%	41,4%	53,8%	51,4%
Etapa média de voo	--	--	--	647	679	643	670	642
Etapa média de PAX	--	--	--	1.873	1.369	1.262	1.044	1.001
Etapa Realizadas	--	--	--	41.299	64.484	73.235	58.244	54.712

A17:

TRIP T.A.R INTERIOR PAULISTA								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	7.940	12.095	7.601	5.453	6.141	4.850	383	--
km voados	2.944.318	2.702.750	1.844.454	2.246.067	2.232.018	1.879.679	119.912	--
Ass.km oferecido (000)	121.836	105.227	68.454	71.148	81.923	56.629	3.600	--
Ass.km utilizado (000)	77.450	63.454	34.537	36.097	39.235	34.384	2.337	--
Ass.km utilizado pago (000)	77.435	63.454	34.025	35.606	38.782	33.953	2.305	--
combustível (l)	3.880.664	4.014.324	2.642.112	5.494.568	2.889.366	2.361.455	145.963	--
Load Factor	63,6%	60,3%	49,7%	50,0%	47,3%	60,0%	64,0%	--
Etapa média de voo	414	416	409	477	429	452	387	--
Etapa média de PAX	460	454	436	450	438	430	39	--
Etapa Realizadas	7.119	6.495	4.510	4.713	5.202	4.161	310	--

A18:

TOTAL LINHAS AÉREAS S.A.								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	11.647	7.955	10.224	6.953	7.203	6.534	7.927	11.709
km voados	4.868.610	3.050.436	3.993.800	2.853.667	2.749.702	2.657.336	3.145.773	3.402.619
Ass.km oferecido (000)	141.635	125.823	93.675	39.559	57.796	74.033	91.337	89.397
Ass.km utilizado (000)	89.037	78.922	58.898	30.482	35.247	43.839	48.333	38.453
Ass.km utilizado pago (000)	88.996	78.838	58.811	30.432	35.160	43.672	47.657	37.194
combustível (l)	17.210.593	8.135.470	11.373.743	9.390.406	5.164.263	4.489.048	5.255.998	5.243.980
Load Factor	62,8%	62,7%	62,8%	76,9%	60,8%	59,0%	52,2%	41,6%
Etapa média de voo	329	310	370	428	432	447	427	412
Etapa média de PAX	318	272	352	444	406	384	43	32
Etapa Realizadas	14.245	9.852	10.808	6.672	6.358	5.949	7.359	8.268

A19:

TAVAJ TRANSP. AE. REGULARES AS								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	1.113	4.281	5.018	4.109	6.140	8.395	64.322	11.164
km voados	336.361	1.325.967	1.579.831	1.351.470	1.927.013	3.071.032	3.451.571	3.669.343
Ass.km oferecido (000)	14.715	57.891	69.467	58.916	69.058	95.102	87.751	86.545
Ass.km utilizado (000)	8.726	34.919	39.585	37.644	29.695	45.792	44.237	37.485
Ass.km utilizado pago (000)	8.585	33.949	38.991	37.160	29.321	45.766	44.108	37.269
combustível (l)	840.088	3.351.111	3.981.715	3.290.223	5.464.135	9.913.687	9.655.086	10.310.537
Load Factor	58,3%	58,6%	56,1%	63,1%	42,5%	48,1%	50,3%	43,1%
Etapa média de voo	423	374	380	370	354	394	360	359
Etapa média de PAX	586	542	510	525	391	414	6	39
Etapa Realizadas	795	3.544	4.156	3.655	5.450	7.800	9.576	10.223

A20:

Grupo VARIG								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	149.046	160.738	209.582	245.191	235.458	226.782	218.348	187.609
km voados	96.344.631	104.859.950	132.184.834	152.653.998	148.104.727	139.966.773	139.928.222	110.197.763
Ass.km oferecido (000)	12.938.103	13.296.913	16.018.200	16.511.070	15.380.181	14.726.503	15.433.110	12.329.635
Ass.km utilizado (000)	9.022.352	8.712.054	10.074.575	10.462.925	9.060.387	8.207.216	9.524.205	7.988.449
Ass.km utilizado pago (000)	8.646.434	8.266.758	9.534.348	9.987.200	8.712.455	7.912.598	9.286.429	7.765.014
combustível (l)	594.468.357	625.551.945	853.346.073	870.685.428	822.082.093	762.689.186	797.700.613	638.521.324
Load Factor	66,8%	62,2%	59,5%	60,5%	56,6%	53,7%	60,2%	63,0%
Etapa média de voo	1.348	1.421	1.400	1.345	1.338	1.293	47.754	46.106
Etapa média de PAX	1.628	1.753	1.791	1.744	1.449	1.392	1.146	1.125
Etapa Realizadas	119.905	131.485	185.319	221.980	217.964	217.741	214.709	162.095

A21:

RIO SUL SERVIÇOS AE. REG. S.A.								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	9.611	20.812	76.009	88.082	84.374	93.033	79.353	63.114
km voados	5.487.381	12.578.281	43.776.431	48.614.525	47.604.924	52.128.549	48.385.183	28.293.088
Ass.km oferecido (000)	360.053	1.119.559	4.271.776	4.184.555	3.844.504	4.112.877	3.753.719	2.029.001
Ass.km utilizado (000)	231.093	654.271	2.458.401	2.411.350	2.163.009	2.267.221	2.000.588	1.037.607
Ass.km utilizado pago (000)	226.146	620.871	2.376.020	2.349.084	2.094.188	2.190.894	1.955.996	1.008.674
combustível (l)	18.308.115	56.873.601	219.020.389	209.245.482	195.241.056	210.215.518	190.530.723	102.895.096
Load Factor	62,8%	55,5%	55,6%	56,1%	54,5%	53,3%	52,1%	49,7%
Etapa média de voo	517	581	507	474	459	470	469	453
Etapa média de PAX	597	708	612	619	518	514	60	50
Etapa Realizadas	10.623	21.635	86.268	102.489	103.692	110.966	103.093	62.479

A22:

