

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS
NÍVEL MESTRADO**

ANA CRISTINE HEINEN

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA AMBIENTAL RELATIVA NO SETOR DE
AVIAÇÃO COMERCIAL:
Uma abordagem DEA**

São Leopoldo

2012

ANA CRISTINE HEINEN

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA AMBIENTAL RELATIVA NO SETOR DE
AVIAÇÃO COMERCIAL:
Uma abordagem DEA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre em Ciências
Contábeis, pelo Programa de Pós-Graduação em
Ciências Contábeis da Universidade do Vale do
Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl

São Leopoldo

2012

H468d	<p>Heinen, Ana Cristine Determinação da eficiência ambiental relativa no setor de aviação comercial: uma abordagem DEA / por Ana Cristine Heinen. -- São Leopoldo, 2012.</p> <p>108 f. : il. color. ; 30 cm.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, São Leopoldo, RS, 2012. Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl, Ciências Econômicas.</p> <p>1.Aeronáutica comercial. 2.Gestão ambiental – Aeronáutica comercial. 3.Eficiência técnica ambiental – Aeronáutica comercial. 4.Mercado de emissão de carbono. 5.Análise Envoltória de Dados. I.Diehl, Carlos Alberto. II.Título.</p> <p>CDU 656.73 658:502:656.73</p>
-------	--

Catálogo na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

ANA CRISTINE HEINEN

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA AMBIENTAL RELATIVA NO SETOR DE
AVIAÇÃO COMERCIAL:
Uma abordagem DEA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre em Ciências
Contábeis, pelo Programa de Pós-Graduação em
Ciências Contábeis da Universidade do Vale do
Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl

Aprovado em 30/03/2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tiago Wickstrom Alves

Prof. Dr. Miguel Sellitto

Prof. Dra. Maisa de Souza Ribeiro

AGRADECIMENTOS

Passados dois anos desta etapa de árduos estudos agradeço, primeiramente, a Deus, pela vida, e a todos que contribuíram de alguma forma para que esta fase chegasse ao fim. A minha sincera gratidão:

Aos meus pais, Marli e Renaldo Heinen, pela superproteção, compreensão e estímulo. Estão sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis, me apoiando todos os dias com conselhos. São pessoas que nós, seres humanos, precisamos constantemente. Meus pais, minhas estrelas, minha vida. Minha eterna gratidão...

Aos meus irmãos, o mano Carlos Alexandre Heinen, pessoa que me acompanha de longas datas, desde o Ensino Fundamental sempre andamos juntos. A cada dia dessa etapa de estudo, torceu por mim, vibrou comigo e, acima de tudo me incentivou. À mana Paula Cristina Heinen e cunhado André Fernando Gerlach, pessoas que sempre foram exemplos de vida e que têm me acompanhado e incentivado desde o início do mestrado. Não tenho palavras para eles...

Ao meu namorado, amigo e companheiro Lucas Kunrath, que também esteve presente nos momentos de angústia, me ajudando desde as provas iniciais para a entrada do mestrado, até a etapa final. À toda sua família, à Isa, Abel, José e em especial à sua mãe, Maria Luiza Kunrath, que sempre me aconselhou, como se minha mãe fosse.

Aos meus amigos de longas datas, de infância (Bi, Aline, Rose, Julia, Camila, Clarisse) e os de tempo de faculdade, em especial a Samoara, Jardel e Daniela, meus eternos irmãos. Aos meus afilhados Gustavo e Lorenzo, pela compreensão da falta de tempo e carinho.

Aos colegas de trabalho, à equipe AD Contabilidade Ltda, por toda a credibilidade e abertura que me foram confiadas. Por todo o incentivo durante esses dois anos.

Ao professor orientador Dr. Carlos Alberto Diehl. A ele, sem palavras... Por toda sua atenção e dedicação. Por ter sido um verdadeiro tutor desde o início até o final. Ao mesmo

tempo, um amigo. Pessoa que me ajudou muito no crescimento como pesquisadora. Agradeço pelas suas críticas construtivas, desde suas aulas até as reuniões de orientações.

Ao professor Dr. Tiago Wickstrom Alves por sua dedicação e compreensão. Pelos incentivos desde o início do mestrado, da entrevista e, ao final, pelas críticas construtivas. Por todo apoio na análise de dados para realização desta dissertação.

Aos colegas de mestrado pelos conselhos e apoio nos momentos que somente eles poderiam compreender. Pelos abraços, pelas conversas, pelo crescimento pessoal e acadêmico garantido pela troca de experiências. Em especial aos colegas Fernanda, Carlinha, Sabrina, Sinara, Luiz Marquezan, Maurício, Rosane, Renato, Fran, Rafa, Cacá, Melissa, Fabiano, Helen, Eli, Leandro, Luiz Schneider, Sônia, aos colegas da UNEMAT, entre tantos outros.

Agradeço, também, à equipe da ANAC, da Superintendência de Estatísticas da Agência, em especial à Thalita Gonçalves Ferreira e Talita Armborst, pelas informações ao qual me foram confiadas.

A toda equipe de mestrado, desde os professores, em especial o Dr. Marcos A. de Souza, que me ajudou a desenvolver um lado crítico a que se faz necessário na academia. À coordenação do mestrado de Ciências Contábeis, à professora Dr. Clea Beatriz Macagnam, que me orientou quando foi preciso. E à incansável Luciana, que sempre esteve presente desde o processo de seleção, durante o mestrado, lembrando-me dos compromissos. Entre eles, os relatórios da bolsa Santander.

Às ilustres pessoas que me ajudaram nesta trajetória e tive a oportunidade de conhecer: Eugênio Cânepa, Maria Lúcia, Antônio, Rodrigo, Bibliotecária Carla, Dóris e todas as pessoas que me apoiaram de alguma forma.

Ao Banco Santander, juntamente com a UNISINOS, pela bolsa que me foi concedida, tornando possível a realização do mestrado.

Por fim, a todos os amigos e familiares a minha gratidão pela compreensão dos momentos de ausência, mesmo quando presente.

Quando nada parece dar certo, vou ver o cortador de pedras martelando sua rocha talvez 100 vezes, sem que uma única rachadura apareça. Mas na centésima primeira martelada a pedra se abre em duas, e eu sei que não foi aquela que conseguiu isso, mas todas as que vieram antes.

Jacob Riis

RESUMO

As iniciativas ambientais no setor de transporte aéreo têm sido tema de debates internacionais. A máxima eficiência dos recursos ambientais deve ser buscada e, em resultado, obter lucro com a mínima liberação de poluentes. Isso significa ser ecoeficiente. Assim, o objetivo desta dissertação é determinar a eficiência técnica ambiental das empresas aéreas brasileiras. A metodologia utilizada foi a Análise Envoltória de Dados (DEA), com base no modelo CCR, e orientada a insumo. As variáveis utilizadas no estudo como insumos são: frota, número de funcionários de voo, número de funcionários terra e consumo de combustível em litros. Como produtos são utilizados passageiros vezes quilômetro pago transportado, tonelada vezes quilômetro utilizada paga e número de horas em terra. Foram propostos dois modelos para a análise dos dados, o de transporte de passageiros e o de carga. Foi possível identificar a eficiência relativa de cada organização e, após isso, verificar o percentual de melhoria dos insumos das unidades ineficientes, quando o objetivo é que estas se projetem na fronteira de eficiência. A partir da aplicação DEA e com base no consumo de combustível em litros, pôde-se estimar, além das quantidades totais de emissões de CO₂ das empresas, o quanto é possível minimizá-los de forma relativa às unidades eficientes. Concluiu-se com os resultados que, entre as empresas que prestam serviço de transporte de passageiros, as mais eficientes são as que proporcionam voos de maiores distâncias e obtêm maior participação de mercado. Entre elas estão a Azul, a Tam, a Webjet e a Gol/Vrg. Em relação às empresas que prestam serviço de transporte de carga, são eficientes a Absa e a Master Top. Quanto às emissões de CO₂ a quantidade estimada com relação às atividades de voo das empresas no ano de 2010 é de 10.991 GgCO₂. As empresas do transporte de carga são responsáveis por 365,70 GgCO₂. E do transporte de passageiros 10625,62 GgCO₂. É possível a redução de 226 GgCO₂, o que representa uma redução de 2,05% do total de emissões das empresas. Para o transporte de carga, é possível a minimização de 60,62 GgCO₂, representando redução de 0,55% do total de emissões das empresas.

Palavras-chave: Eficiência. Eficiência ambiental. Aviação Comercial Civil. Análise Envoltória de Dados.

ABSTRACT

The Environmental initiatives in the aero transportation have been the topic of international debates. The maximum efficiency of the natural resources have to be achieved, and at the same time, there must have profits with minimum pollutants emission. That means being ecoefficient. So, the purpose of this work is to determine the environmental technical efficiency of the Brazilian airlines. The used methodology was Data Envelopment Analysis (DEA), based on the CCR model and input orientation. The variables used as inputs in the study are: fleet, number of flight cabin crew, number of ground staff and fuel consumption in liters. As products are used passengers transported paid times kilometer, paid tons times kilometer and is used as negative product the hours on ground. Two models were suggested for data analysis: the passengers transport and the cargo. It was possible to identify the relative efficiency of each organization and, after that, to identify the input improvement percentage of the inefficient units, when the goal is that they project themselves on the efficiency frontier. From the DEA application and based on the fuel liter consumption, it was estimated, beyond the total quantity of CO₂ emissions from the companies, how much it is possible to minimize them relatively to the efficient units. Therefore, it was concluded that, among the companies that transport passengers, the most efficient are the ones that have longer flights and have more market share. In relation to those companies which provide cargo service, the ones that are efficient are Absa and Master Top. Regarding to CO₂ emissions, the estimated quantity related to the companies' flight activities in 2010 is 10.991 GgCO₂. The cargo companies are responsible for 365,70 GgCO₂, whereas the passengers transport companies are responsible for 10.625,62 GgCO₂. It is possible to reduce 226 GgCO₂, that represents a reduction of 2.05% from the companies' total emissions. For the cargo transport, it is possible to minimize 60,62 GgCO₂, representing a reduction of 0,55% from the companies' total emissions.

Keywords: Efficiency. Environmental efficiency. Civil Commercial Aviation. Data Envelopment Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- O sistema empresa ecoeficiente.....	39
Figura 2 - Sistema meio ambiente versus empresa.....	43
Figura 3 - Indicadores de ecoeficiência.....	44
Figura 4 - Modelagem matemática para a aplicação dos modelos DEA CCR.....	58
Figura 5 - Modelagem matemática para a aplicação dos modelos DEA BCC.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Demonstração de unidades eficientes por meio da função de produção.....	33
Gráfico 2 - Fronteira do conjunto de produção e os retornos de escala	35
Gráfico 3 - Curva de produção tendo como insumo o consumo de combustível e como produto passageiro vezes quilômetro pago transportado.....	60
Gráfico 4 - Curva de produção tendo como insumo o tamanho frota e como produto passageiro vezes quilômetro pago transportado	61
Gráfico 5 - Curva de produção tendo como funcionários de voo e como produto passageiro vezes quilômetro pago transportado	61
Gráfico 6 – Comparação entre os índices de pontualidade, regularidade, eficiência operacional e eficiência relativa.....	70
Gráfico 7 – <i>Benckmarking</i> das unidades ineficientes	71
Gráfico 8 - Variáveis do modelo das empresas com transporte de Carga.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estágios evolutivos da gestão ambiental.....	26
Quadro 2 - Conceitos de ecoeficiência.....	38
Quadro 3 - Ações ecológicas.....	45
Quadro 4 - Variáveis de pressão e impactos ambientais de estudos relacionados.....	49
Quadro 5 - Variáveis de insumos e produtos dos estudos relacionados à aviação civil.....	52
Quadro 6 – Classificação das DMUs.....	63
Quadro 7 – Forma de cálculo de variáveis.....	63
Quadro 8 – Variáveis de insumos e produtos.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escores das empresas de transporte de passageiros.....	68
Tabela 2 – Participação de mercado	69
Tabela 3 - Percentuais de melhorias	72
Tabela 4 – Consumo ótimo e efetivo da variável combustível.....	73
Tabela 5 – Escores das empresas de transporte de carga	74
Tabela 6 – Percentuais de melhorias	75
Tabela 7 – Consumo ótimo e efetivo da variável combustível.....	76
Tabela 8– Emissões de CO ₂ das empresas do transporte de carga e passageiros.....	77
Tabela 9 – Percentuais de melhorias nas emissões de CO ₂ das empresas.....	78

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2 O PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO	18
1.4 JUSTIFICATIVAS	19
1.4.1 Relevância	19
1.4.2 Contribuição	20
1.4.3 Oportunidade	21
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	22
1.6 DELIMITAÇÃO, LINHA E GRUPO DE PESQUISA	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 A QUESTÃO AMBIENTAL	24
2.2 A GESTÃO AMBIENTAL	26
2.3 A EFICIÊNCIA AMBIENTAL	31
2.3.1 O Conceito de Eficiência	31
2.3.2 Conceito de Função de Produção	34
2.3.3 Eficiência Ambiental	37
2.3.4 Indicadores de Ecoeficiência	41
2.3.5 Insumos (<i>Inputs</i>) e Produtos (<i>Outputs</i>) na Determinação da Eficiência Ambiental	46
2.3.6 Determinação da Eficiência em Empresas da Aviação Civil.....	50
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	54
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	54
3.2 COLETA DE DADOS	55
3.3 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	55
3.4 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO MODELO DEA.....	62
3.4.1 Seleção de DMUs e Período de Análise.....	62
3.4.2 O Modelo Ecoeficiente no Setor de Aviação Comercial.....	64
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	67
4.1 O SETOR DA AVIAÇÃO CIVIL BRASILEIRA	67
4.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA AMBIENTAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE AÉREO DE PASSAGEIROS.....	68

4.3 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA AMBIENTAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE AÉREO DE CARGA.....	74
4.4 EMISSÕES DE CO ₂ DAS EMPRESAS DE AVIAÇÃO COMERCIAL.....	76
4.5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E ESTUDOS RELACIONADOS.....	79
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	86
REFERÊNCIAS	87
ANEXO A – Fator de emissões de CO ₂	96
ANEXO B – Consumo de combustível em litros por mês.....	97

1 INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo inicia-se com uma contextualização sobre o trabalho. Em seguida, é apresentado o problema de pesquisa, bem como o objetivo geral e os objetivos específicos. Evidencia-se, depois disso, a importância desse trabalho, justificando-o com suas contribuições e relevância. Por fim, são apresentadas as delimitações e a linha de pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a relação meio ambiente e empresa vem se modificando. A degradação dos recursos naturais, a extinção das espécies da fauna e flora, o aquecimento da temperatura devido à emissão de gases poluentes, fizeram a questão ambiental ocupar lugar de destaque nos debates nacionais e internacionais. A preocupação ambiental deixou de ser um tema estritamente acadêmico ou de alguns ambientalistas visionários para ocupar espaço no cotidiano das pessoas e das empresas (CAMPOS; GRZEBIELUCKAS; SELIG, 2009).

Diversos encontros mundiais foram realizados sobre a questão ambiental. Em 1972, foi realizada uma conferência mundial sobre Meio Ambiente, em Estocolmo. Em 1992, foi realizada a ECO-92, no Rio de Janeiro, promovida pela UNCED (*United Nations Conference on Environment and Development*). Neste, foi elaborada a Agenda 21, que passou a ser opção de referência na implantação de programas e políticas de preservação do meio ambiente e desenvolvimento sustentável (HELMINEN, 2000).

Segundo Maimon (1994), na segunda metade da década de 1970, por exigências das empresas seguradoras, várias empresas americanas tais como a General Motors, *Olin* e *Allied Signal*, adotaram práticas voluntárias como a auditoria ambiental, por causa da grande incidência de acidentes. Estes, decorrentes de vários motivos, mas, principalmente, do processo de produção, transporte, armazenamento do produto e do lixo industrial, são impactos negativos que podem causar repercussão internacional. Acidentes como os de *Seveso*, *Bhopal* e *Chernobyl*, são exemplos de acontecimentos com consequências em termos de mortes, degradação da flora e da fauna, além das indenizações. Maimon (1994) salienta em sua pesquisa, que estatísticas coletadas durante 25 anos pelo *Major Hazard Incident Data Service*, até 1986, registraram 2.500 acidentes industriais, e que desse total, mais da metade ocorreu entre 1981 e 1986.

Ainda segundo Maimon (1994), práticas como a auditoria, que visam o melhor desempenho ambiental, foram sendo adotadas com frequência em países industrializados como o Canadá, a Holanda, a Grã-Bretanha e os Estados Unidos. Na Suécia, durante a década de 1987, um comitê governamental propôs que 4.000 empresas teriam que elaborar um relatório ambiental anual e, por conseguinte, submetê-lo à autoridade de inspeção. Posteriormente, em 1989, essa proposta entrou em vigor, tendo sido implantada.

Segundo Campos e Lerípio (2009) a preocupação com os impactos ambientais negativos da atividade industrial vem crescendo. Novas leis ambientais estão sendo criadas com o objetivo de proteger o patrimônio natural da humanidade. Apesar de existir diferenças na legislação internacional ambiental, acordos entre os países em busca da padronização e harmonização, vêm se tornando frequentes. Um dos exemplos é o do princípio poluidor-pagador, surgido na França na década de 1970, que já se faz presente em quase todas as legislações ambientais existentes. Assim, como as legislações ambientais estão se tornando mais exigentes e uniformes, existe outra fonte de pressão para as empresas poluidoras: o mercado consumidor. Ainda segundo Campos e Lerípio (2009) já se percebe uma tendência mundial, que começou na Europa e na América do Norte, do consumidor se propor a pagar mais por um produto ambientalmente correto.

Nesse sentido, Azzone e Bertelh (1994) salientam que tem havido crescente pressão sobre as empresas ocidentais para se tornarem mais conscientes com as questões ambientais, tais como: a) consumidores “verdes”, que consideram um bom desempenho ambiental fator determinante de compra; b) grupos como o *Coalition for Environmentally Responsible Economies* (CERES) nos Estados Unidos e o *Green Alliance* no Reino Unido, dando apoio a práticas empresariais de proteção ao meio ambiente; c) investidores “verdes”, que direta ou indiretamente, aplicam empresas com bom desempenho ambiental.

Em resposta a isso, as empresas estão em constante busca de meios para melhorar o seu desempenho ambiental, de forma a aceitar a responsabilidade ambiental como condição da sua continuidade. Novas tecnologias, que permitem a redução de emissões e eliminação de gases que destroem a camada de ozônio, estão sendo desenvolvidas. Ademais, para reduzir seus custos e desperdícios, estão mudando as embalagens de seus produtos, recuperando e reutilizando seus próprios resíduos, com a utilização de programas de reciclagem de papel, produtos químicos, plástico, água, entre outros.

Para Robles Júnior (2009), uma vez que as empresas melhoram suas práticas de gestão ambiental, aprimoram a identificação e análise dos custos ambientais e sua posição junto ao mercado consumidor auferindo, entre outros, os benefícios de: reforço da marca e preferência

por seus produtos e serviços; obtenção de melhores taxas de juros pela redução de riscos ambientais; obtenção de melhores indicadores de sustentabilidade e de desempenho ambiental; redução dos custos e aumento do valor percebido dos produtos e serviços; eliminação de perdas tangíveis e intangíveis decorrentes de práticas inadequadas de gestão ambiental.

O envolvimento da imagem da empresa com os impactos ambientais negativos representam riscos que podem causar perdas financeiras, perda de reputação, reação desfavoráveis dos consumidores e da sociedade em geral, ações judiciais e perda de sustentabilidade. E isso, segundo Fenker (2009) é um risco que pode ser evitado com a gestão dos fatores causadores desses custos. Opostamente, atitudes positivas em relação ao meio ambiente podem redundar em ganhos tangíveis, a exemplo de receitas em virtude de investimento em tecnologias limpas e intangíveis, como a legitimidade das empresas.

A consciência ecológica do investidor e as oportunidades de reduzir custos operacionais e financeiros somadas à situação preocupante do meio ambiente são fatores que influenciam as empresas a inserir a proteção dos ecossistemas em seus planejamentos estratégicos, salienta Vellani (2007). Assim, a melhor gestão dos recursos naturais pode elevar os resultados econômicos das empresas, razão pela qual a melhoria na sua utilização deve ser buscada. Essa mesma abordagem faz relação com o problema de pesquisa abordado a seguir.

1.2 O PROBLEMA DE PESQUISA

O atual modelo de desenvolvimento econômico tem como base o aumento acelerado da produção e do consumo, o que ocasiona, inerentemente, maior pressão sobre os recursos naturais, contribuindo diretamente para a degradação ambiental, em todas as suas formas. Algumas empresas, em suas atividades, interagem diretamente com a natureza, seja por meio do uso de recursos provenientes dela, da liberação de poluentes ou mesmo por outras formas que possam alterar as condições ambientais.

Devido a isso e visando assegurar sua continuidade, as empresas passaram a dar atenção especial às questões ambientais desenvolvendo projetos e controles para o desenvolvimento e proteção do meio ambiente. Por meio da tecnologia podem melhorar a eficiência no que concerne ao consumo dos recursos naturais, bem como substituí-los quando escassos, maximizando o uso dos recursos renováveis e, ainda, trabalhar na redução dos compostos tóxicos. Essas ações podem compensar os impactos ambientais causados por seu

processo de produção, aumentando, assim, sua sustentabilidade ambiental e, conseqüentemente, sua legitimidade perante a sociedade.

Por muito tempo, o meio empresarial não conseguiu enxergar as oportunidades advindas das ações ambientais, tratando-as como incompatíveis com a maximização de lucros e o crescimento da atividade econômica de um país. De fato, com a fase de transição que ocorreu durante os dois choques de petróleo, em 1973 e 1979, houve uma pressão para incorporar equipamentos de despoluição, permitindo repensar os processos de produção adotados (MAIMON, 1994).

Côté, Booth e Louis (2006) salientam que desde o lançamento da *Our Common Future* da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992, o movimento de sustentabilidade tem mudado seu foco para a melhoria da eficiência dos recursos ambientais. Cada vez mais, o setor produtivo em diferentes países está incorporando em seus custos aqueles relacionados com a questão ambiental, implicando necessidades de mudanças nos padrões de produção, comercialização e consumo.

Com o advento do protocolo de Quioto¹, o mercado passou a auxiliar no processo de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio da proposta de se criar um valor transacional para essas reduções. A BM&FBOVESPA e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) decidiram, em uma iniciativa conjunta, criar um novo índice de mercado de carbono eficiente (ICO₂), composto pelas ações das companhias participantes do índice IBRX-50 que aceitaram a participação, adotando práticas de controle de suas emissões. O índice considera o grau de eficiência das ações, além do *free float* (total de ações em circulação) de cada uma das empresas para ponderação das ações. Essa iniciativa tem como objetivo incentivar as empresas a atuar em uma economia, como a BM&FBOVESPA e o BNDES a chamam de “baixo carbono”.

Iniciativas como esta, bem como de ações governamentais, como é o caso do Programa Brasileiro GHG Protocol, estimulam as empresas ao cálculo e divulgação de suas emissões. Essa iniciativa do Governo Brasileiro faz com que as organizações publiquem anualmente seus inventários em uma plataforma *online*, chamada de Registro Público de Emissões. Além disso, foi criado um sistema de classificação como Bronze, Prata ou Ouro pelo programa, com o objetivo de indicar os diferentes níveis de qualidade e aprofundamento dos inventários.

¹ Documento que ficou conhecido como Protocolo de Quioto, firmado na Conferência das Partes realizada em Quioto, no Japão, em dezembro de 1997. Tem como missão alcançar a estabilização da concentração de gases de efeito estufa, minimizando sua interferência no clima e, contribuindo para a sustentabilidade do planeta.

O setor de Aviação Civil está entre os que têm atuado nas questões da economia do “baixo carbono”. Iniciativas ambientais no setor de transporte aéreo têm sido temas de debates pelo Conselho da União Europeia (2008). O Conselho Consultivo da Investigação em Aeronáutica na Europa, denominada ACARE (*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe*), desenvolveu uma Agenda Estratégica de Investigação, tendo como prioridade a redução do impacto da aviação no meio ambiente. Há a necessidade de avanços científicos e de tecnologia para que os objetivos com a redução das emissões de CO₂ em 50%, redução das emissões de NO_x em 80% e do ruído externo em 50% sejam atingidos até 2020 (CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2008).

Segundo o Conselho da União Europeia (2008) a empresa *Comum Clean Sky*, que tem sua sede em Bruxelas, é uma das iniciativas ambientais e foi criada em dezembro de 2007, devendo vigorar por 10 anos. Os objetivos da mesma são: (a) Acelerar na União Europeia o desenvolvimento de tecnologias limpas; (b) garantir com esforços europeus uma investigação em relação ao desempenho ambiental no setor de transporte aéreo; (c) criar um sistema de transporte aéreo ecoeficiente, visando a minimização de ruídos, emissões de gases e o aumento da economia do combustível das aeronaves; (d) acelerar a geração de novos conhecimentos e sistemas integrados, em um ambiente operacional adequado, permitindo um reforço na competitividade industrial.

Por essas questões o uso de metodologias para medir a eficiência das companhias aéreas tem sido aplicado. Com base nas iniciativas do mercado de capitais, de órgãos governamentais, e do próprio setor de transporte aéreo na criação da empresa *Comum Clean Sky*, a pergunta norteadora deste estudo é: As empresas aéreas brasileiras de transporte de passageiros e de carga estão sendo ecoeficientes?

1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

O objetivo geral do presente trabalho é determinar a eficiência relativa ambiental das empresas de aviação comercial brasileiras.

Os objetivos específicos que dão suporte ao geral são:

- Selecionar as unidades de análise (DMUs);
- identificar as variáveis de insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*);
- verificar se a função de produção apresenta retornos constantes ou variáveis de escala;
- definir a sua orientação (insumo ou produto)

- identificar os resultados da eficiência técnica através da Análise Envoltória de Dados (escores de eficiência);
- Definir as empresas *benchmarks*, bem como os percentuais de melhorias.

1.4 JUSTIFICATIVAS

Este estudo tem sua justificativa dividida em três partes, relevância, contribuição e oportunidade.

1.4.1 Relevância

A relação produção e meio ambiente vem se tornando um aspecto relevante para as empresas. A preocupação vai além de impactos e danos negativos que possam causar no ambiente ou para a sociedade. As empresas necessitam demonstrar um bom desempenho ambiental, de tal forma que sejam consideradas eficientes e, conseqüente, proativas (CAMPOS, 2001). Para tanto, o gestor da empresa que atua no setor de meio ambiente com diversas variáveis e pessoas que influenciam sua decisão a respeito do que deve ser informado, precisa de métodos capazes de auxiliá-lo, de meios que permitam identificar, mensurar e gerenciar as informações ecológicas, cuja intenção é identificar e avaliar a pró-atividade, de acordo com Campos (2001).

Para Vellani (2007) ser eficiente ecologicamente significa ir além de gastos em educação ambiental ou investimentos em projetos de preservação de determinada área. Atitudes como essas são mais próximas de serem relacionadas com o *botton line* social. Existe uma dificuldade em classificar muitas dessas atividades, dificultando a análise dos custos ambientais (VELLANI; RIBEIRO, 2007). De acordo com Robles Júnior (2009) poucas são as empresas que conhecem seus custos ambientais. Os mesmos são mascarados por outros custos, com a carência de aplicação de algum método para sua identificação, complementa Fenker (2009).

Da mesma forma, a avaliação de desempenho com indicadores ambientais com base em metodologias estruturadas de avaliação ainda representa temas a serem amplamente trabalhados, conforme salienta Rafaeli (2009) em sua dissertação. O autor apresenta a metodologia da análise envoltória de dados para determinar a eficiência em dois tipos de aplicações diferentes, sendo uma de caráter sustentável, envolvendo variáveis ambientais dos países e a outra, no setor de aviação civil, com indicadores operacionais. No item

recomendações para pesquisas futuras o autor recomenda a aplicabilidade da sistemática proposta em empresas individuais de um mesmo setor, comparando-as.

São exemplos de estudos similares como de Rafaeli (2009), mas que objetivaram medir a eficiência entre países (HOLM; ENGLUND, 2009; RAFAELI, 2009), regiões de determinado país (COLI; NISSI; RAPPOSELLI, 2011; SHI; BI; WANG, 2010; ZHANG, B. et al., 2008), entre produtos (BARBA-GUTIÉRREZ; ADENSO-DÍAZ; LOZANO 2009), na indústria de determinado setor (BURNETT; HANSEN, 2008; MANDAL, 2010; MUKHERJEE, 2010).

Com base em pesquisas realizadas no banco de dados *EBSCOHost* e *Science Direct*, principais periódicos brasileiros de economia, administração e ciências contábeis, além de consultas às dissertações e teses disponíveis de algumas universidades brasileiras, conclui-se que existem raros estudos sobre eficiência ambiental. No setor de aviação civil não foram encontrados estudos com o enfoque em questão. Diante disso, é possível constatar que há carência de estudos com o objetivo de determinar a eficiência ambiental relativa entre unidades de empresas de um mesmo setor. Por isso, contribuições com o estudo são possíveis e, portanto, serão tratadas a seguir.

1.4.2 Contribuição

Para a academia, o estudo contribui no sentido de integrar a noção microeconômica de eficiência técnica com a questão ambiental e trazer novos conceitos no que concerne às medidas de desempenho ambientais, os indicadores de ecoeficiência. Além disso, mostra uma forma diferenciada de analisar os escores relativos de eficiência ambiental, através da metodologia DEA.

Esse estudo proporciona maior conhecimento do setor de aviação civil, bem como os principais impactantes ambientais do mesmo que, em forma de um único índice por unidade, relaciona os vários indicadores operacionais dos recursos usados, bem como os serviços gerados das operações de voo. Isso permite uma visualização global, a partir de informações específicas. Na prática, esses índices de eficiência podem servir de base para a criação de novas metodologias em complemento com o que já é medido e avaliado pela Agência Nacional de Aviação Civil, como a pontualidade e a regularidade. Além disso, contribui para que a Agência desenvolva procedimentos de análise voltados para o meio ambiente.

