

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA

RODRIGO DE LIMA NUNES

GESTÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL EM AEROPORTOS:
UMA ANÁLISE DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NO
AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

RIO DE JANEIRO

2014

GESTÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL EM AEROPORTOS: UMA ANÁLISE
DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NO AEROPORTO
INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

RODRIGO DE LIMA NUNES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Meteorologia do Instituto de Geociências do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGM-IGEO-CCMN-UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (área: Meteorologia).

Orientador: *D.Sc.* Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

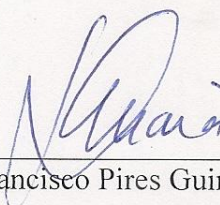
Rio de Janeiro

Agosto de 2014

GESTÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL EM AEROPORTOS: UMA ANÁLISE DAS
EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO
DE JANEIRO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DO CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (PPGM-IGEO-CCMN-UFRJ) COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM METEOROLOGIA.

Examinada por:



Prof. Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, *D.Sc.*



Prof.^a. Ana Maria Bueno Nunes, *D.Sc.*



Prof. Alexandre Mello de Paula Silva, *D.Sc.*

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

AGOSTO DE 2014

Nunes, Rodrigo de Lima

Gestão Ambiental Sustentável em Aeroportos: uma Análise das Emissões de Dióxido de Carbono no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro / Rodrigo de Lima Nunes. – Rio de Janeiro: UFRJ/PPGM/IGEO/CCMN, 2014.

XVI, 112 p. 29,7 cm.

Orientador: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia.

Dissertação (Mestrado) – UFRJ/PPGM/IGEO/CCMN Programa de Pós-graduação Meteorologia, 2014.

Referências: p. 67 – 73.

1. Emissões de Dióxido de Carbono. 2. Ciclo LTO. 3. Sustentabilidade Aeroportuária. 4. Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. I. Nunes, Rodrigo de Lima. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGM/IGEO/CCMN, Programa de Pós-graduação em Meteorologia. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus pela força, paciência e determinação nos momentos mais complicados;

Aos meus pais Vera Regina e Gerson que sempre me mostraram que só com o conhecimento e a competência, se conquista um objetivo;

A minha família, filhos, esposa, irmão, sobrinha e cunhada que esteve na torcida pelo êxito deste trabalho, mesmo na minha ausência durante todos estes meses;

Aos meus amigos, em especial aos do trabalho, pela disponibilidade de tempo para a pesquisa e escrita.

Ao meu orientador, professores do PPGM e colegas de curso pelos ensinamentos, orientações, incentivos e parceria nos trabalhos acadêmicos;

Agradeço aos colaboradores do CGNA e DTCEA-GL pelos dados e informações imprescindíveis.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão desta dissertação.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGM/IGEO/CCMN/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

GESTÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL EM AEROPORTOS: UMA ANÁLISE DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

Rodrigo de Lima Nunes

Agosto/2014

Orientador: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D.Sc.
Programa de Pós-graduação em Meteorologia

Neste estudo elabora-se uma simulação de emissões de dióxido de carbono provenientes de aeronaves de empresas nacionais e estrangeiras em operações de pouso e decolagem (Ciclo LTO) no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, com base em dados fornecidos pelo Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea. O objetivo desta simulação foi promover uma avaliação destas emissões como ferramenta de gestão sustentável nas operações aeroportuárias. Os resultados mostraram os valores totais absolutos, no ano de 2012, e os valores relativos, comparados aos modelos das aeronaves. Concluiu-se que as aeronaves de maior porte, cujos motores possuem os maiores fatores de emissão, são as que mais emitem por cada LTO; que a mudança nas condições de tempo, e a consequente mudança de pistas, proporciona os maiores deslocamentos em solo, acarretando maiores emissões, não só de dióxido de carbono, como também de outros gases poluentes; e que, num estudo de parametrização real dos *Time-In-Modes*, poderá haver redução total de tempo do Ciclo LTO, quando comparado ao padrão adotado pela ICAO. Ao final, são apresentadas recomendações na gestão das operações, tanto em solo quanto em voo, buscando minimizar o valor quantitativo das emissões.

Palavras chave: 1. Emissões de Dióxido de Carbono. 2. Ciclo LTO. 3. Sustentabilidade Aeroportuária. 4. Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro.

Abstract of Dissertation presented to PPGM/IGEO/CCMN/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN AIRPORTS: AN ANALYSIS OF THE CARBON DIOXIDE EMISSIONS AT THE RIO DE JANEIRO INTERNATIONAL AIRPORT

Rodrigo de Lima Nunes

August/2014

Advisor: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D.Sc.
Department: Meteorology

In this study, a simulation of the carbon dioxide emissions from aircraft from both domestic and foreign companies in landing and takeoff operations (LTO Cycle) at the Rio de Janeiro International Airport is made, based on the data provided by the Air Navigation Management Center (Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea). The goal of this simulation was to promote an assessment of those emissions as a tool for sustainable management in airport operations. The results show total absolute values, from the year 2012, and relative values compared to the aircraft models. The reached conclusion showed that larger aircraft, whose turbines have larger emission factors, are the ones which have a higher emissions per each LTO; that change in weather conditions, and the consequent change in strips, resulting in larger on land movements, generating larger emissions, not only from carbon dioxide, but also from other pollutant gases; and that, in a real parameter configuration study of the Time-In-Modes, there may be a reduction in the total time of the LTO Cycle, when compared to the standard adopted by ICAO. Finally, some recommendations are presented for the management of operations, both on land and flight, seeking to mitigate the quantity value in emissions.

Key words: 1. Carbon dioxide emissions. 2. LTO cycle. 3. Airport Sustainability. 4. Rio de Janeiro International Airport.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1*
Pág. **4** Concentração atmosférica do dióxido de carbono (CO₂) medido em Mauna Loa (vermelho), e no Polo Sul (preto), desde o ano de 1958 (Fonte: NOAA, 2014).
- Figura 2.2*
Pág. **6** Esquema Longitudinal de uma Turbina a Gás (Fonte: TECMUNDO, 2013).
- Figura 2.3*
Pág. **13** Definição de Ciclo de LTO operacional (Fonte: adaptado de UNIQUE/FLUGHAFEN ZÜRICH, 2013).
- Figura 2.4*
Pág. **19** Consumo específico de combustível pela SWISS em operação de passageiros (Fonte: adaptado de SWISS, 2014)
- Figura 2.5*
Pág. **20** Sistema “eixo central” (Fonte: adaptado de KLM, 2014).
- Figura 3.1*
Pág. **26** Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Fonte: airliners, 2013).
- Figura 3.2*
Pág. **27** Indicação da área de abrangência das Bacias Aéreas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, incluindo a III onde se encontra o AIRJ (Fonte: Adaptado de Pires, 2005).
- Figura 3.3*
Pág. **29** Posicionamento cartográfico e fotográfico das pistas “15” e “10” do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Fonte: aisweb, 2014; Google Earth, 2014).
- Figura 3.4*
Pág. **30** Valores de temperatura do ar – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ (Fonte: ICEA, 2014).
- Figura 3.5*
Pág. **31** Valores de umidade relativa do ar – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ (Fonte: ICEA, 2014).
- Figura 3.6*
Pág. **32** Valores de visibilidade horizontal – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ (Fonte: ICEA, 2014).
- Figura 3.7*
Pág. **32** Valores de precipitação – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ (Fonte: ICEA, 2014).