VARIG VIAÇÃO AE. RIOGRANDENSE								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	139.435	139.926	133.573	157.109	151.084	133.749	138.995	124.495
km voados	90.857.250	92.281.669	88.408.403	104.039.473	100.499.803	87.838.224	91.543.039	81.904.675
Ass.km oferecido (000)	12.578.050	12.177.354	11.746.424	12.326.515	11.535.677	10.613.626	11.679.391	10.300.634
Ass.km utilizado (000)	8.791.259	8.057.783	7.616.174	8.051.575	6.897.378	5.939.995	7.523.617	6.950.842
Ass.km utilizado pago (000)	8.420.288	7.645.887	7.158.328	7.638.116	6.618.267	5.721.704	7.330.433	6.756.340
combustível (l)	576.160.242	568.678.344	634.325.684	661.439.946	626.841.037	552.473.668	607.169.890	535.626.228
Load Factor	66,9%	62,8%	60,9%	62,0%	57,4%	53,9%	62,8%	65,6%
Etapa média de voo	831	840	893	871	879	823	820	822
Etapa média de PAX	1.031	1.045	1.179	1.125	931	878	1.086	1.075
Etapa Realizadas	109.282	109.850	99.051	119.491	114.272	106.775	111.616	99.616

A23:

VASP								
Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
horas voadas	67.476	86.288	92.563	92.472	93.391	90.241	82.746	70.923
km voados	37.708.268	46.576.802	51.312.505	52.076.742	56.489.519	55.988.648	52.039.199	43.883.662
Ass.km oferecido (000)	4.309.617	5.535.660	6.199.304	6.199.796	6.360.580	6.954.843	6.772.984	5.671.140
Ass.km utilizado (000)	2.488.530	3.112.246	3.414.586	3.807.034	2.834.368	2.596.423	3.725.426	2.824.888
Ass.km utilizado pago (000)	2.463.534	3.069.020	3.383.991	3.803.217	2.828.337	2.592.023	3.725.184	2.824.393
combustível (l)	232.041.240	284.421.713	308.120.439	289.025.218	319.343.246	329.593.760	310.798.809	267.902.184
Load Factor	57,2%	55,4%	54,6%	61,3%	44,5%	37,3%	55,0%	49,8%
Etapa média de voo	713	708	693	699	707	728	709	681
Etapa média de PAX	1.003	1.010	1.016	964	753	790	914	850
Etapa Realizadas	52.905	65.790	74.024	74.547	79.908	76.935	73.442	64.469

Apêndice B – Glossário das siglas utilizadas

DEA – *Data Envelopment Analysis*, do inglês, Análise Envoltória de Dados.

DMU's – *Decision Making Units*, do inglês, Unidades tomadoras de Decisão.

CCR – Letras iniciais dos nomes: Charnes, Cooper e Rhodes. Um dos modelos clássicos de DEA.

CRS – *Constant Return of Scale*, do inglês, retorno constante de escala.

BCC – Letras iniciais dos nomes: Banker, Charnes e Cooper. Um dos modelos clássicos de DEA.

VRS – *Variable Return of Scale*, do inglês, retorno variável de escala.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil.

DAC – Departamento de Aviação Civil.

TG – Trabalho de Graduação.

SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão.

Apêndice C – Resultados DEA

EMPRESA	EFICIÊNCIA	PESOS					
		Ass.km Pago	Load Factor	Ass.km Ofertado	km Voados	Combustível	u0
Abaeté 2004	75,90%	0,000136475	0	0,000218892	0	-4,36208E-07	0,409765453
Abaeté 2003	83,42%	0,00019137	0	0,000139842	0	3,83016E-08	0,067914838
Abaeté 2002	92,16%	0,000185141	0	0,000135291	0	3,7055E-08	0,065704394
Abaeté 2001	100,00%	0,00015116	0	0,000242445	0	-4,83146E-07	0,453857984
Abaeté 2000	50,03%	8,90384E-05	0	0,000142808	0	-2,84589E-07	0,267337514
Abaeté 1999	58,46%	0,000156035	0	0,000114022	0	3,12296E-08	0,055375022
Abaeté 1998	68,93%	0,000163977	0	0,000119825	0	3,2819E-08	0,058193374
Abaeté 1997	62,53%	0,000112008	0	0,00017965	0	-3,58007E-07	0,336304876
Gol 2004	100,00%	1,65176E-07	0	2,46588E-08	1,67128E-10	2,39496E-09	0
Gol 2003	99,16%	2,03661E-07	0	0	4,53224E-10	3,71999E-09	0
Gol 2002	92,94%	2,95369E-07	0	0	3,04406E-08	0	0,002969374
Gol 2001	87,98%	6,95232E-07	0	4,78781E-07	1,07708E-09	0	0,000250258
Meta 2004	100,00%	4,02285E-05	0	4,02407E-06	0	6,76383E-07	0
Meta 2003	98,71%	3,48231E-05	0,017418952	2,46864E-05	-1,36054E-07	1,29236E-07	0
Meta 2002	100,00%	2,97787E-05	0	1,59709E-05	1,12402E-08	1,27441E-07	0
Meta 2001	93,31%	2,2981E-05	0	1,62588E-05	-1,01768E-07	9,09473E-08	0
Meta 2000	53,12%	2,55106E-05	0	1,80054E-05	-9,77804E-08	9,44419E-08	0,008077376
Meta 1999	50,44%	6,1994E-05	0	4,37553E-05	-2,37618E-07	2,29505E-07	0,019629026
Nordeste 2004	88,37%	5,46151E-06	0	3,77207E-06	6,82E-09	0	0
Nordeste 2003	84,33%	3,29442E-06	0	2,27534E-06	4,11387E-09	0	0
Nordeste 2002	81,83%	8,29681E-07	0	5,73031E-07	1,03606E-09	0	0
Nordeste 2001	74,48%	8,30547E-07	0	5,73629E-07	1,03714E-09	0	0
Nordeste 2000	67,63%	9,49644E-07	0	6,55885E-07	1,18586E-09	0	0
Nordeste 1999	65,60%	1,25986E-06	0	8,70142E-07	1,57324E-09	0	0
Nordeste 1998	66,23%	1,53167E-06	0	1,05787E-06	1,91266E-09	0	0
Nordeste 1997	57,40%	2,5562E-06	0	1,76548E-06	3,19203E-09	0	0
Ocean Air 2004	63,57%	7,42521E-06	0	5,12833E-06	9,27214E-09	0	0
Ocean Air 2003	54,22%	1,38404E-05	0	9,55907E-06	1,7283E-08	0	0
Puma 2004	85,73%	3,73443E-05	0	2,64014E-05	3,6952E-08	0	0,013397172
Puma 2003	77,06%	5,81567E-05	0	4,24976E-05	0	1,16397E-08	0,020639077
Penta 2004	96,62%	9,87343E-05	0,055392705	7,2253E-05	0	2,01309E-08	0
Penta 2003	91,36%	8,49759E-05	0	6,20955E-05	0	1,70074E-08	0,0301569
Penta 2002	82,23%	0,000170011	0	0,000124234	0	3,40267E-08	0,060334693
Penta 2001	87,51%	1,37421E-05	0	9,93941E-06	0	2,66286E-09	0
Penta 2000	59,06%	9,99499E-06	0	7,22922E-06	0	1,93677E-09	0
Penta 1999	59,99%	6,60674E-06	0	4,77855E-06	0	1,28022E-09	0
Penta 1998	52,90%	6,17594E-06	0	4,32438E-06	5,91452E-09	0	0
Penta 1997	44,73%	1,10769E-05	0	8,01173E-06	0	2,14642E-09	0
Pantanal 2004	52,50%	7,25744E-06	0	5,01245E-06	9,06264E-09	0	0
Pantanal 2003	48,84%	6,96368E-06	0	4,80957E-06	8,69582E-09	0	0
Pantanal 2002	49,19%	6,26013E-06	0	4,32365E-06	7,81726E-09	0	0
Pantanal 2001	53,28%	5,80037E-06	0	4,00611E-06	7,24315E-09	0	0
Pantanal 2000	37,77%	8,85405E-06	0	6,09746E-06	1,3717E-08	0	0,003187126
Pantanal 1999	29,87%	1,08305E-05	0	5,89853E-06	7,63475E-09	4,33151E-08	0,003508418
Pantanal 1998	49,93%	8,26191E-06	0	5,70621E-06	1,0317E-08	0	0
Pantanal 1997	59,24%	8,38825E-06	0	5,79347E-06	1,04747E-08	0	0
Rico 2004	83,74%	5,17501E-06	0	3,57419E-06	6,46223E-09	0	0
Rico 2003	87,08%	9,81422E-06	0	6,77833E-06	1,22554E-08	0	0
Rico 2002	86,48%	1,16637E-05	0	8,4362E-06	0	2,26014E-09	0
Rico 2001	85,34%	1,18651E-05	0	8,58187E-06	0	2,29916E-09	0
Rico 2000	92,05%	2,10753E-05	0	6,50514E-06	-4,99037E-07	6,94478E-07	0
Rico 1999	100,00%	2,63269E-05	0	-1,10105E-05	-2,80267E-07	1,08365E-06	0
Rico 1998	86,11%	2,44899E-05	0	7,55911E-06	-5,79892E-07	8,06998E-07	0
Rico 1997	60,57%	3,29232E-05	0	2,63134E-05	0	-8,93031E-08	0
Tam Linhas 2004	95,16%	9,43813E-08	0	0	2,10035E-10	1,72393E-09	0
Tam Linhas 2003	83,18%	1,00145E-07	0	5,37095E-08	3,78004E-11	4,2858E-10	0
Tam Linhas 2002	76,29%	8,18311E-08	0	5,65178E-08	1,02186E-10	0	0
Tam Linhas 2001	78,23%	9,65205E-08	0	6,66633E-08	1,20529E-10	0	0
Tam Linhas 2000	63,58%	1,20792E-06	0	8,34265E-07	1,50837E-09	0	0