Esse estudo, de fato, assim como em Rafaeli (2009) contribui para uma sistemática de avaliação de desempenho ambiental relativo que pode ajudar a combater algumas das

dificuldades que as empresas encontram na tentativa de gerenciar as várias medidas ou indicadores ambientais. Adicionalmente, de acordo com Vellani (2007), por ser um tema multidisciplinar, conceitos de outras áreas do conhecimento, como microeconomia, podem colaborar na melhor análise dos processos e atividades ecológicas dentro de uma organização.

1.4.3 Oportunidade

De acordo com Durán e Puglia (2007) a realização da primeira Conferência das Nações Unidas, em Estocolmo no ano de 1972, contribuiu para que os empresários se conscientizassem dos danos que suas atividades podem causar ao meio ambiente, gerando discussões sobre o tema. No Brasil, antes e durante a década de 1970, os recursos naturais eram vistos como bens de livre acesso e sem valor econômico e social. Contudo, em 1990, após vinte anos, ocorreram pronunciamentos mais intensos com relação às responsabilidades ambientais, que passaram a ser uma necessidade de sobrevivência, imposta em leis, normas, livros, congressos internacionais (MAIMON, 1994).

Como exemplos brasileiros, é possível citar a Constituição Federal de 1988 que em seu art. 225 do Capítulo VI, impôs que todos devem ter o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e por isso, o dever de defendê-lo e preservá-lo às futuras gerações é coletivo, tanto do poder público como da sociedade (BRASIL, 1988). A Lei 9.605, de 12/02/1998, e o Decreto nº 3.179, de 21/09/1999, dispõem sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998, 1999).

Em caráter internacional, é possível citar a norma ISO 14000. Entre outros exemplos, na Espanha, a Resolução nº 6389 de 25 de março de 2002 do Instituto de Contabilidade e Auditoria de Contas (ICAC), que aprovou as normas para o reconhecimento, avaliação e informação de aspectos ambientais das contas anuais. Na Austrália, a norma para as indústrias extrativas (AASB 1022), que concerne sobre as provisões ambientais.

A pluralização da educação ambiental nas escolas e universidades tem ocasionado discussões de vasta abrangência. Conforme Eugénio (2010) o número de universidades com disciplinas sobre o assunto tem aumentado, bem como a publicação de livros. Existem congressos internacionais que se dedicam exclusivamente ao tema da investigação em contabilidade Social e Ambiental como o *International Congresson Social and Environmental Accounting Research* entre outros promovidos e apoiados pelo CSEAR. São realizadas

conferências com o apoio deste em países como Reino Unido, Espanha, Portugal, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Itália, Brasil, entre outros.

Entre as discussões e normas relativas ao tema ambiental, a nível internacional, surgiram na literatura novas teorias, a exemplo da legitimidade. De acordo com Boff (2007) as empresas obtêm aceitação no meio ao qual desempenham suas atividades, quando demonstram seus valores, crenças e regras de acordo com o ambiente da sociedade. As responsabilidades, ambiental e social, devem ser a base para a continuidade nos ganhos econômicos.

Durante a crise da empresa *British Petroleum*, com o derramamento de petróleo no Golfo do México, a sociedade poderia julgar duvidoso o direito de atuação da empresa pela falta de gestão de seus riscos ambientais (LAMBERTI; LETTIERI, 2011). Para Fenker (2009) fatores como esse, que acarretam no envolvimento da imagem da organização de forma negativa, precisam ser gerenciados. A adoção de práticas ambientais, como a análise da eficiência ambiental, pode contribuir na melhoria da imagem da empresa frente ao mercado, legitimando suas atividades, com a redução do risco com questões ambientais e, assim, ganhando mais clientes que apostam em empresas sustentáveis.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos.

No primeiro, apresenta-se uma introdução ao contexto da eficiência ambiental, os objetivos do estudo e suas justificativas.

O segundo capítulo compreende a revisão teórica sobre a questão ambiental, a sustentabilidade corporativa e as formas de gerir a relação meio ambiente e empresa. Posteriormente, são salientadas as principais definições sobre a eficiência ambiental, englobando conceitos sobre função de produção, indicadores de ecoeficiência, bem como alguns estudos relativos ao tema e ao setor de Aviação Civil.

No terceiro capítulo, apresentam-se as etapas para realização e conclusão da pesquisa, os procedimentos de tratamento a análise dos dados, além do método adotado para a condução do estudo, a análise envoltória de dados – DEA.

O quarto capítulo, por sua vez, é a etapa dos resultados, com as principais análises entre as unidades do setor de Aviação Comercial Civil com relação aos escores de eficiência encontrados. São relacionados com outros estudos que objetivam medir a eficiência

ambiental, bem como os que mediram a eficiência técnica nesse setor. Além disso, foram estimadas as quantidades de CO₂ das operações de voo das empresas durante o ano de 2010.

O quinto capítulo explana a conclusão da pesquisa, além de algumas sugestões de futuros trabalhos que possam vir a complementar este, bem como o tema em si.

1.6 DELIMITAÇÃO, LINHA E GRUPO DE PESQUISA

Neste trabalho procurou-se determinar a eficiência técnica ambiental, considerando as variáveis publicadas ou cujo acesso tenha sido permitido pela Agência Nacional de Aviação. Uma vez que dados de indicadores ambientais não são disponibilizados pela Agência, foram estimadas as quantidades de CO₂ das operações de voo das empresas, com base nas informações de consumo de combustível em litros.

O seu desenvolvimento foi possível à medida que foram realizadas diversas discussões sobre o tema, no Grupo de Pesquisa do orientador, Implementação e Controle Estratégicos, na linha de pesquisa Controle de Gestão do Programa de Pós-graduação em Ciências Contábeis da Universidade do Vale do Rio dos Sinos- UNISINOS/RS.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são tratados os temas nos quais esta dissertação se fundamenta. Estão contemplados, primeiramente, sobre a questão meio ambiente *versus* empresa. Após, expõe-se sobre gestão ambiental e suas evoluções e por fim, sobre eficiência ambiental. Nessa última etapa são apresentados conceitos microeconômicos de função de produção e eficiência, abordando estudos relacionados que tiveram o mesmo propósito deste, ou parecido.

2.1 A QUESTÃO AMBIENTAL

A educação ambiental e a conscientização ecológica parecem ser consensuais à sociedade, uma vez que certas ações foram origem de desastres ecológicos já registrados pela história. Para as empresas, ser sustentável pode representar uma oportunidade de prevenção contra restrições ao acesso de mercados internacionais. Ao contrário do que se pensava logo no início da Revolução Industrial, com as mudanças provenientes da era da qualidade a partir da década de 1970, a falta de preocupação com as exigências da legislação ambiental podem refletir perda de lucros, legitimidade ou até cessação das atividades produtivas (DONAIRE, 1996; MELVILLE, 2010).

Por isso, as empresas têm a necessidade de estabelecer um equilíbrio entre as questões ecológicas, sociais, culturais e econômicas, que resulte em um desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade corporativa está fundamentada em três pilares, a saber:

- a) Econômico: necessidade de garantir a suficiência do fluxo de caixa para assegurar a liquidez da organização;
- b) social: necessidade de agregar valor para as comunidades onde as empresas atuam. De acordo com Islam, Munasinghe e Clarke (2003) o pilar social fundamenta-se na busca da redução da vulnerabilidade e de manter os sistemas sociais e culturais fortalecidos;
- c) ambiental: usar recursos naturais, que devem ser consumidos em uma taxa abaixo de sua reprodução natural, ou em taxa menor que o desenvolvimento dos seus substitutos, e que esses recursos não causem emissões em taxa além da capacidade do sistema natural de absorvê-las e acumulá-las (BRUNI; GUERRIERO; PATITUCCI, 2011).

O conceito *Triple Bottom Line* relaciona as três dimensões da sustentabilidade formando um triângulo equilátero, propondo o equilíbrio entre os componentes social, ambiental e

econômico. A empresa se torna sustentável à medida que conseguir exercer suas atividades sem comprometer o meio ambiente e, concomitantemente, irá contribuir de forma positiva para a sociedade e para a economia do seu respectivo setor (ELKINGTON, 1998).

Para Cochran (2007) essa adequação à qual se remetem as empresas em quesitos ambientais e sociais, corroborando os preceitos de Elkington (1998) sobre *Triple Bottom Line*, pode servir para alavancar as possibilidades de lucro advindas de certa legitimidade perante os *stakeholders*¹. Vellani (2007) define como importantes o conhecimento dos três *bottom lines* para ser sustentável. Contudo, estudaram apenas a sustentabilidade ecológica. Ter um bom desempenho ambiental pode representar novos resultados. Ações que têm relação com o meio ambiente incorrem em gastos de controle pelas organizações com o intuito de manter certo equilíbrio entre o sistema empresa e os ecossistemas no ambiente, e por outro lado, proporcionam ganhos pela diminuição dos custos.

Investir no *bottom line* ambiental é um dos pilares para se chegar à sustentabilidade corporativa, e deve ser analisada pelos gestores com cautela. Vellani (2007) alerta da necessidade de ter o conhecimento das características das atividades que incorrem nos gastos ecológicos, para não serem confundidos com os sociais. Segundo Azar, Holmberg e Lindgren (1996) o pilar ambiental pode ser representado por quatro princípios básicos:

Primeiro princípio: a natureza não deve estar sujeita a concentrações crescentes de substâncias extraídas da crosta terrestre. Os materiais extraídos devem ser controlados para que as concentrações de metais, minerais e fumaça de combustíveis fósseis não se acumulem, provocando danos à saúde e aos ecossistemas.

Segundo princípio: a natureza não deve estar sujeita a concentrações crescentes de substâncias produzidas pela sociedade. Quando o homem produz substâncias químicas, remédios, plásticos, entre outros, precisa fazer de uma maneira e em quantidades que não interfiram no ciclo natural de decomposição na natureza.

Terceiro princípio: a natureza, por sua vez, não deve estar sujeita a degradação crescente por meios físicos. Não se deve plantar de maneira que o solo perca seus nutrientes ou espécies sejam extintas, assim como a construção de estradas e construções não deve interferir significativamente no meio ambiente. É preciso preservar os recursos existentes.

Quarto princípio: as necessidades humanas devem ser satisfeitas. É uma oportunidade das pessoas melhorarem as maneiras pelas quais se satisfazem e as empresas a atender aos anseios dos clientes usando o mínimo possível de recursos.

¹ Stakeholder para uma empresa pode ser qualquer grupo ou indivíduo que afetar ou é afetado pela realização dos objetivos da mesma (KAPLAN; NORTON, 1997).

Por outro lado, as empresas devem ter esforços, principalmente financeiros, para a melhoria da qualidade ambiental da região na qual desenvolvem suas atividades. As responsabilidades social e ambiental envolvem uma série de ações que potencialmente aumentam os custos das organizações. Estes, entretanto, devem ser gerenciados de forma a compensar com benefícios que possam ser economicamente sustentáveis (BECCHETTI; DI GIACOMO; PINNACCHIO, 2005). Dessa forma, é necessário usar métodos de gestão ambiental, que serão tratados na próxima seção.

2.2 A GESTÃO AMBIENTAL

A gestão ambiental é conceituada por Maimon (1999) como um conjunto de procedimentos para gerir ou administrar uma empresa, considerando aspectos do meio ambiente. É a forma que a empresa adota, interna e externamente, para chegar à qualidade ambiental. O objetivo é atender às imposições das legislações e normas no que concerne às várias fases de processos de produção, além de mantê-los e controlá-los, seja de forma reativa, preventiva ou proativa.

De acordo com Jabbour e Santos (2006), existem três estágios evolutivos da gestão ambiental. Esses estágios podem ser associados a outros formatos de evolução encontrados na literatura, como de Maimon (1994), Sanches (2000), Rohrich e Cunha (2004), Barbieri (2004), Corazza (2003) e Donaire (1994). Os primeiros autores propuseram para a literatura uma nova abordagem e de taxionomia comum, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Estágios evolutivos da gestão ambiental

Estágios da gestão ambiental	Características
Especialização funcional da dimensão ambiental	A variável ambiental não é considerada como de potencial estratégico. Neste estágio a área responsável pelo meio ambiente é instituída, e se emanam preocupações quanto às regras legais.
Integração interna da dimensão ambiental	As informações ambientais não agem em todas as áreas funcionais e, por isso, assumem forma a projetos específicos de determinadas divisões.
Integração externa da dimensão ambiental	A gestão ambiental é voltada a todas as áreas funcionais; serve de informações para determinar a estratégia empresarial, sendo assim, de forte impacto nas decisões.

Fonte: Jabbour e Santos (2006)

Tal delineamento da gestão ambiental pode ser entendido quando comparado aos próprios fatos históricos denotados por Maimon (1994), quando as empresas na década de

1980 passaram a adotar práticas reativas ao meio ambiente, justificado pela interação de fatores internos e externos ao ambiente empresarial na época. Essas medidas ambientais foram sendo incorporadas nas organizações e a interação das mesmas assumiria três formatos de aplicação, a saber:

- a) Sem maiores modificações na estrutura de produção e, conseqüentemente do produto, se adaptaria às legislações e exigências necessárias, contudo, inserindo alguma tecnologia para controlar as saídas que causam impactos negativos ao meio ambiente;
- b) com o intuito de prevenir as saídas negativas, e não mais controlá-las, querer-se-ia selecionar matérias-primas e desenvolver novos procedimentos. Ou seja, criar procedimentos para impedir as falhas ambientais externas, que atingem o consumidor.
- c) a terceira forma de gestão ambiental proposta por Maimon (1994) tem relação com a integração ao planejamento estratégico da empresa, na intenção de adotar uma posição proativa ambiental. Esta última, por sua característica, permite a proposta de classificação similar por Jabbour e Santos (2006), de integração externa da dimensão ambiental. A evolução da gestão ambiental na literatura pode ser observada em trabalhos de Campos e Selig (2002) que incorporam a dimensão ambiental no *Balanced Scorecard (BSC)*².

Demonstrar a evolução da gestão ambiental foi o principal objetivo do estudo de Jabbour e Santos (2006), que utilizaram conceitos de vários autores para dar maior razão à taxionomia comum sugerida. Entre outros autores, além dos citados por Jabbour e Santos (2006) vários estudos salientam sobre as fases e os tipos de investimentos em tecnologias ambientais, como em Hunt e Auster (1990), Vachon e Klassen (2007), entre outros.

Na prática, as informações sobre as pressões e impactos ambientais devem servir para determinar a estratégia da organização, com forte impacto nas decisões. Segundo Donaire (1996) e Molina-Azorín et al. (2009) as funções dos gestores devem respeitar, sobretudo, algumas atribuições:

- a) Planejar, organizar, dirigir e controlar a política de meio ambiente proposta pela alta administração;
- b) controlar as fontes poluentes, por meio de relatórios e visitas;

² Sistema de gestão com base em indicadores sob quatro perspectivas: financeira, dos clientes, dos processos internos e do aprendizado e crescimento (KAPLAN; NORTON, 1997).

- c) assessorar todas as unidades da empresa nos assuntos relacionados aos ambientais;
- d) acompanhar a execução das metas propostas;
- e) garantir a informação e a atualização tecnológicas em sua área;
- f) acompanhar as novas legislações;
- g) ter a responsabilidade pelo treinamento das pessoas;
- h) representar a empresa nos assuntos relacionados ao meio ambiente.

Dessa forma, corroborando Maimon (1999), para que haja o controle das pressões ambientais e os impactos negativos inerentes às operações das empresas, existe a necessidade de adotar procedimentos internos de gestão e, as pessoas devem ser aptas para o cumprimento destes. A adoção de práticas para avaliar o desempenho frente às legislações, riscos e custos ambientais, processos de produção, entre outros, vêm sendo aplicadas, algumas de forma obrigatória, para cumprir o que alguns órgãos públicos impõem. Por outro lado, existem organizações que agem voluntariamente e seus gastos passam a ser os de controle e prevenção, servindo de informações para se determinar a estratégia empresarial.

Entre as práticas de gestão ambiental destaca-se a auditoria ambiental. É um mecanismo sistemático que age como informante aos usuários de forma a evidenciar provas sobre anormalidades ecológicas e assume formato documental. Para a sua realização são adotadas diferentes técnicas para coletar as informações, como questionários, entrevistas, inspeções em documentos oportunos, entre outros (FEARING, 2008).

A partir da auditoria ambiental, muitas normas foram desenvolvidas a fim de regulamentar e definir os procedimentos ambientais das empresas, tais como (CAMPOS, 2001):

- a) O Programa de Atuação Responsável (*Responsible Care® Program*) é voluntário. Contudo, é um requisito exigido aos participantes do CMA (*Chemical Manufactures Association*). Surgiu no Canadá no ano de 1984, e pode ser entendido como uma forma de autorregulação, com princípios e códigos de condutas empresariais internacionais, disseminado em diversos outros países. No Brasil, é coordenado pela Associação Brasileira de Indústrias Químicas (ABIQUIM) e foi adotado em 1990;
- b) a BS 7750 - *Specifications for Environmental Management Systems* teve sua primeira edição publicada em março de 1992, entrando em vigor em janeiro de 1994. Essa norma enfatiza que a empresa deve estabelecer, bem como manter um sistema de gestão ambiental em conformidade com sua política ambiental. O

processo se inicia a partir da definição da mesma, passando pelo planejamento das ações, implantação e revisões. Toda revisão leva a um novo planejamento, a novas ações e, assim, a novas revisões, sendo um processo de melhoria contínua.

- c) o Sistema Europeu de Ecogestão e Auditorias (EMAS: *Eco-Management and Audit Scheme*), estabelecido pelo regulamento da Comissão da Comunidade Europeia nº 1836/93, definiu os critérios para certificações ambientais de processos industriais. A esses critérios foram incluídos, posteriormente: um sistema de gestão e de auditoria, padrões de desempenho, verificações por terceiros e declarações públicas após uma revisão ambiental inicial e conclusão de cada auditoria. A cada ano é publicado no Jornal Oficial da Comunidade Europeia uma lista de todas as indústrias registradas.

Segundo Campos (2001) essas normas foram as que mais contribuíram para o advento da norma ISO 14001, que tem sua metodologia com base no ciclo *Plan – Do – Check – Act*, ou PDCA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2004a). O advento da Gestão da Qualidade Total, inicialmente no Japão e posteriormente nos Estados Unidos, contribuiu para o surgimento de sistemas de gestão ambiental (SGA), cujo objetivo é engendrar estratégias empresariais com foco na qualidade dos processos internos e externos, permitindo a eliminação ou redução dos desperdícios. O SGA é uma extensão do SGQ, quando seus mecanismos proporcionam a melhoria no desempenho do negócio, com a menor utilização de fontes naturais (FLORIDA; DAVISON, 2001).

A Norma ISO 14001 especifica as principais exigências para o Sistema de Gerenciamento Ambiental - SGA. Nela, não são apresentados critérios específicos de desempenho ambiental, porém exige que a organização elabore sua política e tenha objetivos que levem em consideração os requerimentos legais e as informações referentes aos impactos ambientais mais significativos. O conjunto de normas ISO 14000 tem como principais temas: (1) Sistemas de Gestão ambiental (NBR ISO 14001; 14004); (2) Auditoria Ambiental (NBR ISO 14001; 14004); (3) Avaliação de Desempenho Ambiental (NBR ISO 14031); (4) Avaliação do Ciclo de Vida (NBR ISO 14040); (5) Rotulagem Ambiental (NBR ISO 14020).

A avaliação do ciclo de vida, segundo a ABNT (2004e), pode ser entendida como uma das práticas de gestão ambiental voltada a especificar indicadores em cada fase do ciclo de vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, produção, uso e disposição. Segundo Lindhqvist (2007) essa técnica passou a ser usada com maior frequência pelas empresas e pesquisadores a partir da década de 1990 e seu foco seria, além de avaliar os aspectos

ambientais durante a produção do produto, prática comum na indústria, também, gerir os impactos ambientais na distribuição, uso e gestão de resíduos.

Essa prática vem ganhando importância pelo tratamento e custos do descarte, tendo em vista a necessidade de reduzir impactos ambientais via atividades de reciclagem, depósito de resíduos ou mesmo aproveitamento para reuso. São exemplos trabalhos com esse enfoque: Franchetti (2011), Kourmoussis et al. (2011), Staikos e Rahimifard (2007), Vellani (2007) e Yilmaz, Dogru e Yetis (2011).

Os estudos recentes sobre gestão de resíduos devem-se a preocupações com os custos ambientais, dado que os mesmos são característicos de falhas internas e externas, podendo ocasionar danos irreversíveis tanto ao meio como para a imagem da organização. Segundo Gallon, Salamoni e Beuren (2008), a gestão de custos colabora para a geração de informações consistentes relativas ao quanto se vem perdendo ou deixando de ganhar com processos e atividades que degradam o meio ambiente. Em sua dissertação, Campos (1996) salienta sobre a dificuldade em se trabalhar os custos ambientais, por se tratarem de custos intangíveis. Também traz a ideia de classificação dos custos da qualidade ambiental (CQA), buscando separar as atividades existentes em preventivas, corretivas, de controle e de falhas.

Em sua dissertação, Fenker (2009) teve como objetivo identificar a relação entre os riscos ambientais e a gestão dos custos ambientais em empresas atuantes no Brasil. Sobre os custos ambientais constatou-se sobre a tendência de crescimento da intenção de adoção de práticas para geri-los, para aperfeiçoar os controles no futuro. Algumas empresas têm uma postura ambiental estratégica, relacionada à terceira fase de gestão ambiental de Jabbour e Santos (2006). A partir disso é possível esperar que no futuro seja mais comum observar na contabilidade denominações de custos econômicos, sociais e, acima disso, os ambientais.

No trabalho de dissertação de Vellani (2007) concluiu-se que é possível categorizar as ações ecológicas empresariais visando o fornecimento de informações econômico-financeiras sobre eventos relacionados à ecoeficiência do negócio. Destacou que a contabilidade da gestão ambiental deve gerenciar todas as ações ecológicas. Contudo, aquelas cujo potencial é de proporcionar ecoeficiência ao negócio merecem atenção especial por integrarem desempenho econômico e ecológico, contribuindo para a sustentabilidade da empresa.

A análise da ecoeficiência, abordada no trabalho de Vellani (2007), é o tema da seção 2.3 desta dissertação, pode ser interpretada como uma das práticas da gestão ambiental. Tem relação com a prática de avaliação de desempenho ambiental, definida pela ABNT (2004d), com o como um processo que permite decisões gerenciais sobre o desempenho ambiental de uma organização por meio da seleção de indicadores, coleta e análise de dados, avaliação de

informações de acordo com critérios de desempenho ambiental, divulgação, revisão e aperfeiçoamento desse processo.

2.3 A EFICIÊNCIA AMBIENTAL

Este tópico irá tratar de aspectos sobre a eficiência ambiental, uma das práticas da gestão ambiental. Faz-se necessário, para tanto, conceituar eficiência técnica e econômica, bem como função de produção.

2.3.1 O Conceito de Eficiência

Existem maneiras distintas de definir eficiência e variam de acordo com a área de conhecimento. Em administração, a eficiência tem relação à maneira pelo qual os recursos são utilizados (WOLFE, 2009). Significa fazer as coisas certas, solucionar problemas, entre outros, a de diminuir os custos, produzindo mais com menos recursos (DAHLSTROM; EKINS, 2005). Na área de economia, a eficiência pode ser definida como a relação técnica entre entradas e saídas (RODRIGUEZ-FERRERO; SALAS-VELASCO; SANCHEZ-MARTINEZ, 2010).

Nesse sentido, Farrell (1957) salienta que a combinação ótima dos insumos (*inputs*) no processo produtivo ao ponto que gerem o máximo de produto (*output*) é o que pode ser conceituado como eficiência. Assim, o objetivo de medição da eficiência passa a ser o de querer-se, a otimização da utilização dos recursos (FARRELL, 1957).

A eficiência é a relação existente entre o resultado obtido e os recursos consumidos para consegui-lo, diferente de eficácia. Segundo Vergés (2008), a última ocorre no momento em que os objetivos planejados são atingidos como resultado da atividade ou esforço. Assim, relacionando-as, a eficiência pode ser o caminho para atingir a eficácia.

De acordo com Vergés (2008) uma empresa necessita ser eficiente sob três aspectos:

- a) Custos, quando ocorre a produção de dada quantidade de produtos com o menor custo possível conforme sua estrutura;
- b) escala, quando produz e disponibiliza ao mercado de acordo com sua capacidade e estrutura;
- c) adaptação ao mercado, que é decorrente de se conseguir uma adaptação no que concerne à modificação e à modernização do produto ao longo dos anos que irão variar de acordo com as exigências do mercado.

Quanto à característica da medida de eficiência, pode ser classificada como técnica e econômica (alocativa). Na visão tecnológica, um método de produção será eficiente quando for utilizado o menor número de insumos possível para produzir um dado nível de produção, ou vice-versa, quando se obtém o maior nível de produção possível com uma dada quantidade de insumos. Por outro lado, do ponto de vista econômico, é possível dizer-se eficiente o método de produção quando o mesmo conseguir uma quantidade de produto igual ao de outro método e com menor custo. De forma análoga, quando com o mesmo custo se obtém um nível de produção maior (HAYNES; DINC, 2005; PEÑA, 2008).

De outra forma, Miller (1981) enfatiza que a eficiência pode ser representada pela relação entre insumo e produtos. Assumindo que a tecnologia muda com o tempo, e que pode apresentar formas inovadoras de tratamento aos insumos no processo de produção, crescem sempre as possibilidades de tecnologias a serem utilizadas pela empresa. Se uma inovação do processo permitir o menor uso de um ou mais insumos e ocorrer uma maior produção do produto com as mesmas quantidades de cada insumo, o novo processo é eficiente, e o velho tecnicamente ineficiente, em termos comparativos. Por outro lado, quando se usa menos de alguns insumos e mais de outros para produzir um nível de produto, não necessariamente o processo antigo é ineficiente. Pode ser recomendado que se use o antigo em algumas situações e o novo em outras (MILLER, 1981).

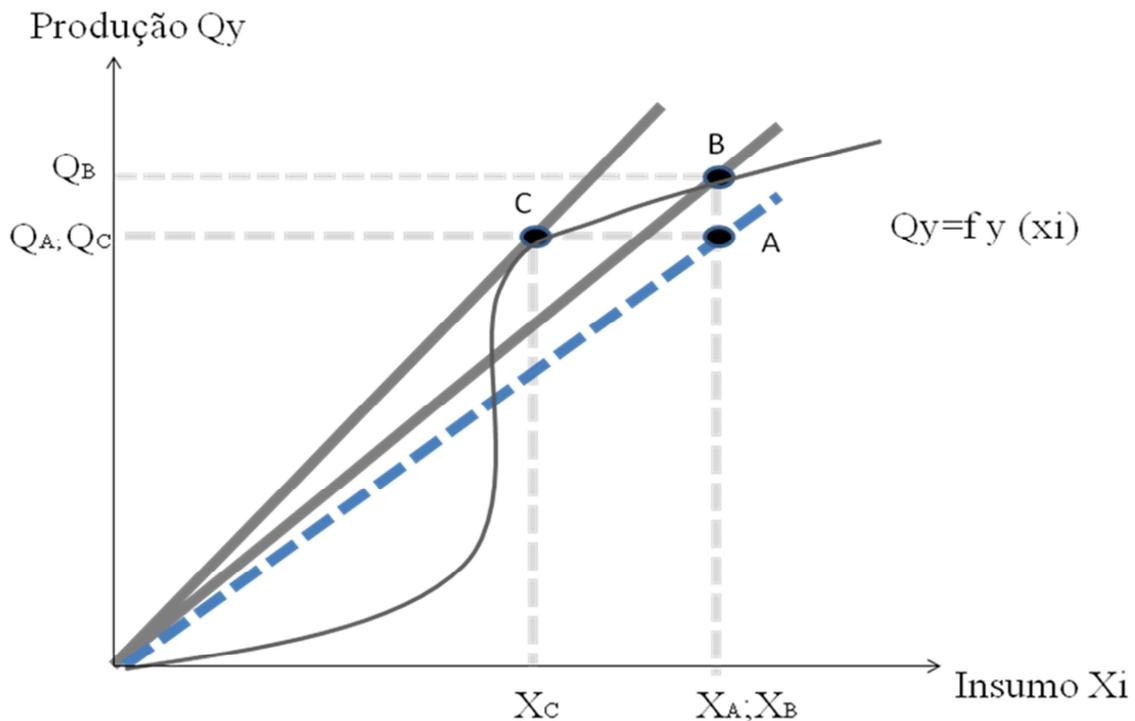
Segundo Miller (1981), em algumas situações, o processo a ser utilizado é encarado como uma escolha econômica, e não apenas técnica. Ou seja, independente do tipo de tecnologia existente no mercado, por muitas vezes pode não ser viável, em aspectos financeiros, a sua utilização pela empresa. Essa é a eficiência econômica, cujo objetivo é realizar a comparação entre o valor do produto e o valor dos insumos. Em aspectos práticos, se enseja uma relação favorável entre o valor em unidades monetárias do produto e o valor em unidades monetárias do recurso insumo.

Pelo formato que a eficiência econômica assume, pode-se entender que é uma extensão da eficiência técnica, pois envolve além dos aspectos físicos, os monetários (PEÑA, 2008). De outra forma, a eficiência técnica e a econômica se inter-relacionam (LEE, 1986). Contudo, uma organização pode ser tecnicamente eficiente e ineficiente em termos econômicos, uma vez que não usa a melhor combinação dos insumos que minimiza os custos. Para Barros e Perrigot (2008) a combinação de ambas as medidas, técnica e econômica, proporciona uma medida global de eficiência econômica total.