- Figura 3.8*
Pág. **33** Valores de direção e velocidade do vento – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ (Fonte: ICEA, 2014).
- Figura 4.1*
Pág. **41** Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias nacionais, com até 240 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.
- Figura 4.2*
Pág. **42** Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias estrangeiras (Américas), com até 240 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.
- Figura 4.3*
Pág. **45** Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias estrangeiras (Europa), com até 240 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.
- Figura 4.4*
Pág. **47** Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias estrangeiras (África e Oriente Médio), com até 240 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.
- Figura 4.5*
Pág. **48** Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias nacionais, com movimentos entre 241 e 1.400 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.
- Figura 4.6*
Pág. **49** Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias nacionais, com movimentos entre 1.401 e 6.000 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.
- Figura 4.7*
Pág. **50** Percentual de Ciclos de LTO, composto por companhias nacionais e estrangeiras.
- Figura 4.8*
Pág. **50** Percentual de Ciclos de LTO, dentre as companhias nacionais.
- Figura 4.9*
Pág. **51** Percentual de Ciclos de LTO, dentre as companhias estrangeiras.
- Figura 4.10*
Pág. **51** Emissões por Ciclo LTO – companhias nacionais.
- Figura 4.11*
Pág. **52** Emissões por Ciclo LTO – companhias estrangeiras.

- Figura 4.12* Emissões por Ciclo LTO – companhias nacionais e estrangeiras.
Pág. **53**
- Figura 4.13* Comparativo das emissões estimadas de CO₂ entre os 4 maiores aeroportos da Coréia do Sul, e o AIRJ. Fonte: Song e Shon, 2012.
Pág. **55**
- Figura 4.14* Comparativo das emissões estimadas de CO₂ de companhias aéreas nacionais em 2010 e 2012 no AIRJ. Fonte: Rocha, 2012.
Pág. **56**
- Figura 4.15* Movimentos de aeronaves por terminal no AIRJ.
Pág. **57**
- Figura 4.16* Comparativo dos *Times-In-Mode* observados no AIRJ, em relação ao adotado pela ICAO (1993).
Pág. **62**
- Figura 4.17* Comparativo das operações por aeronaves de categoria de esteiras de turbulência diferentes (Média e Pesada).
Pág. **63**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1*
Pág. **5** Fontes emissoras internas a um aeroporto, excluindo-se os motores principais das aeronaves (Fonte: Adaptado de Maia, 2005).
- Tabela 2.2*
Pág. **7** Compostos de Hidrocarbonetos e Materiais Particulados envolvidos na combustão de motores aeronáuticos (Fonte: Adaptado de Kenney, 2010).
- Tabela 2.3*
Pág. **8** Espécies de poluentes; massa de emissões por massa de combustível usado; taxa de emissões totais devido à aviação (Fonte: Adaptado de Lee *et al.*, 2010).
- Tabela 2.4*
Pág. **10** Gases do Efeito Estufa e seus respectivos valores de Potencial de Aquecimento Global (Fonte: Adaptado de IPCC, 2007).
- Tabela 2.5*
Pág. **14** Tempo de referência para cada modo de operação do Ciclo de LTO (Fonte: Adaptado de ICAO, 1993).
- Tabela 2.6*
Pág. **14** Ajuste da potência do(s) motor(es) para cada modo de operação do Ciclo de LTO (Fonte: Adaptado de ICAO, 1993).
- Tabela 2.7*
Pág. **25** Emissões estimadas de CO₂, e movimentos de aeronaves nos 4 maiores aeroportos na Coréia do Sul, nos anos de 2009 e 2010 (Fonte: Song e Shon, 2012).
- Tabela 2.8*
Pág. **25** Emissões estimadas de CO₂, e movimentos de aeronaves no AIRJ, para o dia 31 de agosto de 2010 (Fonte: Rocha, 2012).
- Tabela 3.1*
Pág. **35** Companhias aéreas nacionais e estrangeiras que operam no AIRJ (Fonte: CGNA, 2013; INFRAERO 2013).
- Tabela 3.2*
Pág. **37** Dados requeridos para os diferentes “*Tiers*” (Fonte: Adaptado de IPCC, 2006).
- Tabela 4.1*
Pág. **54** Emissões totais (absolutas) – companhias nacionais e estrangeiras.
- Tabela 4.2*
Pág. **56** Emissões estimadas de CO₂, e movimentos de aeronaves no AIRJ, para o dia 31 de agosto de 2010, e para todo o ano de 2010. Fonte: Adaptado de Rocha, 2012.

<i>Tabela 4.3</i> Pág. 57	Operação das Companhias Aéreas nos terminais do AIRJ
<i>Tabela 4.4</i> Pág. 61	<i>Time In Mode</i> observados no dia 17 de julho de 2014, em aeronaves com esteira de turbulência categoria MÉDIA.
<i>Tabela 4.5</i> Pág. 62	<i>Time In Mode</i> observados no dia 17 de julho de 2014, em aeronaves com esteira de turbulência categoria PESADA.

LISTA DE SIGLAS

ACI – Conselho Internacional de Aeroportos (*Airports Council International*)
ADAEDAM – Método Avançado para Cálculo de Emissões de Aeronaves (*Advanced Aircraft Emission Calculation Method*)
AEF – Federação Ambiental para a Aviação (*Aviation Environment Federation*)
AGE – Equipamentos Aeroespaciais em Solo (*Aerospace Ground Equipment*)
AIRJ – Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
APU – Unidade Auxiliar de Energia (*Auxiliary Power Unit*)
ATR – Avião de Transporte Regional (*Avions de Transport Régional*)
ATZ – Zona de Tráfego de Aeródromo
BC – Fuligem Preta de Carbono (*Black Carbon*)
BCA – Boletim do Comando da Aeronáutica
CBA – Código Brasileiro de Aeronáutica
CFC – Clorofluorcarbono
CGNA – Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea
CLA – Camada Limite Atmosférica
COMAER – Comando da Aeronáutica
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPPE – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia
CTR – Zona de Controle
DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EEA – Agência Ambiental Europeia (*European Environment Agency*)
EASA – Agência Europeia de Segurança Aérea (*European Aviation Safety Agency*)
EDMS – Sistema de Modelagem para Emissões e Dispersões (*Emission and Dispersion Modeling System*)
EESC – Comitê Econômico e Social Europeu (*European Economic and Social Committee*)
EMBRAER – Empresa Brasileira de Aeronáutica
ENS – Engenharia Sanitária e Ambiental
EPA – Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency*)
FAA – Administração da Aviação Federal (*Federal Aviation Administration*)
FAB – Força Aérea Brasileira
FCA – Folheto do Comando da Aeronáutica

