

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

Monografia de final de curso (graduação em Economia)

**Concorrência no Transporte Aéreo: desenvolvendo um modelo de eficiência
para as empresas do setor**

Leonardo Pina Mendonça

Matrícula 0211438

Prof. Marina Figueira de Mello

Professor Orientador

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

Leonardo Pina Mendonça

Rio de Janeiro
Novembro / 2007

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.

SUMÁRIO

1. Introdução	6
2. Medindo a Eficiência de uma Empresa.....	8
3. Características da Aviação Comercial no Brasil	12
4. O Modelo DEA	16
5. Análise da Eficiência das Empresas de Aviação Brasileiras.....	27
6. Conclusão.....	36
Referências Bibliográficas	37
Anexo: Tabelas Adicionais.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Disponibilidade de Dados das Empresas Aéreas	28
Tabela 2 – Peso dos Principais Insumos	29
Tabela 3 – Empresas e Produtos - 2005	30
Tabela 4 – Empresas e Insumos - 2005	30
Tabela 5 – Índices de ET e ES	31
Tabela 6 – Índices de Malmquist 2001-2002	33
Tabela 7 – Índices de Malmquist 2002-2003	34
Tabela 8 – Índices de Malmquist 2003-2004	34
Tabela 9 – Índices de Malmquist 2004-2005	34

LISTA DE GRÁFICOS

Figura 1 – Eficiências Técnica e Alocativa	14
Figura 2 – Isoquanta	17
Figura 3 – Medidas de Eficiência Técnica Insumo e Produto-Orientadas e Retornos de Escala	18
Figura 4 – Eficiências Técnica e Alocativa Produto-Orientadas	20
Figura 5 – Calculando Escalas de Eficiência no DEA	23

1 – Introdução

Recentes distúrbios na operação dos serviços de transporte aéreo no Brasil possibilitaram um movimento de reavaliação do processo de desregulamentação que o setor vem sofrendo ao longo das três últimas décadas. Dois acidentes sem precedentes na história da aviação nacional em um curto período de tempo, menos de 10 meses, somados a uma queda de qualidade no serviço oferecido, representado pelo aumento de taxas de atraso e cancelamento de vôos, constituem fatos que indicam a existência de problemas de gestão no setor.

Este trabalho tem como objetivo adaptar um modelo de medida de eficiência, a Análise Envoltória de Dados, ou *DEA – Data Envelopment Analysis*, que frequentemente é aplicado na regulação de setores de infra-estrutura, em um setor que no Brasil foi caracterizado por forte regulação até a década de 1990: o de transporte aéreo. Desde esse período até recentemente houve grande mudança na organização das empresas e, gradativamente, o forte poder decisório desempenhado pelo Estado brasileiro foi substituído por uma maior concorrência entre as empresas, que ainda assim são reguladas pela ANAC, a Agência Nacional de Aviação Civil.

Primeiramente é discutida a importância de se medir a eficiência de uma empresa que opera em mercados caracterizados pela baixa concorrência como é comum em setores de infra-estrutura. A seção 2 trata desse tema apresentando a figura da agência reguladora, órgão politicamente independente e que a partir do monitoramento do desempenho econômico das empresas tem a função de organizar o setor. Discute as dificuldades encontradas no desenvolvimento de formas de regulação que buscam ser compatíveis com os incentivos e apresenta formas de encarar esse problema.

Na seção 3 é discutido o recente processo de liberalização econômica, a política de flexibilização, iniciado nos primeiros anos da década de 1990 através de um conjunto de portarias emitidas pelo DAC – Departamento de Aviação Civil – seguindo a linha de desregulamentação da economia proposto pelo governo nesse período. Dividimos a evolução das políticas regulatórias do setor em seis diferentes estágios ao longo dos últimos 30 anos: Regulação com política industrial (1973-1986), Regulação com política de estabilização ativa (1986-1992), Liberalização com política de estabilização inativa (1992-1997), Liberalização com

restrição de política de estabilização (1998-2001), Quase-desregulamentação (2001-2002) e Re-regulação (2003-).

Na seção 4 é desenvolvido um modelo de medida de eficiência para o caso das empresas de aviação nacional. Estimaremos uma fronteira de possibilidade de produção – uma função $f(x) = y$ que descreve a quantidade máxima de produto que uma firma pode produzir dado um conjunto de insumos – a partir de uma amostra de dados de algumas empresas selecionadas, e mediremos a eficiência através da distância entre cada observação de uma firma e essa fronteira ótima. Primeiramente será feito uma descrição de um modelo específico de medida de eficiência, o DEA (*Data Envelopment Analysis*).

Por fim na seção 5 trataremos da aplicação do modelo DEA sobre uma base de dados de empresas de aviação brasileiras. Utilizaremos o programa gratuito DEAP Version 2.1, que aplica a análise envoltória de dados, estimando uma fronteira de possibilidade de produção e calculando os diversos tipos de eficiência, dadas às hipóteses de retornos constantes e/ou variáveis de escala.

2 – Medindo a Eficiência de uma Empresa

Até recentemente, serviços de infra-estrutura em todo o mundo – energia, saneamento, telecomunicações, transporte, portos – eram providos por empresa públicas que apresentavam como característica básica o fato de serem auto-reguladas, com exceção dos Estados Unidos, onde há algum tempo empresas desse tipo ou já tinham sido privatizadas, ou mesmo eram privadas de origem. As ondas de privatização dos anos 1990, que se espalharam tanto entre os países em desenvolvimento quanto nos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, a OCDE (a Inglaterra é o caso mais notável), acabaram por mudar a estrutura institucional desses setores assim como a agenda política dos países envolvidos. A regra passou a ser a criação de um ambiente de competição em setores caracterizados pela inexistência do mesmo, com forte incentivo à busca de ganhos de eficiência.

Nesse cenário surge a figura da agência reguladora, por definição politicamente independente¹ e que a partir do monitoramento do desempenho econômico das empresas tem, em termos gerais, a função de organizar o setor. As evidências das últimas décadas sugerem que ambos, países industrializados e em desenvolvimento, vem encontrando dificuldades na capacidade de monitoramento das agências devido à existência de assimetria de informação entre regulados e regulador. Esse fato constitui uma das principais críticas a esse modelo e fonte de conflito entre operadores e usuários de um determinado serviço já que nesse contexto a agência deixa de garantir que ganhos de eficiência derivados da competição sejam divididos entre esses dois grupos de forma justa. Isso explica o crescente interesse entre usuários dos serviços, empresas reguladas e agência reguladora em medir a quantidade desses ganhos.

No trabalho “A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators” os autores Coelli, Estache, Perelman e Trujillo, resumem muito bem o sentido da busca da eficiência por reguladores:

“Efficiency is at the core of many of the standard responsibilities assigned to regulators. The most common instance in which a government agency should be

¹ Um exemplo dessa característica é o fato do período do mandato do presidente e seus diretores em uma agência reguladora não coincidir com o mandato do presidente da república.

interested in measuring efficiency is when implementing some type of incentive-based regulation in a specific infrastructure sector. These types of regulatory regimes, such as price cap regulation, aim at promoting efficiency among operators. Regulators may also be interested in implementing comparative efficiency evaluations to promote yardstick competition. Indeed, in most cases regulators have multiple objectives, many of which have something to do with various aspects of efficiency.”

Na passagem seguinte é demonstrado como o interesse pela eficiência é real e difundido entre reguladores considerando o caso de um regulador do transporte terrestre na Argentina² como exemplo de muitas outras agências reguladoras criadas com a finalidade de monitorar empresas recentemente privatizadas, ou setores que sofreram desregulamentação, em países em desenvolvimento. O decreto que criou essa agência argentina especifica de forma clara que a promoção da eficiência é uma de suas principais responsabilidades, incluindo as seguintes garantias:

- O regulador deve checar se os operadores estão minimizando os custos dos serviços oferecidos enquanto cumprem todas as obrigações contratuais. Em termos técnicos, o regulador deve avaliar a eficiência de custo do operador (*operator's cost efficiency*).
- Caso o setor seja caracterizado pela baixa ou falta de competitividade o regulador deve checar se os usuários estão pagando caro pelo serviço oferecido, se os níveis de subsídio estão corretos, ou seja, se os preços refletem seus custos. Em outras palavras, o regulador deve monitorar a eficiência alocativa dos produtos (*output mix allocative efficiency*).
- O setor cresce apropriadamente, isto é, os operadores tomam as decisões corretas ao investir e gerenciar o negócio, garantindo que a demanda futura seja atendida e seja afastado o risco de racionamento, o que em termos técnicos é conhecido como eficiência dinâmica (*dynamic efficiency*).

Implicitamente, o decreto determina que para qualquer período as taxas de performance determinadas pelo regulador ofereçam uma visão equilibrada das diferentes fontes de eficiência,

² Decreto do Governo da Argentina número 660 de 24 de Junho de 1996, especialmente anexo 1 (ver Campos-Mendez, Estache, and Trujillo 2001)

o que é razoável no contexto de agências reguladoras, mas parte do princípio que é possível medi-las, o que é um desafio para novas agências. Elas devem monitorar os progressos na performance dos novos operadores para avaliar se a melhora esperada com a troca da gestão pública pela privada é de fato real, e determinar em que medida esses ganhos são divididos com os usuários de forma justa e transparente.

Alguns setores, como o de transportes e de serviços de utilidade pública, por exemplo, possuem, desde sua origem, características de monopólio natural. A teoria econômica indica que sem intervenção, monopólios possuem a capacidade de exercer seu poder de mercado ao escolher preços acima do custo, auferindo lucros acima dos esperados em um ambiente de competição. A resposta a esse problema potencial geralmente envolve uma das duas opções: (a) administração pública, (b) propriedade privada combinada com uma regulação que permita a empresa escolher preços que irão cobrir seus custos mais uma taxa de retorno do capital.