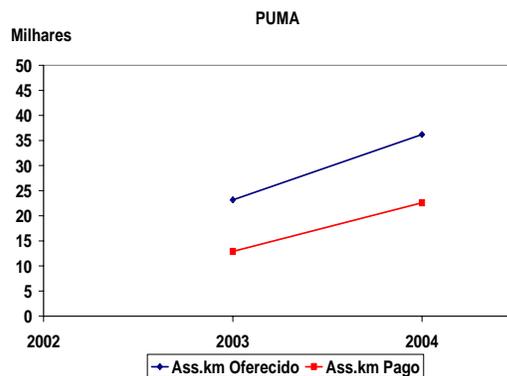
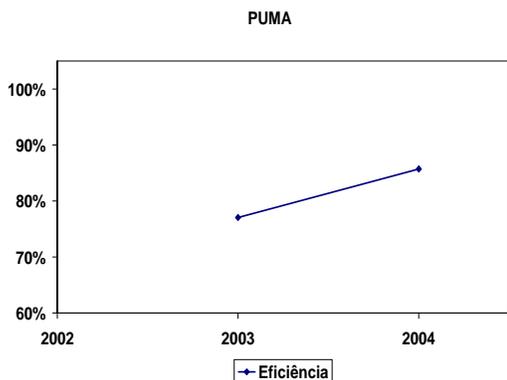
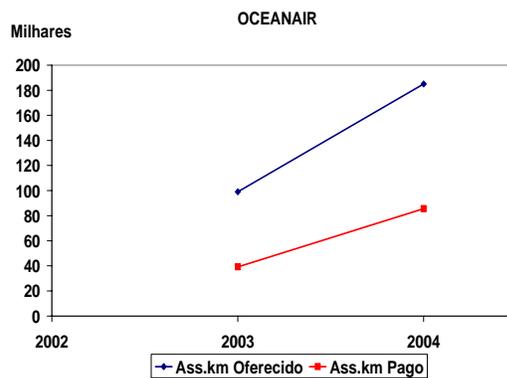
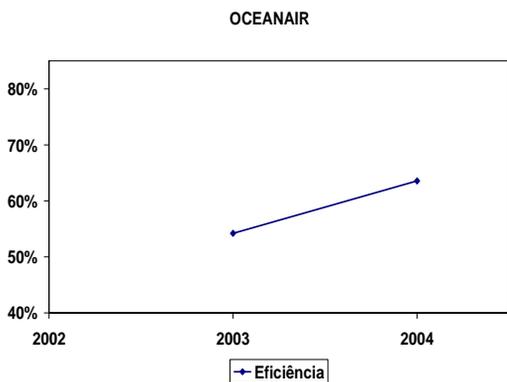
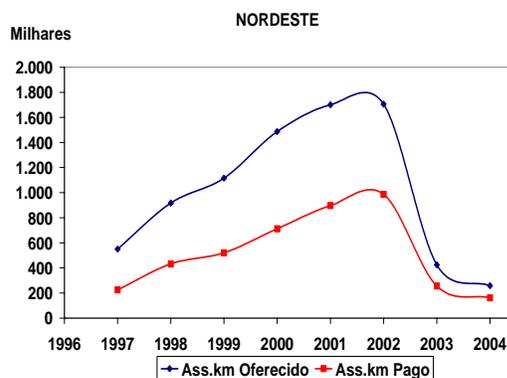
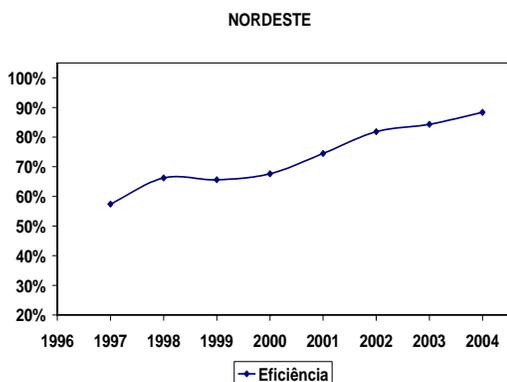
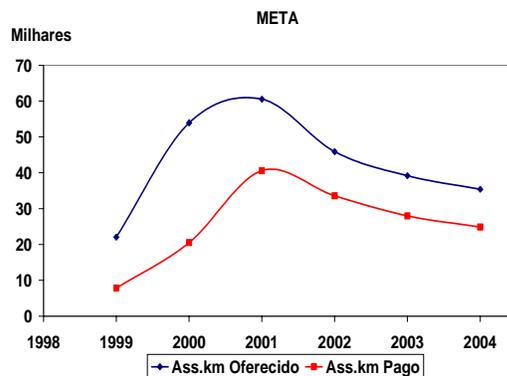
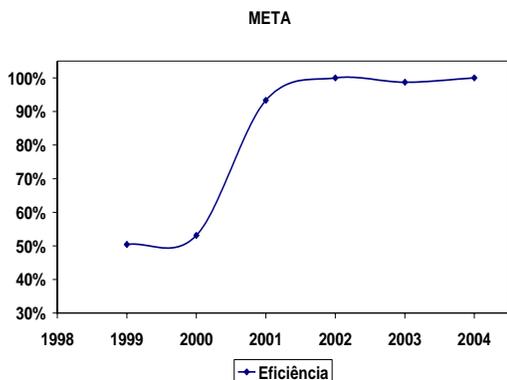
Apêndice C – Cont.