FE – Fatores de Emissão

FOCA – Escritório Federal de Aviação Civil (*Federal Office of Civil Aviation*)

GAV – Veículos de Acesso em Solo (*Ground Access Vehicle*)

GE – *General Electric*

GEE – Gás do Efeito Estufa

GPS – Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System*)

GSE – Equipamentos de Apoio em Solo (*Ground Support Equipment*)

GWP – Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential*)

HAP – Poluentes Atmosféricos Perigosos (*Hazardous Air Pollutants*)

HC – Hidrocarbonetos

IATA – Associação do Transporte Aéreo Internacional (*International Air Transport Association*)

ICA – Instrução do Comando da Aeronáutica

ICAO – Organização Internacional de Aviação Civil (*International Civil Aviation Organization*)

ICEA – Instituto de Controle do Espaço Aéreo

IEA – Agência Energética Internacional (*International Energy Agency*)

IFC – Corporação Financeira Internacional (*International Finance Corporation*)

IFR – Regras de Voo por Instrumento (*Instrumental Flight Rules*)

IGRF – Campo de Referência Geomagnético Internacional (*International Geomagnetic Reference Field*)

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)

ISA – Atmosfera Padrão Internacional (*International Standard Atmosphere*)

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

LTO – Pouso e Decolagem (*Landing & Take-Off*)

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NO – Não Observado

NOAA – Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (*National Oceanic & Atmospheric Administration*)

OAT – Temperatura do Ar Externo (*Outside Air Temperature*)

ON – Observatório Nacional
PBN – Navegação Baseada em Performance (*Performance – Based Navigation*)
PET – Programa de Engenharia de Transporte
PM – Material Particulado (*Particulate Matter*)
PMD – Peso Máximo de Decolagem
PPE – Programa de Planejamento Energético
PPM – Parte por Milhão
RKPC – Aeroporto Internacional de Jeju
RKPK – Aeroporto Internacional de Gimhae
RKSI – Aeroporto Internacional de Incheon
RKSS – Aeroporto Internacional de Gimpo
RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro
RPL – Plano de Voo Repetitivo (*Repetitive Flight Plan*)
SI – Sistema Internacional
SVOC – Composto Orgânico Semi-Volátil (*Semivolatile Organic Compound*)
TBL – Tripé da Sustentabilidade (*Triple Bottom Line*)
TIM – Tempo no Modo (*Time-in-Mode*)
TMA – Área de Controle Terminal
TWR – Torre de Controle de Aeródromo
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
VAT – Taxa Sobre Valor (*Value Added Tax*)
VFR – Regras de Voo Visual (*Visual Flight Rules*)
VOC – Composto Orgânico Volátil (*Volatile Organic Compound*)
WHO – Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization*)
WTC – Categoria de Esteira de Turbulência (*Wake Turbulence Category*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo Geral	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 O PROBLEMA DO AQUECIMENTO GLOBAL	3
2.2 AEROPORTOS E EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	5
2.2.1 Estruturas e Fontes Emissoras	5
2.2.2 Aeronaves	6
2.2.2.1 Caracterização	6
2.2.2.2 Poluentes Emitidos	7
2.2.2.3 Gerenciamento do Tráfego Aéreo	10
2.2.2.4 Ciclo LTO	12
2.3 SUSTENTABILIDADE	15
2.3.1 Cenário Global	15
2.3.2 Cenário Nacional	22
2.3.3 Sustentabilidade Aeroportuária	23
3. METODOLOGIA	26
3.1 DESCRIÇÕES DO SÍTIO	26
3.2 CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	30
3.3 CARACTERIZAÇÕES DAS EMISSÕES	34
3.4 MODELOS PARA ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE AERONAVES EM AEROPORTOS	36
3.5 ANÁLISES COMPARATIVAS	38
4. RESULTADOS	40
4.1 CARACTERIZAÇÕES DAS EMISSÕES	40
4.2 ANÁLISES COMPARATIVAS	53
4.3 ANÁLISES OPERACIONAIS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO	56
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	64
REFERÊNCIAS	67

APÊNDICES

74

ANEXOS

104

1. INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

As emissões e concentrações dos gases do efeito estufa (GEEs) vêm aumentando rapidamente desde a revolução industrial devido ao enorme aumento das emissões por fontes antrópicas (IPCC, 2007a). De acordo com a *International Civil Aviation Organization* (ICAO, 2010a), em seu relatório anual sobre o meio ambiente, o transporte aéreo internacional tem proporcionado à humanidade uma série de benefícios, seja no desenvolvimento econômico, social e cultural, seja no bem estar da população mundial que utiliza este tipo de veículo para a comodidade de uma vida moderna. Porém, tais vantagens não são feitas sem custos; a aviação internacional está causando impactos negativos ao clima mundial e à qualidade do ambiente, afirma Ban Ki-moon (ICAO, 2010a), atual Secretário-Geral da Organização das Nações Unidas, em prefácio escrito para aquele relatório.

O crescimento do transporte aéreo tem aumentado continuamente através dos anos. O aumento do setor e de suas atividades tem sido acompanhado tanto pelo aumento da quantidade de energia usada para prover tais serviços, como também pelos impactos ambientais; em especial a emissão de poluentes. Atualmente o setor da aviação global é responsável por aproximadamente 3% das emissões de CO₂ oriundas do consumo de energia, e mais que 2% das emissões totais antrópicas (incluindo emissões do consumo de energia, desflorestamento e outras fontes menores), uma pequena, porém significativa contribuição para o aumento do efeito estufa (IPCC, 1990; Vedantham, Oppenheimer, 1994; Kurniawan, Khardi, 2011).

As emissões provocadas por aeronaves são classificadas de acordo com sua operação, sendo dividida em duas fases: fase de cruzeiro e fase de pouso e decolagem. A primeira fase é caracterizada pelo período entre a ascensão e a descida da aeronave. Na grande maioria dos casos, esta fase é a que apresenta o maior tempo de voo, e, portanto, o intervalo onde há maior consumo de combustível e onde se concentram as maiores estratégias em eficiência energética na aviação (Roberson *et al.*, 2007), além de se constituir na fase com maior contribuição do setor aos os impactos globais.

A fase de pouso e decolagem, conhecida por *Landing and Take-Off Cycle*, ou Ciclo de Pouso e Decolagem (ou simplesmente LTO) é considerada como a fase do voo que causa impactos locais. Ações de gestão do tráfego aéreo durante esta segunda fase, de forma eficiente e racional, promoverá redução do consumo de combustível nas operações de pouso, decolagem e deslocamentos em solo (taxiamento), e conseqüentemente a emissão de

poluentes, tanto aqueles que causam prejuízo à saúde humana, quanto àquele que contribui para o efeito estufa (EESC, 2008) – o CO₂.

Ações em sustentabilidade, não somente na fase de construção aeroportuária, mas principalmente em sua fase de operação devem continuar sendo pesquisadas, desenvolvidas e aplicadas com o objetivo de mitigar e reduzir os impactos ao meio ambiente, sejam eles resíduos sólidos e efluentes, sejam emissões atmosféricas e ruídos.