Contudo essas duas opções também apresentam problemas. Em especial, ambas sofrem de uma perda de incentivo à eficiência, o que pode resultar em custos acima daqueles que existiriam em um ambiente competitivo. A consequência desse fato é o recente desenvolvimento de formas de regulação que buscam ser compatíveis com os incentivos.

Uma regulação de incentivos (*incentive regulation*) pode assumir várias formas, mas a mais comum envolve a aplicação de limites de preço³ (*price cap regulation*), onde é especificado o limite máximo de reajuste do preço de um bem regulado após ser descontada a inflação de um determinado período (geralmente quatro ou cinco anos). Na prática a magnitude desses reajustes é escolhida pelo regulador através da subtração da variação no índice de preços ao consumidor por um índice de produtividade (X), consequentemente denominado regulação IPC-X. O valor do X é escolhido pelo regulador baseado nos objetivos de crescimento da produtividade das empresas reguladas e constitui uma variável fundamental do modelo, uma vez que muito baixo a empresa obterá lucros excessivos com reajustes significativamente acima dos custos, e muito alto a firma irá se encontrar em uma situação financeira problemática, já que as tarifas não irão cobrir seus custos reais.

A escolha do índice de produtividade X geralmente é feita com base em estudos do crescimento da produtividade total dos fatores (PTF) nos anos anteriores do setor escolhido, além

³ O desenho de uma política de limite nos reajustes de preço é mais complexa que o resumo apresentado nessa seção. Para maiores informações ver Bernstein e Sappington (1999).

de uma análise do nível de eficiência da firma no exato momento das discussões sobre a revisão de tarifa. O objetivo é de que as empresas possam ganhar uma taxa justa de retorno de capital caso elas consigam atingir níveis de custo eficientes que são definidos pelo regulador. Há ainda a hipótese de que se a taxa de crescimento dos custos for inferior da taxa de crescimento do preço da tarifa acordada pela regulação IPC-X, essas empresas irão obter uma maior taxa de retorno de capital ao se apropriar dessa diferença, fato que ressalta o caráter incentivador desse método.

Contudo, usuários desse tipo de regulação alertam para algumas consequências negativas da determinação do índice de produtividade X derivado apenas da medida de performance recente do setor em que se encontra a empresa. Caso o regulador escolha um índice X de 3% ao ano para uma firma A, que atingiu um crescimento anual de 3% da produtividade total dos fatores nos últimos anos, ocorrerá que para essa firma não haverá incentivo a melhorar sua performance pois saberá previamente que esse fato a levará a um índice X maior no próximo período. Portanto, é recomendável que o regulador use dados externos de performance de firmas do mesmo setor ou lançar mão de comparações internacionais, como forma de escolher um índice X mais apropriado.

Em resumo o deve-se ir em busca de duas informações básicas: (a) qual foi a taxa de crescimento média do setor nos últimos anos? (b) em que medida a empresa está sendo eficiente em sua operação? Sem essas informações fica difícil para um regulador escolher corretamente um índice X, aumentando a probabilidade de que se escolha um valor alto, que pode provocar a falência da empresa, ou um valor baixo, prejudicial à sociedade, como discutido anteriormente.

3 – Características da Aviação Comercial no Brasil

Toda a discussão de medida de eficiência apresentada na seção anterior considerou o caso de empresas em um ambiente de baixa ou nenhuma competição, onde agências reguladoras atuam de forma decisiva na organização dos mercados. Pela configuração do transporte aéreo no Brasil no período considerado nesse trabalho⁴, baixa ou nenhuma competição seriam hipóteses muito fortes ainda que a operação do sistema se concentrasse em grandes empresas como a Varig e a Tam, além do surgimento de uma nova força, a Gol. Nesse contexto cabe uma discussão dos impactos da política de flexibilização da aviação comercial brasileira, promovida pelas autoridades regulatórias no decorrer das últimas décadas, como forma de aproximar as empresas desse setor ao modelo de análise de eficiência apresentado anteriormente.

Uma das mais relevantes características do setor de transporte aéreo no Brasil foi o recente processo de liberalização econômica, a política de flexibilização, iniciado nos primeiros anos da década de 1990 através de um conjunto de portarias emitidas pelo DAC – Departamento de Aviação Civil – seguindo a linha de desregulamentação da economia proposto pelo governo nesse período. Em linhas gerais podemos dividir a evolução das políticas regulatórias do setor em seis diferentes estágios ao longo dos últimos 30 anos⁵:

- 1 – Regulação com política industrial (1973-1986)
- 2 – Regulação com política de estabilização ativa (1986-1992)
- 3 – Liberalização com política de estabilização inativa (1992-1997)
- 4 – Liberalização com restrição de política de estabilização (1998-2001)
- 5 – Quase-desregulamentação (2001-2002)
- 6 – Re-regulação (2003-)

⁴ Entre 2001 e 2005.

⁵ Essa classificação foi criada por Débora Lovadini e Alessandro Oliveira em “Marcos regulatórios no Brasil: o que foi feito e o que falta fazer/Lucia Helena Salgado e Ronaldo Seroa da Motta, editores. — Rio de Janeiro: Ipea, 2005, Cap. 7 - A desregulamentação da aviação civil no Brasil”. A base de comparação dos estágios históricos foi a presença ou ausência das seguintes características: (a) política econômica setorial, (b) controle de tarifas, (c) controle de entrada, (d) controle de competição, (e) controle da capacidade e da infra-estrutura.

O período mais representativo da era regulatória do setor foi o de 1973 a 1986, denominado período de Regulação com Política Industrial, no qual as autoridades objetivaram implementar tanto instrumentos de regulação propriamente ditos, como mecanismos de política desenvolvimentista. Variáveis como preços e frequências de vôo eram ditadas pelas autoridades, e através do Sitar – Sistema Integrado de Transporte Aéreo Regional – foi estabelecido nesse período a estrutura de quatro companhias de âmbito nacional (linhas-tronco) e cinco companhias de âmbito regional⁶. Dividiu-se o país em cinco grandes áreas, monopólios especialmente desenhados para a operação das companhias aéreas regionais não sendo permitida a entrada de novas companhias. Essas operavam em regime de competição controlada⁷ já que não havia incentivo entre nacionais, que deveriam atuar apenas em ligações “tronco”, e regionais, que atuavam em ligações “alimentadoras” (feeder) regionais. Esse período representou a primeira e única tentativa do governo de estruturar, planejar e fomentar o desenvolvimento do setor, bem como estabelecer políticas para a aviação regional.

Nos anos 1980 o Estado brasileiro já tinha abandonado a utopia do planejamento do desenvolvimento industrial. Os crescentes problemas de ordem macroeconômica, principalmente a escalada da inflação, passaram a ser mais relevantes e as políticas de estabilização começaram a influir cada vez mais nas questões setoriais. Duas tiveram impacto profundo no transporte aéreo: a política de desvalorização real da taxa de câmbio, que promoveu uma forte pressão nos custos de alguns insumos das companhias; e as interferências na precificação setorial de atividades orientadas para o mercado interno (setores com preços controlados), que afetavam as receitas. Esse período é denominado Regulação com Política de Estabilização Ativa.

A política de flexibilização do setor começou efetivamente a partir de 1992, dentro do chamado “Programa Federal de Desregulamentação” do Governo Collor. Semelhante aos pacotes de liberalização promovidos pela União Européia, a desregulamentação ocorreria em três etapas, em 1992, 1998 e 2001, com ênfase na graduação das políticas, de forma a se evitar potenciais efeitos danosos de curto prazo, sobretudo em termos de um forte acirramento da competição no mercado como visto na desregulamentação americana no final dos anos 1970.

⁶ As companhias regionais eram Tam, Taba, Votec, Rio-Sul e Votec; enquanto que as nacionais eram Varig, Vasp, Cruzeiro e Transbrasil.

⁷ Implantado desde a década de 1960, com um conjunto de encontros, denominados Conferências Nacionais de Aviação Comercial (Conac), e fortalecidos a partir do Decreto 72.898, de 9 de outubro de 1973, e posteriormente, com a instituição do Sitar.

Na primeira etapa, denominada Liberalização com Política de Restrição Inativa, foi determinado o fim dos monopólios regionais, que já se apresentavam distorcidos pela crescente competição entre companhias regionais, em busca de maior escala de operação, e as nacionais. Com o fim desse regime de “quatro companhias nacionais e cinco companhias regionais” passaram a ser estimulado a entrada de novas companhias, o que de fato ocorreu com o aparecimento de empresas pequenas como a Pantanal, Tavaj, Meta e Rico. A exceção com relação ao monopólio das regionais ficou por conta das “Linhas Aéreas Especiais” que eram pares de aeroportos que ligavam as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília⁸.

Outra importante medida adotada foi a introdução de preços de referência com novas bandas tarifárias⁹, que agora variavam de -50% a 32% do valor principal, e representavam uma inovação se comparadas ao rígido controle das tarifas do período de forte regulação. A competição em preços entre as operadoras era agora vista como saudável para a indústria e passou a ser encorajada e nesse sentido a política de bandas tarifárias era encarada como instrumento temporário de intensificação da competição. Observou-se também a não necessidade da interferência das autoridades macroeconômicas no mercado, pois os preços e a taxa de câmbio encontravam-se estáveis, principalmente após o Plano Real em 1994, fato que levou a classificação desse período como de política de controle de estabilização inativa.