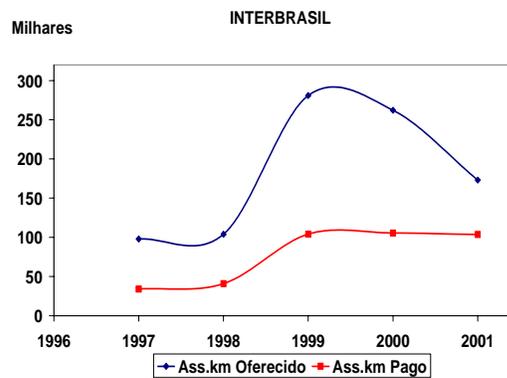
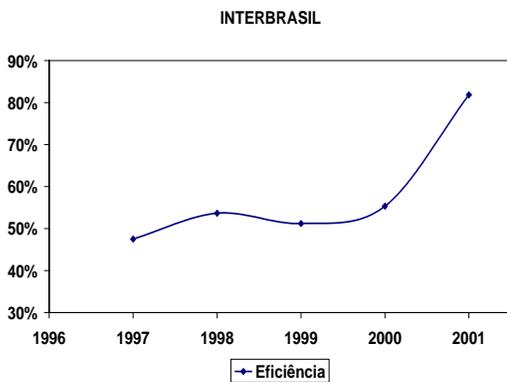
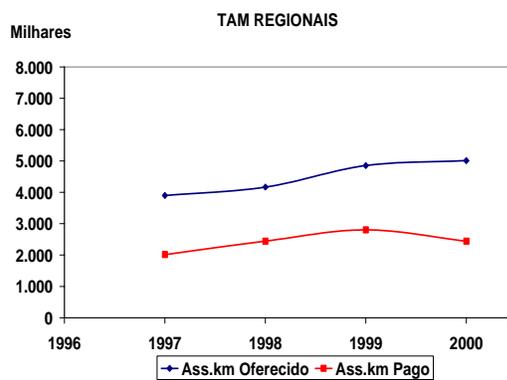
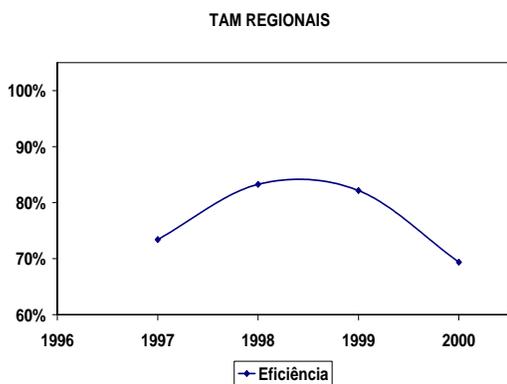
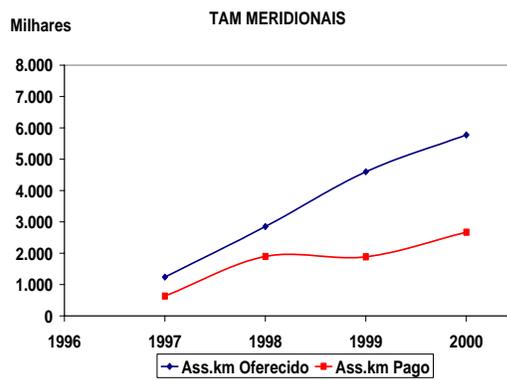
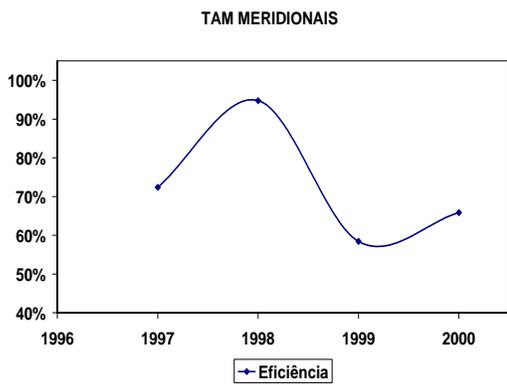
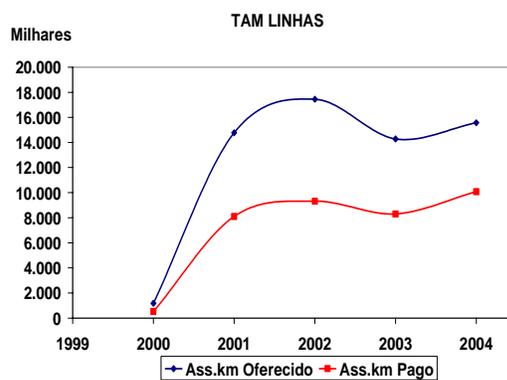
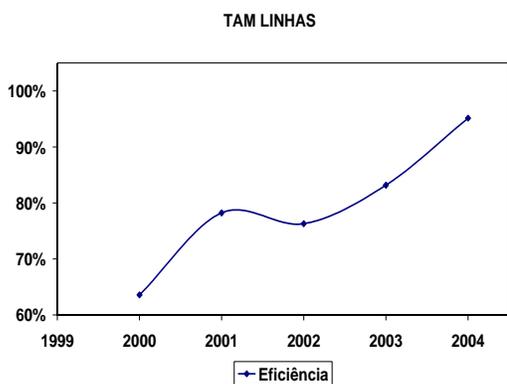
EMPRESA	EFICIÊNCIA	PESOS					
		Ass.km Pago	Load Factor	Ass.km Ofertado	km Voados	Combustível	u0
Tam Meridionais 2000	65,85%	2,46647E-07	0	1,7035E-07	3,07998E-10	0	0
Tam Meridionais 1999	58,42%	3,10131E-07	0	2,14197E-07	3,87273E-10	0	0
Tam Meridionais 1998	94,75%	4,99694E-07	0	3,45121E-07	6,23987E-10	0	0
Tam Meridionais 1997	72,38%	1,14476E-06	0	7,90648E-07	1,42951E-09	0	0
Tam Regionais 2000	69,37%	2,84205E-07	0	1,9629E-07	3,54898E-10	0	0
Tam Regionais 1999	82,17%	2,93053E-07	0	2,02401E-07	3,65947E-10	0	0
Tam Regionais 1998	83,28%	3,40906E-07	0	2,35452E-07	4,25703E-10	0	0
Tam Regionais 1997	73,42%	3,64543E-07	0	2,51777E-07	4,55219E-10	0	0
Grupo Tam 2004	95,16%	9,43813E-08	0	0	2,10035E-10	1,72393E-09	0
Grupo Tam 2003	83,18%	1,00145E-07	0	5,37095E-08	3,78004E-11	4,2858E-10	0
Grupo Tam 2002	76,29%	8,18311E-08	0	5,65178E-08	1,02186E-10	0	0
Grupo Tam 2001	78,23%	9,65205E-08	0	6,66633E-08	1,20529E-10	0	0
Grupo Tam 2000	67,10%	1,19036E-07	0	8,22137E-08	1,48645E-10	0	0
Grupo Tam 1999	70,63%	1,50675E-07	0	1,04066E-07	1,88154E-10	0	0
Grupo Tam 1998	87,93%	2,02651E-07	0	1,39964E-07	2,53059E-10	0	0
Grupo Tam 1997	73,17%	2,76495E-07	0	1,90965E-07	3,4527E-10	0	0
INTERBRASIL 2001	81,86%	7,90555E-06	0	5,46008E-06	9,87197E-09	0	0
INTERBRASIL 2000	55,35%	5,24853E-06	0	3,62498E-06	6,55405E-09	0	0
INTERBRASIL 1999	51,21%	4,9209E-06	0	3,39869E-06	6,14492E-09	0	0
INTERBRASIL 1998	53,66%	1,31399E-05	0	9,20052E-06	1,25837E-08	0	0
INTERBRASIL 1997	47,51%	1,39579E-05	0	9,77329E-06	1,33671E-08	0	0
Transbrasil 2001	91,36%	4,60315E-07	0	0	4,8171E-08	-1,32432E-10	0,004695929
Transbrasil 2000	59,92%	2,71128E-07	0	0	6,81722E-10	4,93866E-09	0,000177657
Transbrasil 1999	64,29%	2,44364E-07	0	0	2,51841E-08	0	0,00245662
Transbrasil 1998	82,45%	2,73424E-07	0	0	2,8179E-08	0	0,002748758
Transbrasil 1997	78,18%	3,04875E-07	0	0	3,14204E-08	0	0,003064943
Grupo TBA 2001	88,70%	4,26844E-07	0	2,28924E-07	1,61115E-10	1,82672E-09	0
Grupo TBA 2000	58,65%	2,53401E-07	0	3,78296E-08	2,56395E-10	3,67416E-09	0
Grupo TBA 1999	59,21%	2,17304E-07	0	1,50084E-07	2,71356E-10	0	0
Grupo TBA 1998	77,01%	2,52774E-07	0	1,74077E-07	3,91607E-10	0	9,09893E-05
Grupo TBA 1997	73,46%	2,83761E-07	0	1,95416E-07	4,39613E-10	0	0,000102143
Trip 2004	100,00%	1,29141E-05	0	1,92791E-06	1,30667E-08	1,87246E-07	0
Trip 2003	85,02%	1,33985E-05	0	7,18588E-06	5,05737E-09	5,73404E-08	0
Trip 2002	69,89%	2,03464E-05	0	1,10811E-05	1,43429E-08	8,13729E-08	0,006591014
Trip 2001	68,55%	1,92514E-05	0	1,32963E-05	2,404E-08	0	0
Trip 2000	68,78%	1,7736E-05	0	2,64776E-06	1,79456E-08	2,57161E-07	0
Trip 1999	82,64%	2,43392E-05	0	1,72197E-05	-1,07783E-07	9,63227E-08	0
Trip 1998	100,00%	0,000350568	0	3,42388E-05	5,86475E-07	5,52479E-06	0,191941728
Total 2004	85,71%	9,63066E-06	0	6,74337E-06	9,22301E-09	0	0
Total 2003	86,91%	1,10241E-05	0	7,61393E-06	1,37662E-08	0	0
Total 2002	84,72%	1,44059E-05	0	1,0087E-05	1,37962E-08	0	0
Total 2001	100,00%	3,28601E-05	0	2,30086E-05	3,14692E-08	0	0
Total 2000	82,14%	2,33625E-05	0	1,68977E-05	0	4,52706E-09	0
Total 1999	80,31%	1,83882E-05	0	1,28754E-05	1,76099E-08	0	0
Total 1998	71,17%	1,49328E-05	0	1,04559E-05	1,43007E-08	0	0
Total 1997	56,63%	1,52264E-05	0	1,1013E-05	0	2,95048E-09	0
Tavaj 2004	83,95%	9,38545E-05	0	6,46342E-05	1,45403E-07	0	0,0337841
Tavaj 2003	81,84%	2,3854E-05	0	1,64274E-05	3,69555E-08	0	0,008586549
Tavaj 2002	78,25%	1,98859E-05	0	1,36947E-05	3,08079E-08	0	0,007158171
Tavaj 2001	87,94%	2,34373E-05	0	1,61404E-05	3,63099E-08	0	0,008436543
Tavaj 2000	59,08%	1,99048E-05	0	1,37925E-05	3,13342E-08	-2,3541E-09	0,00718618
Tavaj 1999	65,83%	1,43847E-05	0	9,93498E-06	1,79627E-08	0	0
Tavaj 1998	68,12%	1,54444E-05	0	1,08141E-05	1,47906E-08	0	0
Tavaj 1997	58,13%	1,55975E-05	0	1,09214E-05	1,49373E-08	0	0
Grupo Varig 2004	95,48%	1,10422E-07	0	7,62643E-08	1,37888E-10	0	0
Grupo Varig 2003	88,75%	1,07358E-07	0	7,41482E-08	1,34062E-10	0	0
Grupo Varig 2002	84,91%	8,9061E-08	0	6,15112E-08	1,11214E-10	0	0
Grupo Varig 2001	86,14%	8,62498E-08	0	5,95696E-08	1,07703E-10	0	0
Grupo Varig 2000	80,61%	9,25284E-08	0	6,39061E-08	1,15544E-10	0	0
Grupo Varig 1999	76,48%	9,66571E-08	0	6,67576E-08	1,20699E-10	0	0
Grupo Varig 1998	85,72%	9,23034E-08	0	6,37507E-08	1,15263E-10	0	0
Grupo Varig 1997	89,74%	1,15564E-07	0	7,98156E-08	1,44309E-10	0	0