Este trabalho propõe estabelecer uma correlação entre a gestão nas operações de aeronaves e a sustentabilidade aeroportuária, sem, contudo apontar erros e imputar responsabilidades, a partir da apresentação dos resultados alcançados, principalmente às companhias aéreas envolvidas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- Contribuir para a ampliação das estratégias de gestão ambiental sustentável em aeroportos, no que tange às emissões atmosféricas oriundas das operações de aeronaves.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o status do conhecimento acerca da sustentabilidade do setor aéreo, especificamente nos aeroportos, em relação aos Gases do Efeito Estufa (GEE).

- Avaliar, como estudo de caso, as emissões de CO₂ por aeronaves em operações de solo, pousos e decolagens, no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (AIRJ);

- Propor ações que possam minimizar as emissões de CO₂ através de práticas operacionais mais sustentáveis no Ciclo de Pousos e Decolagem (Ciclo LTO).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão da literatura neste trabalho é dividida em três partes: a primeira descreve a correlação entre a aviação e o aquecimento global; a segunda aborda os poluentes emitidos em aeroportos; e a terceira trata de assuntos relacionados à sustentabilidade na aviação, em escala global e nacional.

2.1 O PROBLEMA DO AQUECIMENTO GLOBAL

A revisão bibliográfica trata inicialmente dos fatores que têm contribuído para causa do aquecimento global (principalmente no consumo energético vinculado ao setor do transporte aéreo), suas evidências, e o papel da aviação neste problema.

Em relatório produzido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o Grupo de Trabalho 1 (WGI) relata que, de fato, está ocorrendo uma mudança no clima mundial. Tal afirmativa é baseada em fatos tais como: aumento da temperatura da superfície do planeta de 0,6°C entre os anos de 1861 e 2000; chuvas mais fortes sendo observadas, definindo assim novos padrões de precipitação; aumento do nível médio do mar, entre os anos de 1900 e 2000, de 10 a 20 cm. Os gases do efeito estufa (GEEs) estão tendo a sua concentração na atmosfera aumentada, devido principalmente às atividades antrópicas, em especial àquelas associadas à queima de combustíveis fósseis. O grupo de estudo relata ainda que o crescimento da população, o desenvolvimento econômico, e as mudanças tecnológicas estarão relacionados aos índices de emissões futuras (IPCC, 2001).

No ano de 2007, outro relatório de avaliação (AR4) sobre mudanças climáticas foi gerado pelo Grupo de Trabalho I, e várias evidências foram constatadas acerca de conclusões mais negativas em relação ao relatório de anterior – o de 2001. A partir de novos dados e novas metodologias o grupo relatou que é “muito provável que a maior parte do aumento observado nas temperaturas globais médias desde meados do século XX se deva ao aumento nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa”. Levando-se em conta os dados até o ano de 2006 (um ano antes da confecção do relatório) ficou evidenciado que a temperatura da superfície global havia aumentado 0,74°C, ou seja, pouco mais elevada do que a tendência anterior de 0,6°C, destacada no relatório de 2001. Foram também constatadas mudanças significativas na temperatura das águas profundas dos oceanos; redução nas geleiras de montanhas e cobertura de neve (IPCC, 2007b).

Em 2013, o novo relatório gerado pelo Grupo de Trabalho I concluiu que as concentrações de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) aumentaram em 40%, 150%, e 20% respectivamente, devido às atividades humanas (especialmente à queima de combustíveis fósseis) até o ano de 2011, onde o CO₂ atingiu a marca de 391ppm (partes por milhão). A Figura 2.1 mostra este aumento na concentração do dióxido de carbono na atmosfera, observado em duas regiões distintas do planeta. Ainda de acordo com o relatório, houve absorção de 30% de todo o dióxido de carbono antropogenicamente emitido, causando acidificação oceânica (IPCC, 2013).

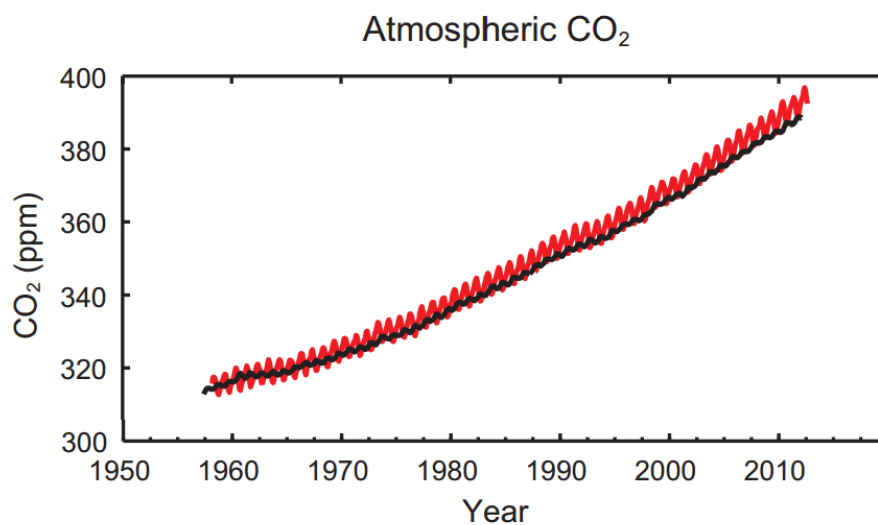


Figura 2.1 – Concentração atmosférica do dióxido de carbono (CO₂) medido em Mauna Loa¹ (vermelho), e no Polo Sul (preto), desde o ano de 1958. Fonte: NOAA, 2014.

Em pesquisas recentes, Lee *et al.* (2010) mostraram como os efeitos do setor da aviação, através de emissões de poluentes oriundas de aeronaves e complementadas pela infraestrutura aeroportuária, estão impactando a saúde e o bem estar do homem, além do próprio clima do planeta. Kurniawan e Khardi (2011) apresentam algumas razões que mostram o grande interesse de cientistas e governantes em estudos dos efeitos globais da aviação. Dentre eles, foi constatado que o uso do combustível de aviação, e, conseqüentemente as emissões provenientes deste setor, está crescendo mais rápido do que aqueles provenientes de outros setores de geração de energia. Outro motivo é o fato das emissões do setor aéreo estarem se revelando efetivas na produção de ozônio na parte mais baixa da atmosfera – a troposfera, onde este gás é considerado um potente gás do efeito estufa.

¹ *Mauna Loa Observatory* (MLO) é um centro de pesquisa atmosférica localizado no Havaí que tem continuamente monitorado e coletado dados relacionados à mudança climática desde a década de 1950. Fonte: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/>

2.2 AEROPORTOS E EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

2.2.1 Estruturas e Fontes Emissoras

Aeroporto é um conjunto de áreas destinadas ao pouso, decolagem e taxiamento de aeronaves, de caráter público ou privado, dotado de instalações e facilidades para dar apoio às aeronaves e ao embarque e desembarque de pessoas e cargas (BRASIL, 1986; IAC, 2004).