A segunda etapa do processo de flexibilização, de Liberalização com Restrição de Política de Estabilização, foi marcada pela decisão das autoridades de aviação de remover dois importantes mecanismos de controle de competição, as bandas tarifárias e o monopólio das regionais operarem as Linhas Aéreas Especiais, com o objetivo de dar maior liberdade às companhias aéreas. No curto prazo essa medidas surtiram efeito, isto é, mesmo em 1998, ano de adoção dessas políticas, observaram-se fenômenos como “guerra de preços” e “corridas por frequência”, uma movimentação competitiva como não se via desde a década de 1960. Mas num segundo momento, após a mudança do regime de câmbio em janeiro de 1999 seguido da imediata desvalorização do real frente ao dólar, as pressões nos custos operacionais das companhias tiveram peso maior, provocando um realinhamento dos preços em face do choque. A

⁸ A única exceção ao monopólio das companhias aéreas regionais nas “Linhas Aéreas Especiais” era a ponte aérea Rio de Janeiro - São Paulo, ligação tradicionalmente operada pelo pool de empresas nacionais.

⁹ A política de bandas tarifárias já estava vigente desde 1989, mas o intervalo era de -25% e 10% da tarifa de referência.

resposta do governo para esse cenário de aumento de preço, que afetava toda a economia, foi a reedição do controle de reajustes, determinando que mudanças só ocorressem após aprovação do Departamento de Aviação Civil – DAC – e do Ministério da Fazenda.

Em 2001, um acordo entre esses dois órgãos governamentais permitiu que a maioria dos mecanismos de regulação econômica que ainda persistiam no setor fosse extinta. Foi posta em prática uma total liberalização dos preços e flexibilizou-se os processos de entrada de novas firmas e de pedidos de novas linhas aéreas, frequências de vôo e aviões, em um processo que culminou com a entrada da Gol, em janeiro de 2001. Chamamos esse período de Quase-Desregulação.

Finalmente, em 2003, com o novo governo federal, e seguindo novas orientações de política setorial, o regulador voltou a implementar alguns procedimentos de interferência econômica no mercado, objetivando controlar o que foi chamado de “excesso de capacidade” e o acirramento da “competição ruinosa”. Chamaremos esse período de “Re-regulação”, uma fase onde pedidos de importação de novas aeronaves, novas linhas e mesmo de entrada de novas companhias aéreas voltaram a exigir estudos de viabilidade econômica prévia, como observado no período regulatório típico, com a diferença de que não houve neste caso interferência na precificação das companhias aéreas, ou seja, não houve re-regulação tarifária.

4 – O modelo DEA

Após a apresentação e discussão dos impactos da política de flexibilização promovida pela autoridade regulatória no setor de transporte aéreo no Brasil, será desenvolvido nessa seção um modelo de medida de eficiência para o caso das empresas de aviação nacional. Estimaremos uma fronteira de possibilidade de produção – uma função $f(x) = y$ que descreve a quantidade máxima de produto que uma firma pode produzir dado um conjunto de insumos – a partir de uma amostra de dados de algumas empresas selecionadas, e mediremos a eficiência através da distância entre cada observação de uma firma e essa fronteira ótima. Primeiramente será feito uma descrição de um modelo específico de medida de eficiência, o DEA (*Data Envelopment Analysis*), deixando para a próxima seção a análise das empresas brasileiras de aviação.

O conceito moderno de eficiência começou com Farrell (1957), que influenciado por trabalhos de Debreu (1951) e Koopmans (1951), definiu uma medida simples de eficiência para o caso de múltiplos insumos. Em sua proposição, a eficiência de uma firma era composta por dois fatores: eficiência técnica, que refletia a habilidade da firma obter o máximo de produto dado um conjunto de insumos; e a eficiência alocativa, que refletia a capacidade da firma de utilizar seus insumos em uma proporção ótima dados seus respectivos preços. Essas duas medidas eram então combinadas e resultavam na medida da eficiência econômica total.

Medidas Insumo-Orientadas

Farrel ilustrou suas idéias usando um exemplo simples envolvendo firmas que usavam dois tipos de insumos (x_1 e x_2) para produzir um produto (y), sob a hipótese de retornos constantes de escala (RCE). O conhecimento da isoquanta da firma totalmente eficiente¹⁰, representado pela curva SS' na figura 1, permite a medir a eficiência técnica. Se uma dada firma utilizar as quantidades de insumos definidos pelo ponto P para produzir um produto, a ineficiência técnica dessa firma será representada pela distância QP, que é a quantidade pela qual os dois insumos

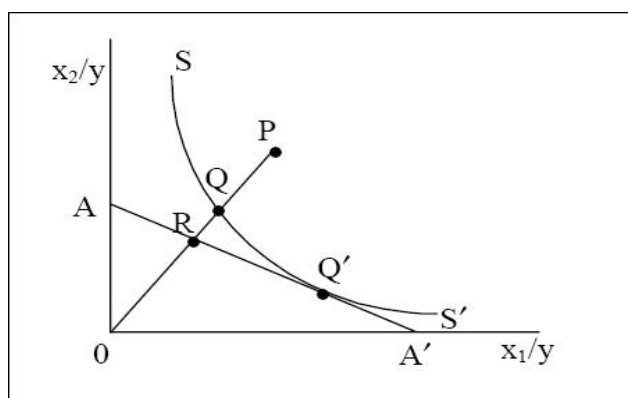
¹⁰ A função de produção da firma totalmente eficiente não é conhecida na prática, e deve ser estimada a partir da observação de uma amostra de dados de firmas de um determinado setor. Usaremos o modelo DEA para estimar essa fronteira.

podem ser proporcionalmente reduzidos sem que seja alterada a quantidade de produto. A eficiência técnica (ET) de uma firma é medida pela razão,

$$ET = OQ/OP \quad (1)$$

que é igual a um menos QP/OP . Isso resultará em um valor entre zero e um, e conseqüentemente promoverá um indicador do grau de ineficiência técnica da firma.¹¹

Figura 1
Eficiências Técnica e Alocativa



Caso seja conhecida a razão de preços dos insumos, representada pela reta AA' na figura 1, poderemos também calcular a eficiência alocativa (EA). Esta é definida pela razão,

$$EA = OR/OQ, \quad (2)$$

desde que a distância RQ represente a redução nos custos de produção caso a produção ocorresse no ponto alocativamente e tecnicamente eficiente Q' , ao invés do ponto tecnicamente, mas não alocativamente, eficiente Q .

A eficiência econômica total (EE) é definida pela razão,

$$EE = OR/OP, \quad (3)$$

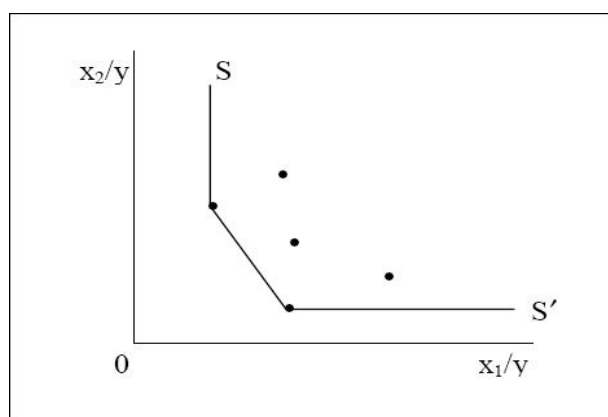
¹¹ O valor de 1 indicará a firma totalmente eficiente como, por exemplo, o ponto Q que se encontra sob a isoquanta.

onde a distância RP pode ser interpretada em termos de uma redução de custos. Nesse sentido, observamos que o produto da eficiência técnica pela eficiência alocativa resulta na eficiência econômica,

$$ET \times EA = (OQ/OP) \times (OR/OQ) = (OR/OP) = EE, \quad (4)$$

onde todas essas medidas apresentam valores entre zero e um.

Figura 2
Isoquanta



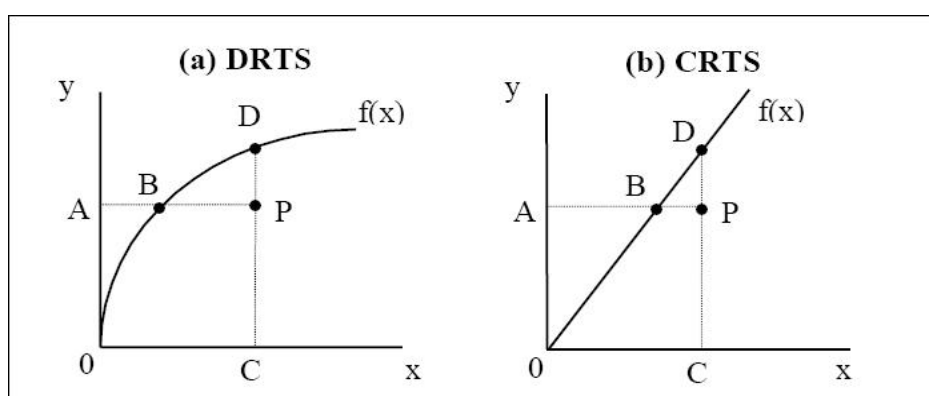
Essas medidas de eficiência se baseiam no conhecimento da função de produção da firma totalmente eficiente. Como dito anteriormente, na prática, isso não ocorre o que cria a necessidade de se estimar a função a partir de uma amostra de dados. Farrell sugeriu o uso de (a) uma isoquanta não-parametrizada, onde nenhuma observação pode ser encontrada a esquerda e abaixo da curva de referência (figura 2), e (b) uma função parametrizada ajustada aos dados, como a Cobb-Douglas, onde também nenhuma observação pode ser encontrada a esquerda e abaixo da curva de referência.