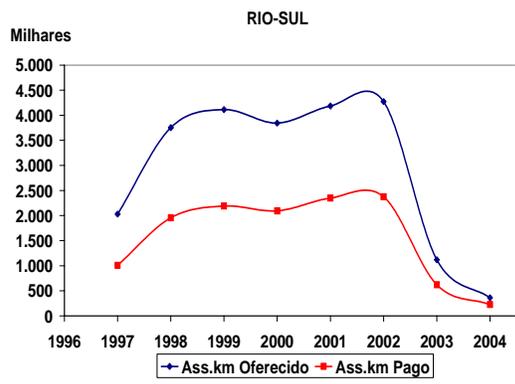
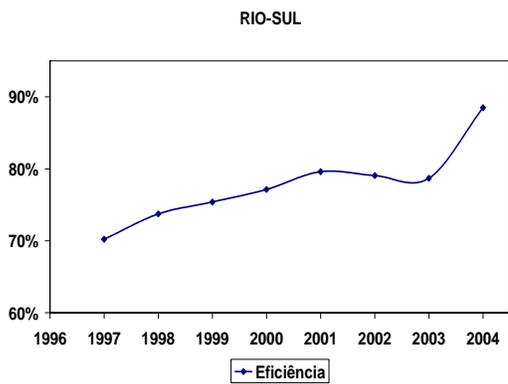
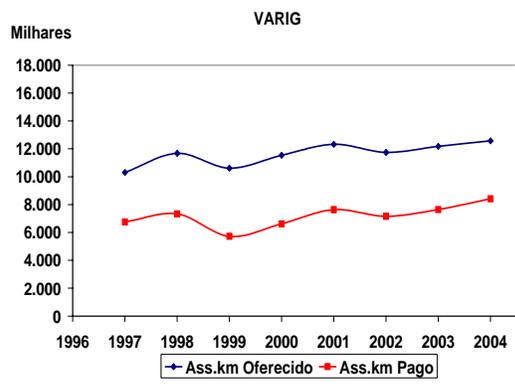
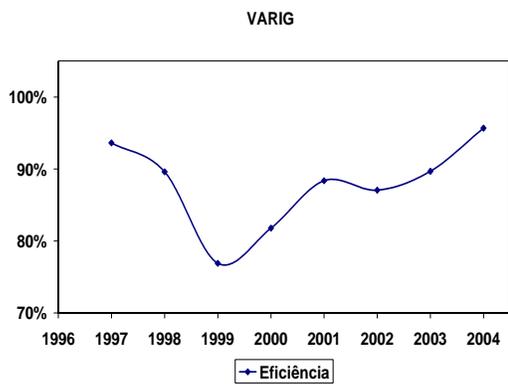
Apêndice C – Cont.