Carsalade (2013) apresenta análises integradas entre a poluição local e a global, tais como: a quantificação dos impactos dos poluentes ao meio ambiente na saúde humana, as interações das mudanças climáticas no meio ambiente natural e humano, e a correlação dos efeitos dessas mudanças com o desenvolvimento de um país.

Os impactos locais que ocorrem principalmente na área sob a administração do aeroporto e sua vizinhança são provenientes, principalmente, das emissões das aeronaves em procedimentos de pousos e decolagens e também de fontes oriundas das edificações e operações aeroportuárias, dentre as quais se destacam os veículos e equipamentos de apoio. Na Tabela 2.1 pode-se observar, de forma resumida, a maioria destes equipamentos. Uma descrição mais detalhada pode ser encontrada em Maia (2005).

Tabela 2.1: Fontes emissoras internas a um aeroporto, excluindo os motores principais das aeronaves.

Origem das Fontes	Equipamentos	
MÓVEIS	Equipamento de Apoio em Solo	Empurrador de Aeronave
		Reboque de Bagagens
		Esteira Móvel
		Carregador de Carga
		Unidade de Energia em Solo
		Empilhadeira
		Caminhões de Serviço
	Unidade Auxiliar de Energia	
	Equipamento Aeroespacial em Solo	
	Veículos de Acesso em Solo	
FIXAS	Geradores	
	Incineradores	
	Cozinhas Industriais	

Fonte: Adaptado de Maia, 2005.

As emissões de CO₂ do setor da aviação são provenientes da combustão do combustível utilizado: gasolina de aviação, querosene de aviação (*jet fuel*) ou óleo diesel. O carbono originário da combustão reage com o oxigênio encontrado no ar atmosférico, produzindo assim o dióxido de carbono. O vapor d'água é outro produto da combustão completa, onde o hidrogênio do hidrocarboneto (combustível) também irá reagir com o

oxigênio (Kurniawan, Khardi, 2011). Embora esses dois gases não sejam considerados poluentes, por não causarem diretamente qualquer mal à saúde humana, estudos tem sido realizados tentando avaliar a contribuição de suas emissões no aquecimento global.

2.2.2 Aeronaves

2.2.2.1 Caracterização

As aeronaves de grande e médio portes utilizam-se de *turbinas a gás* para geração de energia e para se moverem. Na Figura 2.2 observa-se o esquema longitudinal de uma turbina, bem como o percurso da entrada do ar atmosférico e a saída dos gases de exaustão. O termo turbina “a gás” não se dá pelo fato do uso de combustível no estado gasoso, mas sim por usar o produto da combustão interna (mistura de gases) como fonte do trabalho da turbina. O combustível usado comumente é o querosene de aviação (*jet fuel*): um hidrocarboneto proveniente do fracionamento do petróleo e que possui elevado poder calorífico e boa característica lubrificante (Petrobras, 2013).

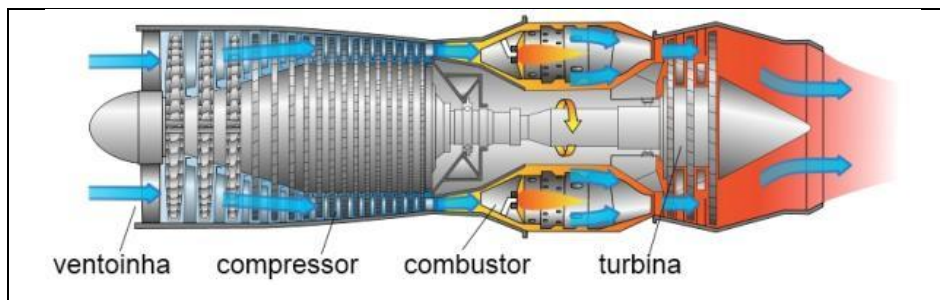
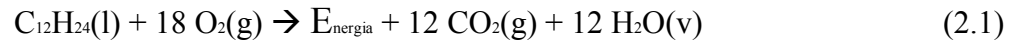


Figura 2.2 – Esquema Longitudinal de uma Turbina a Gás. Fonte: TECMUNDO, 2013

Após a admissão do ar atmosférico, o compressor irá obstringi-lo a chegar na câmara de combustão com uma pressão maior que a de entrada. O ar comprimido irá se juntar ao combustível, e com o calor, gerará a combustão, aumentando consideravelmente a temperatura dos gases. Esses gases superaquecidos e em processo de expansão realizarão o trabalho mecânico de girar a turbina, penúltimo estágio do motor. Todo o processo químico ocorre no interior da câmara de combustão, local destinado à queima do combustível e à liberação de energia sob a forma de calor. A corrente de gases que é produzida se expande, faz girar a turbina e é liberada ao meio externo.

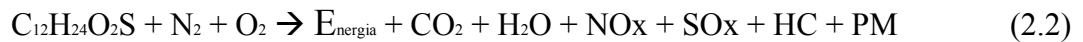
Em trabalho apresentado no *ICAO Colloquium on Aviation and Climate Change*, Kenney (2010) menciona que há duas situações distintas durante o processo de queima de combustível fóssil (querosene) em câmaras de combustão: uma “ideal” e outra “real”. Na

primeira tem-se apenas dióxido de carbono (CO₂) e água na forma de vapor (H₂O) como produtos da reação, nas proporções de 71% e 28% respectivamente, restando 1% das demais emissões onde o componente NO_x seria o mais importante (Penner *et al.*, 1999).



querosene líquido + gás oxigênio → produtos da combustão

Observa-se que na equação (2.1), apenas o oxigênio é considerado na reação, já que é o comburente necessário para que haja a combustão. Porém, isso não é o que ocorre na prática. Na equação (2.2) pode-se constatar que o combustível possui o elemento enxofre em sua composição, além da presença do nitrogênio molecular que também estará presente na câmara de combustão, por constituir 78% (aproximadamente) do ar atmosférico; é impossível selecionar apenas o oxigênio para ser admitido no interior dos motores aeronáuticos. Como produto da queima do querosene de aviação, outros compostos químicos também são emitidos na atmosfera (Tabela 2.2).



combustível + ar atmosférico → gases do efeito estufa + poluentes atmosféricos

Tabela 2.2: Compostos de Hidrocarbonetos e Materiais Particulados envolvidos na combustão de motores aeronáuticos.

HC	PM
HAPs – Poluentes Atmosféricos Perigosos	PM ₁₀ – Reparável (≤ 10 μ)
VOCs – Benzenos e Toluenos	PM _{2,5} – Fina (≤ 2,5 μ)
Carbolilas – Formaldeídos	PM _{0,1} – Ultrafina (≤ 0,1 μ)
SVOCs – Naftalinas	BC – Fuligem

Fonte: Adaptado de Kenney, 2010.