Medidas Produto-Orientadas

As medidas de eficiência técnica insumo-orientadas acima tratam da seguinte questão: em que proporção os insumos podem ser reduzidos sem que se altere a quantidade de bens ou

serviços produzida? Poderíamos fazer também o mesmo tipo de pergunta a partir da ótica do produto: Em que medida podemos expandir a produção dada uma quantidade fixa de insumos? Caracterizamos assim uma medida produto-orientada, em oposição a insumo-orientada. A diferença entre produto e insumo-orientada pode ser ilustrada com um exemplo simples envolvendo um insumo e um produto, representados na figura 3(a)¹², onde uma firma ineficiente opera no ponto P. Segundo Farrell, a medida de ET insumo-orientada seria igual a AB/AP , enquanto a produto-orientada seria CP/CD . Medidas produto e insumo-orientadas apresentam valores equivalentes somente num cenário de retornos constantes de escala, enquanto que sob a hipótese de retornos crescentes ou decrescentes de escala, apresentam valores distintos. Na figura 3(b) é representado o caso de retornos constantes de escala, onde observamos que $AB/AP = CP/CD$ para qualquer ponto ineficiente P escolhido.

Figura 3
Medidas de Eficiência Técnica Insumo e Produto-Orientadas e
Retornos de Escala



Podemos considerar o caso de medidas produto-orientadas envolvendo dois produtos (y_1 e y_2) e um insumo (x). Se mais uma vez assumirmos retornos constantes de escala, podemos desenhar a curva de possibilidade de produção em duas dimensões, como representado pela curva ZZ' na figura 4, e o ponto A correspondente a uma firma ineficiente¹³. A medida de eficiência técnica produto-orientada é a razão,

¹² Em inglês nas figuras (a) e (b): DRTS – Decreasing Returns to Scale e CRTS – Constant Returns to Scale.

¹³ Nesse caso o ponto A se encontra abaixo da curva de possibilidade de produção porque ZZ' representa o máximo de produção, dadas a quantidade de insumo x .

$$ET = OA/OB, \quad (5)$$

enquanto a distância AB é a ineficiência técnica, isto é, o total de crescimento dos produtos que poderia ocorrer dada a quantidade inicial de insumo.

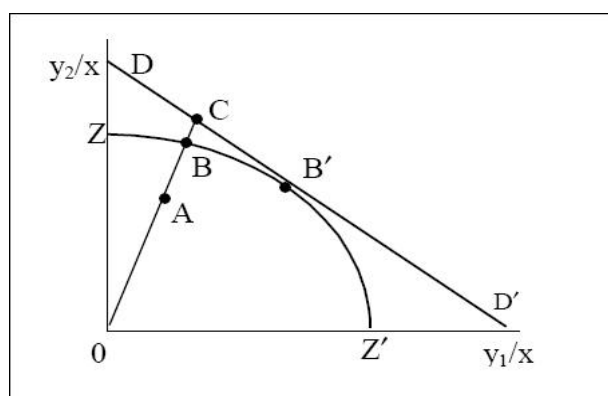
Se tivermos informação sobre o preço podemos traçar uma isolucro DD' , definindo a medida de eficiência alocativa como a razão,

$$EA = OB/OC, \quad (6)$$

e também a eficiência econômica total, como o produto dessas duas medidas¹⁴,

$$EE = (OA/OC) = (OA/OB) \times (OB/OC) = ET \times EA. \quad (7)$$

Figura 4
Eficiências Técnica e Alocativa
Produto-Orientadas



O Modelo de Retornos Constantes de Escala (RCE)

Suponha que temos dados de K insumos e M produtos para cada uma das N firmas, ou unidades de decisão de produção (UDP). Para a i -ésima firma, estes são representados pelos vetores x_i e y_i , respectivamente. Definimos também X como matriz insumo $K \times N$ e Y como a

¹⁴ Todas essas medidas apresentam valores entre zero e um.

matriz produto $M \times N$. O objetivo da Análise Envoltória de Dados, ou *Data Envelopment Analysis (DEA)*, é construir uma fronteira não-parametrizada a partir dos dados disponíveis, de forma que nenhum ponto se encontre acima¹⁵ ou abaixo¹⁶ da fronteira. Dadas as hipóteses de (a) retornos constantes de escala e (b) dois insumos (x_1 e x_2) e um produto (y), podemos representá-la pela isoquanta na figura 2.

A melhor forma de se aplicar a DEA é através da forma de razão: para cada UDP busca-se obter uma medida da razão produto sobre insumo, $u'y_i/v'x_i$, onde u é um vetor $M \times 1$ de pesos de produtos e v é um vetor $K \times 1$ de pesos de insumos. A escolha dos pesos ótimos implica na resolução do seguinte problema de maximização,

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} (u'y_i/v'x_i), \\ & \text{sa } u'y_j/v'x_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, N \\ & u, v \geq 0, \end{aligned} \quad (8)$$

ou seja, devemos encontrar valores para u e v de forma que a medida de eficiência da i -ésima UDP seja maximizada, sujeito a restrição de que todas as medidas de eficiência das N UDP's sejam menor ou igual a um. Um problema que advém dessa formulação é o número infinito de soluções – (u^*, v^*) é uma solução, $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ é outra solução, etc. Para que seja evitado, impomos a restrição $v'x_i = 1$,

$$\begin{aligned} & \max_{\mu,v} (\mu'y_i) \\ & \text{sa } v'x_i = 1 \\ & \mu'y_j - v'x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, N \\ & \mu, v \geq 0, \end{aligned} \quad (9)$$

onde a troca de notação u, v por μ, v reflete essa transformação. Esta é conhecida como a forma multiplicadora do problema de programação linear.

Poderíamos aplicar o DEA usando também a forma envoltória, soluconando o seguinte problema de minimização,

¹⁵ No caso de uma medida produto-orientada.

¹⁶ No caso de uma medida insumo-orientada.

$$\begin{aligned}
& \min_{\theta, \lambda} \theta \\
& \text{sa } -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
& \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
& \quad \lambda \geq 0, \qquad (10)
\end{aligned}$$

onde θ é um escalar e λ um vetor $N \times 1$ de constantes. A forma envoltória envolve um número menor de restrições, o que justifica sua preferência em relação a forma multiplicadora. O valor θ obtido será a medida de eficiência da i -ésima firma, respeitando-se a condição de que $\theta \leq 1$ ¹⁷. O problema de programação linear deve ser resolvido N vezes, o que resultará um valor de θ para cada UDP.

O Modelo de Retornos Variáveis de Escala (RVE) e a Eficiência de Escala

A hipótese de retornos constantes de escala somente é apropriada quando todas as unidades de decisão de produção (UDP) estão operando na escala ótima, situação não observável, por exemplo, em mercados de competição imperfeita e quando firmas enfrentam restrições financeiras. Banker, Charnes e Cooper (1984) sugeriram a ampliação do modelo DEA de retornos constantes com o objetivo de contabilizar as situações de retornos variáveis de escala (RVE). O uso do modelo de RCE quando nem todas as firmas operam na escala ótima resulta em medidas de eficiência técnica viesadas, pois incluem a eficiência de escala, e só através do modelo de RVE essas duas medidas serão separadas.

O problema de programação linear sob retornos constantes é facilmente modificado, para que passe a contabilizar os retornos variáveis de escala, ao incluirmos a restrição $N1\lambda = 1$ na equação 10,

$$\begin{aligned}
& \min_{\theta, \lambda} \theta \\
& \text{sa } -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
& \quad N1\lambda = 1 \\
& \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0
\end{aligned}$$

¹⁷ $\theta = 1$ indica um ponto na fronteira e, conseqüentemente, uma firma tecnicamente eficiente (*technically efficient decision making unit*), segundo a definição de Farrell (1957).

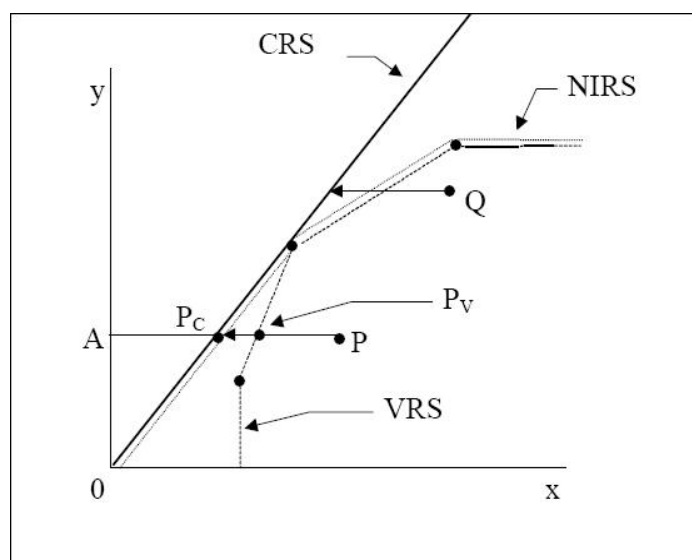
$$\lambda \geq 0, \quad (11)$$

onde $N1$ é um vetor unitário $N \times 1$. Essa abordagem produz uma fronteira melhor ajustada aos vetores de observações e índices de eficiência técnica maiores ou iguais aos encontrados no modelo de retornos constantes. Desde a década de 1990, esse é o modelo mais frequentemente usado.

Muitos estudos dividiram os índices de eficiência técnica obtidos a partir do modelo DEA em dois componentes, um de ineficiência de escala e outro de ineficiência técnica pura, ao resolverem o problema de programação linear sob RCE e RVE. Se uma mesma firma apresenta valores distintos de eficiência técnica sob esses dois métodos essa diferença será indicativo da presença de ineficiência de escala.