EMPRESA	EFICIÊNCIA	PESOS					
		Ass.km Pago	Load Factor	Ass.km Ofertado	km Voados	Combustivel	u0
Rio-Sul 2004	88,50%	3,91346E-06	0	2,70289E-06	4,88689E-09	0	0
Rio-Sul 2003	78,70%	1,26751E-06	0	8,75426E-07	1,58279E-09	0	0
Rio-Sul 2002	79,07%	3,32775E-07	0	2,29836E-07	4,1555E-10	0	0
Rio-Sul 2001	79,61%	3,38888E-07	0	2,34058E-07	4,23182E-10	0	0
Rio-Sul 2000	77,14%	3,68364E-07	0	2,54416E-07	4,5999E-10	0	0
Rio-Sul 1999	75,40%	3,4415E-07	0	2,37692E-07	4,29753E-10	0	0
Rio-Sul 1998	73,73%	3,76935E-07	0	2,60335E-07	4,70693E-10	0	0
Rio-Sul 1997	70,21%	6,96045E-07	0	4,80733E-07	8,69178E-10	0	0
Varig 2004	95,68%	1,13628E-07	0	7,84786E-08	1,41891E-10	0	0
Varig 2003	89,68%	1,17292E-07	0	8,10097E-08	1,46468E-10	0	0
Varig 2002	87,05%	1,21607E-07	0	8,39894E-08	1,51855E-10	0	0
Varig 2001	88,37%	1,15695E-07	0	7,99065E-08	1,44473E-10	0	0
Varig 2000	81,78%	1,23567E-07	0	8,53433E-08	1,54303E-10	0	0
Varig 1999	76,90%	1,34406E-07	0	9,28295E-08	1,67838E-10	0	0
Varig 1998	89,60%	1,22237E-07	0	8,44245E-08	1,52642E-10	0	0
Varig 1997	93,62%	1,3857E-07	0	9,57055E-08	1,73038E-10	0	0
Vasp 2004	81,48%	3,30733E-07	0	2,28426E-07	4,12999E-10	0	0
Vasp 2003	79,07%	2,57636E-07	0	1,7794E-07	3,2172E-10	0	0
Vasp 2002	77,87%	2,30112E-07	0	1,5893E-07	2,8735E-10	0	0
Vasp 2001	87,49%	2,30043E-07	0	1,58883E-07	2,87264E-10	0	0
Vasp 2000	63,36%	2,24036E-07	0	1,54734E-07	2,79763E-10	0	0
Vasp 1999	53,19%	2,05196E-07	0	1,41722E-07	2,56237E-10	0	0
Vasp 1998	78,54%	2,10844E-07	0	1,45622E-07	2,63289E-10	0	0
Vasp 1997	71,11%	2,51784E-07	0	1,73898E-07	3,14413E-10	0	0

Apêndice D – Gráficos de Eficiência e de Ass.km oferecidos / Ass.km pagos para as empresas aéreas no período de 1997 a 2004 que não foram analisadas no capítulo 3.