2.2.2.2 Poluentes Emitidos

De acordo com a Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO, 1993), a quantidade de poluentes emitidos por uma aeronave depende de alguns fatores, como o tipo do combustível utilizado, as características da câmara de combustão, da eficiência do motor, da pressão e temperatura da operação, e das fases e duração do voo. Em estudos mais recentes (IPCC, 2006; EEA, 2009; Rocha, 2012; Song e Shon, 2012), outros fatores foram

incorporados a esta avaliação; são eles: o tipo da aeronave que está sendo avaliado, o tipo e a eficiência dos motores da aeronave, a distância do voo, a potência ajustada, o tempo empenhado em cada estágio do voo, e a altitude em que os gases foram emitidos.

Tabela 2.3: Espécies de poluentes; massa de emissões por massa de combustível usado; taxa de emissões totais devido à aviação.

Espécies	Índice de Emissão (2000), em g/Kg	Taxa de Emissão (2004), em Tg/ano
CO ₂	3160	700
H ₂ O	1240	275
NO _x	14	3
SO ₂	0,8	0,18
CO	3	0,67
HC	0,4	0,09

Fonte: Adaptado de Lee *et al.* (2010).

Além do dióxido de carbono (CO₂) e vapor d'água (H₂O) – gases que contribuem para o aumento do efeito estufa – outros poluentes primários são lançados na atmosfera nas proximidades de um aeroporto durante as operações de pouso e decolagem de aeronaves; são eles: hidrocarboneto (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂) e material particulado (PM). Em estudo elaborado por Lee *et al.* (2010) pode-se observar que a combustão do querosene de aviação produz em sua maioria CO₂ e H₂O (Tabela 2.3).

Emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) são relevantes na formação do ozônio fotoquímico, enquanto que emissões de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos são, geralmente, resultado da combustão incompleta, tendo índices maiores de emissões em condições de baixa potência do motor (Lee *et al.*, 2010).

Mesmo sendo incolor e inodoro o CO é extremamente tóxico. Ele é um poluente não reativo e suas maiores concentrações em emissões ocorrem durante a combustão menos eficiente, nos momentos de taxiamento e espera de uma aeronave em um aeroporto (FAA, 2000 *apud* Maia, 2005).

Já o dióxido de enxofre (SO₂) é considerado um dos principais poluentes atmosféricos e responsável pela produção de chuva ácida. Quando sua concentração atinge níveis superiores a 100 ppm este poluente torna-se nocivo ao homem provocando irritação nas mucosas (Schmidt *et al.*, 1973). Em complementação a esses valores, a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2005) parametrizou uma exposição limite do ser humano a este gás em 500

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o período de um ano, com a limitação extrema de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por 24 horas, enquanto o Ministério do Meio Ambiente, em seu Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (CONAMA, 1990) orienta uma limitação em $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a média anual.

O dióxido de carbono (CO_2) é um gás que possui composição natural na atmosfera observada em partes por milhão (ppm) e que teve sua variação observada na segunda metade do século XX, de 315ppm a 375ppm; a maior parte por contribuição antrópica. Este composto químico possui grande absorção da radiação infravermelha, e é o de maior associação ao aquecimento global (Baird, 2002). O tempo médio de permanência de uma molécula de CO_2 no ar é de 250 anos, conforme descrito por Krupa (1997), muito embora este tempo não seja de fácil determinação devido a sua fotodissociação pela radiação ultravioleta na estratosfera conforme representado na equação 2.3.



Os destinos do CO_2 mais conhecidos na natureza são: a deposição em oceanos, rios e demais corpos d'água, e sua fixação nos vegetais, a partir da fotossíntese (Manahan, 2001).

A temperatura do planeta é equilibrada pelo balanço de energia proveniente da radiação que entra e que sai da atmosfera terrestre. Parte desta radiação infravermelha (conhecida como energia em forma de calor) é reabsorvida por moléculas presentes na atmosfera, provocando um aquecimento além da insolação normal; este é o fenômeno conhecido como efeito estufa, responsável por manter a temperatura média da superfície terrestre em níveis toleráveis e adequados para a existência dos seres vivos (IPCC, 2007b).

Até o momento em que gases como o vapor d'água e o dióxido de carbono eram encontrados na atmosfera em índices normais, sem a ação do homem, este era um fenômeno natural. Porém, desde a segunda metade do sec. XVIII as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs) vem aumentando pela ação antrópica – cerca de 70% entre os anos de 1970 (28,7 Gt $\text{CO}_2\text{-eq}$) e 2004 (49 Gt $\text{CO}_2\text{-eq}$) (IPCC, 2007b).

No ano de 2000, a aviação foi responsável por 12% das emissões do setor de transporte global, o terceiro maior contribuinte, apenas superado pelos transportes rodoviários e marítimos. Já em 2005 foram emitidas 733 milhões de toneladas (Mt) de CO_2 , o que representa cerca de 3% das emissões totais de dióxido de carbono provenientes da queima de combustíveis fósseis (Lee *et al.*, 2009); em graus comparativos, esse valor é ligeiramente

menor que a contribuição nacional da Alemanha (6ª maior país contribuinte) (IEA, 2010 *apud* Howitt *et al.*, 2011).

De acordo com o Protocolo de Quioto², os GEEs foram definidos como: Dióxido de carbono (CO₂); Metano (CH₄); Óxido nitroso (N₂O); Hidrofluorcarbonos (HFCs); Perfluorcarbonos (PFCs) e Hexafluoreto de enxofre (SF₆). Em seu Artigo 2, item 2, é descrito que os países signatários do acordo “devem procurar limitar ou reduzir as emissões de GEEs não contemplados pelo Protocolo de Montreal originárias de combustíveis do transporte aéreo internacional” (MCTI, 2013). A temática das emissões oriundas da aviação internacional não foi debatida em Quito, muito embora as discussões dos efeitos dessas emissões em grandes altitudes já se encontrassem presentes nas Diretrizes para Inventários de Gases do Efeito Estufa (IPCC, 2006).

Como esses gases não possuem o mesmo grau de influência no aumento da temperatura global, em razão de possuírem estrutura e massa molecular diferentes, o CO₂ passou a ser a referência (EPA, 2013), por ser o gás mais emitido pela ação humana. Para tal, cada um deles recebeu um fator, chamado Potencial de Aquecimento Global (tradução da sigla GWP), onde, através dele, os outros gases acima mencionados passam a ser reportados como CO₂eq, e a molécula do CO₂ equivalerá a 1 (Tabela 2.4).

Tabela 2.4: Gases do Efeito Estufa e seus respectivos valores de Potencial de Aquecimento Global

Gases do Efeito Estufa	Potencial de Aquecimento Global
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	21
Óxido Nitroso (N ₂ O)	310
Hidrofluorcarbonos (HFCs)	entre 140 e 11.700
Perfluorcarbonos (PFCs)	entre 6.500 e 9.200
Hexafluoreto de Enxofre (SF ₆)	23.900

Fonte: Adaptado de IPCC, 2007a.