A figura 5 ilustra esse efeito¹⁸. Nela estão representadas as fronteiras com retornos constantes e variáveis para o exemplo de um insumo (x) e um produto (y). Sob RCE a medida de ineficiência técnica insumo-orientada do ponto P é a distância PP_C , enquanto que sob RVE a ineficiência técnica é PP_V . A diferença entre as duas, a reta $P_C P_V$, é a ineficiência de escala.

Figura 5
Calculando Escalas de Eficiência no DEA



¹⁸ Em inglês na figura 5: CRS – Constant Returns to Scale (Retornos Constantes de Escala)
VRS – Variable Returns to Scale (Retornos Variáveis de Escala)
NIRS – Non-Increasing Returns to Scale (Retornos Não-Crescentes de Escala)

Podemos expressar esses valores através das razões:

$$ET_{RCE} = AP_C/AP$$

$$ET_{RVE} = AP_V/AP$$

$$ES = AP_C/AP_V,$$

onde todas essas medidas apresentam valores entre zero e um. Podemos expressar a ET sob retornos constantes como:

$$ET_{RCE} = ET_{RVE} \times ES,$$

uma vez que:

$$AP_C/AP = (AP_V/AP) \times (AP_C/AP_V).$$

Uma observação derivada dessa medida de eficiência de escala é que seu valor não indica se a UDP opera na área de retornos crescentes ou decrescentes de escala. Iremos defini-la ao alterar o modelo DEA descrito na equação (11), substituindo a restrição $N1\lambda = 1$, por $N1\lambda \leq 1$:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{sa } -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \quad N1\lambda \leq 1 \\ & \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \quad \lambda \geq 0. \end{aligned} \quad (12)$$

A fronteira DEA de retornos não-crescentes de escala foi desenhada no figura 5. A natureza da ineficiência de escala – isto é, devido a retornos crescentes ou decrescentes de escala – para uma UDP é determinada observando-se o comportamento dos valores de ET com retornos não-crescentes e retornos variáveis de escala. Se eles forem diferentes, caso do ponto P na figura 5,

confirmaremos a existência de retornos crescentes. Se forem iguais, caso do ponto Q na mesma figura, estaremos na porção de retornos decrescentes de escala.

Dados de Painel, DEA e Índice Malmquist

Uma vez disponível dados de painel, poderemos calcular o Índice de Produtividade Total dos Fatores Malmquist (insumo ou produto-orientado) que mede a mudança de produtividade decompondo-a em dois termos: um de mudança técnica (*technical change*) e outro de mudança na eficiência técnica (*technical efficiency change*). Fare et al (1994) especifica um índice Malmquist produto-orientado como:

$$m_o(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}, \quad (13)$$

que representa a produtividade do ponto de produção (x_{t+1}, y_{t+1}) relativo ao ponto de produção (x_t, y_t) – um valor maior que um indicará crescimento positivo da produtividade total dos fatores do período t para o período t+1. Na verdade esse índice é composto de dois índices Malmquist: um usando a tecnologia do período t e outro considerando a do período t+1. Para que a equação 13 seja calculada, devemos calcular separadamente as quatro funções de distância, o que envolve a resolução de quatro problemas de programação linear.

Começaremos por assumir a tecnologia de retornos constantes de escala produto-orientada – mais a frente iremos considerar o caso de retornos variáveis – usada para calcular $d_o^t(x_t, y_t)$ quase da mesma forma que na equação (12), excluindo a restrição $N1\lambda \leq 1$ e incluindo alguns índices de tempo:

$$\begin{aligned} [d_o^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi \\ \text{sa} \quad -\phi y_{it} + Y_t \lambda &\geq 0 \\ x_{it} - X_t \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Os outros três problemas seguem o mesmo modelo:

$$\begin{aligned}
& [d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi \\
\text{sa} \quad & -\phi y_{i,t+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0 \\
& x_{i,t+1} - X_{t+1} \lambda \geq 0 \\
& \lambda \geq 0 \qquad (15)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& [d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi \\
\text{sa} \quad & -\phi y_{i,t+1} + Y_t \lambda \geq 0 \\
& x_{i,t+1} - X_t \lambda \geq 0 \\
& \lambda \geq 0 \qquad (16)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& [d_o^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi \\
\text{sa} \quad & -\phi y_{it} + Y_{t+1} \lambda \geq 0 \\
& x_{it} - X_{t+1} \lambda \geq 0 \\
& \lambda \geq 0 \qquad (17)
\end{aligned}$$

É importante notar que nos problemas de maximização 16 e 17, onde os pontos de produção (x_t, y_t) e (x_{t+1}, y_{t+1}) são comparados a funções de produção de período distintos, o parâmetro ϕ não precisa ser maior ou igual a um, diferentemente de quando medimos a eficiência no sentido de Farrell. Caso ocorra um progresso técnico é possível que o resultado $\phi < 1$ seja encontrado no problema 16, que compara um ponto de produção em $t+1$ com a tecnologia do período t , ou ainda o mesmo na equação 17, caso ocorra um retrocesso na tecnologia.

A abordagem anterior pode ser estendida decompondo-se a mudança na eficiência técnica sob retornos constantes (*CRS technical efficiency change*) em escala de eficiência e eficiência técnica pura. Iremos repetir as equações 14 e 15 incluindo a restrição adicional $N\lambda = 1$, o que nos possibilitará calcular as funções de distância relativas a tecnologia de retornos variáveis. Cabe ressaltar que cada um dos seis problemas de maximização devem ser resolvidos para cada uma das firmas na amostra. Assim para N firmas e T períodos de tempo, teremos $N \cdot (4T-2)$ problemas a serem resolvidos.

5 – Análise da Eficiência das Empresas de Aviação Brasileiras

Após descrevermos o modelo de Análise Envoltória de Dados, mais conhecido como *DEA* (*Data Envelopment Analysis*), trataremos nessa seção da aplicação do modelo sobre uma base de dados de empresas de aviação brasileiras. Utilizaremos o programa gratuito DEAP Version 2.1, que aplica a análise envoltória de dados, estimando uma fronteira de possibilidade de produção e calculando os diversos tipos de eficiência, dadas as hipóteses de retornos constantes e/ou variáveis de escala.

Definição da Base de Dados

O primeiro passo foi a criação de um banco de dados, com informações de produtos e insumos de um conjunto previamente selecionado de empresas aéreas, retirados do *Anuário do Transporte Aéreo, Volume II – Dados Econômicos*, publicação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) que tem como objetivo a apresentação de dados e comentários referentes ao desempenho econômico e financeiro do transporte aéreo comercial brasileiro. Todos os dados foram obtidos nos relatórios de custeio e nas Demonstrações Financeiras encaminhadas pelas empresas aéreas a ANAC.

Seguindo o exemplo da regulação de intervalo de preços (*price cap regulation*), aplicado por agências reguladoras, é considerado um período de tempo de cinco anos, de 2001 até 2005, já que até a realização desse trabalho a edição do Anuário do Transporte Aéreo de 2006 não havia sido disponibilizada. A escolha das empresas que iriam compor a base de dados configurou-se num problema à parte devido à falta de continuidade de operação da maior parte delas, o que pode ser justificado pelo processo de desregulamentação do setor no início do século XXI. Entre as empresas que passaram a atuar no setor, algumas foram criadas, como OceanAir Linhas Aéreas¹⁹ em 2003 e a Webjet Linhas Aéreas em 2003, enquanto outras já tradicionais no segmento não regular se transformaram em concessionárias, passando a operar também linhas aéreas regulares, como a Cruiser Linhas Aéreas em 2004 e BRA Transportes Aéreos em 2005. Observamos também nesse período o encerramento das atividades de importantes *players* como o Grupo Transbrasil, formado pelas empresas Transbrasil e Interbrasil, em 2001 e da Viação Aérea São Paulo (VASP) em 2005, empresas tradicionais que atuavam desde a década de 1970

¹⁹ A OceanAir Linhas Aéreas, oriunda do segmento de Táxi Aéreo e com experiência em Ligações Sistemáticas, iniciou suas atividades, passando a servir parte de um mercado tradicionalmente atendido pela Rio Sul mas que, por força da desativação das aeronaves E-120 Brasília, foi deixando de ser atendido por empresas do sistema.

quando dividiam o monopólio de operação nacional com a Viação Aérea Riograndense (VARIG) e a Serviços Aéreos Cruzeiro do Sul.

Como o objetivo deste trabalho é a construção de índices de medida de eficiência, e entre eles encontra-se o Índice de Produtividade Total dos Fatores Malmquist que considera dados de painel, foram priorizadas na seleção das empresas aquelas que apresentaram dados para todo o período considerado. A partir dos *Anuários do Transporte Aéreo* de 2005 a 2001 montou-se a Tabela 1, Disponibilidade de Dados das Empresas de Aviação, onde avaliamos a presença de cada uma das empresas nos anos anteriores, já excluídas aquelas que atuavam com foco no mercado de carga.

Tabela 1
Disponibilidade de Dados das Empresas Aéreas

	EMPRESA	2005	2004	2003	2002	2001
1	Abaeté	ok	ok	ok	ok	ok
2	ATA	ok	ok	-	-	-
3	GOL	ok	ok	ok	ok	ok
4	Mega	ok	ok	-	-	-
5	Meta	ok	ok	ok	ok	ok
6	Nordeste	ok	ok	ok	ok	ok
7	Oceanair	ok	ok	ok	-	-
8	Pantanal	ok	ok	ok	ok	ok
9	Passaredo	ok	ok	-	ok	ok
10	Puma Air	ok	ok	ok	ok	-
11	Rico	ok	ok	ok	ok	ok
12	Rio Sul	ok	ok	ok	ok	ok
13	TAM	ok	ok	ok	ok	ok
14	Trip	ok	ok	ok	ok	ok
15	Total	ok	ok	ok	ok	ok
16	Varig	ok	ok	ok	ok	ok

Excluídas as cinco empresas acima – Ata, Mega, OceanAir, Passaredo e Puma Air – pela não disponibilidade de números para um ou mais períodos, concentramos nossa análise nas onze empresas restantes: Abaeté, Gol, Meta, Nordeste, Pantanal, Rico, Rio Sul, TAM, Trip, Total e VARIG²⁰.