Apêndice E – IAC1502-0669 (Extraído parcialmente de DAC, 1999).

IAC 1502 - 0699

1 GENERALIDADES

1.1 – Os Índices de Regularidade, de Pontualidade e de Eficiência Operacional serão calculados de acordo com as normas estabelecidas nesta Instrução de Aviação Civil -IAC.

1.2 – Os Índices de Regularidade, de Pontualidade e de Eficiência Operacional serão utilizados pelo DAC como indicadores oficiais de desempenho das empresas brasileiras de transporte aéreo regular, servindo, inclusive, de base para análise comparativa da qualidade dos serviços por elas prestados.

1.3 - Os Índices de Regularidade, de Pontualidade e de Eficiência Operacional serão calculados na modalidade de índices parciais e índice global.

1.4 – Os **índices parciais** (IP_i), correspondentes a cada voo i previsto em HOTRAN, serão aferidos do 1º dia ao último dia de cada mês.

1.5 - O **índice global** (IG) será a média ponderada dos **índices parciais** (IP_i), considerando-se como peso para cada índice parcial i o **número total de vôos** (NV_i) previstos em um determinado período, dos respectivos vôos i considerados, calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$IG = \frac{\sum_{i=1}^n IP_i \times NV_i}{\sum_{i=1}^n NV_i}$$

Onde:

IG – Índice Global;

IP_i – Índice Parcial correspondente ao voo i ;

NV_i – Número total de vôos previstos, no período considerado, correspondente ao voo i ; e

n – Total de vôos i considerados para efeito do cálculo do índice global.

1.6 Os índices serão representados em percentagem (%), sem casas decimais.

2 CONCEITUAÇÕES

2.1 – Para fins da aplicação da presente IAC, entende-se por:

a) **Índice de Regularidade**: a proporção do total de etapas de voo previstas em HOTRAN que foram efetivamente realizadas.

b) **Índice de Pontualidade**: a proporção das etapas de voo que foram operadas de acordo com os horários previstos nos respectivos documentos de HOTRAN dentre o total de etapas de voo efetivamente realizadas, considerando-se os limites de tolerância estabelecidos na presente IAC.

c) **Índice de Eficiência Operacional**: corresponde à ação combinada da Regularidade e da Pontualidade, representando, de um modo geral, à probabilidade do passageiro de, ao chegar no aeroporto, ver o seu voo realizado e dentro do horário previsto.

d) **HOTRAN** – Horário de Transporte – é o documento aprovado e emitido pelo Departamento de Aviação Civil que registra os vôos comerciais regulares de transporte de passageiros e/ou carga, com os respectivos horários, frequências, equipamento aéreo e capacidade de transporte, para exploração de linhas aéreas de âmbito doméstico e internacional.

Apêndice E – Cont.

IAC 1502 - 0699

3 NORMAS PARA O CÁLCULO DO ÍNDICE DE REGULARIDADE

3.1 – O **Índice de Regularidade Parcial (IRP_i)**, para cada voo *i*, será medido pelo quociente da divisão entre o número de etapas de voo efetivamente realizadas e o número total de etapas de voo previstas em cada HOTRAN, no período de 01 (um) mês.

3.2 – O **Índice de Regularidade Global (IRG)** da empresa será obtido aplicando-se a formulação matemática estabelecida em 1.5, conforme discriminado abaixo:

$$IRG = \frac{\sum_{i=1}^n IRP_i \times NV_i}{\sum_{i=1}^n NV_i}$$

Onde:

IRG – Índice de Regularidade Global;

IRP_i – Índice de Regularidade Parcial correspondente ao voo *i*;

NV_i – Número total de voos previstos, no período de um mês, correspondente ao voo *i*; e

n – Total de voos *i* considerados para efeito do cálculo do índice global

3.3 – Para efeito de cálculo do Índice de Regularidade salvo nos casos previstos no Capítulo 5 desta IAC, a etapa de voo não será considerada como realizada nos seguintes casos:

- a) Quando cancelada pela empresa;
- b) Quando operada com qualquer alteração de escala prevista em HOTRAN.

3.4 – Para fins de aplicação do disposto no item II, do Artigo 16, da Portaria nº 687/GM5, de 15 de setembro de 1992, será calculado um Índice de Regularidade Trimestral (IRT_i) para cada voo *i*, adotando-se a mesma filosofia de cálculo do Índice Global (item 1.5 acima), conforme a seguinte formulação matemática:

$$IRT_i = \frac{\sum_j IRP_{ij} \times NV_{ij}}{\sum_j NV_{ij}}$$

Onde:

IRT_i – Índice de Regularidade Trimestral correspondente ao voo *i*;

IRP_{ij} – Índice de Regularidade Parcial correspondente ao voo *i*, no mês *j* (*j* = 1, 2 e 3); e

NV_{ij} – Número total de voos previstos para o voo *i*, no mês *j* (*j* = 1, 2 e 3).

Apêndice E – Cont.

IAC 1502 - 0699

4 NORMAS PARA O CÁLCULO DO ÍNDICE DE PONTUALIDADE

4.1 – O **Índice de Pontualidade Parcial (IPP_i)**, para cada voo *i*, será medido em função do cumprimento dos horários de voo previstos no respectivo HOTRAN, e seu indicador será igual ao quociente da divisão do número de etapas de voo realizadas pontualmente, pelo número total de etapas de voo efetivamente realizadas, no período de um mês.