2.2.2.3 Gerenciamento do Tráfego Aéreo

A ordem, segurança e a fluidez do fluxo dos voos é o objetivo do controle do tráfego aéreo. Para tal há uma integração do homem com a máquina para o pleno cumprimento das ações deste sistema (Fajer, 2009). A ICAO possui fundamental importância como órgão que

² Decisão acordada em conferência realizada na cidade de Quioto, Japão em dezembro de 1997, segundo o qual os países industrializados reduziram suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, até o período entre 2008 e 2012. Fonte: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br>

recomenda normas e métodos deste gerenciamento a nível internacional. Essa organização define como estratégias de gerenciamento do espaço aéreo internacional: o planejamento da infraestrutura aeroespacial, e os serviços de gerenciamento em comunicação, navegação e vigilância (ICAO, 2013).

O gerenciamento antecipado de rotas de aproximação e partida de aeronaves, no planejamento para instalação de um sítio aeroportuário, é de grande importância para a minimização de potenciais impactos de emissões e ruídos ligados à atividade aérea (IFC, 2007). Já o serviço de tráfego aéreo propriamente dito é desempenhado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão da Força Aérea Brasileira (FAB), e baseia-se no contato entre o controlador do sistema e o piloto de uma aeronave, através dos meios de comunicação disponíveis, de modo que os objetivos das mensagens sejam entendidos e atendidos (DECEA, 2013a).

Entre destinos longos, as aeronaves percorrem posições dentro de aerovias, verdadeiros corredores suspensos unidos por auxílio de sinais de rádio, ou por pontos localizados através de GPS. Essas aerovias unem espaços aéreos definidos, chamados de Áreas Terminais (TMA), que são controlados por um órgão chamado CTR, ou Controle de Aproximação. No interior das TMAs, normalmente há um ou mais aeroportos de grande porte. Dentro dessas áreas terminais e ao redor desses aeroportos pode-se encontrar outro tipo de espaço aéreo chamado Zona de Tráfego de Aeródromo (ATZ). As ATZs são controladas por Torres de Controle de Aeródromo (TWR) e são responsáveis pelos pousos e decolagens de aeronaves, tanto as civis quanto as militares (DECEA, 2009; DECEA, 2010).

Através de todos esses órgãos de controle do espaço aéreo, as aeronaves cumprem um perfil e um caminho pré-determinado quando saem de seus níveis de cruzeiros e prosseguem para pouso em um aeroporto; isso facilita o estudo e a pesquisa das emissões de poluentes e ruídos no setor aéreo.

De acordo com o DECEA (2014), as operações aéreas tem relação vital com as informações meteorológicas, e estas, por sua vez, trazem facilidades tanto ao conforto para os passageiros, quanto ao estabelecimento de rotas mais rápidas e econômicas, além da própria segurança do voo. O conhecimento prévio dessas informações traz inúmeros benefícios a todos os envolvidos na navegação aérea. Para o piloto, por exemplo, é necessário o conhecimento das condições meteorológicas nos aeroportos de partida e destino, para a confirmação da realização do voo, ou não. Dados em tempo real de teto, visibilidade, tempo

presente, vento e nebulosidade (principalmente àquelas que se caracterizam por grande desenvolvimento vertical), e a que momento sofrerão alterações, poderá influenciar no processo decisório na cabine de comando de uma aeronave, implicando em desvios de rota e mudanças no consumo do combustível. Para os controladores de tráfego dos diversos tipos de espaços aéreos (TMAs e ATZs, como já mencionados), é importante que se saiba se a possível existência de *cumulonimbus*³ em determinadas rotas sobre o território nacional acarretará num comprometimento operacional por conta da redução do tráfego aéreo em algumas localidades e a consequente sobrecarga em outras áreas. As interferências das condições meteorológicas são imprescindíveis também no aspecto militar, onde os valores de direção e velocidade do vento, em diversos níveis, são importantes para que se faça lançamento de paraquedistas sobre pontos específicos, e cargas em áreas isoladas.

2.2.2.4 Ciclo LTO

Tradicionalmente, os impactos ambientais provenientes de emissões de aeronaves têm sido separados em dois grupos: emissões de poluentes ocorrentes durante a fase de pouso e decolagem (Ciclo LTO); estas são consideradas emissões locais. E há ainda aquelas emissões em caráter regional e global (Kurniawan e Khardi, 2011), como já apresentado na introdução deste trabalho.

Uma aeronave quando inicia sua aproximação para o aeroporto de destino deve atender ao sequenciamento promovido pelos órgãos de controle do tráfego aéreo, de forma a manter a segurança da operação, permitindo o adequado fluxo dentro de um espaço aéreo definido. Portanto, quando uma aeronave deixa o seu nível de voo de cruzeiro, em altas altitudes, até o seu pouso, acaba passando por áreas de controle centrais, áreas terminais de confluências de aerovias até a chegada à área de controle do aeroporto (DECEA, 2009).

O Ciclo LTO – *Landing and Take-Off* – é uma padronização adotada para os estudos de movimentos de aeronaves no entorno de aeroportos. Este ciclo compreende um procedimento de pouso, sua espera para desembarque e novo embarque de passageiros, e um procedimento de decolagem. A ICAO (1993) definiu este procedimento em 4 (quatro) fases modais simplificadas, a saber: *approach*, *taxi/idle*, *take-off* e *climb*. Porém, como há uma descontinuidade nesse processo, onde passageiros entram e saem da aeronave e, portanto, a

³ Formação nebulosa com grande desenvolvimento vertical, também identificada como tempestade de trovoadas. Podem ocorrer a qualquer hora, de dia ou à noite, ao longo de todo o ano, porém são mais frequentes nos meses mais quentes, no período final da tarde. Fonte: www.redemet.aer.mil.br/Artigos/cumulonimbus

mesma permanece com motores desligados no pátio de estacionamento ou à frente do terminal de passageiros, estudos mais recentes (Carlier *et al.*, 2004; EEA, 2009; Rocha, 2012, Song e Shon, 2012) têm considerado a divisão do *taxi* em duas etapas. Portanto, 5 (cinco) modos de operação são descritos nesse ciclo:

Momento [1] Descida para Aproximação Final, onde a aeronave cruza o topo da camada de mistura (3.000 pés, ou 914 metros) e ruma até o solo (*Approach*);

Momento [2] Toque no solo, rolamento no pouso seguindo de frenagem, taxi pelas vias aeroportuárias até o pátio de estacionamento, condição neutra dos motores, até o seu total desligamento (*Taxi-in/Idle*);

Momento [3] Partida, condição neutra, verificação para a saída, e taxi até a cabeceira da pista (*Idle/Taxi-out*);

Momento [4] Decolagem (*Take-off*); este é o momento em que a aeronave se desloca por toda a pista, em potência máxima dos motores, e ascende até aproximadamente 1.000 pés (ou 300 metros);

Momento [5] Subida (*Climb out*); seguimento de tempo subsequente ao da decolagem, em que a aeronave se desloca até o topo da camada de mistura.