²⁰ As empresas Nordeste e Rio Sul faziam parte do grupo Varig, mas foram consideradas empresas separadas.

Após a escolha das empresas passamos ao segundo item a ser determinado com base nos dados dos Anuários que foi o conjunto de produtos e insumos característicos da atividade aeroviária. Foram eleitos cinco produtos, três deles de caráter absoluto – Número de Passageiros Embarcados, Número de Quilômetros Voados e Número de Horas Voadas – e dois relativos – Assento-Quilômetro Oferecido, soma dos produtos entre o número de assentos disponíveis pela distância média de um dado voo, e Passageiro-Quilômetro Transportado, grandeza similar que leva em conta somente o número de passageiros pagantes. Entre os insumos escolhemos uma variável agregada, o Custo Total, e mais três dos principais componentes dos custos das empresas aéreas: Combustível, Manutenção e Arrendamento de Aeronaves. Como demonstra a Tabela 2, para dados de 2005, juntos esses três itens representam pouco mais da metade dos custos totais de uma empresa.

Tabela 2
Peso dos Principais Insumos

Empresa		Insumos		
		Combustível	Manutenção	Arrendamento
1	Abaete	29.08%	8.82%	11.40%
2	Gol	36.73%	10.53%	11.04%
3	Meta	30.39%	30.19%	9.88%
4	Nordeste	27.80%	7.71%	18.97%
5	Pantanal	22.05%	15.79%	7.17%
6	Rico	44.05%	9.55%	2.05%
7	Rio Sul	27.67%	8.16%	20.37%
8	TAM	32.64%	8.71%	12.09%
9	Total	29.08%	14.45%	11.27%
10	Trip	26.22%	14.41%	7.23%
11	Varig	31.81%	8.88%	12.22%
Média		30.68%	12.47%	11.24%

Utilizando o Programa DEAP

Determinadas empresas, insumos e produtos estamos prontos para utilizar o programa DEAP²¹, responsável pela aplicação da análise envoltória de dados. As Tabelas 3 e 4 apresentam o exemplo para o ano de 2005 dos dados que serão considerados.

²¹ Como já mencionado, este programa de computador é gratuito e está disponível em: <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm>.

Tabela 3
Empresas e Produtos - 2005

Empresa		Produtos				
		Assento Km (mil)	Pax Km (mil)	Num Pax Embarcado	Km Voados	Horas Voadas
1	Abaete	5,407	2,609	4,850	373,410	1,056
2	GOL	13,293,017	9,828,061	11,443,452	88,843,340	139,212
3	Meta	37,601	18,920	30,189	1,253,378	2,852
4	Nordeste	63,325	45,316	45,513	521,896	825
5	Pantanal	177,158	75,218	183,274	3,936,833	11,188
6	Rico	302,657	190,626	243,753	4,167,228	8,454
7	Rio Sul	239,025	143,651	217,986	1,964,705	3,357
8	TAM	27,608,253	20,072,799	14,253,852	179,436,428	313,303
9	Total	295,154	185,700	560,289	8,485,136	21,497
10	Trip	218,867	128,825	259,449	6,701,584	13,852
11	Varig	38,998,698	29,815,578	13,088,423	203,242,749	280,100

Tabela 4
Empresas e Insumos - 2005

Empresa		Insumos			
		Custo Total	Combustível	Manutenção	Arrendamento
1	Abaete	3,120,835	907,459	275,274	355,749
2	GOL	2,164,168,051	794,874,638	227,951,486	238,923,531
3	Meta	8,955,769	2,721,955	2,703,900	885,017
4	Nordeste	12,504,660	3,476,822	964,516	2,372,359
5	Pantanal	67,919,949	14,974,594	10,724,463	4,866,961
6	Rico	78,471,895	34,567,135	7,494,704	1,606,697
7	Rio Sul	66,780,377	18,475,515	5,452,126	13,599,846
8	TAM	5,138,100,522	1,677,197,524	447,560,399	621,350,605
9	Total	193,999,650	56,405,407	28,026,075	21,866,486
10	Trip	74,513,869	19,539,078	10,736,974	5,389,274
11	Varig	7,068,989,009	2,248,547,331	627,736,391	863,645,130

O programa DEAP exige a criação de uma matriz de dados que deve ser preenchida em uma ordem específica: cada linha representa uma observação para uma empresa, e cada coluna é preenchida primeiro pelos produtos e depois pelos insumos. Consideraremos duas matrizes: (a) composta pelos cinco produtos e Custo Total, e (b) composta pelos cinco produtos e Combustível, Manutenção e Arrendamento. Nesse contexto, as medidas de eficiência serão

produto-orientadas, ou seja, considerarão os insumos como dados, medindo a eficiência pela quantidade de produto oferecida.

Na Tabela 5 aplicamos o modelo DEA sob a hipótese de retornos variáveis de escala a fim de obtermos medidas de eficiência técnica e de escala. É importante ressaltar que as observações foram consideradas independentes, isto é, elas permitem a comparação dos resultados de uma mesma empresa ao longo do período e não, apenas, em relação a outras em um determinado ano. Os índices referentes a matriz (a) são os primeiros, seguidos pelos índices da matriz (b).

Tabela 5
Índices de ET e ES

Empresa	Ano	ET-RCE	ET-RVE	ES	ET-RCE'	ET-RVE'	ES'
Abaete	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
GOL	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Meta	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Nordeste	1	0.699	1.000	0.699	0.728	1.000	0.728
Pantanal	1	0.565	0.982	0.575	0.839	1.000	0.839
Rico	1	0.668	1.000	0.668	0.786	1.000	0.786
Rio Sul	1	0.543	0.984	0.551	0.606	1.000	0.606
TAM	1	0.789	1.000	0.789	1.000	1.000	1.000
Total	1	0.206	0.464	0.444	0.229	0.473	0.484
Trip	1	0.404	0.723	0.559	1.000	1.000	1.000
Varig	1	0.766	1.000	0.766	1.000	1.000	1.000
Abaete	2	0.906	1.000	0.906	1.000	1.000	1.000
GOL	2	0.906	1.000	0.906	0.989	1.000	0.989
Meta	2	0.666	0.784	0.849	0.658	0.751	0.876
Nordeste	2	0.591	0.916	0.645	0.619	0.986	0.628
Pantanal	2	0.608	1.000	0.608	0.919	1.000	0.919
Rico	2	0.593	0.993	0.597	0.622	0.934	0.666
Rio Sul	2	0.511	0.879	0.581	0.562	0.930	0.604
TAM	2	0.652	0.997	0.654	0.765	0.994	0.770
Total	2	0.257	0.615	0.418	0.288	0.602	0.479
Trip	2	0.248	0.438	0.566	0.444	0.644	0.689
Varig	2	0.730	0.988	0.739	0.958	0.993	0.965
Abaete	3	0.722	0.777	0.929	0.930	1.000	0.930
GOL	3	0.741	0.931	0.796	0.794	0.978	0.811
Meta	3	0.618	0.779	0.793	0.602	0.759	0.794
Nordeste	3	0.354	0.641	0.553	0.439	0.700	0.627
Pantanal	3	0.434	0.721	0.602	0.610	0.883	0.691
Rico	3	0.529	0.866	0.611	0.573	0.891	0.643
Rio Sul	3	0.420	0.568	0.739	0.454	0.573	0.793
TAM	3	0.559	0.805	0.694	0.632	0.840	0.753
Total	3	0.221	0.571	0.387	0.313	0.585	0.536
Trip	3	0.304	0.602	0.505	0.359	0.701	0.511
Varig	3	0.752	0.985	0.764	1.000	1.000	1.000

Tabela 5 - continuação
Índices de ET e ES

Empresa	Ano	ET-RCE	ET-RVE	ES	ET-RCE'	ET-RVE'	ES'
Abaete	4	0.669	0.731	0.915	0.651	0.702	0.927
GOL	4	0.734	0.934	0.786	0.865	0.981	0.882
Meta	4	0.532	0.685	0.776	0.575	0.695	0.827
Nordeste	4	0.349	0.462	0.756	0.401	0.521	0.769
Pantanal	4	0.392	0.666	0.590	0.486	0.756	0.643
Rico	4	0.552	0.760	0.726	0.908	1.000	0.908
Rio Sul	4	0.310	0.412	0.752	0.389	0.536	0.726
TAM	4	0.615	0.872	0.705	0.737	0.976	0.755
Total	4	0.206	0.522	0.395	0.292	0.550	0.530
Trip	4	0.271	0.610	0.445	0.449	0.806	0.557
Varig	4	0.694	1.000	0.694	0.895	1.000	0.895
Abaete	5	0.529	0.566	0.936	0.668	0.771	0.866
GOL	5	0.816	1.000	0.816	1.000	1.000	1.000
Meta	5	0.626	0.632	0.990	0.528	0.533	0.990
Nordeste	5	0.651	0.758	0.858	0.722	0.767	0.942
Pantanal	5	0.355	0.623	0.570	0.471	0.840	0.562
Rico	5	0.477	0.583	0.818	1.000	1.000	1.000
Rio Sul	5	0.406	0.417	0.974	0.447	0.453	0.987
TAM	5	0.702	1.000	0.702	0.926	1.000	0.926
Total	5	0.246	0.642	0.383	0.349	0.737	0.473
Trip	5	0.426	0.890	0.479	0.564	1.000	0.564
Varig	5	0.758	1.000	0.758	0.977	1.000	0.977
Média		0.569	0.796	0.704	0.691	0.852	0.797
Variância		0.045	0.038	0.029	0.058	0.032	0.030

A principal diferença de resultado entre as duas bases de dados criadas, uma com 1 insumo e a outra com 3, foi o maior número de empresas eficientes, independente do quesito, no segundo caso. Apenas Abaete, Gol e Meta, todas no ano de 2001, foram plenamente eficientes nos dois casos. Além do número maior de empresas eficientes, observamos também médias maiores em Eficiência Técnica sob Retornos Variáveis de Escala – 79.6% com 1 insumo e 85.2% com 3 – e Eficiência de Escala – 70.4% contra 79.7%.