Segundo Mello et al. (2005) a eficiência tem relação com o conceito de produtividade. A última significa a razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir. Para se chegar à

medida de eficiência, é preciso comparar o que foi produzido com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Embora possuam significados diferentes (DAHLSTROM; EKINS, 2005), ambos se complementam, o que pode ser exemplificado quando, quer-se-á, o cálculo de escores de eficiências relativas de várias empresas de um mesmo setor (Gráfico 1) e quando uma se destacar pela eficiência, será por que tem maior produtividade (MELLO et al., 2005).

Gráfico 1 - Demonstração de unidades eficientes por meio da função de produção



Fonte: Mello et al. (2005)

Notas: Q: Quantidade produzida

X: Quantidade de insumo

Conforme pode ser observado no Gráfico 1, os pontos C e B sobre a função de produção são tecnicamente eficientes, pois representam o máximo de produção de Q_y , com a utilização do insumo X_i . Entre essas unidades, a C tem uma produtividade maior do que a B, uma vez que para produzir Q_B houve um aumento na quantidade de insumo, representado por CA. Esse aumento foi efetivamente maior do que o que foi gerado na produção, representado por AB. Assim, a produtividade média em C é maior que em B, dado que a produção marginal $AB/CA < 1$.

A unidade A é ineficiente, pois produz uma quantidade menor com a mesma quantidade de insumo, comparada à unidade B. Para essa unidade ineficiente, existiriam duas opções para que se tornasse eficiente, a saber (FERREIRA, C.; GOMES, 2009):

- Deslocar o ponto A para o ponto C, reduzindo a quantidade do insumo utilizado de X_A para X_C . Dessa forma, a produção permaneceria no mesmo patamar e pode ser denominada como orientada a insumo;
- deslocar o ponto A para o ponto B, aumentando a quantidade produzida de Q_A para Q_B . Assim, seria uma escolha orientada a produto, e por isso, é mantida a mesma quantidade do insumo X_A .

Desse modo, as medidas de eficiência podem assumir duas formas de comportamento:

a) Orientada a insumo, a qual se fundamenta pela redução dos insumos; b) orientada a produto, que é explicada com o aumento dos produtos. Quando orientada a insumo, de fato, deve-se, reduzir uma quantidade de insumos proporcional sem que haja uma mudança nas quantidades produzidas. Por outro lado, quando orientada a produto, é mantido o uso anterior de insumos, sendo constante, e mudam-se, as quantidades produzidas (FERREIRA, C.; GOMES, 2009).

Conforme pode ser visto no Gráfico 1, a interpretação da eficiência das unidades é realizada com base na função de produção (Equação 1). Por isso, a necessidade de entendimento da mesma se faz necessária.

$$Q_y = f_y(x_i) \quad (1)$$

2.3.2 Conceito de Função de Produção

A definição e a medida de eficiência derivam do conceito de função de produção. Essa função pode ser representada como a relação entre a quantidade física de fatores de produção ou insumos e a máxima quantidade física de bens e serviços produzidos, pressupondo o método de produção mais eficiente. De acordo com Miller (1981), pode ser representada pela Equação 2, o que significa que o produto é uma dada função dos insumos, capital e trabalho.

$$Q = f(K, L) \quad (2)$$

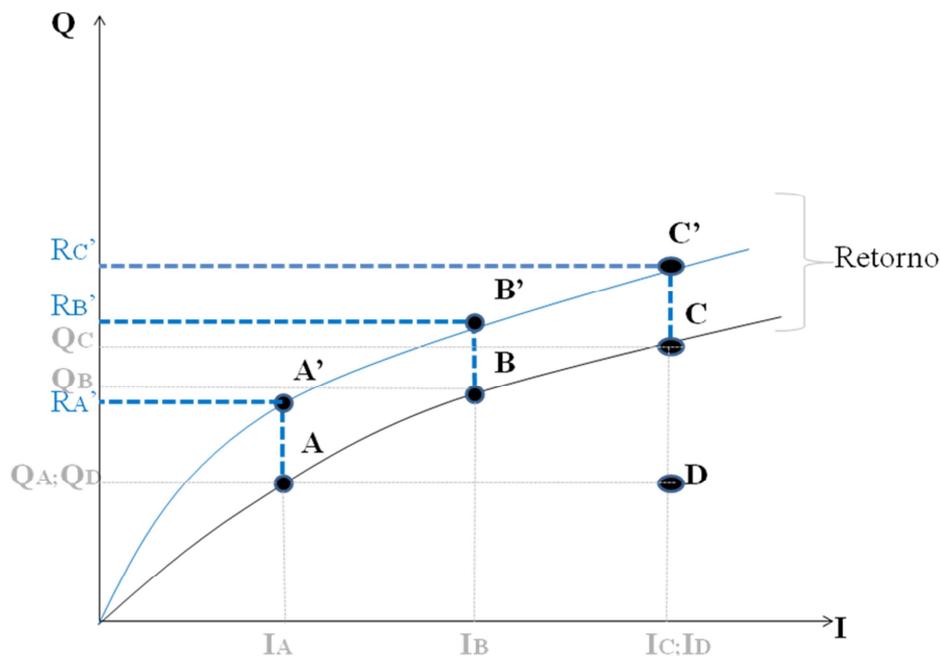
Para Besanko e Braeutigam (2004) a função de produção representa a relação entre produção e insumos, na qual Q é a quantidade produzida, L é a quantidade de mão de obra, K é a quantidade de capital empregada na produção e T representa o nível de tecnologia disponível.

$$Q = F(L, K, T) \quad (3)$$

Os insumos que são usados para a produção de determinado produto são chamados de fatores de produção. Esses são conhecidos como o conjunto de produção e indicam as

escolhas tecnológicas possíveis que a empresa se relaciona. Podem ser classificadas em amplas categorias, a saber: terra, trabalho, capital e matérias-primas. O capital, para essa finalidade, geralmente são as máquinas utilizadas, dos mais variados tipos. Deve existir uma distinção no que concerne ao dinheiro usado para iniciar ou manter o negócio, podendo ser denominado de capital financeiro e os fatores de produção de capital físico. A fronteira do conjunto de produção (primeira fronteira do Gráfico 2) pode ser representada pela função de produção, que descreve a maior quantidade de produto obtida a partir de uma dada quantidade de insumos.

Gráfico 2 - Fronteira do conjunto de produção e os retornos de escala



Fonte: Elaborada pela autora, com base em Besanko e Braeutigam (2004) e Miller (1981).

Notas: Q: Quantidade produzida

I: Quantidade de insumo

R: Rendimento de escala

Conforme o Gráfico 2, as empresas A, B, e C são eficientes tecnicamente. E a empresa D é ineficiente, pois não se encontra na fronteira de eficiência. Para essa unidade se tornar eficiente, deve produzir a mesma quantidade de produto que a unidade C, dado que a quantidade de insumos é a mesma para ambas.

Na prática, por exemplo, quando a análise é feita com apenas um insumo e um produto (Gráfico 2), é possível dizer que certo ponto no conjunto de produção (A, B, C, ou D) significa que é tecnologicamente viável produzir uma quantidade Q de produto com a utilização de uma quantidade I de insumo. Da mesma forma, o conceito de função de produção se aplica quando o objetivo é usar vários insumos. Portanto, quando existe o uso de

dois insumos ou mais, essas relações de produção podem ser descritas por outra forma: a isoquanta (VARIAN, 2006)

Uma isoquanta assume forma de curva e, os vários pontos adjacentes indicam todas as combinações dos fatores produtivos, que geram o mesmo nível de produção, conforme a tecnologia (FARRELL, 1957). Pode-se entender, então, que é uma linha ou fronteira na qual os vários pontos representam as combinações dos fatores que elaboram a mesma quantidade de produto.

Uma vez que se queira diminuir o uso de um fator, tem-se, a necessidade de usar mais de outro fator, quando o que se quer é a medida exata para se produzir a mesma quantidade de produto ora produzido. A relação descrita é denominada de taxa técnica de substituição (TTS) e mede justamente a troca nas quantidades, maiores ou menores, de um insumo por outro para manter constante a produção (FARRELL, 1957).

De fato, o produto varia de acordo com a escala de produção. Por isso, os rendimentos de escala (A', B' e C') definem a forma com que a quantidade produzida aumenta quando as quantidades dos fatores de produção forem aumentadas (DIEWERT; FOX, 2010). Os retornos de escala podem assumir três formas diferentes: (a) Retornos constantes de escala; (b) retornos crescentes de escala (Gráfico 2); (c) retornos decrescentes de escala.

De acordo com Besanko e Braeutigam (2004) quando se tem retornos crescentes de escala, o aumento proporcional nas quantidades de todos os fatores de produção ocasiona em aumento mais que proporcional na produção. Nos retornos constantes de escala, o aumento proporcional nas quantidades de todos os fatores de produção acarreta ao aumento exato proporcional na produção. Nos retornos decrescentes de escala, o aumento nas quantidades de todos os fatores de produção resulta em aumento menos que proporcional na produção. Os autores Besanko e Braeutigam (2004) destacam que os retornos de escala são importantes para saber se a empresa está operando de forma eficiente com relação a sua capacidade, que é decorrente a opção estratégica da empresa para competir (PORTER, 1989), a qual origina a configuração dos determinantes de custos.

A análise de determinantes de custos é um dos três temas-chave da Gestão Estratégica de Custos. Dentre os determinantes de custos existem os estruturais, que refletem as opções estratégicas primárias da empresa. São exemplos: a tecnologia, a economia de escala, o modelo de gestão, a estrutura de capitais, o grau de verticalização, a experiência e o escopo. Por outro lado, os operacionais dependem da capacidade de execução da empresa. São exemplos: o grau de utilização da capacidade, a consistência da configuração, a qualidade, o

comprometimento, a relação na cadeia de valor, a capacidade de aprendizagem e competências e habilidades (SHANK, 1989).

O conceito de eficiência tem relação com um dos determinantes operacionais da GEC, o grau de utilização da capacidade, que corresponde ao volume de produção. É um determinante da eficiência (GUMBAU-ALBERT; MAUDOS, 2002). A capacidade máxima de utilização pode ser calculada, obtendo a quantidade eficiente de recursos utilizados nos processos de produção em relação aos recursos disponíveis. Expressa em porcentagem como:

$$\% \text{ Utilização} = (\text{Recursos utilizados} / \text{recursos disponíveis}) * 100 \quad (4)$$

O uso eficiente dos recursos proporciona o máximo de produção. É preciso avaliar o que foi produzido com o que poderia ter sido, com base na capacidade máxima de fatores de produção. No setor da aviação civil, o uso eficiente dos recursos acontece quando, por exemplo, existe um ganho de passageiros pagos em função da melhor combinação de insumos. Por exemplo, quanto menos funcionários operarem em voo, maior pode ser a capacidade de pessoas e carga pagas em função do peso.

Sob o aspecto ambiental é possível obter eficiência quando o menor consumo de recursos proporciona, além de lucro, menor impacto ao meio ambiente, conforme tratado a seguir.

2.3.3 Eficiência Ambiental

O investimento das empresas em inovações e tecnologias proativas no quesito ambiental, de modo que se possa trazer um valor econômico ao produto, é uma forma de ser ecoeficiente. Contudo, melhorar o desempenho ambiental ao ponto de ser considerado eficiente, não necessariamente garante a sustentabilidade (BRUNI; GUERRIERO; PATITUCCI, 2011; HAHN et al., 2010; PICAZO-TADEO; GÓMEZ-LIMÓN; REIG-MARTÍNEZ, 2010).

Muitas organizações preocupadas com o desempenho ambiental, como o *World Business Council for Sustainable Development (WBCS)*, têm conceituado a ecoeficiência, conforme Quadro 2 (CÔTE; BOOTH; LOUIS, 2006):

Quadro 2 - Conceitos de ecoeficiência

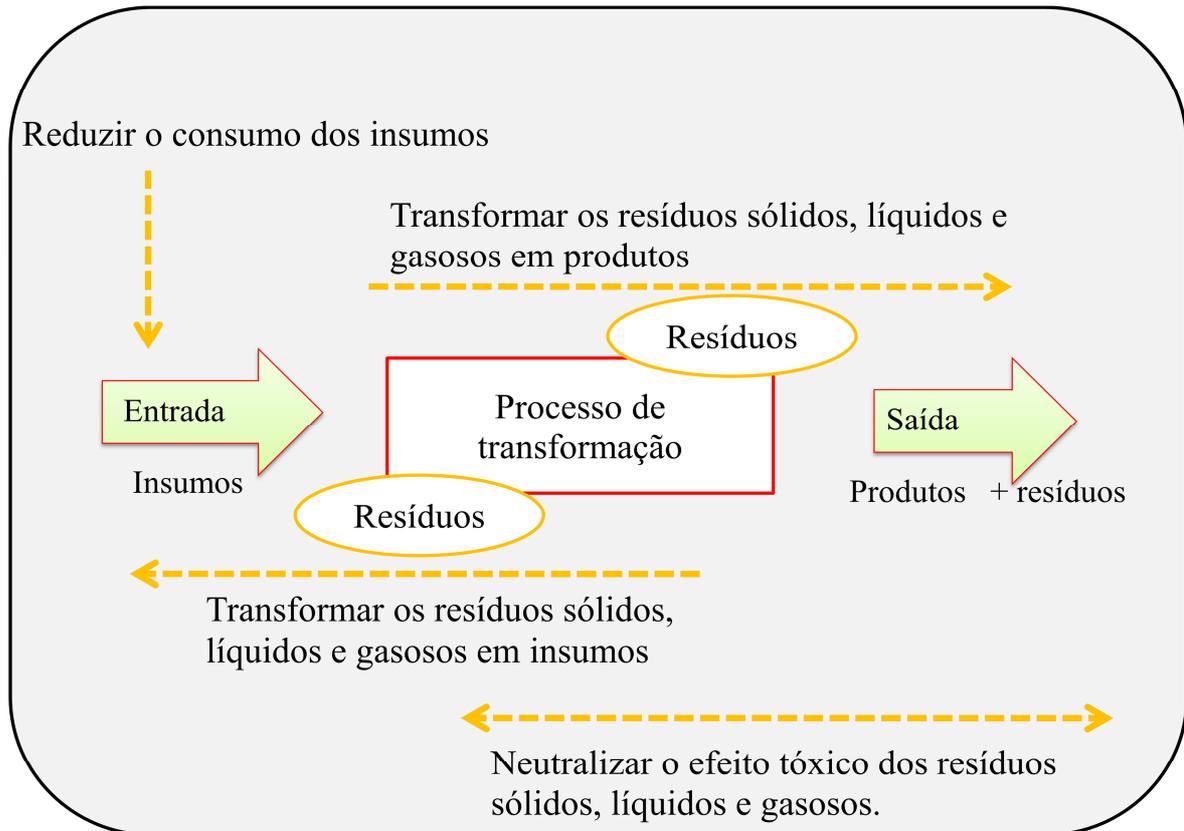
Organização	Definição
<i>World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)</i>	Conseguir mais valor com menos inputs de materiais e energia e com emissões reduzidas
<i>Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)</i>	A eficiência com a qual recursos ecológicos são usados para suprir as necessidades humanas
<i>European Environment Agency</i>	Produzir mais bem-estar com menos recursos naturais.
<i>UK Envirowise Program</i>	Maximizar o output de produtos e serviços de um dado nível de materiais e energia (também referido como eficiência de recursos)
<i>Industry Canada</i>	A arte de fazer mais com menos, minimizando custos e maximizando valores.
<i>Atlantic Canada Opportunities Agency (ACOA)</i>	Criar produtos e serviços de qualidade reduzindo o uso de recursos, desperdício e poluição durante todo o processo de valorização.
<i>Australia Environmental Protection Agency</i>	Indo além da utilização de recursos e prevenção da poluição, aumentando o valor dos bens e serviços, proporcionando competitividade as empresas.
<i>BASF Corporation</i>	Utilizando a menor quantidade de materiais e energia possível para a produção de nossos produtos, mantendo as emissões o mais baixo possível e ajudando nossos clientes a preservar recursos
<i>Environmental Finance Group e International Finance Corporation</i>	Aumentar a sustentabilidade da utilização dos recursos através de métodos de produção mais eficientes

Fonte: Côte, Booth e Louis (2006).

Uma empresa é eficiente ambientalmente quando utiliza a menor quantidade de insumos ou recursos naturais para produzir seus produtos, de forma que não agrida o meio ambiente com as emissões e resíduos gerados (DAHLSTROM; EKINS, 2005). Assim, combina o desempenho econômico com o ecológico, quando o melhor uso das entradas e saídas durante o processo de fabricação proporciona a redução dos custos ambientais. De acordo com Burnett e Hansen (2008) uma vez que são utilizados menos insumos e reduzida a poluição, é possível diminuir os custos e alavancar o desempenho financeiro.

Com relação ao sistema de produção, as empresas devem engendrar algumas estratégias quanto ao gerenciamento das entradas, saídas e saídas não produtos (VELLANI; RIBEIRO, 2006), conforme Figura 1.

Figura 1- O sistema empresa ecoeficiente



Fonte: Adaptado de Vellani e Ribeiro (2006)

Com relação à Figura 1, uma empresa preocupada com as suas ações ambientais deve:

- (1) Reduzir os insumos, determinando práticas e tecnologias de tal forma que se diminua o uso de fontes ou recursos naturais;
- (2) transformar resíduo em insumos: reutilizar de forma interna os resíduos como sendo matéria-prima a outro processo produtivo. São exemplos: o reaproveitamento da água residual, a recirculação da água, o uso do metano para geração de energia, entre outros;
- (3) transformar resíduos em produtos: através da reciclagem e recuperação, pode-se aproveitar os resíduos e transformá-los em outros produtos para serem vendidos ou doados gerando, assim, receita ao invés de desperdício;
- (4) neutralizar o efeito tóxico dos resíduos: por meio do processo de recuperação de áreas degradadas, instalação de estação de tratamento de efluentes, entre outros, é possível controlar as toxinas emitidas do processo de fabricação.

Para uma empresa alcançar o equilíbrio em sustentabilidade corporativa, no que concerne ao aspecto ambiental, precisa atender a sete dimensões de ecoeficiência, aplicáveis

em todas as empresas que forneçam produtos e serviços, processos ou qualquer outra ação que tenha relação com meio ambiente, direta ou indiretamente. Esses objetivos ou elementos-chave da eficiência ambiental, identificados pelo World Business Council on Sustainable Development - WBCSD (2000) são: (a) Reduzir a intensidade do consumo de materiais em produtos e serviços; (b) reduzir a intensidade do consumo de energia em produtos e serviços; (c) reduzir a dispersão de compostos tóxicos; (d) promover a reciclagem; (e) maximizar o uso de recursos renováveis; (f) estender a durabilidade dos produtos; (g) aumentar a intensidade de serviços.

São esses os objetivos que devem ser seguidos não apenas por empresas que buscam ser ecoeficientes, mas por vários segmentos da sociedade. Destacam-se alguns agentes-chave considerados pelo WBCSD (2000) como pertencentes desse processo de mudança e conscientização ambiental, a saber:

- (1) Líderes de governo e de trabalhadores: a) Estabelecer objetivos associados à macroeconomia que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável; b) integrar políticas públicas que visem à ecoeficiência, por exemplo, tornando mais efetivas as taxas para as empresas ambientalmente inadequadas; c) estimular os acordos, as políticas internacionais, os sistemas financeiros, visando à otimização no uso de recursos naturais e à minimização das emissões.
- (2) Líderes da sociedade civil e de associação de consumidores: a) Estimular os consumidores a escolher produtos e serviços que sejam produzidos de forma sustentável e ecoeficiente; b) proporcionar suporte a medidas políticas que visem privilegiar a ecoeficiência;
- (3) Educadores: a) Incluir os conceitos de sustentabilidade e ecoeficiência nas escolas e nas universidades, com a criação de disciplinas e projetos na área;
- (4) Investidores e analistas de mercado: a) Reconhecer e estimular a sustentabilidade e a ecoeficiência por meio de critérios específicos de financiamento; b) ajudar a divulgar as empresas que se destacam pelo seu desempenho ambiental; c) promover o desenvolvimento de métodos que permitam a avaliação de sustentabilidade visando a sua disseminação no mercado financeiro;
- (5) Líderes de negócios: a) Integrar a ecoeficiência nas suas estratégias de negócios (parte operacional, inovação de produtos e marketing); b) divulgar de forma transparente os resultados relativos à sustentabilidade e à ecoeficiência da empresa para as partes interessadas; c) estabelecer políticas que visem premiar e estimular atitudes “verdes”.

O segmento social dos negócios é um subsistema do sistema social e existe porque a sociedade a considera legítima (EUGÉNIO, 2010). Ora, uma empresa tem a necessidade de ser ecoeficiente, indo além dos aspectos econômicos, para demonstrar aos *stakeholders* que seus processos de produção não estão ocasionando impacto ambiental negativo para o ambiente.

De certa forma, é possível analisar a empresa como um sistema que interage com o meio ambiente, averiguando quais são os recursos ambientais utilizados no processo de produção, bem como os produtos e os resíduos resultantes do mesmo. Contudo, a empresa precisa integrar as questões ambientais com as estratégicas, criando indicadores de desempenho ecológicos, entre eles, os de ecoeficiência.

2.3.4 Indicadores de Ecoeficiência

A medida de eficiência ambiental pode ser realizada com base em um conjunto de indicadores (DAHLSTROM; EKINS, 2005), criados e utilizados de acordo com a atividade empresarial. O controle dos mesmos determina um posicionamento em relação à pressão ou aos impactos gerados pelos fatores de produção e, a partir disso, podem-se perceber os insumos que devem ser minimizados para além de maximizar a produção, diminuir as saídas negativas, como os poluentes e resíduos. Ou seja, informam se a organização está sendo eficiente no uso dos recursos naturais disponíveis e, da mesma forma, com os resíduos gerados.

Os indicadores ambientais representam medidas numéricas, podendo ser demonstrados tanto em valores monetários como em valores absolutos de quantidade ou consumo, e fornecem informações essenciais sobre o impacto e pressão ambiental que as atividades da empresa fornecem ao meio ambiente (ILINITCH; SODERSTROM; THOMAS, 1998; OLSTHOORN et al., 2001).

Isso evidencia a necessidade da utilização de indicadores que forneçam informações de diferentes dimensões e setores e, sobretudo, devem ser úteis para auxiliar a busca por soluções e políticas de correções. Assim, essas medidas devem suprir algumas demandas empresariais, tais como (OLSTHOORN et al., 2001):

- a) Transmitir informações sobre esforços para reduzir a pressão e o impacto ambiental pela empresa, intenção esta de se responder aos princípios que regem a empresa sustentável, para assegurar a continuidade no longo prazo;

- b) testar a conformidade ambiental da empresa com base nos preceitos da qualidade, aplicando-se, concomitantemente, técnicas como *benchmarking*, por exemplo, como forma de analisar o ambiente externo e identificar novas oportunidades de mercado. Não obstante, Rafaeli (2009) salienta que a técnica de *benchmarking* pode ser adotada como forma de análise interna empresarial pelos vários setores ou unidades;
- c) servir de informação do desempenho às partes interessadas, entre eles os acionistas, às autoridades e aos consumidores. De acordo com Burnett e Hansen (2008), demonstrar melhorias ambientais pode ser visto pela comunidade financeira como uma forma de reduzir o risco global da empresa, resultando na redução de custo de capital e potencializando o preço das ações;
- d) além do controle gerencial, quando se escolher a adoção de um indicador, é necessário verificar sua informação em aspectos contábeis, nos relatórios adequados nos conformes legais. Devem indicar os passivos ambientais que podem afetar o desempenho financeiro e econômico da organização, o que permitirá comunicar o esforço da empresa para a melhoria do meio ambiente aos usuários internos e externos (VELLANI; RIBEIRO, 2009).

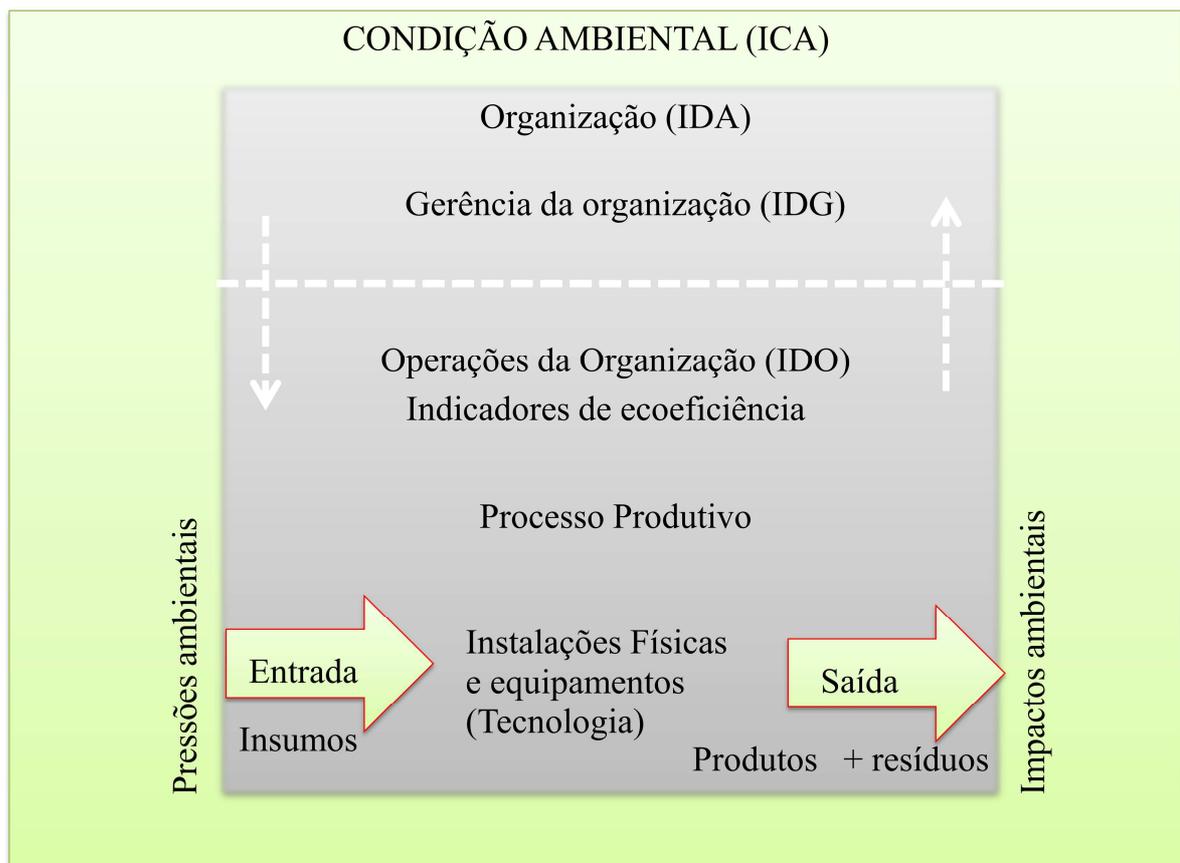
De acordo com Henri e Journeault (2008) os indicadores ambientais devem contribuir com a estratégia da empresa, servir de suporte para manter a conformidade ambiental, além de contribuir com os sistemas de informação ambiental e contábil gerencial. A ABNT (2004d) descreve duas categorias gerais de indicadores de desempenho que podem ser considerados na condução de avaliação de desempenho ambiental: indicador de condição ambiental (ICA) e o indicador de desempenho ambiental (IDA). O último é classificado em dois tipos: indicador de desempenho gerencial e operacional (Figura 2).

Os indicadores de condição ambiental (ICA) são definidos como expressões específicas sobre a situação local, regional, nacional ou global do meio ambiente. São exemplos: os indicadores de sustentabilidade, a eco-toxicidade, a demanda biológica de oxigênio, entre outros. Entre os indicadores de desempenho ambiental estão os de desempenho gerencial (IDG), que fornecem informações sobre os esforços da administração para influenciar o desempenho ambiental de uma organização. Quatro subcategorias são identificadas: a) A implementação de políticas e programas; b) a conformidade das ações com as exigências ou expectativas; c) relações com a comunidade; d) o desempenho financeiro relacionado com o meio ambiente.

Os indicadores de desempenho operacional (IDO) fornecem informações sobre o desempenho ambiental das operações de uma organização. Eles incluem: a) Entrada de materiais, energia e serviços; b) operação de instalações, equipamentos e logística; c) a saída de produtos, serviços, resíduos e emissões.