4.2 – **VÔOS DOMÉSTICOS**: Nos voos domésticos (de passageiros, carga e Rede Postal Noturna), com base nos horários previstos em HOTRAN, será considerado como pontual o voo que:

- a) Na escala inicial, a partida dos motores ocorrer até 10 (dez) minutos antes ou até 15 (quinze) minutos após a hora prevista;
- b) Na(s) escala(s) intermediária(s), a parada dos motores ocorrer até 15 (quinze) minutos após a hora prevista, e a partida dos motores ocorrer até 10 (dez) minutos antes ou até 15 (quinze) minutos após a hora prevista; e
- c) Na escala final, a parada dos motores ocorrer até 15 (quinze) minutos após a hora prevista.

4.3 – **VÔOS INTERNACIONAIS**: Nos voos internacionais (de passageiros e/ou de carga), com base nos horários previstos em HOTRAN, será considerado como pontual o voo que:

- a) Na escala inicial, a partida dos motores ocorrer até 30 (trinta) minutos antes ou após a hora prevista;
- b) Em escala(s) intermediária(s), a parada dos motores ocorrer até 30 (trinta) minutos após a hora prevista, e a partida dos motores ocorrer até 30 (trinta) minutos antes ou após a hora prevista; e
- c) Na escala final, a parada dos motores ocorrer até 30 (trinta) minutos após a hora prevista

4.4 – O **Índice de Pontualidade Global (IPG)** da empresa será obtido aplicando-se a formulação matemática estabelecida em 1.5, conforme discriminado abaixo:

$$IPG = \frac{\sum_{i=1}^n IPP_i \times NV_i}{\sum_{i=1}^n NV_i}$$

Onde:

IPG – Índice de Pontualidade Global;

IPP_i – Índice de Pontualidade Parcial correspondente ao voo *i*;

NV_i – Número total de voos efetivamente realizados, no período de um mês, correspondente ao voo *i*; e

n – Total de voos *i* considerados para efeito do cálculo do índice global.

Apêndice E – Cont.

IAC 1502 - 0699

5 NORMAS PARA O CÁLCULO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL

5.1 – O Índice de Eficiência Operacional Parcial (IEOP_i), para cada voo *i* será obtido a partir do produto do Índice de Regularidade Parcial (IRP_i) pelo Índice de Pontualidade Parcial (IPP_i), do respectivo voo *i*, dividido por cem.

5.2 – O Índice de Eficiência Operacional Global (IEOG), para cada empresa, será obtido a partir do produto do Índice de Regularidade Global (IRG) pelo Índice de Pontualidade Global (IPG), considerado-se todos os voos previstos em HOTRAN, dividido por cem.

6 JUSTIFICATIVAS

6.1. - A empresa não será penalizada em seus Índices de Regularidade, de Pontualidade e de Eficiência Operacional quando o(s) voo(s) deixar(em) de ser realizado(s), de acordo com o HOTRAN vigente, seja cancelamento ou atraso, se o aeroporto de origem e/ou destino, ou de qualquer escala intermediária, estiver interditado ou em condições meteorológicas abaixo dos mínimos operacionais requeridos.

6.2 - Caso a previsão de interdição do aeródromo de origem, destino e/ou escala intermediária superar a trinta (30) dias, a empresa deverá solicitar ao DAC alteração temporária do respectivo HOTRAN, pelo período previsto da interdição, de modo a não ser penalizada no cômputo da regularidade, pontualidade e eficiência operacional.

6.3 – No caso de voos previstos para serem realizados em regime de código compartilhado (“code sharing”), somente serão considerados para efeito do cálculo dos índices de regularidade, de pontualidade e de eficiência operacional, e respectiva justificativa, aqueles que estiverem sob a responsabilidade da empresa operadora. A empresa **não operadora** deverá se utilizar do correspondente Código de Justificativa, tornando o(s) voo(s) em tela completamente sem efeito para qualquer cômputo de índices parciais e/ou globais.

6.4 – Os voos componentes da **Rede Postal Noturna - RPN**, por apresentarem características distintas, terão tratamento especial, sendo os respectivos índices de regularidade e pontualidade, tanto parciais quanto globais, calculados separadamente do restante da malha regular da empresa.

7 DISPOSIÇÕES FINAIS

7.1 – Os Índices de Regularidade, de Pontualidade e de Eficiência Operacional serão divulgados, todo mês, ostensivamente, via INTERNET, e distribuídos a todas as empresas brasileiras de transporte aéreo regular, através das reuniões da Comissão de Linhas Aéreas – CLA.

7.2 – O DAC realizará um monitoramento constante das informações fornecidas pelas empresas aéreas, através do Boletim de Alteração de Voo – BAV, inclusive no caso dos voos com início, escala e/ou término em território estrangeiro, considerando os dados do tráfego de aeronaves disponíveis no âmbito da DEPV e da INFRAERO, ou qualquer outra fonte ou meio que julgar pertinente, visando garantir a consistência e a confiabilidade dos índices calculados.

7.3 – Os casos omissos serão resolvidos pelo Diretor-Geral do Departamento de Aviação Civil.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 20 de novembro de 2006	3. DOCUMENTO Nº CTA/ITA-IEI/TC-007/2006	4. Nº DE PÁGINAS 73
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Utilização de análise envoltória de dados na avaliação operacional de empresas de transporte aéreo.			
6. AUTOR(ES): Leonardo Leite Pereira			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica – ITA/IEI			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: 1. DEA; 2. Eficiência; 3. Empresas aéreas; 4. Avaliação de desempenho.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Análise envoltória de dados; Avaliação de desempenho; Empresas; Transporte aéreo; Pesquisa operacional; Matemática; Administração de transportes.			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional Trabalho de Graduação, ITA, São José dos Campos, 2006. 73 páginas.			
11. RESUMO: Este trabalho de graduação tem por finalidade avaliar a eficiência operacional das principais empresas de transporte aéreo no Brasil, no período entre 1997 e 2004. Para realizar essa avaliação, será utilizada a Análise Envoltória de Dados, uma ferramenta da matemática não-paramétrica que está sendo amplamente usada em casos de análise de eficiência. DEA, como também é conhecida essa ferramenta, calcula índices de eficiência comparativos entre unidades tomadoras de decisão (DMU's) que realizam tarefas similares, usando recursos (<i>inputs</i>) para gerar produtos (<i>outputs</i>). O cálculo dessa eficiência está relacionado ao quanto melhor as DMU's utilizam seus recursos disponíveis para gerar seus produtos. Cada empresa aérea será considerada uma DMU distinta para cada ano de análise, possibilitando assim a avaliação temporal da eficiência. O modelo escolhido de DEA para a análise leva em consideração que os retornos de escala entre as empresas são diferentes: é possível comparar grandes empresas com pequenas empresas sem prejudicar a análise por conta das diferentes escalas.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			