Os resultados das principais empresas do setor – Gol, TAM e Varig – se assemelham pelo fato de apresentarem índices de eficiência, em quase a totalidade das vezes, acima da média e por variarem no mesmo sentido. A Gol poderia ser eleita a mais eficiente, pois numa comparação índice a índice, ano a ano, leva vantagem um maior número de vezes, enquanto a TAM, que apresentou quedas maiores no índices de eficiência durante os anos de 2002 e 2003 em

comparação com as outras duas, poderia ser eleita a menos eficiente, ainda que seja importante ressaltar que seus índices, mesmo em queda, não ficaram abaixo da média do setor.

A Varig apresenta um bom resultado com índices de eficiência técnica e eficiência de escala quase sempre acima da média – a única exceção é no ano de 2004 para ET-RVE onde a média é 70.4% e o valor encontrado foi de 69.4%. O importante em seu caso é notar o ótimo desempenho de seus índices quando consideramos como insumo Combustível, Manutenção e Arrendamento. Entre os dez índices disponíveis, cinco de ET-RVE e cinco de ES, ela é 100% eficiente em seis, sendo que nos demais apresenta também porcentagens bem altas. Esse pode ser um indicativo de que, controlados os insumos que estão diretamente relacionados com a operação de uma companhia aérea, a Varig era uma empresa eficiente.

Um segundo tipo de aplicação do modelo DEA, com as mesmas bases de dados, pelo programa DEAP é feito através do cálculo do Índice de Produtividade Total dos Fatores Malmquist que mede a mudança de produtividade e a decompõe em mudança de tecnologia (MT), mudança de eficiência de escala (ES) e mudança de eficiência técnica pura (ETP). Por ser um índice que calcula variações, seus resultados podem ser menores, iguais ou maiores que 1, e são apresentados divididos por ano, diferentemente dos índices de eficiência calculados no modelo anterior. Nas Tabelas 6, 7, 8 e 9 estão representados os pares de anos 2001-2002, 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005, respectivamente.

Tabela 6
Índices de Malmquist 2001-2002

Empresa	Ano	MT	ETP	ES	PTF	MT'	ETP'	ES'	PTF'
Abaete	2	0.806	1.000	1.000	0.806	2.715	1.000	1.000	2.715
GOL	2	0.848	1.000	1.000	0.848	0.532	1.000	1.000	0.532
Meta	2	0.525	1.000	1.000	0.525	0.461	1.000	1.000	0.461
Nordeste	2	0.793	1.000	1.066	0.845	0.672	1.000	1.374	0.924
Pantanal	2	0.667	1.000	1.494	0.996	0.786	1.000	1.192	0.936
Rico	2	0.633	1.000	1.384	0.876	0.661	1.000	1.172	0.774
Rio Sul	2	0.697	0.957	1.414	0.944	0.546	1.000	1.623	0.885
TAM	2	0.848	1.000	0.974	0.826	0.815	1.000	0.896	0.730
Total	2	0.634	1.403	1.619	1.440	0.614	1.325	1.620	1.318
Trip	2	0.703	0.609	1.431	0.612	0.565	1.000	0.741	0.418
Varig	2	0.906	1.000	1.052	0.953	0.913	1.000	1.000	0.913

Tabela 7
Índices de Malmquist 2002-2003

Empresa	Ano	MT	ETP	ES	PTF	MT'	ETP'	ES'	PTF'
Abaete	3	0.793	1.000	1.000	0.793	0.215	1.000	1.000	0.215
GOL	3	0.832	1.000	1.000	0.832	0.772	1.000	1.000	0.772
Meta	3	0.894	1.000	1.000	0.894	0.804	1.000	1.000	0.804
Nordeste	3	0.853	0.938	0.846	0.677	0.751	1.000	0.899	0.675
Pantanal	3	0.838	1.000	0.836	0.700	0.647	1.000	1.000	0.647
Rico	3	0.879	1.000	0.979	0.860	0.769	1.000	1.024	0.788
Rio Sul	3	0.862	0.846	1.010	0.737	0.840	0.891	0.879	0.658
TAM	3	0.801	1.000	1.056	0.846	0.758	1.000	1.104	0.837
Total	3	0.870	1.262	1.027	1.127	0.754	1.388	1.051	1.100
Trip	3	0.879	1.911	0.939	1.578	0.754	0.984	1.246	0.925
Varig	3	0.827	1.000	1.241	1.027	0.939	1.000	1.000	0.939

Tabela 8
Índices de Malmquist 2003-2004

Empresa	Ano	MT	ETP	ES	PTF	MT'	ETP'	ES'	PTF'
Abaete	4	0.921	1.000	1.000	0.921	0.977	1.000	1.000	0.977
GOL	4	0.970	1.000	1.000	0.970	1.012	1.000	1.000	1.012
Meta	4	0.841	1.000	1.000	0.841	0.932	1.000	1.000	0.932
Nordeste	4	0.914	0.686	1.455	0.911	0.928	0.871	1.071	0.865
Pantanal	4	0.895	1.000	1.011	0.905	0.873	1.000	0.989	0.863
Rico	4	0.872	1.000	1.055	0.920	1.100	1.000	1.000	1.100
Rio Sul	4	0.947	0.771	1.203	0.878	0.887	1.095	1.155	1.122
TAM	4	0.944	1.000	1.075	1.015	0.945	1.000	1.011	0.956
Total	4	0.924	1.010	0.985	0.919	0.917	0.935	1.030	0.883
Trip	4	0.879	1.056	0.967	0.897	1.013	1.017	1.083	1.115
Varig	4	0.976	1.000	0.946	0.923	0.871	1.000	1.000	0.871

Tabela 9
Índices de Malmquist 2004-2005

Empresa	Ano	MT	ETP	ES	PTF	MT'	ETP'	ES'	PTF'
Abaete	5	0.806	1.000	1.000	0.806	0.600	1.000	1.000	0.600
GOL	5	1.069	1.000	1.000	1.069	1.070	1.000	1.000	1.070
Meta	5	1.190	1.000	1.000	1.190	1.011	1.000	1.000	1.011
Nordeste	5	1.097	1.555	0.923	1.574	1.090	1.149	1.039	1.301
Pantanal	5	1.105	0.879	1.088	1.058	1.024	1.000	0.974	0.998
Rico	5	1.091	0.824	0.897	0.806	1.687	1.000	1.000	1.687
Rio Sul	5	1.061	1.023	1.058	1.149	1.028	0.860	0.998	0.882
TAM	5	1.059	1.000	1.009	1.069	1.020	1.000	1.000	1.020
Total	5	1.084	1.187	0.900	1.159	1.001	1.175	0.858	1.009
Trip	5	1.136	1.113	1.195	1.511	1.030	1.000	1.000	1.030
Varig	5	1.107	1.000	0.982	1.087	1.012	1.000	1.000	1.012

O primeiro dado importante a ser mencionado após o cálculo dos índices de Malmquist é que ao longo dos três primeiros períodos praticamente todas as empresas foram penalizadas pela mudança tecnológica. Os ganhos em eficiência de escala e eficiência técnica pura, na maioria das vezes, não foi suficiente para compensar essa perda, resultando em perdas na produtividade total dos fatores (PTF) – uma das exceções foi a Trip no período de 2002-2003 que compensou valores de 0.879 em MT e 0.939 em ES com uma expansão de 1.91 em ETP. Essa tendência só é alterada no último período, de 2004-2005, onde observamos crescimento na PTF das empresas.

Em relação as grandes empresas podemos notar que seus índices de mudança de eficiência técnica pura mativeram-se constantes durante todos os períodos relacionados, independente da base de dados, com 1 ou 3 insumos, considerada. As pequenas diferenças de mudança tecnológica foram compensadas pelo índice de mudança eficiência técnica pura, resultando em PTF muito próximos. Assim como as demais empresas, a tendência de melhora apenas no último período também é observado.

6 – Conclusão

A elaboração de uma extensa base de dados considerando um razoável número de empresas e cobrindo um período importante de mudança da regulação do setor aéreo permitiu a análise da movimentação de duas das mais importantes empresas de aviação da história brasileira, a Varig e a Gol. Confirmou-se a idéia de que a novata Gol realmente é uma empresa bem gerida, já que seus índices calculados de eficiência técnica e eficiência de escala figuraram entre os melhores, independentemente da base de dados escolhida.

Já o caso da Varig mostrou a importância da escolha da base de dados e sua conseqüente interpretação. Observamos que ao controlarmos os insumos diretamente relacionados com a operação de uma companhia aérea, os índices de eficiência antes medianos apresentaram uma melhora significativa. Em outras palavras, podemos dessa forma questionar os gastos da empresa em outros setores ou atividades pouco relacionadas com sua operação, o que pode estar influenciando para um aumento de seus Custos Totais levando a uma queda de sua eficiência.