Esses indicadores operacionais da norma ISO 14031 podem ser denominados também como de ecoeficiência. Segundo Vellani (2007), para que um negócio seja eficiente é necessário que as ações ecológicas estejam voltadas no processo de transformação do produto, seja por meio da diminuição do uso de insumos, seja pela diminuição dos resíduos emitidos pela própria empresa. Por isso, indicadores de ecoeficiência são todos os relacionados a insumos na entrada do processo de fabricação, e os de impacto ambiental, na saída, como os resíduos, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 - Sistema meio ambiente versus empresa

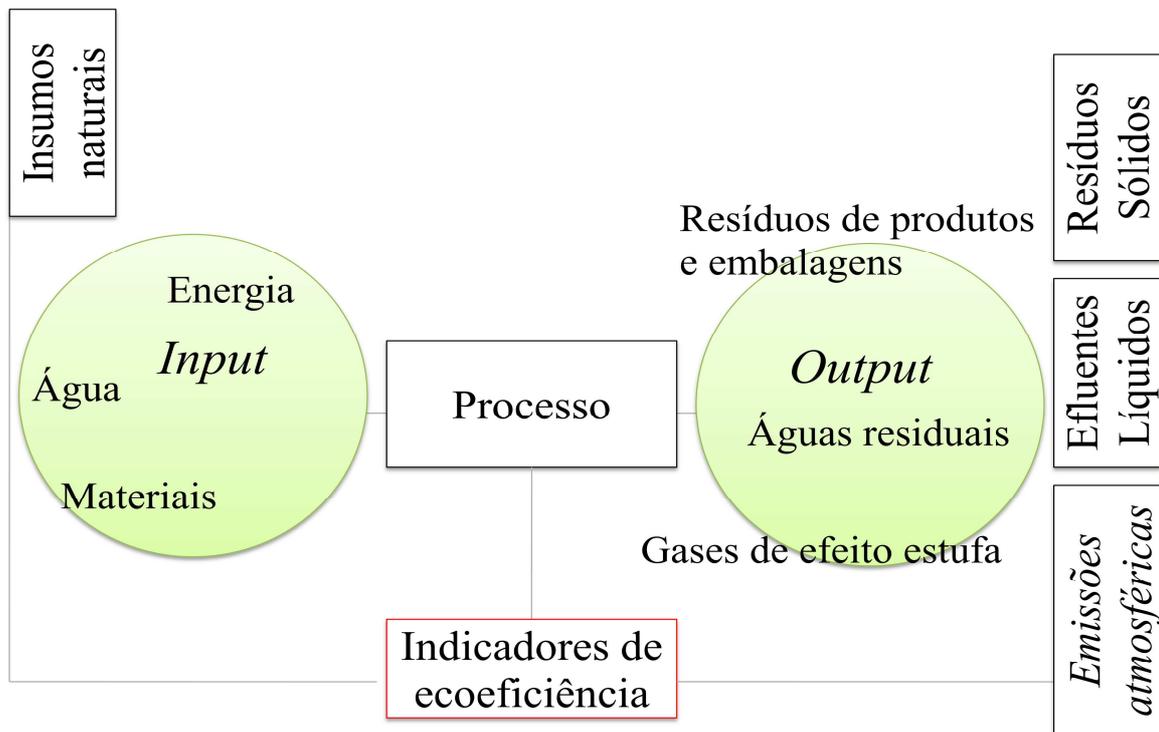


Fonte: Elaborada pela autora, com base na norma ISO 14031 (ABNT, 2004d).

Classificar indicadores de ecoeficiência é importante, pois a quantidade de ações ambientais dentro de uma organização é ampla. Por isso, é necessário utilizar um número reduzido de indicadores que forneçam as informações úteis ao que se objetiva avaliar (HENRI; JOURNEAULT, 2008). Singh, Goodyer e Popplewell (2007) discutem um

*framework*³ para lidar com a variedade de características de produtos e os diversos impactos ambientais com base na seleção de indicadores de desempenho ambientais e na avaliação dos mesmos. Os autores salientam que as mudanças no *design* do produto ou processo podem acarretar em impacto positivo ou negativo no meio ambiente, devendo ser tratadas. Devido a essa característica, os indicadores são denominados como de desempenho ambiental do produto, sendo tratados na presente dissertação por indicadores de ecoeficiência (Figura 3). Para Vellani (2007), as ações ou investimentos ambientais internos, ou seja, que ocorrem durante o processamento de seus produtos e serviços podem maximizar a ecoeficiência. Por isso, todo indicador operacional e ambiental pode ser considerado também medidor da ecoeficiência.

Figura 3 - Indicadores de ecoeficiência



Fonte: Elaborada pela autora, com base em Singh, Goodyer e Popplewell (2007).

Essa classificação da norma ISO está sendo evidenciada em vários estudos com destaque aos indicadores de ecoeficiência, a exemplos de Henri e Journeault (2008), Singh, Goodyer e Popplewell (2007) e Vellani e Ribeiro (2009). Nesse último estudo, os autores analisam a variável ação ecológica empresarial. Com a identificação e análise de 608 ações

³ Singh, Goodyer e Popplewell (2007) referem-se a um modelo de indicadores de desempenho ambiental, de entrada do processo de produção e saída, sendo que os mesmos devem ser mensurados por produto.

ecológicas empresariais, com base em três fontes de pesquisa: GEBCC⁴, BA⁵ e Relatório Anual 2005 ISE 2005⁶, conseguiram enquadramento para estas ações em duas categorias: a) Ações ecológicas que atuam sobre os resíduos emitidos pela própria empresa durante o processamento de seus produtos e serviços que podem aumentar a ecoeficiência do negócio e agir em quatro direções durante o processo produtivo (Quadro 3); b) ações ecológicas que atuam sobre outros elementos não relacionados com os resíduos emitidos pela empresa durante o processamento de seus produtos e serviços. O último não contribui para ecoeficiência do negócio, mas para o desenvolvimento sustentável de forma geral, tendo relação com os indicadores de condição ambiental (ICA) da norma ISO 14031.

Quadro 3 - Ações ecológicas

Direções	Finalidades da ação ecológica	Exemplos de Ações ecológicas
I	Substituir insumos não renováveis por renováveis, reciclados ou retirados de forma ecológica e reduzir o uso de insumo	Estimulação da compra de insumos retirados de forma ecológica; utilização de materiais de fontes renováveis.
II	Transformar resíduos em insumos	Utilização de resíduos para a geração de energia para suprir suas próprias necessidades, como resíduo (gasoso) em insumo (energia); recirculação da água: tecnologias inovadoras;
III	Transformar resíduos em produtos	Atuação sobre o resíduo para criar valor e fazer do lixo um produto com valor de mercado.
IV	Reduzir a emissão de resíduos, cumprirem responsabilidades contratuais, neutralizarem o efeito tóxico do resíduo e coletarem de forma seletiva o lixo.	Gerenciamento dos resíduos que não têm condições de reaproveitamento como insumos ou vendidos como produtos.

Fonte: Vellani e Ribeiro (2009).

Do total de 608 ações ecológicas empresariais estudadas por Vellani e Ribeiro (2009), 158 (25,99%) atuam sobre os resíduos emitidos pela própria empresa durante o processamento de seus serviços. Pode-se afirmar que dentre as quatro finalidades, as que aparecem com maior frequência são: transformar resíduos em produtos (20,25%); neutralizar o efeito tóxico dos detritos (17,1%); responsabilidade contratual (18,82%) e transformar resíduos em insumos (14,56%). Em relação às direções, 47,47% das ações ecológicas empresariais estão voltadas para IV; 20,25% na III; 17,72% na I e 14,55% na II. Uma das expectativas desse trabalho era de que as empresas mantivessem um número maior de ações ecológicas com potencial para aumentar ecoeficiência do negócio. Todavia, os resultados demonstraram outra realidade, uma vez que existiram muito mais ações (450) que atuam

⁴ Guia Exame de Boa Cidadania Corporativa produzido pela revista Exame

⁵ Prêmio Benchmarking ambiental elaborado pela empresa Mais Projetos Corporativos

⁶ Índice de sustentabilidade ambiental da BOVESPA

sobre elementos não relacionados com os emitidos pela organização durante o processamento de seus produtos e serviços.

Assim como Vellani e Ribeiro (2009) procuraram demonstrar o grau de uso das atividades que permitem maximizar a eficiência ambiental pelas empresas, outros estudos têm o objetivo de determinar a eficiência ambiental, seja entre países, seja entre empresas, conforme item 2.3.5.

2.3.5 Insumos (*Inputs*) e Produtos (*Outputs*) na Determinação da Eficiência Ambiental

O objetivo do estudo de Zhang, B. et al. (2008) foi desenvolver e selecionar indicadores apropriados a um modelo DEA para a análise da ecoeficiência regional na China. Dentre os insumos selecionados para a pesquisa pode-se destacar: recursos hídricos (água), recursos brutos de mineração e energia. Para a parte de impactos ambientais, foram escolhidos os seguintes indicadores: resíduos, COD, nitrogênio, SO₂, fuligem, poeira e resíduos sólidos. Quanto à parte de valor econômico, foram selecionados dados referentes aos valores adicionados de indústrias, que representaram o valor dos produtos e serviços.

Com o objetivo de sugerir uma metodologia para avaliar o desempenho com base na análise envoltória de dados, Rafaeli (2009) aplicou a sistemática em dois estudos de caso. No primeiro, avaliou o grau de sustentabilidade em 76 países nas perspectivas social, econômica e ambiental, resultando na proposição de um indicador consolidado, o Grau de Sustentabilidade Nacional, ou GSN. No outro caso, estudou as companhias de transporte aéreo de passageiros e identificou as unidades operacionalmente mais eficientes de acordo com seu porte de operação, resultando na identificação de uma influência quanto à origem geográfica das companhias sobre o desempenho apresentado. Essas aplicações demonstram a potencialidade de uso da DEA para a avaliação do desempenho sob uma perspectiva multicriterial em cenários distintos.

Na primeira aplicação, Rafaeli (2009) avaliou o grau de sustentabilidade das nações com a utilização de 20 variáveis ou indicadores de desempenho. Os mesmos foram agrupados segundo quatro perspectivas: 1) Saúde; 2) qualidade de vida; 3) econômica; 4) ambiental. Na perspectiva ambiental, foram utilizados como insumos (diretos): a) Consumo de energia elétrica, per capita, em KWh; b) consumo de energia, per capita, em kg equivalentes de petróleo; c) participação do petróleo como fonte primária de energia, em %; d) quantidade de água potável removida das fontes disponíveis para uso com qualquer finalidade (doméstica, industrial ou agrícola), per capita, em m³. Como produto (inverso) foi utilizado o indicador de

emissão per capita de dióxido de carbono (CO₂), em toneladas. A segunda aplicação de Rafaeli (2009) está mais relacionada com o tema da presente dissertação, contudo nessa seção são tratados os estudos voltados à questão ambiental e, posteriormente, no 2.3.6 estudos sobre aviação civil.

No estudo de Barba-Gutiérrez, Adenso-Díaz e Lozano (2009) tiveram como objetivo avaliar a eficiência ambiental de nove eletrodomésticos, com o uso da metodologia análise envoltória de dados. Adotaram o preço de varejo como única saída. São utilizados vários impactos ambientais e, entre eles, três categorias foram criadas, como a saúde humana, qualidade dos ecossistemas e recursos (plástico, papel, aço, PVC, entre outros). O objetivo foi de maximizar a soma das reduções sobre essas três categorias, medidas em termos absolutos, em *ecopoints*. Apenas três dos nove produtos foram considerados ecoeficientes, entre eles, o telefone celular, o computador de mesa e o aspirador de pó. Os autores salientam que criar um *design* leve para os produtos, concordando com o estudo de Singh, Goodyer e Popplewell (2007), pode ser uma forma de alavancar a ecoeficiência.

O objetivo do trabalho de Burnett e Hansen (2008) foi fornecer evidências empíricas sobre a ecoeficiência na indústria do setor elétrico dos Estados Unidos, analisando a relação entre desempenho econômico e ambiental. O desempenho ambiental é medido conforme os níveis de SO₂ e o desempenho econômico conforme a eficiência produtiva. Cinco variáveis são utilizadas na análise: como saídas são usados quilowatts-hora e SO₂; como entradas, capital (capacidade instalada), custos de combustível e custos operacionais. Os autores, com vários testes estatísticos, concluem que plantas menos poluentes são relativamente mais eficientes, tanto na análise transversal como longitudinal. Entre as limitações desse estudo está o foco em apenas uma única indústria e foi medido um único aspecto do desempenho ambiental.

Vellani e Gomes (2010) analisaram 40 casos e coletaram dados de duas variáveis: valor adicionado e impacto ambiental. Ambas as variáveis foram utilizadas porque Helminen (2000) define ecoeficiência com a Equação 5:

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor adicionado}}{\text{Impacto ambiental}} \quad (5)$$

A fórmula da ecoeficiência (5) de Helminen (2000) pondera o valor adicionado e o impacto ambiental causado para produzir a riqueza valor adicionado. Segundo Helminen (2000) o valor adicionado é o montante das vendas realizadas durante o período deduzido do

valor total relativo à aquisição dos recursos necessários para a produção da receita. E para o impacto ambiental Vellani e Gomes (2010) utilizaram a informação investimentos ambientais internos como *proxy* do valor do impacto ambiental, encontrado no Balanço Social. Conclui-se que a gestão da ecoeficiência não se mostrou adequada com a fórmula de ecoeficiência (Equação 5). Como se não bastasse, são sugeridos estudos utilizando metodologias mais complexas, com mais variáveis.

O estudo de Mukherjee (2010) teve o objetivo de examinar a eficiência da indústria de transformação indiana. Para isso, foi necessário buscar dados dos 18 estados mais representativos da Índia em termos de produção industrial. Juntos, eles representam 93,7% do total produzido e, 95,76% da energia utilizada pelo setor de produção da Índia em 2004-2005. Para se chegar aos resultados, os autores utilizaram a metodologia DEA, com o uso de uma única saída, o valor bruto da produção industrial no estado. Como entradas, adotaram as variáveis de trabalho, capital, energia e materiais. Entre os resultados, os autores concluem que a melhoria na tecnologia pode deslocar a fronteira de melhores práticas, de modo a expandir a produção e reduzir a energia.

O objetivo do trabalho de Coli, Nissi e Rapposelli (2011) foi avaliar a eficiência ambiental de 103 províncias italianas durante o ano de 2004, por meio da metodologia DEA. As autoras salientam a importância das variáveis de saída indesejáveis geradas no processo de produção nesse tipo de análise. Foram definidas duas categorias de fatores para avaliar o desempenho ambiental, a saber: saídas desejáveis e indesejáveis. O PIB do produto expresso em euros seria a saída favorável e os efeitos ambientais nocivos, como os poluentes de ar NO_2 e o PM_{10} , seriam as saídas indesejáveis. Através da aplicação do modelo DEA, os autores concluíram que os quatro conjuntos de províncias (Sul, Centro, Nordeste, Noroeste) estão operando em um nível elevado de eficiência, embora exista espaço para melhorias em diversas unidades (províncias), especialmente no Sul da Itália, onde muitas das DMUs demonstram escores ambientais baixos.

Como sugestões de futuros trabalhos Coli, Nissi e Rapposelli (2011) salientam que o modelo aplicado pode ser melhorado com a inclusão de mais variáveis indesejáveis de saídas e com outros impactos ambientais. Além disso, poderia ser aplicado a estudos com objetivo de comparar o desempenho ecológico em outros sistemas territoriais, como regiões italianas e países europeus. Algo realizado no Brasil por Rafaeli (2009), contudo, com indicadores de sustentabilidade, envolvendo mais categorias além da ambiental.

As características dos estudos, bem como suas conclusões, demonstram que as empresas podem aumentar suas ações ambientais que elevem ao máximo sua eficiência

(VELLANI; RIBEIRO, 2009). Fatores como o *design* do produto, bem como a tecnologia adotada para a produção do mesmo, são determinantes para obtenção de eficiência (ADENSO-DÍAZ; LOZANO, 2009, BARBA-GUTIÉRREZ; SINGH; GOODYER; POPPLEWELL, 2007, BURNETT; HANSEN, 2008); É possível fazer uma comparação de unidades por divisão de regiões, possibilitando uma análise com relação à localidade das mesmas (COLI; NISSI; RAPPOSELLI, 2011). Entre as limitações dos estudos, destacou-se principalmente a adoção de poucas variáveis de impactos ambientais (BURNETT; HANSEN, 2008, COLI; NISSI; RAPPOSELLI, 2011).

Entre os estudos discutidos é possível realizar um resumo, demonstrando as principais variáveis de entradas e saídas utilizadas para determinar a eficiência, conforme demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Variáveis de pressão e impactos ambientais de estudos relacionados

Estudos	Indicadores de entrada (<i>Inputs</i>)	Indicadores de Saída (<i>outputs</i>)
Coli, Nissi e Rapposelli (2011)	Não aplicou	PIB do produto expresso em euros; poluentes de ar NO ₂ e o PM10
Vellani e Gomes (2010)	Não aplicou	Valor adicionado/Impacto ambiental
Mukherjee (2010)	Trabalho, capital, energia, e materiais	O valor bruto da produção industrial no estado
Rafaeli (2009)	Consumo de energia elétrica e em equivalentes de petróleo; petróleo como fonte primária de energia; quantidade de água potável removida das fontes;	Emissão de dióxido de carbono (CO ₂), em toneladas
Barba-Gutiérrez, Adenso-Díaz e Lozano (2009)	Saúde humana, qualidade dos ecossistemas e recursos (plástico, papel, aço, PVC, entre outros)	Preço de varejo
Zhang, B. et al. (2008)	Recursos hídricos (água), recursos brutos de mineração e a energia.	Resíduos, COD, nitrogênio, SO ₂ , fuligem, poeira e resíduos sólidos
Burnett e Hansen (2008)	Capital, Custos de combustível e os Custos operacionais.	Quilowatts-hora e SO ₂
Vellani (2007)	Insumos (matérias primas)	Produto e resíduos
Singh, Goodyer e Popplewell (2007)	Energia, água, materiais	Gases de efeito estufa, logística de resíduos, resíduos de embalagens, águas residuais, resíduos do produto, entre outros.

Fonte: Estudos citados

Sobre as variáveis ambientais de entrada, os estudos adotaram a energia elétrica, os recursos hídricos (água), os equivalentes de petróleo, as matérias-primas, o capital e o

trabalho como principais fatores de produção para medir a eficiência ambiental. Como indicadores de saída, o produto, ou preço do mesmo, os resíduos e principais emissões poluentes.

Também é possível observar que a metodologia adotada pela maioria dos estudos foi a análise envoltória de dados (DEA) como forma de análise dos dados. Entre as conclusões da dissertação de Rafaeli (2009), por exemplo, com base em suas duas aplicações empíricas foi evidenciada a potencialidade do uso dessa metodologia como prática para a avaliação de desempenho sob uma perspectiva multicriterial em cenários distintos. Da mesma forma, as aplicações dos estudos como de Burnett e Hansen (2008), Barba-Gutiérrez, Adenso-Díaz e Lozano (2009), Coli, Nissi e Rapposelli (2011), Mukherjee (2010) também apresentaram as mesmas evidências. Além disso, a DEA vem sendo utilizada no setor da aviação civil, conforme item 2.3.6.

2.3.6 Determinação da Eficiência em Empresas da Aviação Civil

No estudo de Correia, Mello e Meza (2011) foram avaliadas as companhias aéreas brasileiras durante o período de 2001 a 2005, com a análise envoltória de dados. As variáveis usadas foram: peso máximo de decolagem como *input* e assento em quilômetros utilizados e toneladas em quilômetros utilizadas como *outputs*. O peso máximo de decolagem representa a soma dos pesos máximos de decolagem de todas as aeronaves daquela companhia. Essa variável considera simultaneamente o número de aviões e a capacidade dessas aeronaves. Os autores concluíram que o desempenho da empresa Gol Transportes Aéreos foi acompanhado de crescimento na participação de mercado, atingindo a vice-liderança em 2005 com 27,29% de todo o volume de passageiros transportados durante o ano.

Mello et al. (2003) determinaram a eficiência das empresas brasileiras utilizando o método da análise envoltória de dados, durante os anos de 1998 a 2000. Para o estudo foram considerados três modelos distintos de eficiência: modelo operacional, de vendas e um modelo global. No modelo operacional, os insumos escolhidos foram a quantidade de pessoal de voo, o combustível usado e a soma das capacidades de passageiros do total das aeronaves da frota. Como produto, passageiro quilômetros oferecidos. Buscou-se, no modelo de vendas, medir a capacidade de cada empresa em ocupar os aviões que estavam em operação. Como insumo, foi utilizada a quantidade de pessoal de vendas e, como produto, passageiro vezes quilômetros oferecidos. No modelo global utilizaram como insumos: o consumo de combustível, a soma das capacidades de passageiros do total das aeronaves da frota e

quantidade total de pessoal. Como produto, passageiro vezes quilômetros pagos. Concluíram que a separação em três modelos de análise de eficiência permitiu a descoberta de eficiências não evidentes e a explicação de algumas ineficientes.

A eficiência das empresas aéreas brasileiras é estimada por Sampaio e Melo (2008) utilizando a análise envoltória de dados. Os insumos utilizados foram o número de empregados, o combustível consumido e o custo operacional. Como produtos, foram usados passageiros transportados, receitas e utilização dos assentos. Uma vez obtidos os escores de eficiência foram realizados dois modelos de regressão para explicar variáveis os influenciam. As variáveis dos modelos foram: quantidade de combustível gasto por Km voado (COMB), custo por passageiro (CUSTO), uma variável *dummy* para identificar se a empresa opera com voos internacionais ou não (VI), o percentual de mercado da empresa (MERC) e a quantidade de pessoal empregado por passageiro (PP). Assim os modelos estimados foram as Equações 6 e 7. Ao final, concluíram que as empresas brasileiras apresentaram uma leve tendência de crescimento de eficiência durante o período analisado.

$$a) \text{ Escore de eficiência} = \beta_0 + \beta_1 \text{COMB} + \beta_2 \text{VI} + \beta_3 \text{CUSTO} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$b) \text{ Escore de eficiência} = \beta_0 + \beta_1 \text{PP} + \beta_2 \text{MERC} + \varepsilon_t. \quad (7)$$

Os autores Sampaio e Melo (2008) justificam o uso das variáveis com as seguintes explicações: os custos operacionais (com pessoal), bem como o número de funcionários das empresas podem ser reduzidos de várias formas, por exemplo, com vendas de passagens pela internet, reduzindo o número de pessoas em terra; a adoção de um mesmo modelo de aeronave, que reduz os gastos com treinamento de pessoal; as tarifas aeroportuárias dependem do tempo que se opera no aeroporto e, por isso, quanto mais tempo uma aeronave passar em voo melhor será no que tange aos lucros.

Com relação às operações internacionais ou não, a variável *dummy* é importante, segundo os autores, pois há empresas que operam apenas em rotas regionais e conseguem ser eficientes por dominarem o transporte na região e usarem aeronaves mais uniformes e econômicas. Por outro lado, as empresas que operam em nível internacional estão bem protegidas às variações de mercado e podem combinar a operação de distintas aeronaves. Em relação aos índices de participação de mercado é possível ser eficiente indiferente do tamanho. Na verdade, o que mais interferiria seria a variação na participação com o decorrer do tempo.

O consumo de combustível é uma variável importante, pois representa grande parcela dos seus custos de operação. Essa variável está relacionada a diversos fatores, entre eles: a) O peso que a aeronave está carregando; b) os tipos de tecnologias das aeronaves em relação às turbinas. Quanto

mais, maior será seu consumo; c) a sua aerodinâmica; d) a distância e a altitude dos voos. Quanto mais alto for o voo, menor seu consumo e, da mesma forma, com relação à distância; e) a formação de gelo, que aumenta o peso e o atrito da aeronave.

Os resultados do estudo de Sampaio e Melo (2008) foram que as empresas brasileiras apresentaram em média uma tendência de crescimento de eficiência durante o período analisado. As empresas que operaram na fronteira de eficiência em 2004 foram a Gol, a Tam e a Varig. A Trip mostra como a eficiência está relacionada com a expansão da empresa. Concluíram, também, que as empresas eficientes têm tendência de aumentar sua participação no mercado. E a busca pela eficiência está relacionada com a redução de combustível e o custo dos passageiros, além da escolha correta de aeronaves, rotas e escala de operação, e na redução do número de funcionários por passageiros, sem que sejam afetadas as questões de qualidade das empresas.

No estudo de Rafaeli (2009) foi determinada a eficiência relativa das companhias aéreas filiadas à Associação Internacional de Transporte Aéreo durante o ano de 2002. Com base nas informações disponíveis no banco de dados GAIA, definiram-se modelos DEA com as seguintes variáveis: funcionários, frota e horas voadas como insumos e, como produto, toneladas de carga, taxa de aproveitamento de carga, passageiros quilômetros pagos e taxa de ocupação de passageiros. Entre suas conclusões, além da validação da análise envoltória de dados, salienta que existe certa influência quanto à origem geográfica das companhias sobre o desempenho apresentado. Os resultados encontrados das companhias aéreas classificadas como de pequeno porte, por exemplo, pode-se concluir que a zona da Ásia-Pacífico apresenta o melhor desempenho entre as regiões geográficas mundiais e, com relação à Europa, a pior classificação.

Entre os estudos que avaliaram a eficiência relativa do setor de aviação civil é possível realizar um resumo (Quadro 5), demonstrando as principais variáveis de entradas e saídas utilizadas.

Quadro 5 - Variáveis de insumos e produtos dos estudos relacionados à aviação civil

Estudos	Insumos (<i>Inputs</i>)	Produto (<i>outputs</i>)
Correia, Mello e Meza (2011)	Peso máximo de decolagem	Assento em quilômetros utilizados e toneladas em quilômetros utilizadas
Rafaeli (2009)	Funcionários, frota, horas voadas	Toneladas de carga, taxa de aproveitamento de carga, passageiros quilômetros pagos e taxa de ocupação de passageiros.
Sampaio e Melo (2008)	Número de empregados, combustível consumido e custo operacional	Passageiros transportados, receitas e utilização dos assentos
Mello et al. (2003)	Consumo de combustível, soma das capacidades de passageiros do total das aeronaves da frota e quantidade total de pessoal	Passageiro quilômetro pago

Fonte: Correia, Mello e Meza (2011), Mello et al. (2003), Rafaeli (2009), Sampaio e Melo (2008)

Entre os quatro estudos, apenas um determinou a eficiência relativa das várias empresas aéreas no mundo. Os outros três tinham seus objetivos voltados às companhias brasileiras. Todos os estudos usaram como metodologia a Análise Envoltória de Dados – DEA e como indicadores os relacionados à operação da empresa. Dentre os insumos relacionados no Quadro 5, chama a atenção o insumo horas voadas, uma vez que o que se quer é a maximização dessas horas. Rafaeli (2009) utilizou essa variável como insumo por acarretar despesas com o combustível, manutenção, entre outros custos. Salienta, ainda, que deve ser interesse da empresa minimizá-los. Essa afirmação não confere com o que Sampaio e Melo (2008) afirmam no estudo. Eles salientam que quanto mais tempo uma aeronave passar em voo melhor será com relação aos lucros, pois mesmo quando os aviões estão voando e gerando custos, receitas estão sendo geradas. Quando em terra, parados, têm custos operacionais, como as tarifas aeroportuárias, e não estão gerando receitas.

Pode-se perceber que entre os achados, tanto no estudo de Correia, Mello e Meza (2011) e Sampaio e Melo (2008), que a eficiência está relacionada com a expansão da empresa. Com relação aos índices de participação de mercado é possível ser eficiente indiferente do tamanho. Sua variação na participação com o decorrer do tempo seria o que mais interfere. O desempenho da empresa Gol Transportes Aéreos, por exemplo, foi acompanhado de crescimento na participação de mercado, em 2005.

Por fim, com base nos estudos que determinaram a eficiência das companhias aéreas, foram definidas as variáveis de insumos e produtos usados no modelo da presente dissertação. Com base no que evidencia a literatura, característica esta de um estudo dedutivo (GELO; BRAAKMANN; BENETKA, 2008), foram definidos os principais delineamentos desse estudo, no que concerne aos procedimentos metodológicos, conforme descrito no capítulo 3.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa trata da determinação e análise da eficiência técnica ambiental, no setor de aviação civil comercial a partir dos índices calculados com a metodologia DEA. Para a realização desse objetivo são apresentados os procedimentos metodológicos, descrevendo o delineamento da pesquisa, a forma na qual o estudo foi realizado, bem como as etapas de coleta e tratamento dos dados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A técnica de pesquisa utilizada é um levantamento ou *survey*, dado que se utiliza uma amostra de um conjunto de empresas para conhecer e determinar a eficiência de uma população. Nesse caso, das empresas de aviação comercial regulares do Brasil, com dados obtidos a partir dos anuários estatísticos da Agência de Aviação Civil - ANAC.

A escolha do setor foi do tipo intencional ou seleção racional (BARROS; LEHFELD, 2004). O mesmo tem as atribuições compatíveis ao objetivo do estudo em questão, a de determinar a eficiência ambiental relativa das várias unidades prestadoras de serviços de transporte aéreo. Além disso, a acessibilidade das informações com a ANAC viabilizou o estudo.

A determinação da eficiência de um setor é possível, visto que as empresas têm a mesma função de produção. A importância de a aplicação ser feita nesse setor é pelo fato de o ramo ser de prestação de serviços. Conforme Miotto (2007) que estudou o determinante de custo tecnologia no setor de aviação civil brasileira, salienta a necessidade de trabalhos no ramo de serviços empresariais. Grande parte dos trabalhos práticos, bem como da literatura, tem seu enfoque para o setor industrial.

Do ponto de vista de seus objetivos, a presente pesquisa é descritiva (GIL, 1991). Com relação à abordagem do problema, caracteriza-se como quantitativo, quando o intuito foi de reduzir os fenômenos a valores numéricos, a fim de que fosse realizada uma análise prática com o auxílio do *software Frontier Analyst 4* (GELO; BRAAKMANN; BENETKA, 2008). Richardson (1999) salienta que a diferença existente entre uma abordagem qualitativa e quantitativa está no fato de que a primeira não emprega um instrumento estatístico como base no processo de análise do problema.

3.2 COLETA DE DADOS

Os dados quantitativos obtidos são com base nos anuários estatísticos da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC. Contudo, algumas informações não estavam presentes nestes documentos, sendo necessárias entrevistas eventuais e não estruturadas. A primeira entrevista foi pessoal, com um agente da sede de Porto Alegre, estado do Rio Grande do Sul.

Na entrevista, além de solicitar informações específicas sobre o setor, para melhor entendimento por parte do pesquisador, também foi repassado o contato de telefone da Superintendência de Estatística da ANAC, de nível nacional. Esta é responsável pelos principais relatórios, bem como pelos indicadores de qualidade calculados, de regularidade, pontualidade e eficiência operacional, os quais foram solicitados via telefonema para fins de comparação com os escores calculados do presente trabalho.

As informações de consumo de combustível por litro foram solicitadas por telefonema ao número de 0800 disponibilizado pela agência no seu *site* oficial. Através de um código de acesso, foi possível o seu acompanhamento e, dentro de 15 dias, obteve-se o retorno dos dados. Em planilhas de Excel, os valores foram disponibilizados por consumo em litros por mês. Isso permitiu uma visualização das empresas que pararam de operar no decorrer do ano ou as que não operaram durante todos os meses, dado que sem consumo de combustível também não houve prestação de serviço.