Referências Bibliográficas

- ANUÁRIO DO TRANSPORTE AÉREO, v. II, Dados Econômicos, 2001-2005
- BANKER, R.D., CHARNES, A., COOPER, W.W. (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, 30, 1078-1092
- COELLI, TIM. *A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program* (CEPA Working Papers – University of New England, August 1996)
- COELLI, T.; ESTACHE, A.; PERELMAN, S.; TRUJILLO, L *A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators* (WBI Development Studies - The World Bank, January 2003)
- DEBREU, G. (1951), “The Coefficient of Resource Utilisation”, *Econometrica*, 19, 273-292
- FARE, R., S. GROSSKOPF, C.A.K. LOVELL (1994), *Production Frontiers*, Cambridge University Press
- FARRELL, M.J (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society*, A CXX, Part 3, 253-290
- EMROUZNEJAD, A (1995-2001), "Ali Emrouznejad's DEA HomePage", Warwick Business School, Coventry CV4 7AL, UK
- KOOPMANS, T.C (1951), “An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities”, em T.C Koopmans, Ed., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No.13, Wiley, New York
- PINHEIRO, A.C.; SADDI, J. *Direito, Economia e Mercados* (Editora Campus)
- SALGADO, L.H.; da MOTTA, R.S. *Marcos Regulatórios no Brasil – O que foi feito e o que falta fazer* (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Outubro de 2005)
- SALGADO, L.H.; da MOTTA, R.S. *Regulação e Concorrência no Brasil – Governança, Incentivos e Eficiência* (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Janeiro de 2007)

Anexo – Tabelas Adicionais

Tabela
Empresas e Produtos - 2004

Empresa		Produtos				
		Assento Km (mil)	Pax Km (mil)	Num Pax Embarcado	Km Voados	Horas Voadas
1	Abaete	5,602	2,265	3,881	386,952	1,126
2	GOL	8,853,841	6,056,889	7,465,487	58,939,822	92,627
3	Meta	65,016	32,702	49,935	2,167,194	4,886
4	Nordeste	258,244	161,871	226,124	3,844,743	6,397
5	Pantanal	192,126	72,377	127,646	4,275,775	11,980
6	Rico	279,514	164,003	223,922	4,830,735	10,426
7	Rio Sul	360,711	226,135	378,321	2,449,914	9,634
8	TAM	20,355,700	13,462,513	10,381,650	132,488,340	228,576
9	Total	149,250	95,665	299,790	5,223,549	12,843
10	Trip	118,058	77,042	158,065	4,286,919	10,556
11	Varig	38,604,887	28,297,490	12,312,538	213,115,697	291,854

Tabela
Empresas e Insumos - 2004

Empresa		Insumos			
		Custo Total	Combustível	Manutenção	Arrendamento
1	Abaete	2,559,667	774,920	327,321	89,859
2	GOL	1,482,629,933	465,743,343	180,560,252	195,426,986
3	Meta	18,235,210	4,236,126	6,232,482	2,483,164
4	Nordeste	92,499,422	18,393,540	15,561,613	14,530,875
5	Pantanal	66,358,153	12,977,249	11,808,222	7,379,812
6	Rico	62,408,750	25,312,873	5,301,512	4,920,531
7	Rio Sul	143,005,143	25,495,088	25,319,013	22,608,559
8	TAM	3,933,824,838	1,033,015,600	339,951,814	613,620,361
9	Total	123,758,585	30,615,038	16,244,066	20,752,916
10	Trip	71,767,987	12,024,338	5,559,269	29,595,613
11	Varig	7,325,948,926	2,027,688,883	663,241,453	889,396,908

Tabela
Empresas e Produtos - 2003

Empresa		Produtos				
		Assento Km (mil)	Pax Km (mil)	Num Pax Embarcado	Km Voados	Horas Voadas
1	Abaete	7,082	3,192	5,650	474,215	1,342
2	GOL	7,453,590	4,826,330	5,857,337	49,323,496	78,995
3	Meta	71,581	36,601	59,865	2,386,010	5,684
4	Nordeste	424,852	255,930	386,628	8,414,502	14,293
5	Pantanal	201,219	70,255	122,289	4,471,536	12,566
6	Rico	141,413	88,742	138,619	4,415,080	10,189
7	Rio Sul	1,119,682	621,614	889,937	7,106,736	21,694
8	TAM	18,002,769	10,916,220	8,590,037	119,314,685	208,910
9	Total	126,810	79,140	247,341	4,770,553	12,199
10	Trip	90,459	53,840	122,762	3,293,131	9,651
11	Varig	37,203,278	26,546,353	11,044,036	207,130,498	282,494

Tabela
Empresas e Produtos - 2003

Empresa		Insumos			
		Custo Total	Combustível	Manutenção	Arrendamento
1	Abaete	2,906,332	962,574	269,151	154,568
2	GOL	1,169,113,224	326,389,179	164,577,231	188,840,595
3	Meta	17,277,855	4,886,924	3,566,963	2,260,356
4	Nordeste	155,128,701	28,705,581	23,514,813	30,039,362
5	Pantanal	62,923,733	10,819,205	15,375,760	6,486,833
6	Rico	40,726,063	10,919,564	6,091,774	6,080,498
7	Rio Sul	299,518,882	68,585,248	36,928,302	53,380,676
8	TAM	3,507,288,585	779,534,363	383,400,072	623,537,711
9	Total	97,346,016	22,888,306	12,486,890	21,129,256
10	Trip	52,563,414	11,114,750	5,843,462	18,631,217
11	Varig	6,342,783,591	1,536,538,283	519,866,617	791,703,544

Tabela
Empresas e Produtos - 2002

Empresa		Produtos				
		Assento Km (mil)	Pax Km (mil)	Num Pax Embarcado	Km Voados	Horas Voadas
1	Abaete	7,338	2,981	5,508	489,228	1,426
2	GOL	5,089,397	3,223,637	3,700,803	32,953,671	54,710
3	Meta	65,593	36,645	59,072	2,186,443	5,372
4	Nordeste	1,680,480	972,101	1,204,323	22,019,224	38,824
5	Pantanal	236,101	91,593	197,325	5,351,955	25,479
6	Rico	116,243	74,084	129,308	4,561,320	11,400
7	Rio Sul	4,280,381	2,376,586	3,879,337	44,067,659	75,881
8	TAM	22,017,413	12,075,363	9,421,593	160,298,022	299,305
9	Total	97,906	58,675	167,031	4,685,245	11,600
10	Trip	48,999	22,104	50,319	2,131,365	5,232
11	Varig	38,085,244	26,115,299	9,701,451	213,626,724	289,608

Tabela
Empresas e Insumos - 2002

Empresa		Insumos			
		Custo Total	Combustível	Manutenção	Arrendamento
1	Abaete	2,389,389	653,716	274,163	7,530
2	GOL	638,922,240	130,622,823	98,524,319	130,548,011
3	Meta	14,696,005	3,734,181	4,363,508	2,217,456
4	Nordeste	332,901,265	68,603,294	31,344,316	77,057,122
5	Pantanal	68,222,133	10,761,258	15,846,390	9,941,389
6	Rico	34,406,637	8,251,774	6,429,112	6,696,877
7	Rio Sul	946,560,636	190,701,497	104,124,966	182,141,792
8	TAM	3,685,888,100	748,218,746	535,984,095	574,480,362
9	Total	81,087,819	17,936,722	11,557,063	21,278,372
10	Trip	38,265,226	5,006,756	2,398,663	20,637,688
11	Varig	6,423,203,797	1,190,310,678	583,772,742	865,492,897

Tabela
Empresas e Produtos - 2001

Empresa		Produtos				
		Assento Km (mil)	Pax Km (mil)	Num Pax Embarcado	Km Voados	Horas Voadas
1	Abaete	8,404	3,276	6,051	1,764,413	6,451
2	GOL	2,094,298	1,260,882	1,652,246	14,792,494	24,225
3	Meta	73,279	42,070	125,864	2,392,181	6,004
4	Nordeste	1,477,500	786,386	1,069,496	19,573,568	38,457
5	Pantanal	252,821	101,516	250,939	5,870,610	17,033
6	Rico	113,147	67,138	131,192	4,402,039	9,896
7	Rio Sul	4,145,241	2,320,724	3,706,538	47,891,409	85,703
8	TAM	20,673,830	11,263,515	8,950,499	157,251,506	292,677
9	Total	45,268	30,183	68,327	3,198,505	7,680
10	Trip	105,773	35,576	79,159	3,627,221	8,748
11	Varig	38,328,775	26,008,736	10,486,889	233,698,484	319,641

Tabela
Empresas e Insumos - 2001

Empresa		Insumos			
		Custo Total	Combustível	Manutenção	Arrendamento
1	Abaete	7,749,868	1,391,887	320,266	4,300,819
2	GOL	226,461,096	44,911,417	12,328,559	58,816,510
3	Meta	10,708,979	2,736,010	2,562,914	905,117
4	Nordeste	248,053,569	51,678,085	30,630,914	48,670,293
5	Pantanal	61,910,338	10,032,955	13,183,068	9,915,292
6	Rico	29,408,624	6,544,903	4,396,916	5,345,897
7	Rio Sul	876,824,044	165,469,178	83,500,727	178,893,009
8	TAM	2,869,136,858	577,555,648	423,618,522	340,666,423
9	Total	68,797,261	14,180,475	9,429,263	16,396,846
10	Trip	40,131,352	3,106,820	3,929,730	21,183,321
11	Varig	6,098,080,628	1,100,259,618	516,758,886	838,997,444