As dúvidas com relação às variáveis retiradas dos anuários foram sanadas com uma especialista em Regulação de Aviação Civil, responsável pelos mesmos, em ligação realizada à Superintendência de Estatística da Agência. Além disso, as principais regulamentações e normas vigentes do setor que estavam relacionadas às variáveis utilizadas no modelo do estudo foram repassadas via endereço eletrônico. A metodologia de aplicação do estudo é a análise envoltória de dados, tratada a seguir.

3.3 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Para determinar os escores de eficiência de unidades produtivas homogêneas é possível fazê-lo com base em dois métodos, os paramétricos (ou econométricos) e os não paramétricos (programação matemática). O método paramétrico usa a regressão múltipla, para que seja estimada uma função de produção com os insumos, esses como variáveis independentes, e uma ponderação de produtos ou indicadores de desempenho como variável dependente. Assim, os resultados demonstram a média do desempenho da amostra,

determinados pelos resíduos da regressão, sendo negativos para as unidades que têm pior desempenho. O melhor escore de eficiência será aquele cujos resíduos sejam positivos, ou seja, quanto mais, melhor. Contudo, em termos de produtividade querer-se-á medidas precisas das melhores práticas e, por isso, ter como referência valores médios pode não ser a melhor opção (HAYNES; DINC, 2005; PEÑA, 2008).

Segundo Zhang, T. (2009) uma empresa em plena eficiência deve operar em potencial máximo de níveis de produção e qualquer desvio da fronteira seria usado para medir sua ineficiência. Entre os métodos mais tradicionais para a análise de eficiência são os não paramétricos, como a metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA) que, por sua vez, tem sido amplamente adotada na realização de estudos para se determinar a eficiência, podendo ser aplicada em diversas situações (ZHANG, T., 2009).

Esse método determinístico tem sua origem com o trabalho de Farrel (1957) quando tentou desenvolver uma metodologia capaz de medir a eficiência técnica de firmas em seu artigo, cuja premissa seria a relação entre um insumo e um produto. Passadas duas décadas desde o trabalho de Farrel (1957), em 1978, no trabalho de E. Rhodes, sob a supervisão de W. W. Cooper, os autores aprimoraram o método com um estudo cujo objetivo era medir a eficiência de escolas públicas, com base em dados empíricos. Por conseguinte, definiram *benchmarks* de eficiência relativa entre as unidades a partir da análise da relação entre insumos e produtos. Esse método passou a ser chamado de análise envoltória de dados (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

A análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis*–DEA) é uma metodologia não paramétrica, utilizada para a definição de escores de eficiência técnica e alocativa (econômica) de unidades tomadoras de decisão, chamadas DMUs (*Decision Making Units*). Podem ser um grupo de empresas e unidades de negócios (TAUER; FRIED; FRY, 2007). De forma relativa, mede a magnitude das unidades e aponta resultados para melhorar o desempenho, uma vez que é feita a comparação destas com as eficientes, procedimento, também chamado de *benchmarking*. A medição de desempenho acontece de forma a comparar a eficiência de múltiplas unidades similares ou homogêneas (CHOI; ROH; YOON, 2007). Sua operacionalização resulta em um indicador que considera o consumo de múltiplos insumos para a produção de múltiplos produtos (DŪZAKIN; DŪZAKIN, 2007).

Haynes e Dinc (2005) salientam que através da metodologia DEA é possível mensurar a eficiência produtiva relativa, que é uma medida da capacidade de uma unidade, para produzir saídas (produtos) dado um conjunto de insumos. O escore de eficiência é sempre relativo às demais unidades do conjunto analisado. O parâmetro é a fronteira de eficiência,

composta por unidades que são mais eficientes na transformação de seus insumos em produtos em todo o conjunto. As unidades que determinam a fronteira são aquelas classificadas como sendo 100% relativamente eficiente, com valor de 1, e qualquer unidade com um índice inferior a 100% seria relativamente ineficiente. Esse escore de eficiência varia de acordo com outras unidades e fatores atribuídos na análise, bem como o mesmo não pode ser visto como absoluto, por serem pontuações relativas. A eficiência é calculada em relação às operações reais e não à capacidade ideal de operação.

A DEA tem sido usada para comparar empresas do setor industrial (DÜZAKIN; DÜZAKIN, 2007), agências bancárias (YANG, 2009), redes de restaurantes (CHOI; ROH; YOON, 2007), entre outros. Em eficiência ambiental pode-se citar estudos comparando eficiência entre países (RAFAELI, 2009), entre regiões de países, como realizado na China (SHI; BI; WANG, 2010), na agricultura (PICAZO-TADEO; GÓMEZ-LIMÓN; REIG-MARTÍNEZ, 2010), entre outros. Essa incidência de estudos com a metodologia DEA para determinar a eficiência relativa entre unidades têm sido bem aceita pela literatura, o que justifica sua adoção na presente dissertação, por querer-se como objetivo algo similar aos demais estudos. Ademais, Zhou, Ang e Poh (2008) salientam que a análise envoltória de dados ganhou popularidade nos últimos anos em estudos envolvendo energia e meio ambiente.

Ainda segundo Haynes e Dinc (2005) a metodologia DEA pode ter os seguintes objetivos: a) Identificar a fronteira eficiente, bem como as unidades eficientes, sendo possível classificar as outras unidades por seus escores relativos de eficiência; b) identificar a distância de cada unidade ineficiente da fronteira eficiente; c) projeto de unidades eficientes na fronteira de eficiência; d) identificar as relações insumo-produto eficientes; e) avaliar a gestão das unidades comparadas sujeitas ao *benchmarking*; e) identificar as fontes e quantidades de ineficiência relativa em cada uma das unidades comparadas; f) identificar problemas de escalas das unidades; g) identificar metas alcançáveis para as unidades em verificação; h) identificar o progresso de uma unidade individual ao longo do tempo. A metodologia em questão também possui dois tipos de modelos básicos, os quais são tratados a seguir.

Segundo Yu e Ramanathan (2009) a metodologia DEA pode ser aplicada de acordo com dois modelos básicos:

O CCR, desenvolvido em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes, também conhecido como CRS – *Constant Returns to Scale* (retornos constantes de escala). Pode ser aplicado quando as variações nos insumos geram variações proporcionais nos produtos, ou retornos constantes de escala (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978). O outro modelo, o BCC,

desenvolvido por Banker, Charnes, Cooper em 1984, também conhecido como VRS – *Variables Returns to Scale* (retornos variáveis de escala) (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984).

Cada um dos modelos pode maximizar a eficiência sob duas formas: orientado a produto ou a insumo (PEÑA, 2008). A escolha do tipo de orientação não influencia de forma significativa o valor da eficiência técnica. Essa definição é decorrente do objetivo da pesquisa, se o que se quer é avaliar o que está se gastando de insumos, ou de outra forma, quando o foco é verificar o que está sendo produzido ou gerado de serviço.

Na Figura 4, pode-se visualizar a aplicação dos modelos CCR para minimização de *inputs* e maximização de *outputs*.

Figura 4 - Modelagem matemática para a aplicação dos modelos DEA CCR

Minimização de Inputs	Maximização de Outputs
<p>Primal (Multiplicadores)</p> $\text{Max } h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \quad K = 1, 2, \dots, n$ $u_j \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i$	<p>Primal (Multiplicadores)</p> $\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^r u_j y_{jk} = 1$ $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0, \quad K = 1, 2, \dots, n$ $u_j \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i$
<p>Dual (Envelope)</p> $\text{Min } \theta$ <p>Sujeito a:</p> $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$ $-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$ $\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$	<p>Dual (Envelope)</p> $\text{Max } \theta$ <p>Sujeito a:</p> $-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, s$ $x_{i0} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, r$ $\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$

Fonte: Adaptado de Freaza (2006, p. 20)

Dessa forma, é possível calcular a eficiência relativa de cada unidade, considerando retornos constantes de escala, com base no modelo CCR, onde:

h_0 e θ – eficiência;

u_j, v_i – pesos de *outputs* e *inputs* respectivamente;

x_{ik}, y_{jk} – *inputs* i e *outputs* j da DMUK ;

x_{i0}, y_{j0} – *inputs* i e *outputs* j da DMU 0 ;

λ_k – k-ésima coordenada da DMU 0 em uma base formada pelas DMU's de referência.

Figura 5 - Modelagem matemática para a aplicação dos modelos DEA BCC

Minimização de Inputs	Maximização de Outputs
Primal (Envelope)	Primal (Envelope)
$\text{Min } \theta$ <p>Sujeito a:</p> $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$ $-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0$	$\text{Max } \theta$ <p>Sujeito a:</p> $-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, s$ $x_{i0} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, r$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0$
Dual (Multiplicadores)	Dual (Multiplicadores)
$\text{Max } h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u_*$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - u_* \leq 0, \quad K = 1, 2, \dots, n$ $u_j e v_i \geq 0 \quad \forall j, i$	$\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} - u_*$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} = 1$ $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - u_* \leq 0, \quad K = 1, 2, \dots, n$ $u_j e v_i \geq 0 \quad \forall j, i$

Fonte: Adaptado de Freaza (2006, p. 23)

Onde:

h_0 e θ – eficiência;

u_j, v_i – pesos de *outputs* e *inputs* respectivamente;

x_{ik}, y_{jk} – *inputs* i e *outputs* j da DMUK ;

x_{i0}, y_{j0} – *inputs* i e *outputs* j da DMU 0 ;

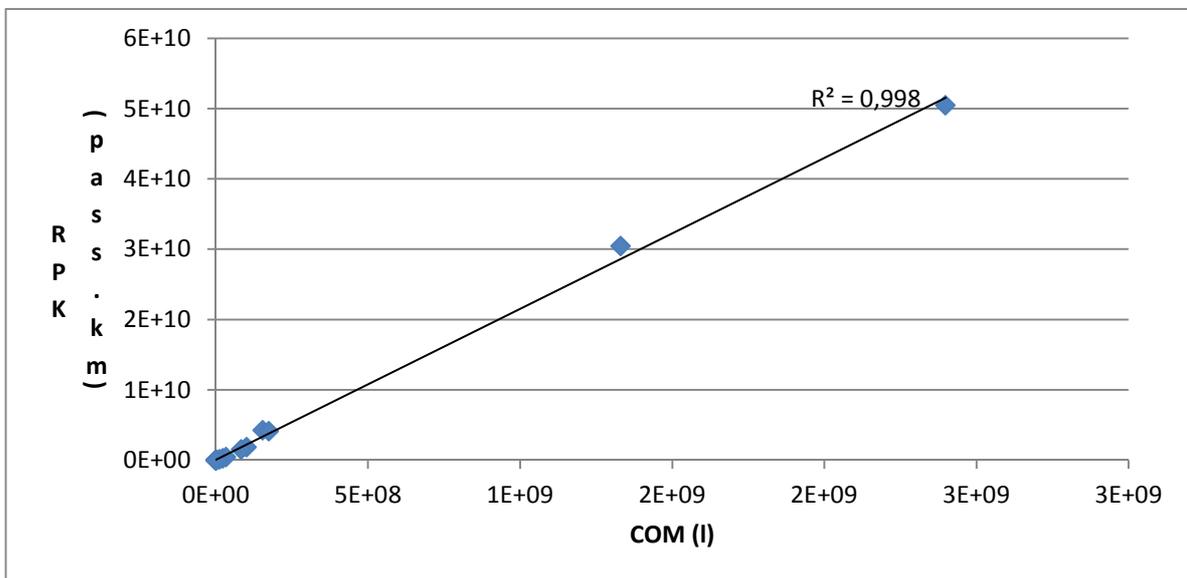
λ_k – k-ésima coordenada da DMU 0 em uma base formada pelas DMU's de referência.

Diante das opções da metodologia da Análise Envoltória de Dados, do objetivo desta pesquisa e das informações que foram viáveis de obter junto à ANAC, o presente estudo será realizado no modelo CCR e orientado a insumos. A escolha do modelo DEA pode ser explicada no sentido de que, quando uma empresa possui economias constantes de escala, não

importa seu tamanho. Isso decorre quando uma vez que variarem seus insumos varia também de forma proporcional o seu produto. De fato, o tamanho da empresa não interfere na produtividade de seus insumos. Assim, a produtividade média e marginal dos insumos pode permanecer constante. Segundo Pindyck e Rubinfeld (1998) empresas que representam a indústria da transformação têm maiores chances de apresentar rendimentos crescentes de escala em relação às empresas do setor de serviços, como é o caso das que prestam serviço de transporte. O autor salienta que a atividade de transformação exige maiores investimentos em capital e que as atividades do ramo de serviço possuem trabalho intenso, podendo ser eficientes em pequena ou grande escala.

Foram testados os retornos de escala referente ao produto passageiro vezes quilômetro pago transportado – RPK, a fim de identificar se a função de produção apresenta retornos constantes ou variáveis de escala. Pelo Gráfico 3 pode-se verificar a curva de produção das empresas, considerando como produto a variável passageiro vezes quilômetro pago transportado e como insumo consumo de combustível.

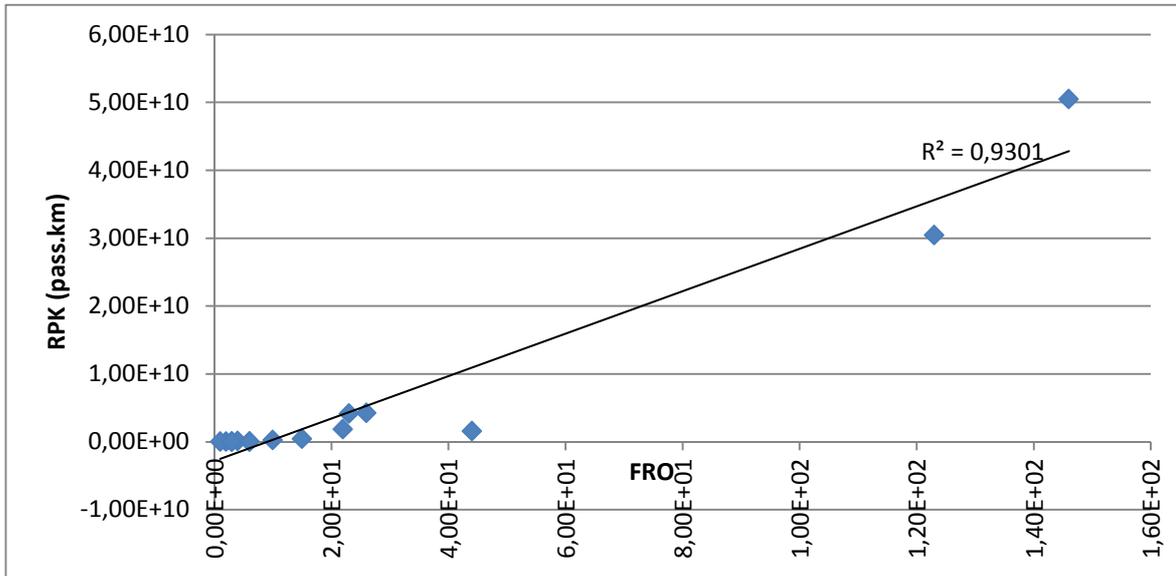
Gráfico 3 - Curva de produção tendo como insumo o consumo de combustível e como produto passageiro vezes quilômetro pago transportado



Fonte: Elaborado pela autora.

Pelo Gráfico 4 pode-se verificar a curva de produção das empresas, considerando como produto a variável passageiro vezes quilômetro pago transportado e como insumo tamanho da frota.

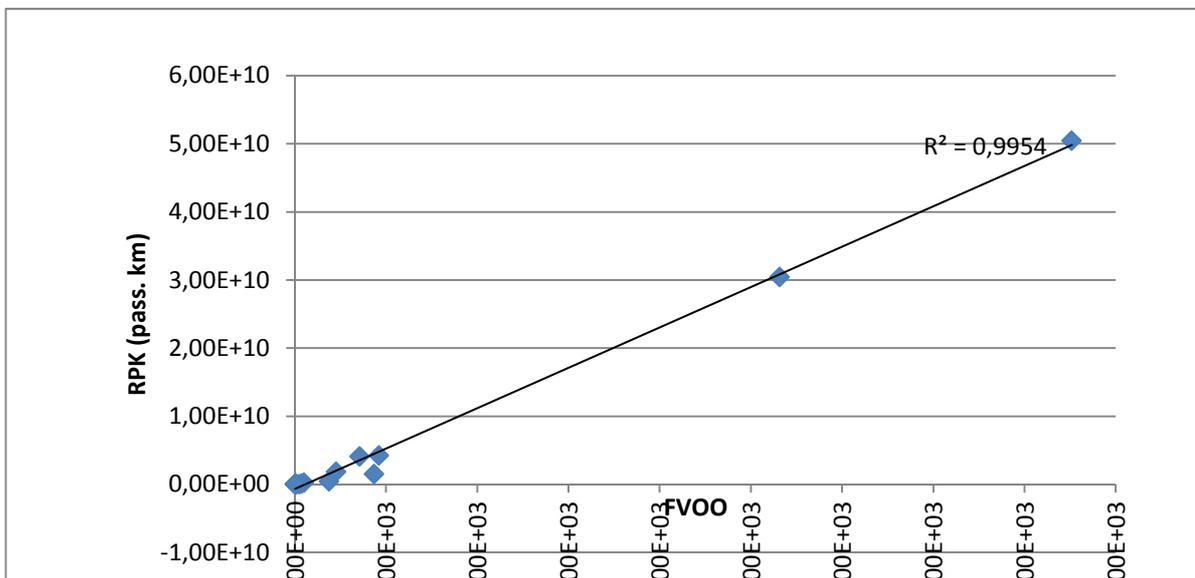
Gráfico 4 - Curva de produção tendo como insumo o tamanho frota e como produto passageiro vezes quilômetro pago transportado



Fonte: Elaborado pela autora.

No Gráfico 5 pode-se verificar a curva de produção das empresas, considerando como produto a variável passageiro vezes quilômetro pago transportado e como insumo pessoal de voo.

Gráfico 5 - Curva de produção tendo como funcionários de voo e como produto passageiro vezes quilômetro pago transportado



Fonte: Elaborado pela autora.

Em todos os gráficos, considerando as principais variáveis para o transporte de passageiros, entre os insumos, consumo de combustível, frota e pessoal, percebe-se que um aumento percentual na quantidade desses fatores representa um aumento proporcional na

quantidade de passageiro vezes quilômetro pago transportado, justificando a escolha por usar retornos constantes de escala.

3.4 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO MODELO DEA

Na próxima seção serão descritas as etapas para a realização do estudo. Na metodologia DEA, tem-se a necessidade de selecionar as DMUs que serão analisadas no conjunto. Em seguida, a de identificar todas as variáveis de insumos e produtos que são relevantes para adquirir o escore de eficiência único de cada DMU. A última etapa foi aplicar o modelo e analisar os resultados.

3.4.1 Seleção de DMUs e Período de Análise

A amostra final de empresas foi definida seguindo algumas etapas necessárias ao objetivo do estudo. Seguem, a seguir, os passos utilizados para sua composição:

- a) Foram selecionadas inicialmente todas as empresas de aviação, totalizando 27;
- b) do total, três (Air Minas, Beta, Taf) foram excluídas já no início da análise, por não apresentarem os dados de seus funcionários e frota. Conforme anuário da ANAC, a empresa Air Minas não opera voos desde junho de 2010;
- c) as empresas Cruiser, Rico e Noar também foram excluídas da análise, por não operarem mais voos atualmente. A primeira delas não opera voos desde março de 2010, e a segunda desde abril do mesmo ano. A Noar iniciou suas operações em 14 de junho de 2010 e, devido a um acidente ocorrido em julho de 2011, estão suspensas suas operações.
- d) das 21 empresas restantes, pode-se realizar uma classificação por tipo de operação:
 - 1) Transporte de passageiros; 2) transporte de carga. Tal classificação foi feita por tratar-se de atividades diferentes e, na metodologia DEA, é importante que os processos produtivos sejam homogêneos. Assim, com base nas informações do anuário estatístico, separaram-se as empresas de acordo com as aeronaves em operação, conforme Quadro 6.

Quadro 6 – Classificação das DMUs

DMUs	Classificação	DMUs	Classificação
Abaeté	Passageiro	Tam	Passageiro
Avianca	Passageiro	Team	Passageiro
Azul	Passageiro	Total	Passageiro/De carga
Gol/VRG	Passageiro	Trip	Passageiro
Meta	Passageiro	Webjet	Passageiro
Nht	Passageiro	Absa	De Carga
Pantanal	Passageiro	Master Top	De Carga
Passaredo	Passageiro	Mega	De Carga
Puma Air	Passageiro	Rio Linhas Aéreas	De Carga
Sete Linhas Aéreas	Passageiro	Varig Log	De Carga
Sol	Passageiro		

Fonte: Elaborado pela autora

A empresa Mega, por exemplo, opera com o tipo de aeronave conversível¹. Contudo, como a informação no anuário expressa como zerado os valores referente à variável passageiro vezes quilômetro pago transportado – RPK entende-se sua classificação como de transporte de carga.

Apesar de algumas empresas não terem operado voo durante todo período do ano, como a Puma e a Sol, de transporte de passageiros e a Rio Linhas Aéreas, de carga, não há problemas em relação a essas unidades permanecerem na análise. As variáveis de frota e funcionários são relativamente constantes no decorrer do ano. Para as variáveis que estão relacionadas com as operações de voo foi realizado o cálculo mostrado no Quadro 7, consistindo em uma extrapolação dos meses disponíveis:

Quadro 7 – Forma de cálculo de variáveis

Variável	Forma de Cálculo
Total de horas Terra	1 - Número de aeronaves multiplicado por 24 horas e multiplicado pelo número de dias em operação, subtraindo-se o número de horas voadas. 2 – Com o resultado do total de horas terra de operação, divide-se pelo número de meses em operação e multiplica-se por 12 meses.
Tonelada quilômetro utilizada paga Passageiro vezes quilômetro pago transportado	Tem-se o valor total disponibilizado, divide-se pelo número de meses em operação e multiplica-se por 12.
Consumo de Combustível	É o valor total de consumo em litros, e divide-se pelo número de meses em operação e multiplica-se por 12.

Fonte: Elaborado pela autora.

¹Tipo de aeronave que pode servir para o transporte de carga e passageiros.

É necessário esse cuidado com relação às variáveis pelo fator limitante da metodologia DEA, uma vez que o escore de eficiência é relativo. As variáveis representam números anuais, o que indica que uma empresa, a exemplo da Sol, que não operou voo remunerado no mês de dezembro, poderia ser considerada mais eficiente por ter obtido uma menor quantidade de consumo de insumos.

A empresa Total é excluída da amostra, pois suas operações são para duas atividades, de carga e de passageiro. Como as informações não estão separadas por tipo de serviço, não é possível incluí-la em nenhum modelo, para evitar que seja realizado um cálculo equivocado de escore.

Assim, foi obtida a seleção da amostra e as DMUs pertencentes aos dois modelos de análise. Permanecem na análise 20 empresas, sendo que 15 pertencem ao modelo transporte de passageiros e 5 de transporte de carga. Por fim, o período que foi realizado a análise é referente ao ano de 2010, pois é o último ano de relatórios disponíveis da ANAC. O objetivo não é de realizar uma análise temporal.

3.4.2 O Modelo Ecoeficiente no Setor de Aviação Comercial

Um avião tecnicamente pode estar consumindo menos combustível pelo fato de estar transportando menos passageiros, ou por obter uma etapa média de voo menor. O que não justifica ser mais eficiente, pela proporção de receita adquirida com o serviço.

De fato, o que determina a eficiência ambiental pode ser representado pela quantidade de insumos que são consumidos, entre eles a mão de obra, o pessoal de voo e em terra, e o capital, representado pela frota. O consumo do combustível, além de ser um dos principais insumos para a realização do serviço de transporte, também gera emissões de CO₂, de forma proporcional. Todos esses geram, de fato, a receita que pode ser representada pela quantidade de passageiros e carga pagos. Tal relação explica as seguintes variáveis (Quadro 8) utilizadas no modelo DEA de transporte de aviação civil:

Quadro 8 – Variáveis de insumos e produtos

Classificação por tipo de transporte			
Variáveis	Descrição	P	C
Funcionários voo (FVOO)	Compreende os funcionários pilotos e co-pilotos; demais tripulantes técnicos e auxiliares de voo.	X	X
Funcionários Terra (FTRR)	Compreende os funcionários de manutenção e revisão; pessoal de tráfego de vendas e outros.	X	X
Frota (FRO)	Quantidade de Aeronaves das empresas em operação.	X	X
Consumo de combustível (COMB)	Quantidade de consumo de combustível por litro	X	X
Horas Terra (HTRR)	Diferença entre o número de horas voadas entre (nº de aeronaves multiplicadas por 24h e por fim, multiplicado pelo número de dias do ano com atividades em operação).	X	X
Passageiro vezes quilômetro pago transportado (RPK)	O total de passageiros-quilômetros pagos é igual à soma dos produtos obtidos ao multiplicar o número de passageiros transportados em uma etapa de voo pela distância da etapa.	X	
Tonelada vezes quilômetro utilizada paga (RTK)	Unidade que significa uma tonelada transportada paga por um quilômetro. É igual à soma dos produtos obtidos ao multiplicar as toneladas transportadas pagas em cada etapa de voo pela distância da etapa.	X	X

Fonte: Elaborado pela autora

Notas: P - transporte de passageiros

C- transporte de carga

A variável de horas terra é a diferença da quantidade de horas voo e pode ser considerada no estudo como produto negativo. Na prática, o ideal é que a quantidade de horas em terra seja a mínima possível uma vez que quando nessa situação não estão obtendo ganhos. Por isso, assume-se como uma saída do sistema de serviço de transporte em sentido inverso. A sua inclusão no modelo, ao invés de horas de voo, se justifica pelo fato de que empresas com a máxima quantidade de horas de voo não são mais eficientes, pois podem estar operando com o mínimo de capacidade de utilização e proporcionando menores resultados.

As variáveis definidas como insumos para o modelo de transporte de passageiros são: funcionários voo, funcionários terra, frota, consumo de combustível. Como produtos, são:

passageiro vezes quilômetro pago transportado, tonelada vezes quilômetro utilizada paga e número de horas Terra. A função de produção (8) representa a quantidade máxima de produção que uma empresa de transporte de passageiros consegue obter a partir da combinação de seus insumos:

$$Q = f(FVOO, FTRR, FRO, COMK - HORAS TERRA) \quad (8)$$

Para as empresas que prestam serviços de transporte de carga, as variáveis de insumo são: funcionários voo, funcionários terra, frota e consumo de combustível. Como produtos, tonelada vezes quilômetro utilizada paga e número de horas Terra. A função de produção (9) representa a quantidade máxima de produção que uma empresa de transporte de carga consegue obter a partir da combinação de seus insumos:

$$Q = f(FVOO, FTRR, FRO, COMK - HORAS TERRA) \quad (9)$$

A diferença entre as funções de produção das empresas acontece uma vez que as que transportam carga não têm como produto os passageiros vezes quilômetros pagos transportados. O tipo de prestação de serviço é distinto e por isso, lhes foi dado um tratamento separado nas análises, conforme segue.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo é composto por seções que compõem cinco etapas principais de análise: o setor da aviação civil brasileira; a determinação dos escores de eficiência das empresas, cujo serviço é de transporte de passageiros; dos escores de eficiência das empresas de transporte de carga; o cálculo das quantidades de CO₂ em relação ao consumo de combustível; e as discussões com outros estudos que determinaram a eficiência ambiental.

4.1 O SETOR DA AVIAÇÃO CIVIL BRASILEIRA

O processo de desregulamentação no setor de transporte aéreo dos Estados Unidos, ocorrido na década de 1970, atingiu o Brasil no início da década de 1990. Isso provocou uma nova definição de voar para empresas que, além de oferecer segurança e qualidade, teriam que proporcionar preços baixos. Essas exigências do mercado foram motivos para que o setor se preocupasse com estratégias de redução de custos, sem atingir o potencial de participação de mercado (MIOTTO, 2007).

Pela questão da competitividade iniciada a partir da desregulamentação, novas empresas apareceram e outras saíram do mercado. No caso da Aviação Civil Brasileira, ocorreram algumas mudanças importantes durante o período de 2001 a 2006: em 2001, a Companhia Gol iniciou suas operações com o novo conceito de voar, com qualidade e preços mais baixos; em 2006, houve a crise de uma líder no mercado durante muito tempo, a Varig (CORREIA; MELLO; MEZA, 2011).

Além das mudanças, o rápido crescimento desse setor acarretou em desafios a serem alcançados pelas empresas. Suas atividades estão relacionadas com a legitimidade perante a sociedade e, por isso, esses desafios podem ser as questões de segurança, sustentabilidade, oposição social e ambiental das operações aéreas, desregulamentação de mercado, operação de aeronaves com maior capacidade e crescimento das empresas com baixo custo (FRANCIS; HUMPHREYS; FRY, 2005).

Dessa forma, é devida uma atenção constante à aplicação de seus recursos com relação ao desempenho operacional desejado por acionistas e clientes. O objetivo do presente trabalho foi determinar a eficiência operacional com enfoque para a questão ambiental, visto as iniciativas do setor. Os resultados são tratados a seguir.

4.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA AMBIENTAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE AÉREO DE PASSAGEIROS

A maximização da função de produção a partir do *software Frontier Analyst 4.0* permitiu a obtenção dos escores de eficiência das unidades. Após ter sido definido qual modelo DEA seria o mais adequado para atingir o objetivo do estudo, chegou-se aos resultados mostrados na Tabela 1. Os escores estão em escala ordinal, de acordo com a eficiência. As DMUs que apresentarem resultado inferior de 100% são ineficientes. Os escores variam de 16,30% a 100%, sendo que quatro (26,66%) das quinze empresas de aviação de passageiros atingiram o escore igual a 100%, e 46,66% das empresas apresentaram escore superior a 50%; o escore médio foi de 57,82%.

Tabela 1 – Escores das empresas de transporte de passageiros

DMUs	Escores
AZUL	100%
TAM	100%
WEBJET	100%
GOL/VRG	100%
AVIANCA	78,30%
TRIP	68,20%
META	53,30%
SETE	46,10%
PASSAREDO	45,40%
PANTANAL	42,80%
PUMA	36,80%
ABAETÉ	34,00%
SOL	25,70%
NHT	20,50%
TEAM	16,30%

Fonte: Elaborada pela autora.

As quatro unidades que se encontram na fronteira de eficiência possuem algumas características em comum. As empresas Azul, Tam, Webjet e Gol têm voos domésticos e internacionais e representam uma fatia maior de mercado em relação às menos eficientes. No ano de 2010, as empresas Azul, Tam, Webjet e Gol representaram 7,48%, 43,25%, 5,07% e 37,93%, respectivamente (Tabela 2). Ou seja, as quatro empresas eficientes somam 93,73%

do mercado doméstico de aviação¹, o que pode levar ao entendimento de que o tamanho das empresas pode interferir na sua eficiência.

Tabela 2 – Participação de mercado

P. M %	<i>Azul</i>	<i>Tam</i>	<i>Webjet</i>	<i>Gol</i>	<i>Avianca</i>	<i>Trip</i>	<i>Passaredo</i>	<i>Pantanal</i>	<i>Nht</i>	<i>Sete</i>
	2010	7,48	43,25	5,07	37,93	2,48	2,71	0,62	0,00	0,02

Fonte: Elaborada pela autora, com base nos dados da ANAC²

Nota: P.M – Participação de Mercado

No estudo de Sampaio e Melo (2008) a eficiência operacional das empresas aéreas brasileiras foi avaliada e concluiu-se que a Gol, a Tam e a Varig operavam na fronteira de eficiência em 2004. Além disso, percebeu-se que a eficiência está relacionada com a expansão da empresa, bem como a minimização de certos insumos e custos operacionais. Adicionalmente, no estudo de Correia, Mello e Meza (2011), concluiu-se que a eficiência da empresa Gol Transportes Aéreos foi acompanhada de crescimento na participação de mercado, atingindo a vice - liderança em 2005 com 27,29% de todo o volume de passageiros transportados durante o ano.

Relacionando os resultados desta dissertação com o estudo de Sampaio e Melo (2008) que concluíram como eficientes as empresas Gol, Tam e a Varig, ressalta-se que novas entrantes no mercado, a Webjet e a Azul, a partir de 2006 e 2008, respectivamente, atuam na fronteira de eficiência no ano de 2010 em relação às demais empresas do setor, no lugar da Varig em 2004. A Gol e a Tam, líderes de mercado, se mantêm eficientes durante pelo menos uma década.

Assim, como a participação de mercado pode afetar de forma significativa a eficiência das empresas de aviação civil, a redução de insumos sem prejudicar a qualidade e a segurança do voo é importante. A partir disso, é oportuno fazer uma comparação dos índices de eficiência relativa com outros índices calculados pela ANAC, que são:

- a) De regularidade (escore R do Gráfico 6), representa a proporção do total de etapas de voo previstas em HOTRAN que foram efetivamente realizadas;
- b) pontualidade (escore P do Gráfico 6), a proporção das etapas de voo que foram operadas de acordo com os horários previstos nos respectivos documentos de

¹ A incidência de participação de mercado é calculada pela ANAC e varia conforme o número de passageiros domésticos ou nacionais pagos transportados.

² Informações da ANAC foram respondidas por e-mail (FERREIRA, T., 2011).

HOTRAN dentre o total de etapas de voo efetivamente realizadas, considerando-se os limites de tolerância estabelecidos na presente IAC;

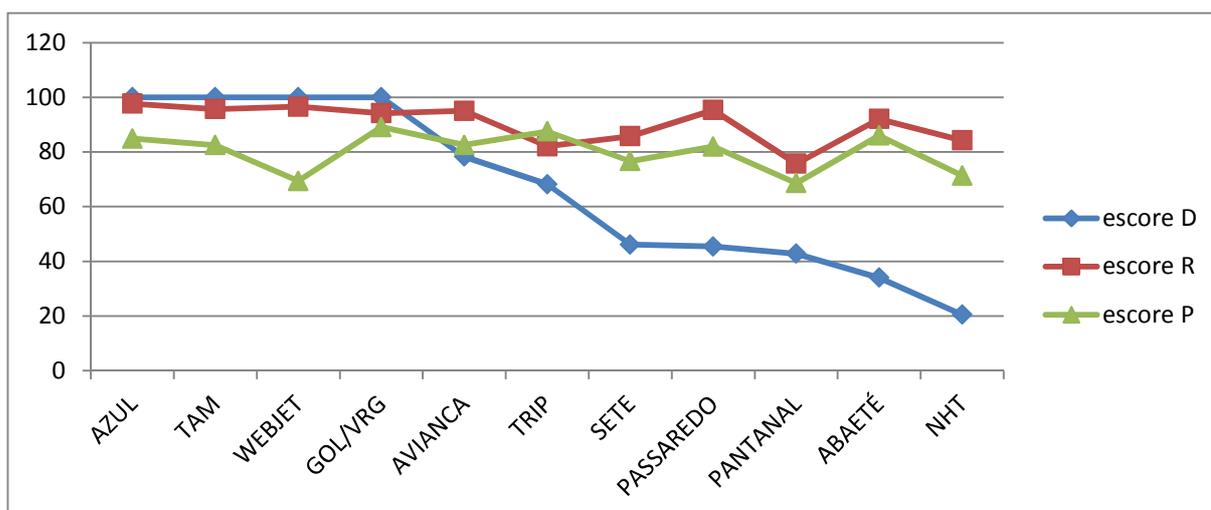
- c) eficiência operacional, que corresponde à ação combinada da regularidade e da pontualidade representando, de um modo geral, a probabilidade de o passageiro ver se o voo realizado está dentro do horário previsto ao chegar ao aeroporto.

Esses índices são calculados anualmente de acordo com as normas estabelecidas na Instrução de Aviação Civil, IAC 1502 – 0699 (BRASIL, 1999). O objetivo da agência é utilizá-los como indicadores oficiais de desempenho das empresas brasileiras de transporte aéreo regular, além de servir de parâmetro para análise comparativa de qualidade dos serviços por elas prestados.

Para as empresas regulares com os dados foi possível obter os índices e realizar considerações comparativas entre os escores calculados pela Agência e o de eficiência relativa do modelo DEA (escore D do Gráfico 6). O escore de eficiência operacional da ANAC foi excluído da análise, visto que existe pela ação combinada dos outros dois, de regularidade e pontualidade.

A partir disso, foi constatado que quanto ao índice de regularidade para as empresas com eficiência relativa máxima (escore D), a empresa Azul é a mais regular, despontando com o índice mais alto (97,68%). Em segundo lugar ficaria a Webjet com o índice 96,58%. É possível observar que empresas com pouca eficiência técnica relativa (escore D) como a Passaredo (45,40%) e a Abaeté (34%) são muito regulares.

Gráfico 6 – Comparação entre os índices de pontualidade, regularidade, eficiência operacional e eficiência relativa.



Fonte: Elaborado pela autora

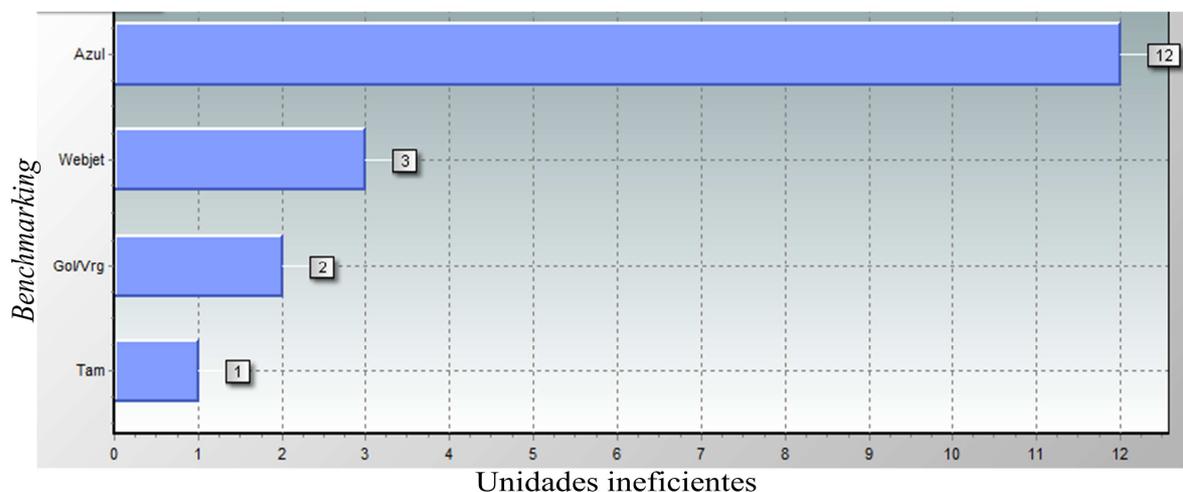
Nota: escore D (eficiência relativa – DEA); escore R (Regularidade); escore P (Pontualidade)

A média do índice de pontualidade representa 80,02%. A Webjet apresenta-se bem abaixo da média com a pontualidade, 69,34%, conforme demonstrado no Gráfico 6. Entre as empresas, a Gol é a mais pontual nas suas operações de voo. Além disso, possui uma discrepância menor entre os três escores, permitindo concluir que, além de estar na fronteira de eficiência técnica, realiza suas atividades com qualidade, tanto no sentido de estar regular com seus voos, como no de ser pontual, garantindo eficiência operacional.

Embora a empresa Azul não apresente o melhor índice de pontualidade, inferior ao de Gol, Trip e Abaeté, é a empresa que serve como *benchmark* para todas as ineficientes.

A metodologia DEA permite encontrar soluções de eficiência para as DMUs menos eficientes, os chamados *benchmarkings*. As empresas aéreas onde o escore de eficiência se mostrou superior podem ser utilizadas como *benchmark* para as demais. Ou seja, permite-se avaliar o nível de desempenho atual ou efetivo e estabelecer metas possíveis de serem concretizadas. Assim, a DEA permite criar um conjunto de referências por combinação linear que projeta a DMU ineficiente para a fronteira de eficiência.

Gráfico 7 – *Benchmarking* das unidades ineficientes



Fonte: Elaborado pela autora

Com base no Gráfico 7 é possível perceber que a Azul é um bom exemplo de comparação para se chegar aos percentuais ótimos de melhorias, pois a mesma serve de *Benchmark* para todas as onze unidades ineficientes. A empresa Tam não é um bom exemplo de comparação para esse grupo de empresas, nem mesmo a Gol/Vrg Linhas Aéreas ou a Webjet.

Esses percentuais possibilitam projetar as unidades ineficientes para a fronteira de eficiência, sugerindo valores ótimos de produção e insumo. Isso permite ao gestor o

planejamento de metas a serem desenvolvidas pelas empresas. No caso específico dessa pesquisa, além de se chegar aos valores ótimos de minimização dos insumos, foi possível engendrar metas com relação à melhoria de emissões de CO₂, tendo como base o consumo de combustível das Companhias. Na Tabela 3, podem-se perceber os percentuais que cada insumo pode melhorar em relação às empresas eficientes.

Tabela 3 - Percentuais de melhorias

DMUS	Fro %	Fvoo %	Ftrr %	Comb %	Htrr %	Rpk %	Rtk %
AVIANCA	60,00	21,74	39,35	21,74	69,33	3,00	0,00
TRIP	78,20	60,81	54,90	31,75	81,01	1,44	0,00
META	96,00	72,69	82,44	46,72	97,03	0,00	0,46
SETE	98,00	92,25	89,00	53,89	98,52	14,89	0,00
PASSAREDO	82,67	75,49	66,42	54,64	85,40	0,00	1,04
PANTANAL	86,40	57,24	72,31	57,24	89,49	0,00	0,86
PUMA	83,50	70,92	63,23	63,23	88,37	0,00	1,03
ABAETÉ	99,50	89,50	77,25	66,00	99,60	0,00	0,15
SOL	99,00	87,75	89,40	74,28	98,97	0,00	1,05
NHT	99,00	89,73	90,37	79,50	99,22	0,00	0,97
TEAM	99,33	94,00	97,08	83,67	99,56	0,00	1,14
MÉDIA	89,24	73,83	74,70	57,52	91,50	1,76	0,61
MÁXIMA	99,50	94,00	97,08	83,67	99,60	14,89	1,14
MÍNIMA	60,00	21,74	39,35	21,74	69,33	0,00	0,00
DESVIO PADRÃO	12,57	21,47	17,55	19,06	9,89	4,46	0,49

Fonte: Elaborada pela autora

Nota: DMUs (empresas), Fro (frota), Fvoo (funcionários de voo), Ftrr (funcionários de terra), Comb (consumo de combustível), Htrr (horas em terra), Rpk (Passageiro quilômetro pago transportado), Rtk (tonelada quilômetro utilizada paga).

As empresas em conjunto devem reduzir o consumo dos insumos em média 89,24% da frota, 73,83% e, 74,70% dos funcionários de voo e de terra, respectivamente e o consumo de combustível em 57,52%. Entre esses, os funcionários de voo e o consumo de combustível em litros apresentam os maiores desvios padrão de 21,47% e 19,06%. Ou seja, esses insumos apresentam maiores variações de melhorias entre as empresas.

O contrário acontece com as horas em terra. Em média, o conjunto de empresas deve reduzir em 91,50% as horas em terra, sendo que as suas variações em relação à média representam apenas 9,89%. Ou seja, não existe muita oscilação com relação à maioria e, por isso, apresentam uma melhoria de forma equivalente, sendo que 81,81% das empresas devem reduzir seu tempo de

horas terra em mais de 97%. Esse número é expressivo e pode ser um indicativo para que as empresas que realizam voos principalmente regionais repensem suas operações, não necessariamente no sentido de terem mais aeronaves, mas de minimizar o tempo ocioso em terra. Por exemplo, a Trip tem o dobro de aviões da Avianca e, no entanto, a última consegue ser mais eficiente no quesito de horas em terra.

O consumo de combustível é a variável que determina a incidência dos níveis de CO₂ no ar. Além disso, pelo seu desvio padrão elevado dos percentuais de melhoria em relação às outras variáveis, tem poder de explicar a distribuição dos escores. As unidades cujo percentual está abaixo de 50% nos índices de melhoria representam apenas 27,27% das empresas ineficientes. Isso sugere que oito unidades ineficientes devem tentar reduzir mais do que 50% do consumo de combustível para serem consideradas ecoeficientes em relação a esse insumo. Na Tabela 4, são demonstradas as diferenças entre o consumo de combustível efetivo ou real do ótimo pelas empresas, bem como os percentuais de melhoria desta variável.

Tabela 4 – Consumo ótimo e efetivo da variável combustível

DMUS	Efetivo	Ótimo	Diferença	Melhoria (%)
AVIANCA	101.121.508	79.132.832,6	21.988.675,41	21,74
TRIP	83.527.528	57.005.606,9	26.521.921,12	31,75
META	1.369.360	729.568,98	639.791,02	46,72
SETE	1.487.357	685.862,02	801.494,98	53,89
PASSAREDO	34.026.060	15.434.103,9	18.591.956,11	54,64
PANTANAL	23.523.997	10.057.896,5	13.466.100,54	57,24
PUMA	12.100.540	4.449.252,4	7.651.287,6	63,23
ABAETÉ	206.584	70.229,86	136.354,14	66,00
SOL	318.622	81.938,61	236.683,39	74,28
NHT	1.843.122	377.823,65	1.465.298,35	79,50
TEAM	675.251	110.252,99	564.998,01	83,67

Fonte: Elaborada pela autora

A Tabela 4 representa o quanto de consumo de combustível deve ser reduzido para que essas empresas operem de forma eficiente. Os valores efetivos são o que realmente foram consumidos (dados brutos) e o ótimo é o objetivo a ser atingido. De todas as empresas, a menos eficiente em relação ao consumo de combustível é a Team. Significa, na verdade, que poderia melhorar em 83,67% a pressão ambiental de forma relativa, com base na melhor utilização deste insumo.

As empresas cujas frotas são maiores entre as empresas ineficientes, a Avianca e a Trip, são as que têm maior consumo de combustível em relação às outras deste grupo. Embora os dados efetivos mostrem que existe um maior consumo dessa variável e, portanto, são os que geram maior quantidade de emissões poluentes ao meio, são as empresas mais ecoeficientes por apresentarem índices inferiores de melhorias. Empresas que obtêm uma quantidade pequena de aviões estão poluindo mais em relação ao que deveriam em comparação com as empresas de maior porte. Porém, em termos de quantidade emitida de CO₂ no setor, todas as empresas ineficientes com exceção das maiores entre elas a Avianca e a Trip, são responsáveis por apenas 1,69% do total de emissões. As duas empresas ineficientes maiores citadas anteriormente somam 4,13%. Os outros 94,18% da poluição são gerados em decorrência das atividades de voo das quatro empresas eficientes. As estimações de CO₂ no setor são discutidas na parte 4.4 dos resultados. A seguir, são demonstrados os escores de eficiência das empresas de transporte de carga.

4.3 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA AMBIENTAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE AÉREO DE CARGA

Para as empresas de transporte de carga, é possível observar que os escores variam de 20,30% a 100% (Tabela 5), sendo que duas empresas atingiram o escore igual a 100%. Duas empresas apresentaram escore superior a 50%; o escore médio foi de 65,04%.

Tabela 5 – Escores das empresas de transporte de carga

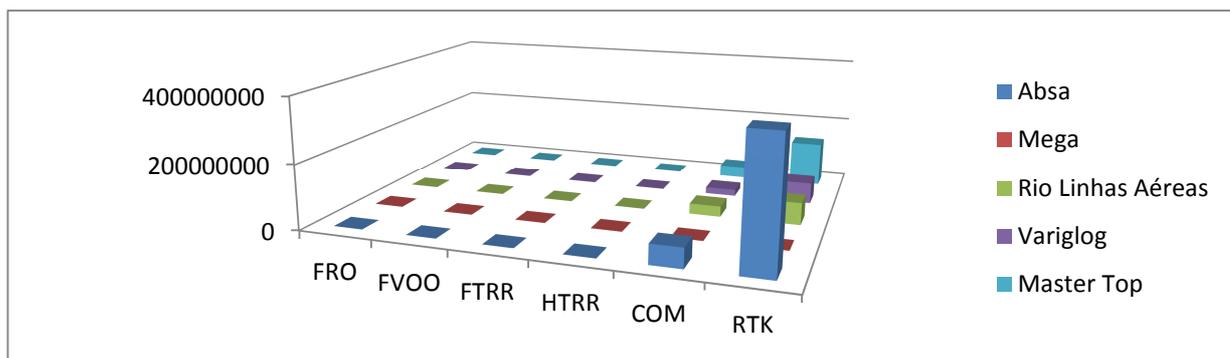
DMUs	Escore %
ABSA	100,00
MASTER TOP	100,00
RIO LINHAS AÉREAS	54,70
VARIG LOG	50,20
MEGA	20,30

Fonte: Elaborada pela autora

As empresas de transporte de carga que operam na fronteira de eficiência são a Absa e a Master Top. Apenas a primeira opera com voos internacionais. Ao contrário do que se concluiu no serviço de transporte de passageiros, no qual a questão da escala das empresas foi fator explicativo aos escores de eficiência, para esse tipo de atividade não é o que ocorre. A empresa Varig Log possui a maior quantidade de mão de obra e de capital (Frota) entre as empresas e conforme se pode observar na Tabela 5, não é eficiente, uma vez que, não proporciona o maior número de serviços.

Pode-se observar no Gráfico 8 que a variável de saída tonelada vezes quilômetro utilizada paga (RTK) tem uma grande diferença das empresas eficientes para as ineficientes. A empresa mais eficiente, a Absa, possui uma diferença muito grande em relação às demais, com o uso de um mínimo de recursos.

Gráfico 8 - Variáveis do modelo das empresas com transporte de Carga



Fonte: Elaborado pela autora

Com os dados brutos, de forma individual, pode-se dizer que a empresa que menos gera impacto negativo ao meio ambiente é a Mega, por ser menor relativamente. Contudo, ela é também a empresa que gera menos produto ou resultados em seus serviços, por isso a mesma é ineficiente em relação às outras. A questão, portanto, é verificar qual o máximo de carga paga que ela deve operar em relação ao que as outras unidades são capazes. O objetivo é diminuir os insumos para que se possa maximizar a capacidade de receita. Verificam-se, relativamente, os possíveis percentuais de melhoria das empresas ineficientes (Tabela 6).

Tabela 6 – Percentuais de melhorias

DMUS	Fro %	Fvoo %	Ftrr %	Comb %	Htrr %	Rtk %
RIO LINHAS AÉREAS	71,20	78,22	45,31	45,30	70,54	0,00
VARIG LOG	90,00	82,43	91,57	49,84	94,29	0,00
MEGA	100,00	98,67	83,00	79,67	99,89	0,00
MÉDIA	87,07	86,44	73,29	58,27	88,24	0,00
MÁXIMA	100,00	98,67	91,57	79,67	99,89	0,00
MÍNIMA	71,20	78,22	45,31	45,30	70,54	0,00
DESVIO PADRÃO	14,62	10,80	24,61	18,67	15,58	0,00

Fonte: Elaborada pela autora

Nota: DMUs (empresas), Fro (frota), Fvoo (funcionários de voo), Ftrr (funcionários de terra), Comb (consumo de combustível), Htrr (horas em terra), Rtk (tonelada quilômetro utilizada paga).

O maior desvio padrão de todas as variáveis é o número de funcionários terra, que representa 24,61% (Tabela 6). A justificativa dessa variação alta em relação à média (73,29%) é que a empresa Varig Log tem um número considerável de funcionários em terra. Isso pode sugerir mudanças para a empresa nesse sentido, concordando com Sampaio e Melo (2008) ao definir este insumo como importante na determinação de eficiência, dado que as empresas estão disponibilizando muitos serviços via internet.

Já a variável consumo de combustível, embora sua média de melhoria tenha sido relativamente baixa, tem o segundo maior desvio padrão, de 18,67%. Por isso, assim como para as empresas de transporte de passageiros, no transporte de carga essa variável tem poder de explicação com relação à distribuição dos escores relativos, por apresentarem maiores diferenças em relação à média. Na tabela 7, podem-se visualizar os valores efetivos e ótimos do consumo de combustível.

Tabela 7 – Consumo ótimo e efetivo da variável combustível

DMUs	Efetivo	Ótimo	Diferença	Melhoria (%)
RIO LINHAS AÉREAS	32.232.964	17.630.828,0	14.602.136	45,30
VARIG LOG	19.838.092	9.951.481,90	9.886.610,08	49,84
MEGA	186.453	37.912,10	148.540,90	79,67

Fonte: Elaborada pela autora

Dentre as empresas ineficientes do transporte de carga, verifica-se o quanto de consumo de combustível deve ser minimizado para que se projetem na fronteira de eficiência. Das três empresas a de menor eficiência ambiental é a Mega. Embora impacte menos com poluição no meio ambiente, seu percentual de melhoria representa quase o dobro da empresa Rio, a mais eficiente entre elas, que possui a maior utilização de combustível, representando 61,70% do total de consumo das três e proporcionalmente, maiores emissões de CO₂. Contudo, pela sua melhor combinação na utilização dos outros insumos, ainda é mais eficiente que as outras. Representa 21,69% do total de emissões de CO₂ das empresas de transporte de carga, enquanto as duas eficientes emitem 64,80%.

4.4 EMISSÕES DE CO₂ DAS EMPRESAS DE AVIAÇÃO COMERCIAL

A partir dos dados efetivos do consumo de combustível em litros das empresas de aviação brasileiras e regulares, é possível estimar o total de emissões de CO₂ que está sendo

gerada com as atividades de voo no ano de 2010. Foi utilizado para o cálculo um fator de emissão apresentado no Inventário de emissão de CO₂ da Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná - SEMA-PR. Seu critério de cálculo se encontra no anexo I da dissertação.

Tabela 8– Emissões de CO₂ das empresas do transporte de carga e passageiros

DMUs	Combustível (litros)	Emissão (tCO₂)
MEGA	186.453	458,8
ABAETÉ	206.584	508,4
SOL	318.622	784,1
TEAM	675.251	1.661,7
META	1.369.360	3.369,9
SETE LINHAS AÉREAS	1.487.357	3.660,3
NHT	1.843.122	4.535,9
PUMA	12.100.540	29.779,4
VARIGLOG	19.838.092	48.821,5
PANTANAL	23.523.997	57.892,5
RIO LINHAS AÉREAS	32.232.965	79.325,3
PASSAREDO	34.026.060	83.738,1
MASTER TOP	36.321.790	89.387,9
ABSA	60.019.600	147.708,2
TRIP	83.527.528	205.561,2
AVIANCA	101.121.508	248.860,0
AZUL	154.493.912	380.209,5
WEBJET	174.377.937	429.144,1
GOL/VRG	1.330.390.563	3.274.091,1
TAM	2.398.143.381	5.901.830,8
TOTAIS	4.466.204.622	10.991.328,7

Fonte: Elaborada pela autora

A quantidade estimada de emissões com relação às atividades de voo das empresas no ano de 2010 é de 10.991 GgCO₂. De forma comparativa, equivale a 11,47% do total da quantidade de emissões estimada no Estado de São Paulo pelo CETESB no ano de 2008, de 95.762 GgCO₂. (INVENTÁRIO..., 2011).

As empresas do transporte de carga são responsáveis por 365,70 GgCO₂ e, do transporte de passageiros 10.625,62 GgCO₂. Ou seja, 3,32% do total de emissões são geradas pelo transporte de carga. O restante, 96,67% é gerado pelo transporte de passageiros.

Segundo dados do inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa de São Paulo, o percentual de toneladas de CO₂ equivale a 20% do indicador nacional. Então, se no ano de 2008 foram emitidos 95.762 GgCO₂ (20% da quantidade nacional), estima-se que em 2010 o setor da aviação emitiu cerca de 2,30% do total de emissões no Brasil, considerando apenas o total emitido em relação a atividade de serviço de voo, com base no consumo do combustível das aeronaves. Desconsiderando as quantidades geradas pelas empresas com a frota de automóveis utilizados pelos funcionários das mesmas e outras atividades em terra (INVENTÁRIO..., 2011).

Com base nos percentuais de melhorias calculados do consumo de combustível para se operar de forma eficiente relativamente é possível se chegar à redução de emissões de CO₂ (Tabela 9).

Tabela 9 – Percentuais de melhorias nas emissões de CO₂ das empresas

DMUs	Emissão (tCO₂)	Percentual de melhoria (%)	Diminuição possível de emissões (tCO₂)
MEGA	458,8	79,67	365,510
ABAETÉ	508,4	66,00	335,54
SOL	784,1	74,28	582,43
TEAM	1.661,7	83,67	1.390,34
META	3.369,9	46,72	1.574,42
SETE LINHAS AÉREAS	3.660,3	53,89	1.972,54
NHT	4.535,9	79,50	3.606,04
PUMA	29.779,4	63,23	18.829,51
VARIG LOG	48.821,5	49,84	24.330,92
PANTANAL	57.892,5	57,24	33.137,67
RIO LINHAS AÉREAS	79.325,3	45,30	35.935,84
PASSAREDO	83.738,1	54,64	45.754,50
TRIP	205.561,2	31,75	65.265,68
AVIANCA	248.860	21,74	54.102,16

Fonte: Elaborada pela autora

Os resultados da Tabela 9 demonstram o quanto é possível reduzir as emissões de CO₂, gerando resultado econômico e ambiental. Para o transporte de passageiros é possível a redução de 226 GgCO₂, o que representa uma redução de 2,05% do total de emissões das empresas e 0,047% do total nacional. Para o transporte de carga é possível a minimização de

60,62 GgCO₂, representando redução de 0,55% do total de emissões das empresas e 0,01% a nível nacional.

No total as empresas que não estão operando na fronteira de eficiência no setor poderiam contribuir na redução de 0,05% de emissões CO₂ a nível nacional, se conseguirem as melhorias na redução do consumo de combustível recomendadas por este estudo. Desse total de melhoria, 94% é de responsabilidade das empresas de transporte de passageiros.

É importante salientar que esses resultados se tratam das emissões proporcionais ao consumo de combustível, não podendo ser considerados como o total de emissões gerado pelo setor. Além disso, os valores em relação aos percentuais de melhorias das emissões são relativos às empresas eficientes, que serviram de *benchmark* para o cálculo, não podendo, portanto, ser considerados como absolutos. Ademais, o presente estudo não considerou todas as empresas do setor, aspecto já explicado no capítulo 3.

4.5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E ESTUDOS RELACIONADOS

Vellani e Gomes (2010) tinham como problema de pesquisa a seguinte questão: Como medir a ecoeficiência empresarial? Ao final, concluíram que a fórmula exposta por WBCSD (2000) pode ser inadequada para medi-la e que o conceito implícito na fórmula ecoeficiência (Equação 5) pode ser útil para refletir sobre ecoeficiência, uma vez que a ideia é gerar valor sem comprometer os ecossistemas. Faz-se necessária, no entanto, uma visão mais ampla para o cálculo da mesma. É necessário estabelecer variáveis e determinar o modelo que se deseja operacionalizar, dependendo do objetivo do trabalho. Sabe-se que medir eficiência ambiental requer indicadores de ecoeficiência, conforme exposto no item 2.3.4.

Segundo Vellani e Ribeiro (2009) a gestão da ecoeficiência permite visualizar a empresa como um sistema (Figura 2). Há entradas de insumos, e saídas de produtos ou serviços e, resíduos (saídas não-produto ou não-serviço). Os indicadores físicos ou operacionais permitem saber o quanto das entradas não se transformou em produtos e serviços. De outra forma, monetariamente, o gestor pode medir quanto do capital investido com insumos é desperdiçado com resíduos.

Vellani e Ribeiro (2009) propõem uma categorização de forma a atribuir melhorias para a gestão ambiental. As ações ecológicas que podem agregar ecoeficiência são internas e envolvem indicadores operacionais. Para finalidade de controle gerencial, essas devem ser separadas dos programas voltados ao desenvolvimento sustentável da sociedade, que se referem aos indicadores externos, de Condição Ambiental (Figura 2).

De fato, criar um conjunto de indicadores operacionais tanto de entrada como de saída do sistema empresarial subsidia a criação de métodos de gestão que podem vir a ser integrados na contabilidade. A fórmula de ecoeficiência (Equação 5) exposta por WBCSD (2000) que foi testado na aplicação do estudo de Vellani e Gomes (2010) possui limitações. Os autores salientam que, além dos problemas teóricos, a comparabilidade está comprometida, pois não se pode comparar a ecoeficiência entre empresas apenas com o valor adicionado e o que é gerado de impacto ambiental. Deve ser um cálculo envolvendo mais variáveis de entradas e saídas.

Além disso, o conceito de impacto ambiental carece de uma definição certa e precisa para efetuar cálculos de ecoeficiência. Vellani e Gomes (2010) salientam que investimentos ambientais com controle e prevenção não podem ser considerados indicadores de impacto ambiental. Essa é uma das fundamentações de que o cálculo deve ser estimado por indicadores, com base em um sistema de controle e gestão e não via demonstrativo contábil de valor adicionado publicado por algumas empresas. A falta de informação detalhada sobre o que realmente são impactos nesses relatórios possibilitam equívocos nos cálculos, conforme demonstrado por Vellani e Gomes (2010).

Côté, Booth e Louis (2006) relacionam o impacto ambiental a fatores negativos para o meio ambiente. Reduzir esses fatores é produzir ou prestar serviço com qualidade, enquanto durante os processos ocorre a minimização da agressividade ao meio, como a diminuição de resíduos e poluição.

Dessa forma, é possível o entendimento de que impacto ambiental seja o efeito ou mudança causada no ambiente por uma atividade proveniente de ação humana. A pressão ambiental pode ser adequada à medida da intensidade ou do potencial da atividade para causar o impacto. Os fatores de produção que exigem consumo de recursos naturais ou com potencial de degradação ambiental podem assumir a forma de pressão ambiental, e não impacto, como muito se preceitua a literatura (MELO; PEGADO, 2006).

Para ilustrar essa distinção, exemplifica-se com as operações de usinagem que usam óleo solúvel. Esta atividade exerce uma pressão ambiental, e sua proporção varia de acordo com a quantidade e o tipo de óleo. O impacto está diretamente associado à contaminação do solo ou águas pelo mesmo. De outra forma, pode ser entendido que o impacto ambiental é representado por grandezas que já se materializaram no ambiente, e pressão, ao potencial para causar o impacto, podendo ser de várias fontes (MELO; PEGADO, 2006).

No caso do setor da aviação civil comercial, entre os principais impactantes ambientais, estão as emissões de CO₂. Para calcular a ecoeficiência com a fórmula trabalhada

no estudo de Vellani e Gomes (2010), é preciso de indicadores como o valor adicionado de todas as empresas e as quantidades de poluentes, entre outras variáveis ambientais calculadas no setor. Contudo, não são divulgados dados com essas características pelas empresas, por não se tratarem de divulgação compulsória.

Ademais, o que se pode concluir com os resultados dessa fórmula é o quanto a empresa tem de valor adicionado por quantidade de impacto. Não é possível afirmar que uma empresa é mais eficiente, operacionalmente que outra, medindo-se com indicadores de resultado. Afinal, a eficiência não se mede com o resultado e sim, como se chegou até o mesmo, com os recursos ou insumos usados para a produção ou o serviço realizado.

Portanto, para esta dissertação foi considerado que ecoeficiência é uma extensão do conceito de eficiência, mas utilizando variáveis ambientais. Desta forma, seria inadequado o cálculo da eficiência ambiental sem utilizar as variáveis que constituem a função de produção, onde

$$Q = F(L, K, \tau) \quad (10)$$

Os estudos de Barba-Gutiérrez, Adenso-Díaz e Lozano (2009), Rafaeli (2009), Zhang, B. et al. (2008) e Burnett e Hansen (2008) têm suas funções de produção com variáveis ambientais. Entre os insumos mais usados, além de capital e pessoal, está o consumo de recursos naturais, como a água, a energia elétrica e as matérias-primas. Os produtos negativos usados foram emissões atmosféricas como, por exemplo, o CO₂.

Logo, suas funções de produção para se determinar as eficiências ambientais podem ser resumidas em:

$$\text{Produção} = \text{Capital} + \text{Mão-de-obra} + \text{consumo de recursos naturais} - \text{impacto ambiental} \\ (\text{emissões e resíduos}). \quad (11)$$

Estudou-se, nesta dissertação, o conceito de eficiência ambiental do setor de aviação civil comercial e foram utilizadas as variáveis de insumos capital (frota), pessoal (funcionários) e consumo de combustível, sendo que a última variável serviu de base para a análise ambiental. Permitiu-se saber o quanto as empresas estavam sendo ineficientes em relação às emissões de CO₂ das atividades de voo e o quanto as mesmas podem minimizar esse fator, para que operem na fronteira de eficiência e contribuam para um Brasil mais limpo, em termos ecológicos.

As variáveis operacionais utilizadas também estão presentes em outros estudos. Sampaio e Melo (2008) para o cálculo da eficiência usaram no modelo as seguintes variáveis de insumos: número de empregados, o combustível consumido e o custo operacional. Como produtos foram usados passageiros transportados, receitas e utilização dos assentos. No estudo de

Correia, Mello e Meza (2011) as variáveis utilizadas foram: peso máximo de decolagem como *input* e assento em quilômetros utilizados e toneladas em quilômetros utilizadas como *outputs*. Mello et al. (2003) no modelo operacional, os insumos escolhidos foram a quantidade de pessoal de voo, o combustível usado e a soma das capacidades de passageiros do total das aeronaves da frota. Como produto, passageiro quilômetros oferecidos. Rafaeli (2009) utilizou as seguintes variáveis: funcionários, frota e horas voadas como insumos e, como produto, toneladas de carga, taxa de aproveitamento de carga, passageiros quilômetros pagos e taxa de ocupação de passageiros.

Nessa dissertação foram usadas as variáveis operacionais de número de funcionários de voo (MELLO ET AL., 2003), somados aos funcionários em terra (RAFAELI, 2009; SAMPAIO; MELO, 2008), totalizando o total de mão de obra, pois ambos os tipos são responsáveis para os aviões levantarem voo. Além disso, a variável frota, representada na função de produção como capital, utilizada também nos estudos de Rafaeli (2009) e pelos autores Correia, Mello e Meza (2011) com a variável peso máximo de decolagem. Essa variável considera simultaneamente o número de aviões (frota) e a capacidade dessas aeronaves. O consumo de combustível foi escolhido por ser de característica ambiental e por ser usado nos modelos de Sampaio e Melo (2008) e Mello et al. (2003). No estudo de Rafaeli (2009) utilizou-se a variável de horas de voo como um insumo, com a explicação de que acarretam em despesas com combustível, manutenção e outros elementos e por isso, devem ser reduzidos. O autor tentou substituir uma variável importante que é o consumo de combustível por outra de saída, podendo acarretar em cálculos de escores equivocados de eficiência.

A informação de horas de voo das empresas nessa dissertação foram usadas como auxílio para calcular um indicador de horas em terra (Quadro 8), assumindo forma de produto negativo. Como produtos foram utilizados: Passageiro vezes quilômetro pago transportado (RPK) e tonelada vezes quilômetro utilizada paga (RTK). Esses foram utilizados no modelo assim como em Rafaeli (2009) pelo fato de que um avião estará sendo ecoeficiente quando conseguir obter o maior número de pessoas e carga pagas, aumentando o potencial econômico, sendo os não pagos, peso desnecessário no avião, com perda de eficiência.

Sampaio e Melo (2008) concluíram que a redução de combustível é determinante para se chegar à eficiência. Além disso, existem vários fatores que justificam o seu consumo, entre eles estão o tipo de aeronave, pois existem variações quanto ao número de turbinas utilizadas e a sua aerodinâmica, bem como o peso que a aeronave está carregando, quanto mais peso, maior o consumo. A distância e a altitude também afetam no consumo de combustível. Sampaio e Melo (2008) ainda concluem que, além da redução de combustível, a escolha

correta de aeronaves e rotas, a melhoria da escala de operação e a redução do número de funcionários por passageiro, sem prejudicar a qualidade e segurança do voo, são fatores que explicam a eficiência operacional.

A ecoeficiência nesse trabalho está relacionada com a gestão de sua capacidade de pessoal por voo, no intuito de reduzir os funcionários e maximizar a quantidade de passageiros pagos. Ou ainda ter um número menor de aeronaves, mas com maior número de assentos instalados. Isso permite o melhor desempenho do consumo de combustível. O que não significa dizer que grandes mudanças com a tecnologia das aeronaves e combustíveis não podem contribuir com a eficiência das empresas. Por exemplo, a utilização sustentável de biocombustíveis em voos comerciais deve ser uma realidade próxima que poderá acarretar em mudanças na fronteira de eficiência do setor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho fez-se uma abordagem sobre a eficiência operacional, com enfoque para a questão ambiental, dado as várias iniciativas a nível internacional que vêm sendo discutidas e que foram abordadas no problema de pesquisa. O setor escolhido foi o de serviços na área de Aviação Civil, visto que o mesmo tem passado por diversas mudanças nos últimos vinte anos, que refletiram na forma de como gerir suas atividades para maximizar sua eficiência.

Foi possível com o estudo determinar a eficiência relativa ambiental das empresas aéreas brasileiras. Para a determinação da eficiência das empresas utilizou-se a metodologia da análise envoltória de dados (DEA), com base no modelo CCR, que considera retornos constantes de escala e foi considerado o mais adequado para esse estudo. As variáveis utilizadas como insumos e produtos foram escolhidas com base em estudos anteriores no setor da aviação com a mesma metodologia, bem como a partir do conhecimento adquirido junto à agência nacional da aviação civil e os dados que foram disponibilizados pela mesma. Além disso, como o objetivo foi de determinar a eficiência ambiental, optou-se pela orientação a insumo, com vista a diminuir o consumo de *inputs* que geram poluição, no caso o combustível.

A análise envoltória de dados permitiu resultados relativos, ou seja, um comparativo entre todas as DMUs que fizeram parte da amostra. Por isso, os resultados não podem ser considerados absolutos ou comparáveis com outros setores de forma direta. Os escores de eficiência encontrados no trabalho podem ser vistos como um indicador para auxiliar na avaliação de desempenho das empresas. Entre as empresas que prestam serviço de transporte de passageiros, as eficientes são também as que proporcionam voos de maiores distâncias e que tem uma maior participação de mercado. Entre elas, estão a Azul, a Tam, a Webjet e a Gol/Vrg. Entre as empresas que prestam serviço de transporte de carga, são eficientes a Absa e a Master Top.

Foi realizada uma comparação entre os índices de eficiência relativa com os de pontualidade e regularidade da ANAC, para as empresas de transporte de passageiros. Entre elas, constatou-se que todas as eficientes são também regulares. Com relação à pontualidade, a Webjet apresenta-se bem abaixo da média, sendo a Gol a mais pontual nas operações de voo. Além disso, esta possui discrepância menor entre os três escores, permitindo inferir que, além de estar na fronteira de eficiência técnica, realiza suas atividades com qualidade em relação aos indicadores.

Além da análise de eficiência relativa, foram estimadas as quantidade de CO₂ emitidas pelas empresas brasileiras em decorrência da atividade de voo, com base na variável consumo de combustível em litros. As empresas de aviação estudadas em 2010 emitiram cerca de 2,30% do total de emissões no Brasil. Além disso, constatou-se que é possível a redução de 226 GgCO₂ para as empresas do transporte de passageiros, o que representa uma redução de 0,047% do total nacional. Para o transporte de carga é possível a minimização de 60,62 GgCO₂, representando redução de 0,01% a nível nacional.

Para a teoria, este trabalho contribuiu no sentido de determinar a eficiência operacional com enfoque ambiental, que foi determinada com a metodologia DEA, com o uso de variáveis como mão de obra e capital, somadas a variáveis ambientais. Além disso, o presente estudo pode servir de complemento ou de comparativo para os sistemas e indicadores de eficiência já utilizados pela Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC.

Para a ciência contábil, visto que é uma ciência social, é importante o relacionamento com conhecimentos específicos de outras áreas. Da economia usou-se o conceito de função de produção; da engenharia, a análise envoltória de dados e; da química, as quantidades de emissões de CO₂. Isso pode proporcionar uma visão sistêmica e captar, a partir disso, informações não financeiras, além da contabilidade societária. Práticas de gestão, incluindo o uso de indicadores ambientais, vêm sendo abordadas e sugeridas às empresas por pesquisas, por questões de controle.

Portanto, é importante a criação de modelos e instrumentos de mensuração que possam contribuir para a análise das pressões e impactos ambientais. Este trabalho buscou contribuir nesse sentido. A carência de literatura e de publicação de trabalhos voltados à eficiência ambiental no setor de aviação comercial acarretou em esforço de conhecimento técnico tanto das variáveis como da metodologia.

Neste trabalho foi realizada uma avaliação com indicadores operacionais, visto que a ecoeficiência tem relação com as atividades de operação da empresa. Contudo, essa aplicação não é suficiente para realizar-se um diagnóstico completo do setor, haja vista a necessidade de compilar a análise com outras, a nível financeiro. Entretanto, conforme Hammer (2007), na prática, a eficiência ambiental parece ser uma questão ainda não resolvida por gestores e que precisa de aprimoramentos.

Por fim, conclui-se que o modelo DEA pode ser utilizado como uma forma de gestão corporativa para a ANAC bem como para as empresas, podendo ser aplicado com os insumos e produtos considerados como relevantes pelos mesmos. Contudo, entre suas limitações está a de ser um método não paramétrico, que não permite a extrapolação de conclusões, sendo

restrito às variáveis usadas, bem como às empresas. Além disso, os resultados determinadas pela DEA podem ser vistos apenas de forma relativa ao que está se está analisando, não podendo ser considerado absoluto. Por isso, é limitante dependendo do que deve ser analisado.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Diante do exposto sugerem-se estudos futuros. Entre eles:

- a) Sugere-se a continuidade deste estudo, realizando-se uma análise de evolução temporal através do índice de Malmquist para verificar se as empresas estão investindo em eficiência ambiental;
- b) da mesma forma, sugere-se a aplicação deste modelo com outros setores, para que se possa compará-los;
- c) realizar um estudo comparativo com dois modelos DEA distintos: um para determinar a eficiência ambiental e outro para determinar a eficiência financeira;

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR ISO 14001*: gestão ambiental – Sistemas de Gestão ambiental – diretrizes. Norma Técnica. Rio de Janeiro, 2004a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR ISO 14004*: gestão ambiental – Sistemas de Gestão ambiental – diretrizes. Norma Técnica. Rio de Janeiro, 2004b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR ISO 14020*: gestão ambiental – Rotulagem Ambiental – diretrizes. Norma Técnica. Rio de Janeiro, 2004c.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR ISO 14031*: gestão ambiental - avaliação de desempenho ambiental – diretrizes. Norma Técnica. Rio de Janeiro, 2004d.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR ISO 14040*: gestão ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida – diretrizes. Norma Técnica. Rio de Janeiro, 2004e.
- AZAR, Christian; HOLMBERG, John; LINDGREN, Kristian. Socio-ecological indicators for sustainability. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 89-112, 1996.
- AZZONE, G; BERTELÈ, U. Exploiting green strategies for competitive advantage. *Long Range Planning*, London, v. 27, n. 6, p. 69-81, 1994.
- BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, Providence, RI, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BARBA-GUTIÉRREZ, Y.; ADENSO-DÍAZ, B.; LOZANO, S. Eco-Efficiency of electric and electronic appliances: a data envelopment analysis (DEA). *Environmental Modeling & Assessment*, Amsterdam, v. 14, n. 4, p. 439-447, 2009.
- BARBIERI, José Carlos. *Gestão ambiental empresarial*. São Paulo: Saraiva, 2004.
- BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Pearson Makron Books, 2004.
- BARROS, Carlos Pestana; PERRIGOT, Rozenn. Analysing technical and allocative efficiency in the French grocery retailing industry. *International Review of Retail, Distribution & Consumer Research*, London, v. 18, n. 4, p. 361-380, 2008.
- BECCHETTI, Leonardo; DI GIACOMO, Stefania.; PINNACCHIO, Damiano. Corporate social responsibility and corporate performance: evidence from a panel of US listed companies. *Research Paper Series*, v. 26, n. 78, p. 1-56, 2005.
- BESANKO, David; BRAEUTIGAM Ronald R. *Microeconomia: uma abordagem completa*. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BOFF, Marines Lucia. *Estratégias de legitimidade organizacional de Lindblom na evidenciação ambiental e social em relatórios da administração de empresas familiares*. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado) -- Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós- Graduação em Ciências Contábeis, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, SC, 2007.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. *Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999*. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 21 de setembro de 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3179.htm>. Acesso em: 12 nov. 2011.

BRASIL. *Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 12 nov. 2011.

BRUNI, M. E.; GUERRIERO, F.; PATITUCCI, V. Benchmarking sustainable development via data envelopment Analysis: an Italian case study. *International Journal of Environmental Research*, Tehran, v. 5, n. 1, p. 47-56, 2011

BURNETT, Royce D.; HANSEN, Don R. Ecoefficiency: defining a role for environmental cost management. *Accounting, Organizations and Society*, Oxford, v. 33, n. 6, p. 551-581, 2008.

CAMPOS, Lucila Maria de Souza. *Um estudo para definição e identificação dos custos da qualidade ambiental*. Florianópolis. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1996.

CAMPOS, Lucila Maria de Souza. *SGDA: – Sistema de Gestão e Avaliação do Desempenho Ambiental: uma proposta de implementação*. 2001. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001..

CAMPOS, Lucila Maria de Souza; GRZEBIELUCKAS, Cleci; SELIG, Paulo Mauricio. As empresas com certificação ISO 14001 são mais rentáveis? Uma abordagem em Companhias abertas no Brasil. *REAd*, Porto Alegre, ed. 62, v.15, n. 1, 2009.

CAMPOS, Lucila Maria de Souza; LERÍPIO, Alexandre de Ávila. *Auditoria ambiental: uma ferramenta de gestão*. São Paulo: Atlas, 2009.

CAMPOS, Lucila Maria de Souza; SELIG, Paulo Maurício. *SGADA – Sistema de Gestão e Avaliação do Desempenho ambiental: Aplicação de um modelo de SGA que utiliza o Balanced Scorecard (BSC)*. *REAd*, Porto Alegre, ed. 30, v. 8, n.6, 2002.

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

CHOI, Kyu Wan; ROH, Yae Sock; YOON, Ji-Hwan. An empirical examination of productivity of a chain restaurant using Data Envelopment Analysis (DEA). *International Journal of Quality and Productivity Management*, Midland, MI, v. 7, n. 1, p. 47-67, 2007.

COCHRAN, Philip L. the evolution of corporate social responsibility. *Business Horizons*, New York, v. 50, n. 6, p. 449-454, 2007.

COLI, Mauro, NISSI, Eugenia, RAPPOSELLI, Agnese. Monitoring environmental efficiency: an application to Italian provinces. *Environmental Modelling & Software*, Oxford, v. 26, n. 1, p. 38-43, 2011.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (CE) N.º 71/2008 do Conselho de 20 de Dezembro de 2007 relativo à constituição da empresa comum Clean Sky. *Jornal Oficial da União Europeia*, [Lisboa], 04 fev. 2008. L 30, p. 1-20. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:030:0001:0020:PT:PDF>>. Acesso em: 12 nov. 2011.

CORAZZA, Rosana Icassatti. Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional. *RAE-eletrônica*, São Paulo, v. 2, n. 2, 2003.

CORREIA, Teresa Cristina Vilardo Domingues; MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares; MEZA, Lidia Angulo. Eficiência técnica das Companhias aéreas brasileiras: um estudo com análise envoltória de dados e conjuntos nebulosos, *Revista Produção*, Niterói, RJ, v.21, n.4, p. 676-683, 2011.

CÔTÉ, Raymond; BOOTH, Aaron; LOUIS, Bertha. Eco-efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 14, n. 6-7, p. 542-550, 2006.

DAHLSTRÖM, Kristina; EKINS, Paul. Eco-efficiency trends in the UK steel and aluminum Industries: differences between resource efficiency and resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, Cambridge, Mass. v. 9, n. 4, p.171-188, 2005.

DIEWERT, W. Erwin; FOX, Kevin J. Malmquist and Törnqvist productivity indexes: returns to scale and technical progress with imperfect competition.. *Journal of Economics*, v. 101, n. 1, p. 73-95, 2010.

DONAIRE, Denis. Considerações sobre a influência da variável ambiental na empresa. *Revista de Administração de Empresas: RAE*, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 68-77, 1994.

DONAIRE, Denis. A internalização da gestão ambiental na empresa. *Revista de administração*, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 44-51, 1996.

DURÁN, Orlando; PUGLIA, Vicente Bergamini. *Scorecard* ambiental: monitoração dos custos ambientais através da web. *Revista Chilena de Ingeniería*, Arica, v. 15, n. 3, p. 291-301, 2007.

DÜZAKIN, Erkut; DÜZAKIN, Hatice. Measuring the performance of manufacturing firms with super slacks based model of data envelopment analysis: An application of 500 major industrial enterprises in Turkey. *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v. 182, n. 3, p. 1412-1432, 2007.

ELKINGTON, J. *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st Century Business*. Oxford: CapstonePublishing, 1998.

EUGÊNIO, Teresa. Avanços na divulgação de informação social e ambiental pelas empresas e a teoria da legitimidade. *Revista Universo Contábil*, Blumenau, v. 6, n.1, p. 102-118, 2010.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, London, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FEARING, Jack. Prevention, Control, Sustainability: Plan and Conduct effective safety audits. *Industrial Engineer*, Norcross, Ga., v. 40, n. 5, p.38-43, 2008.

FENKER, Eloy Antonio. *Risco ambiental e gestão dos custos ambientais: Um estudo de sua relação em empresas atuantes no Brasil*. 2009. 197 f. Dissertação (Mestrado) – Pós Graduação em Ciências Contábeis, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2009.

FERREIRA, Carlos Mauricio de Carvalho; GOMES, Adriano Provezano. *Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

FERREIRA, Thalita. *Participação de mercado* [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <anaheinen@yahoo.com.br> em 17 dez. 2011.

FLORIDA, Richard; DAVISON, Derek. Gaining from Green Management: environmental management systems inside and outside the factory.. *California Management Review*, Berkeley, Calif., v. 43, n. 3, p. 64-84, 2001.

FRANCHETTI, M. Comprehensive Waste Minimization Study at an Industrial Battery Manufacturing Plant in Ohio, USA. *Journal of Environmental Science & Engineering*, Nagpur, v. 5, n. 1, p78-87, 2011.

FRANCIS, G.; HUMPHREYS, I.; FRY, J. The nature and prevalence of the use of performance measurement techniques by airlines. *Journal of Air Transportation Management*, Oxford, v. 11, n.4, 207-217, 2005.

FREAZA, Flávio Paim. *Análise de eficiência do mercado bancário brasileiro, utilizando a metodologia da análise envoltória de dados*. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração) -- Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração e Economia, Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

GALLON, Alessandra Vasconcelos; SALAMONI, FrancianeLuiza; BEUREN, Ilse Maria. O processo de fabricação de papel reciclado e as ações associadas aos custos ambientais em indústria de Santa Catarina. *Revista ABCustos*, São Leopoldo, v. 3, n. 1, p. 45-67, 2008.

GELO, Omar; BRAAKMANN, Diana; BENETKA, Gerhard. Quantitative and qualitative research: *Beyond the Debate*, [S.l.], v. 42, n. 3, p. 266-290, 2008.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.

GUMBAU-ALBERT, Mercedes; MAUDOS, Joaquín. The determinants of efficiency: the case of the Spanish industry. *Applied Economics*, Abingdon, v. 34, n. 15, p. 1941-1948, 2002.

HAHN, Tobias et al. Opportunity cost based analysis of corporate eco-efficiency: a methodology and its application to the CO₂-efficiency of German companies. *Journal of Environmental Management*, Oxford, v. 91, n. 10, p. 1997-2007, 2010.

HAMMER, Michael. The 7 deadly sins of performance measurement and how to avoid them: *MIT Sloan Management Review*, Cambridge, v. 48, n.3, p. 18-28, 2007.

HAYNES, Kingsley E.; DINC, Mustafa. Data Envelopment Analysis (DEA). In: *ENCYCLOPEDIA of social measurement*. San Diego: Elsevier, 2005. v. 1, p. 609-616.

HELMINEN, Riina-Riitta. Developing tangible measures for Eco-Efficiency: The case of the Finnish and Swedish pulp and paper industry. *Business Strategy and the Environment*, Chichester, v. 9, n. 3, p. 196-210, 2000.

HENRI, Jean-François; JOURNEAULT, Marc. *Environmental performance indicators: an empirical study of Canadian manufacturing firms*. *Journal of Environmental Management*, Oxford, v. 87, n. 1, p. 165-176, 2008.

HOLM, Stig-Olof; ENGLUND, Göran. Increased ecoefficiency and gross rebound effect: Evidence from USA and six European countries 1960–2002. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 68, n.3, p. 879–887, 2009.

HUNT, Christopher; AUSTER, Ellen. Proactive environmental management: avoiding the trap. *Sloan Management Review*, Cambridge, Mass., v. 31, n. 2, p. 6-18, 1990.

ILINITCH, A.Y; SODERSTROM, N.S; THOMAS, T.E. Measuring corporate environmental performance. *Journal of Accounting and Public Policy*, New York, v. 17, n. 4, p. 383-408, 1998.

INVENTÁRIO de emissões de gases de efeito estufa é apresentado no auditório da SMA/CETESB. Material postado no site da Associação Brasileira de Engenharia sanitária e ambiental (ABES). Disponível em: < <http://www.abes-sp.org.br/noticias/19-noticias-abes/130-inventario-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-e-apresentado-no-auditorio-da-smacetesb> >. Acesso em: 12 nov. 2011.

ISLAM, S.M.N. ; MUNASINGHE, M.; CLARKE, M. Making long-term economic growth more sustainable: evaluating the costs and benefits. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 47, n. 2-3, p. 149-66, 2003.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta; SANTOS, Fernando César Almada. Evolução da gestão ambiental na empresa: uma taxonomia integrada à gestão da produção e de recursos humanos. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 435-448, 2006.

JOHNSON, H. Thomas; KAPLAN, Robert S. *Relevance lost: the rise and fall of management accounting*. Boston: HBSP, 1993.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. *A estratégia em ação: balanced scorecard*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KOURMOUSIS, Fotis et al. Management of waste from electrical and electronic equipment in cyprus: a case study. *Environmental Engineering and Management Journal*, Iasi, v. 10, n. 5, p. 703-709, 2011.

LAMBERTI, Lucio; LETTIERI, Emanuele. Gaining legitimacy in converging industries: Evidence from the emerging market of functional food. *European Management Journal*, London, v. 29, n. 6, p. 462-475, 2011.

LEE, Jaymin. Market performance in an open developing economy: technical and allocative efficiencies of Korean Industries. *Journal of Industrial Economics*, Oxford, v.35, n. 1, p. 81-96, 1986.

LINDHQVIST, Thomas. Corporate management tools to address sustainability challenges. *Environmental Engineering and Management Journal*, Iași, v. 6, n. 5, p. 351-355, 2007.

MAIMON, Dália. Eco-estratégia nas empresas brasileiras: realidade ou discurso? *Revista de Administração de Empresas: RAE*, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 119-130, 1994.

MAIMON, Dália. *ISO 14001: passo a passo da implantação nas pequenas e médias empresas*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

MANDAL, Sabuj Kumar. Do undesirable output and environmental regulation matter in energy efficiency analysis? Evidence from Indian Cement Industry. *Energy Policy*, Surrey, v. 38, n. 10, p. 6076–6083, 2010.

MELLO; João Carlos Correia Baptista Soares et al. Análise de Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para Companhias Aéreas Brasileiras. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, v.23, n. 2, p. 325-345, 2003.

MELLO; João Carlos Correia Baptista Soares et al. *Curso de análise envoltória de dados*. 2005. Trabalho apresentado ao 37º Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, 2005. Disponível em: < http://www.uff.br/decisao/sbpo2005_curso.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2011.

MELO, J.; PEGADO, C. *Ecoblock: A method for integrated environmental performance evaluation of companies and products (construction case-study)*, 2006. Disponível em: <http://gasa.dcea.fct.unl.pt/ecoblock/EcoBalance_02.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2011.

MELVILLE, Nigel P. Information systems innovation for environmental sustainability. *MIS Quarterly*, Minneapolis, Minn., v. 34, n. 1, p. 1-21, 2010.

MILLER, Roger Leroy. *Microeconomia: teoria, questões e aplicações*. São Paulo: McGraw–Hill do Brasil, 1981.

MIOTTO, Genossi Rauch. *Análise da Gestão estratégica de custos no setor de aviação comercial brasileiro*. 2007. 167 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2007.

MOLINA-AZORIN, José F. et al. Quality management, environmental management and firm performance: a review of empirical studies and issues of integration. *International Journal of Management Reviews*, Oxford, v. 11, n. 2, p. 197-222, 2009.

MUKHERJEE, Kankana. Measuring energy efficiency in the context of an emerging economy: The case of indian manufacturing, *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v. 201, n. 3, p. 933-941, 2010.

- OLSTHOORN, Xander et al. *Environmental indicators for business: a review of the literature and standardisation methods*. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 9, n. 5, p. 453-463, 2001.
- PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recurso Hídrico. *Inventário de emissão de CO₂ da SEMA-PR. visando sua redução e neutralização*. Curitiba, 2009. Disponível em: < <http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Inventario2009.doc>>. Acesso em: 12 nov. 2011.
- PEÑA, Carlos Rosano. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). *RAC*, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, 2008.
- PICAZO-TADEO, Andrés J.; GÓMEZ-LIMÓN, José A.; REIG-MARTÍNEZ, Ernest. Assessing farming eco-efficiency: a Data Envelopment Analysis approach. *Journal of Environmental Management*, Oxford, v. 92, n. 4, p. 1154-1164, 2010.
- PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. *Microeconomia*. São Paulo: Makron, 1998.
- PORTER, Michael E. *Vantagem competitiva*. Rio de Janeiro: Campus, 1989.
- RAFAELI, Leonardo. *A análise envoltória de dados como ferramenta para avaliação do desempenho relativo*. 2009. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.
- RICHARDSON, Roberto Jarry. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- ROBLES JUNIOR, Antonio. *Custos da qualidade: aspectos econômicos da gestão da qualidade e da Gestão ambiental*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- RODRIGUEZ-FERRERO, Noelina; SALAS-VELASCO, Manuel; SANCHEZ-MARTINEZ, Maria Teresa. Assessment of productive efficiency in irrigated areas of Andalusia. *International Journal of Water Resources Development*, Dublin, v. 26, n. 3, p. 365-379, 2010.
- ROHRICH, Sandra Simm; CUNHA, João Carlos A Proposição de uma Taxonomia para Análise da Gestão Ambiental no Brasil. *RAC*, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 81-97, 2004.
- SAMPAIO, Breno; MELO, André de Souza. Análise da eficiência de Companhias Aéreas Brasileiras, *Revista Análise Econômica*, Porto Alegre, ano 26, n. 50, p. 223–244, 2008.
- SANCHES, Carmen Silvia. Gestão ambiental proativa. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 40, n.1, p. 76-87, 2000.
- SHANK, J. K. Strategic cost management: new wine, or just new bottles? *Journal of Management Accounting Research*, Sarasota, Fl.,v. 1, p. 47-65, fall 1989.
- SHI, Guang-Ming; BI, Jun; WANG, Jin-Nan. 2010 Chinese regional industrial energy efficiency evaluation based on a DEA model of fixing non-energy inputs. *Energy Policy*, Surrey, v. 38, n. 10, p. 6172-6179, 2010.

- SINGH, S.; GOODYER, J.; POPPLEWELL, K. Integrated environmental process planning for the design and manufacture of automotive components. *International Journal of Production Research*, London, v. 45, n. 18/19, p. 4189-4205, 2007.
- STAIKOS, T.; RAHIMIFARD, S. A decision-making model for waste management in the footwear industry. *International Journal of Production Research*, London, v. 45, n. 18/19, p. 4403-4422, 2007.
- TAUER, Loren W.; FRIED, Harold O.; FRY, William E. Measuring efficiencies of Academic Departments within a College. *Education Economics*, [S.l.], v. 15, n. 4, p. 473-489, 2007.
- VACHON, S.; KLASSEN, R. D. Supply chain management and environmental technologies: the role of integration. *International Journal of Production Research*, London, v. 45, n. 2, p. 401-423, 2007.
- VARIAN, Hal R. *Microeconomia: conceitos básicos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006
- VELLANI, Cássio Luiz. *A ciência contábil e a eco-eficiência dos negócios*. 2007. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) -- Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, São Paulo, SP, 2007.
- VELLANI, Cássio Luiz; GOMES, Carla Cristina Martoni Pereira. Como medir ecoeficiência empresarial. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 13., 2010, São Paulo. *Sustentabilidade Ambiental nas Organizações*. São Paulo: FEA/USP, 2010. Disponível em: <http://www.ead.fea.usp.br/semead/13semead/resultado/trabalhosPDF/215.pdf>. Acesso em 02 dez. 2011.
- VELLANI, Cássio Luiz; RIBEIRO, Maísa de Souza. Sistema contábil para gestão de ecoeficiência empresarial. *Revista Contabilidade & Finanças*, São Paulo, v. 20, n. 49, p. 25-43, 2009.
- VELLANI, Cássio Luiz; RIBEIRO, Maísa de Souza. A sustentabilidade e a contabilidade. In: SIMPÓSIO DA ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9., São Paulo, 2006. *Anais...* São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2006. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2006/artigos/E2006_T00241_PCN74374.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2011.
- VERGÉS, J. *Empresas Públicas: cómo funcionan, comparativamente a las privadas – eficiencia, eficacia y control.*: Madrid: Ministerio de Economía y Hacienda, 2008.
- WOLFE, Kevin L. Green Administration: how to reduce energy consumption and cut administrative costs. *Benefits & Compensation Digest*, Brookfield, WI, v. 46, n. 5, p. 22-24, 2009.
- WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - WBCSD. *Ecoefficiency: creating more value with less impact*. Geneva, 2000.
- YANG, Zijiang. Bank branch operating efficiency: a DEA approach. In: INTERNATIONAL MULTICONFERENCE OF ENGINEERS AND COMPUTER SCIENTISTS - IMECS, 2009, Hong Kong. *Proceedings*. Hong Kong: International Association of Engineers, 2009. v. 2, 2009. Disponível em: <http://www.iaeng.org/publication/IMECS2009/IMECS2009_pp2087-2092.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2011.

- YILMAZ, Ozge; DOGRU, Betul; YETIS, Ulku. Current practices in hazardous wastemanagement in Turkey. *Desalination & Water Treatment*, Hopkinton, MA, v. 26 n. 1-3, p. 111-117, 2011.
- YU, Wantao; RAMANATHAN, Ramakrishnan. An assessment of operational efficiency of retail firms in China. *Journal of Retailing and Consumer Services*, Oxford, v.16, n. 2, p. 109–122, 2009.
- ZHANG, Bing et al. Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 68, n. 1-2, p. 306-316, 2008.
- ZHANG, Tao. Frame work of Data Envelopment Analysis: a model to evaluate the environmental efficiency of China's industrial sectors. *Biomedical and Environmental Sciences*, Duluth, MN, v. 22, n. 1, p. 8-13, 2009.
- ZHOU, Peng; ANG, Beng W.; POH, Kim L. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v. 189, n.1, p. 1-18, 2008.

ANEXO A – Fator de emissões de CO₂**Dados:**

1 joule = 0,239 cal

1 cal = 4,184 joule

Regra de três: 1cal está para 4,184 joule, assim como 10.400cal está para x,
Assim x = 43.513,6 joule

10.400 cal x 1000 = 10.400.000 kg

10.400.000 kg x 4,184 joule = 43.513.600 joule

TJ/kg : (43.513.600 joule / 1000.000.000.000) = 0,000043513600 TJ/kg

TJ/l : Densidade = 790 kg/m³ ou 0,790 kg/l

790 kg está para 1000 l, assim como 1 kg está para 1,265 l

0,00004351 TJ = 1,265 l, assim como 1 l está para 0,00003439 TJ

Fator de emissão kgCO₂/l: 19,5 tC = 1TJ, assim como 0,00003439 TJ está para
0,0006706 tC

0,0006706 tC = 1 l

0,6706 kgC = 1 l

0,6706 kgC x 3,67 = **2,461 kgCO₂/l**

Fonte: Inventário de emissão de CO₂ da SEMA – PR

ANEXO B – Consumo de combustível em litros por mês

(Continua)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	01	ABAETÉ	E110	12.830
2010	01	ABSA	B763	3.845.400
2010	01	AIR MINAS	E120	139.161
2010	01	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	6.633.086
2010	01	AZUL	E190	6.930.883
2010	01	AZUL	E195	3.900.940
2010	01	BETA	DC8	580.460
2010	01	CRUISER	E110	53.053
2010	01	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	3.202.430
2010	01	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	37.462.417
2010	01	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	74.773.800
2010	01	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	1.668.849
2010	01	MASTER TOP	DC10	2.561.756
2010	01	MEGA	C208	14.370
2010	01	META	E110	2.646
2010	01	META	E120	114.828
2010	01	NHT	L410	110.825
2010	01	PANTANAL	AT43	554.985
2010	01	PASSAREDO	E120	577.131
2010	01	PASSAREDO	E145	1.742.214
2010	01	RICO	E110	28.084
2010	01	SETE LINHAS AÉREAS	C208	73.148
2010	01	SETE LINHAS AÉREAS	L410	30.572
2010	01	SOL	L410	47.590
2010	01	TAF	B72F	855.683
2010	01	TAM	A319	20.086.945
2010	01	TAM	A320	94.041.652
2010	01	TAM	A321	7.776.992
2010	01	TAM	A332	46.312.406
2010	01	TAM	A345	7.343.525
2010	01	TAM	B763	4.377.919
2010	01	TAM	B773	16.607.058
2010	01	TEAM	L410	53.920
2010	01	TOTAL	AT45	234.859
2010	01	TOTAL	B722	1.686.200
2010	01	TRIP	AT43	1.845.551
2010	01	TRIP	AT45	27.310
2010	01	TRIP	AT72	2.120.422
2010	01	TRIP	E170	2.392.661

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	01	VARIG LOG	B722	231.689
2010	01	VARIG LOG	B752	1.206.500
2010	01	WEBJET	B733	14.967.286
2010	02	ABAETÉ	E110	12.070
2010	02	ABSA	B763	4.288.000
2010	02	AIR MINAS	E120	140.130
2010	02	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	7.456.753
2010	02	AZUL	E190	6.082.783
2010	02	AZUL	E195	3.582.504
2010	02	BETA	DC8	740.103
2010	02	CRUISER	E110	37.066
2010	02	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	2.590.390
2010	02	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	32.286.315
2010	02	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	64.855.674
2010	02	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	1.264.025
2010	02	MASTER TOP	DC10	3.260.596
2010	02	MEGA	C208	12.270
2010	02	META	E120	99.792
2010	02	NHT	L410	99.889
2010	02	PANTANAL	AT43	501.805
2010	02	PASSAREDO	E120	511.285
2010	02	PASSAREDO	E145	1.528.731
2010	02	RICO	E110	33.229
2010	02	SETE LINHAS AÉREAS	C208	67.643
2010	02	SETE LINHAS AÉREAS	L410	27.921
2010	02	SOL	L410	39.065
2010	02	TAM	A319	18.132.939
2010	02	TAM	A320	85.140.767
2010	02	TAM	A321	7.368.619
2010	02	TAM	A332	43.667.092
2010	02	TAM	A345	4.977.591
2010	02	TAM	B763	4.753.782
2010	02	TAM	B773	14.898.672
2010	02	TEAM	L410	42.231
2010	02	TOTAL	AT45	241.279
2010	02	TOTAL	B722	1.871.228
2010	02	TRIP	AT43	1.837.658
2010	02	TRIP	AT45	29.979
2010	02	TRIP	AT72	1.828.981
2010	02	TRIP	E170	1.974.771
2010	02	VARIG LOG	B722	1.086.763
2010	02	VARIG LOG	B752	224.000

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	02	WEBJET	B733	14.823.461
2010	03	ABAETÉ	E110	17.260
2010	03	ABSA	B763	4.782.900
2010	03	AIR MINAS	E120	198.123
2010	03	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	6.773.840
2010	03	AZUL	E190	9.619.375
2010	03	AZUL	E195	4.120.108
2010	03	BETA	DC8	528.276
2010	03	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	2.705.859
2010	03	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	35.177.672
2010	03	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	71.273.311
2010	03	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	75.382
2010	03	MASTER TOP	DC10	4.892.136
2010	03	MEGA	C208	17.260
2010	03	META	E110	6.510
2010	03	META	E120	126.168
2010	03	NHT	L410	155.790
2010	03	PANTANAL	AT43	606.017
2010	03	PASSAREDO	E120	659.566
2010	03	PASSAREDO	E145	1.780.174
2010	03	RICO	E110	24.220
2010	03	SETE LINHAS AÉREAS	C208	94.175
2010	03	SETE LINHAS AÉREAS	L410	35.528
2010	03	SOL	L410	42.365
2010	03	TAM	A319	20.125.048
2010	03	TAM	A320	90.071.853
2010	03	TAM	A321	8.062.908
2010	03	TAM	A332	47.914.693
2010	03	TAM	A345	3.885.900
2010	03	TAM	B763	6.686.996
2010	03	TAM	B773	16.421.172
2010	03	TEAM	L410	65.560
2010	03	TOTAL	AT45	251.958
2010	03	TOTAL	B722	2.642.859
2010	03	TRIP	AT43	2.590.329
2010	03	TRIP	AT72	2.658.354
2010	03	TRIP	E170	2.145.051
2010	03	VARIG LOG	B722	1.026.552
2010	03	WEBJET	B733	14.758.876
2010	04	ABAETÉ	E110	14.670
2010	04	ABSA	B763	5.015.600
2010	04	AIR MINAS	E120	166.193

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	04	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	182.888
2010	04	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	8.256.702
2010	04	AZUL	E190	6.811.260
2010	04	AZUL	E195	3.114.870
2010	04	BETA	DC8	116.221
2010	04	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	743.151
2010	04	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	34.017.110
2010	04	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	69.557.977
2010	04	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	596.828
2010	04	MASTER TOP	DC	31.639
2010	04	MASTER TOP	DC10	4.578.300
2010	04	MEGA	C208	16.650
2010	04	META	E110	2.184
2010	04	META	E120	115.836
2010	04	NHT	L410	148.637
2010	04	PANTANAL	AT43	552.595
2010	04	PASSAREDO	E120	520.640
2010	04	PASSAREDO	E145	1.514.105
2010	04	PUMA AIR	B733	812.208
2010	04	SETE LINHAS AÉREAS	C208	90.604
2010	04	SETE LINHAS AÉREAS	L410	28.794
2010	04	SOL	L410	47.890
2010	04	TAM	A319	19.917.719
2010	04	TAM	A320	86.065.669
2010	04	TAM	A321	7.926.565
2010	04	TAM	A332	45.973.397
2010	04	TAM	A345	255.181
2010	04	TAM	B763	7.097.564
2010	04	TAM	B773	14.428.385
2010	04	TEAM	L410	54.360
2010	04	TOTAL	AT45	257.968
2010	04	TOTAL	B722	2.407.830
2010	04	TRIP	AT43	2.395.986
2010	04	TRIP	AT72	2.611.960
2010	04	TRIP	E170	1.974.918
2010	04	VARIG LOG	B722	1.104.167
2010	04	WEBJET	B733	13.934.172
2010	05	ABAETÉ	E110	14.450
2010	05	ABSA	B763	5.137.000
2010	05	AIR MINAS	E120	174.278
2010	05	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	1.237.078
2010	05	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	8.622.108

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	05	AZUL	E190	4.037.113
2010	05	AZUL	E195	1.894.984
2010	05	BETA	DC8	523.755
2010	05	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	845.147
2010	05	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	35.017.004
2010	05	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	70.443.484
2010	05	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B762	71.707
2010	05	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	1.433.785
2010	05	MASTER TOP	DC10	2.550.374
2010	05	MEGA	C208	16.060
2010	05	META	E110	630
2010	05	META	E120	142.744
2010	05	NHT	L410	160.589
2010	05	PANTANAL	AT43	580.668
2010	05	PASSAREDO	E120	459.172
2010	05	PASSAREDO	E145	1.636.962
2010	05	PUMA AIR	B733	1.361.615
2010	05	SETE LINHAS AÉREAS	C208	104.634
2010	05	SETE LINHAS AÉREAS	L410	19.846
2010	05	SOL	L410	35.530
2010	05	TAM	A319	20.776.202
2010	05	TAM	A320	89.759.222
2010	05	TAM	A321	7.684.007
2010	05	TAM	A332	47.706.887
2010	05	TAM	A345	6.943.264
2010	05	TAM	B763	7.436.213
2010	05	TAM	B773	16.678.307
2010	05	TEAM	L410	58.176
2010	05	TOTAL	AT45	269.281
2010	05	TOTAL	B722	2.785.336
2010	05	TRIP	AT43	1.644.798
2010	05	TRIP	AT72	2.441.461
2010	05	TRIP	E170	2.252.750
2010	05	VARIG LOG	B722	1.112.786
2010	05	VARIG LOG	B752	86.351
2010	05	WEBJET	B733	15.313.000
2010	06	ABAETÉ	E110	18.240
2010	06	ABSA	B763	4.737.300
2010	06	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	343.980
2010	06	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	5.975.881
2010	06	AZUL	E190	6.780.114
2010	06	AZUL	E195	3.762.596

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	06	BETA	DC8	235.509
2010	06	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	820.245
2010	06	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	35.813.086
2010	06	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	68.343.727
2010	06	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B762	235.117
2010	06	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	1.382.960
2010	06	MASTER TOP	DC10	3.626.645
2010	06	MEGA	C208	18.383
2010	06	META	E120	107.300
2010	06	NHT	L410	164.407
2010	06	NOAR	L410	43.049
2010	06	PANTANAL	AT43	705.199
2010	06	PASSAREDO	E120	477.977
2010	06	PASSAREDO	E145	2.391.948
2010	06	PUMA AIR	B733	1.350.880
2010	06	SETE LINHAS AÉREAS	C208	95.374
2010	06	SETE LINHAS AÉREAS	L410	30.897
2010	06	SOL	L410	17.830
2010	06	TAM	A319	19.908.822
2010	06	TAM	A320	86.610.417
2010	06	TAM	A321	7.242.468
2010	06	TAM	A332	50.734.225
2010	06	TAM	A345	7.409.854
2010	06	TAM	B763	7.057.666
2010	06	TAM	B773	16.528.320
2010	06	TEAM	L410	51.052
2010	06	TOTAL	AT45	305.275
2010	06	TOTAL	B722	2.739.914
2010	06	TRIP	AT43	1.513.447
2010	06	TRIP	AT72	2.411.823
2010	06	TRIP	E170	2.283.549
2010	06	VARIG LOG	B722	1.246.467
2010	06	VARIG LOG	B752	177.898
2010	06	WEBJET	B733	12.144.468
2010	07	ABAETÉ	E110	18.080
2010	07	ABSA	B763	4.974.500
2010	07	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	1.058.280
2010	07	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	7.252.761
2010	07	AZUL	E190	7.403.232
2010	07	AZUL	E195	6.549.310
2010	07	BETA	DC8	64.685
2010	07	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	865.598

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	07	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	38.985.710
2010	07	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	76.373.047
2010	07	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	4.080.353
2010	07	MASTER TOP	DC10	3.147.912
2010	07	MEGA	C208	17.563
2010	07	META	E120	107.158
2010	07	NHT	L410	170.968
2010	07	NOAR	L410	67.830
2010	07	PANTANAL	AT43	595.461
2010	07	PASSAREDO	E120	293.008
2010	07	PASSAREDO	E145	2.530.984
2010	07	PUMA AIR	B733	1.317.257
2010	07	SETE LINHAS AÉREAS	C208	98.702
2010	07	SETE LINHAS AÉREAS	L410	32.535
2010	07	SOL	L410	18.425
2010	07	TAM	A319	22.180.100
2010	07	TAM	A320	94.530.565
2010	07	TAM	A321	9.165.059
2010	07	TAM	A332	53.354.038
2010	07	TAM	A345	7.587.877
2010	07	TAM	B763	7.260.426
2010	07	TAM	B773	17.303.830
2010	07	TEAM	L410	61.621
2010	07	TOTAL	AT45	284.089
2010	07	TOTAL	B722	2.744.923
2010	07	TRIP	AT43	1.668.460
2010	07	TRIP	AT72	2.537.604
2010	07	TRIP	E170	2.758.186
2010	07	VARIG LOG	B722	1.121.497
2010	07	VARIG LOG	B752	961.520
2010	07	WEBJET	B733	13.626.942
2010	08	ABAETÉ	E110	19.980
2010	08	ABSA	B763	3.995.500
2010	08	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	1.561.155
2010	08	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	7.190.212
2010	08	AZUL	E190	7.377.210
2010	08	AZUL	E195	6.454.601
2010	08	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	870.978
2010	08	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	36.508.135
2010	08	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	72.050.952
2010	08	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B762	1.026.314
2010	08	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	3.263.046

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	08	MASTER TOP	DC10	3.197.091
2010	08	MEGA	7C20	300
2010	08	MEGA	C208	14.240
2010	08	META	E120	120.078
2010	08	NHT	L410	184.252
2010	08	NOAR	L410	74.780
2010	08	PANTANAL	A319	484.029
2010	08	PANTANAL	A320	130.618
2010	08	PANTANAL	AT43	569.475
2010	08	PASSAREDO	E120	221.906
2010	08	PASSAREDO	E145	3.427.447
2010	08	PUMA AIR	B733	455.500
2010	08	RIO Linhas Aéreas	B722	2.330.135
2010	08	SETE LINHAS AÉREAS	C208	97.957
2010	08	SETE LINHAS AÉREAS	L410	32.664
2010	08	SOL	L410	17.230
2010	08	TAM	A319	22.930.108
2010	08	TAM	A320	91.510.391
2010	08	TAM	A321	10.205.763
2010	08	TAM	A332	51.806.769
2010	08	TAM	A345	7.303.273
2010	08	TAM	B763	7.150.465
2010	08	TAM	B773	16.894.386
2010	08	TEAM	L410	67.763
2010	08	TOTAL	AT45	294.465
2010	08	TOTAL	B722	2.407.005
2010	08	TRIP	AT43	1.753.435
2010	08	TRIP	AT72	2.509.676
2010	08	TRIP	E170	2.717.292
2010	08	VARIG LOG	B722	1.015.387
2010	08	VARIG LOG	B752	871.354
2010	08	WEBJET	B733	13.370.947
2010	09	ABAETÉ	E110	20.213
2010	09	ABSA	B763	5.237.000
2010	09	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	2.050.164
2010	09	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	8.845.619
2010	09	AZUL	E190	6.793.359
2010	09	AZUL	E195	7.713.376
2010	09	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B733	761.429
2010	09	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	34.411.017
2010	09	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	67.536.040
2010	09	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B762	798.216

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	09	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	4.350.292
2010	09	MASTER TOP	DC10	2.073.584
2010	09	MEGA	C208	15.570
2010	09	META	E120	121.548
2010	09	NHT	L410	153.789
2010	09	NOAR	L410	111.725
2010	09	PANTANAL	A319	1.258.316
2010	09	PANTANAL	A320	389.245
2010	09	PANTANAL	AT43	534.164
2010	09	PASSAREDO	E120	315.570
2010	09	PASSAREDO	E145	3.068.398
2010	09	PUMA AIR	B733	838.260
2010	09	RIO Linhas Aéreas	B722	2.016.102
2010	09	SETE LINHAS AÉREAS	C208	110.715
2010	09	SOL	L410	12.655
2010	09	TAM	A319	23.024.186
2010	09	TAM	A320	87.634.269
2010	09	TAM	A321	10.195.637
2010	09	TAM	A332	50.807.350
2010	09	TAM	A345	7.409.647
2010	09	TAM	B763	7.206.892
2010	09	TAM	B773	16.482.578
2010	09	TEAM	L410	60.832
2010	09	TOTAL	AT45	310.703
2010	09	TOTAL	B722	1.870.625
2010	09	TRIP	AT43	1.653.489
2010	09	TRIP	AT72	2.463.641
2010	09	TRIP	E170	2.598.844
2010	09	VARIG LOG	B722	1.072.124
2010	09	VARIG LOG	B752	1.148.519
2010	09	WEBJET	B733	15.076.829
2010	10	ABAETÉ	E110	20.810
2010	10	ABSA	B763	5.716.400
2010	10	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	1.260.065
2010	10	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	6.709.149
2010	10	AZUL	E190	6.500.352
2010	10	AZUL	E195	9.140.999
2010	10	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	35.246.495
2010	10	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	72.089.399
2010	10	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B762	577.427
2010	10	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	3.445.610
2010	10	MASTER TOP	DC10	1.213.098

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	10	MEGA	C208	14.680
2010	10	META	E120	123.270
2010	10	NHT	L410	161.553
2010	10	NOAR	L410	129.560
2010	10	PANTANAL	A319	1.061.894
2010	10	PANTANAL	A320	444.583
2010	10	PANTANAL	AT43	497.709
2010	10	PASSAREDO	E120	273.518
2010	10	PASSAREDO	E145	3.027.591
2010	10	PUMA AIR	B733	867.952
2010	10	RIO Linhas Aéreas	B722	4.348.347
2010	10	SETE LINHAS AÉREAS	C208	107.625
2010	10	SETE LINHAS AÉREAS	E120	21.310
2010	10	SOL	L410	11.935
2010	10	TAM	A319	22.016.466
2010	10	TAM	A320	94.045.516
2010	10	TAM	A321	10.357.181
2010	10	TAM	A332	53.280.225
2010	10	TAM	A345	7.666.275
2010	10	TAM	B763	7.430.453
2010	10	TAM	B773	16.996.149
2010	10	TEAM	L410	49.883
2010	10	TOTAL	AT45	354.849
2010	10	TOTAL	B722	2.737.223
2010	10	TRIP	AT43	1.300.632
2010	10	TRIP	AT72	2.004.742
2010	10	TRIP	E170	2.236.464
2010	10	VARIG LOG	B722	1.305.593
2010	10	VARIG LOG	B752	1.370.688
2010	10	WEBJET	B733	13.043.312
2010	11	ABAETÉ	E110	20.010
2010	11	ABSA	B763	6.165.400
2010	11	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	2.123.914
2010	11	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	8.751.569
2010	11	AZUL	E190	6.638.130
2010	11	AZUL	E195	9.626.609
2010	11	BETA	DC8	28.286
2010	11	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	35.399.523
2010	11	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	73.250.958
2010	11	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B762	4.112
2010	11	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	3.252.534
2010	11	MASTER TOP	DC1	38.329

(continuação)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	11	MASTER TOP	DC10	2.779.193
2010	11	MEGA	C208	12.420
2010	11	META	E120	114.156
2010	11	NHT	L410	160.732
2010	11	NOAR	L410	128.830
2010	11	PANTANAL	A319	1.845.005
2010	11	PANTANAL	A320	869.482
2010	11	PANTANAL	AT43	535.499
2010	11	PASSAREDO	E120	222.978
2010	11	PASSAREDO	E135	84.529
2010	11	PASSAREDO	E145	3.035.837
2010	11	PUMA AIR	B733	856.946
2010	11	RIO Linhas Aéreas	B722	2.248.033
2010	11	SETE LINHAS AÉREAS	C208	94.075
2010	11	SETE LINHAS AÉREAS	E120	42.375
2010	11	SOL	L410	1.555
2010	11	TAM	A319	22.755.101
2010	11	TAM	A320	92.719.154
2010	11	TAM	A321	9.883.604
2010	11	TAM	A332	51.555.593
2010	11	TAM	A345	7.270.731
2010	11	TAM	B763	7.234.325
2010	11	TAM	B773	16.632.447
2010	11	TEAM	L410	55.252
2010	11	TOTAL	AT45	314.610
2010	11	TOTAL	B722	2.670.817
2010	11	TRIP	AT43	1.761.427
2010	11	TRIP	AT72	2.457.996
2010	11	TRIP	E170	3.441.882
2010	11	VARIG LOG	B722	829.666
2010	11	VARIG LOG	B734	7.382
2010	11	VARIG LOG	B752	798.418
2010	11	WEBJET	B733	16.575.192
2010	12	ABAETÉ	E110	17.971
2010	12	ABSA	B763	6.124.600
2010	12	AVIANCA (ICAO:ONE)	A319	1.619.045
2010	12	AVIANCA (ICAO:ONE)	F100	7.217.259
2010	12	AZUL	AT72	10.122
2010	12	AZUL	E190	7.265.842
2010	12	AZUL	E195	12.383.240
2010	12	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B737	36.439.895
2010	12	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B738	78.714.611

(conclusão)

Ano Realização	Mês Realização	Nome Empresa Aérea	Tipo Aeronave	Qtde Litros Consumo Combustível
2010	12	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B763	3.047.923
2010	12	GOL/VRG LINHAS AEREAS	B76A	383.497
2010	12	MASTER TOP	DC10	2.371.137
2010	12	MEGA	C208	16.687
2010	12	META	E110	2.562
2010	12	META	E120	61.950
2010	12	NHT	L410	171.691
2010	12	NOAR	L410	145.173
2010	12	PANTANAL	A319	1.444.423
2010	12	PANTANAL	A320	768.762
2010	12	PANTANAL	AT43	300.169
2010	12	PANTANAL	AT72	8.293.894
2010	12	PASSAREDO	E120	185.097
2010	12	PASSAREDO	E135	179.686
2010	12	PASSAREDO	E145	3.359.606
2010	12	PUMA AIR	B733	1.214.787
2010	12	RIO Linhas Aéreas	B722	2.487.785
2010	12	SETE LINHAS AÉREAS	C208	104.101
2010	12	SETE LINHAS AÉREAS	E120	46.162
2010	12	TAM	A319	21.962.904
2010	12	TAM	A320	97.434.527
2010	12	TAM	A321	10.492.268
2010	12	TAM	A332	52.073.348
2010	12	TAM	A345	7.425.002
2010	12	TAM	B763	7.640.056
2010	12	TAM	B773	16.533.564
2010	12	TEAM	L410	54.601
2010	12	TOTAL	AT45	271.579
2010	12	TOTAL	B722	2.805.177
2010	12	TRIP	AT43	2.253.831
2010	12	TRIP	AT72	3.253.291
2010	12	TRIP	E170	5.174.877
2010	12	VARIG LOG	B722	993.627
2010	12	VARIG LOG	B752	839.144
2010	12	WEBJET	B733	16.743.452