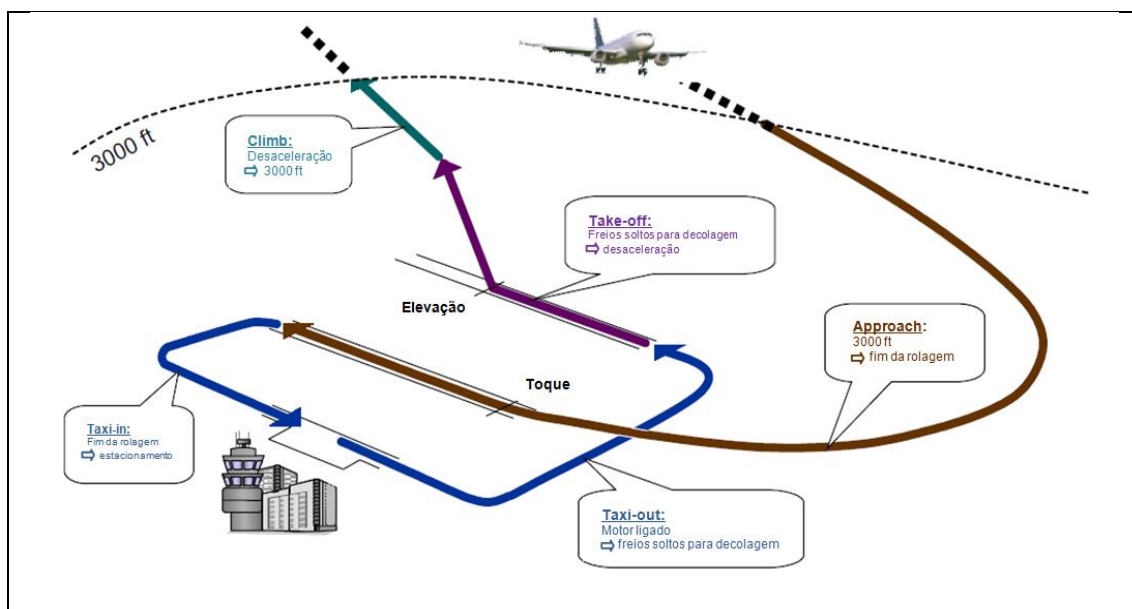


Figura 2.3 – Definição de Ciclo LTO operacional. Fonte: adaptado de UNIQUE/FLUGHAFEN ZÜRICH, 2013.

Como todo esse ciclo foi padronizado internacionalmente para fins de estudos comparativos, é possível observar na Tabela 2.5 o tempo de cada uma dessas fases ou modos

de operação – *Time-In-Mode (TIM)*, bem como a potência requerida do(s) motor(es) (Tabela 2.6).

Tabela 2.5: Tempo de referência para cada modo de operação do Ciclo LTO.

Fase	Tempo no modo de operação, em minutos
Decolagem	0,7
Subida	2,2
Aproximação	4,0
Taxi	26,0
Total	32,9

Fonte: Adaptado de ICAO, 1993.

Tabela 2.6: Ajuste da potência do(s) motor(es) para cada modo de operação do Ciclo LTO.

Modo de Operação	Potência ajustada (% da F_{oo}^4)
Decolagem	100
Subida	85
Aproximação	30
Taxi	7

Fonte: Adaptado de ICAO, 1993.

Mazaheri *et al.* (2009), em estudo realizado sobre a emissão de partículas e gases em cada fase do ciclo de pouso e decolagem, abordaram um assunto que pode ser traduzido como “geometria de origem”. No estudo, os autores identificaram variações nas emissões e nas concentrações de gases de escape de CO₂, mostrando uma correlação estatisticamente significativa com o ajuste de potência, onde as configurações de energia do motor mais elevadas correspondiam a concentrações mais elevadas. Uma aeronave durante a decolagem se assemelha a uma fonte linha, pois a aeronave emprega grande incremento na velocidade em um espaço relativamente curto; mas durante a marcha lenta é mais aproximada a uma fonte pontual. Além disso, as diferenças de tecnologia de motores também poderiam resultar em diferenças nas concentrações de CO₂ e outras emissões, deixando o motor em um determinado nível de pressão.

⁴ Empuxo máximo disponível para a decolagem com motor em funcionamento normal, ao nível do mar e sob condições ISA, sem o uso de injeção de água, conforme aprovado pela autoridade competente. Fonte: www.icao.int/environmental-protection/Pages/environment-publications.

Em outra pesquisa sobre emissões por aeronaves, desta vez em aeroportos do Reino Unido, Stettler *et al.* (2011) chegaram a conclusão que a massa de CO₂ emitida é proporcional ao fluxo de combustível; e este por sua vez é aproximadamente proporcional a potência ajustada na cabine de comando. Desta forma o modo *approach* (aproximação para pouso), responsável pelo maior *TIM* foi responsável pelas maiores emissões que qualquer outro Modo de Operação durante o Ciclo LTO, corroborando com o estudo anterior realizado por Mazaheri *et al.*(2009). Essas descobertas podem ter implicações em possíveis ações mitigatórias quanto aos impactos das emissões de aeronaves em aeroportos, levando a adoção de algumas estratégias que poderão favorecer o maior controle de algumas espécies de poluentes. O grupo de pesquisadores sugeriu, por exemplo, que a mudança no procedimento do modo *taxi (In ou Out)*, com a operação da aeronave sendo realizada com o trabalho de apenas uma turbina, não proporcionaria reduções significantes nas emissões de NO_x e PM₂; por outro lado reduziria as emissões de CO, HC e CO₂

2.3 SUSTENTABILIDADE

2.3.1 Cenário Global

O termo “desenvolvimento sustentável” passou a ser mundialmente conhecido e discutido após o documento intitulado “Nosso Futuro Comum” ou “Relatório Brundtland” (Brundtland, 1987). Foi apresentado o conceito de sustentabilidade como uma forma de “suprir as necessidades da geração presente, sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas”. Para tal, foi apontada a necessidade de uma nova relação entre ser humano e meio ambiente sem sugerir a estagnação do crescimento econômico, mas sim a sua conciliação com as questões ambientais e sociais. Especificamente sobre recursos não renováveis, como os combustíveis fósseis e minerais, o relatório propõe que tais recursos não parem de ser utilizados; porém sua taxa de consumo deve ser balanceada de forma a garantir que esses recursos não se exauram antes que substitutos apropriados estejam disponíveis para o uso. Por fim, e de uma forma resumida, o relatório menciona ainda que o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança formado por quatro pilares, a saber: a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação para o desenvolvimento tecnológico e mudanças institucionais (Brundtland, 1987).

A Agência Europeia de Segurança na Aviação (EASA – *European Aviation Safety Agency*) defende a importância da melhoria tecnológica e operacional como ferramentas para que o impacto no crescimento do tráfego aéreo seja compensado. Embora a aviação

internacional tenha sido excluída do protocolo de Quioto, sua contribuição para o aquecimento global deverá ser elevada até meados deste século. Por conta desse aspecto, a participação da EASA tem sido integrada a ICAO e a outras agências aéreas para garantir as metas globais de redução de emissões de GEEs. O Departamento de Proteção Ambiental da EASA possui atualmente três principais áreas de atuação: desenvolvimento e manutenção dos requisitos essenciais ambientais, implementação de especificações para certificação, material de orientação e aconselhamento de regras de conduta, visando uma cooperação internacional nas questões de sustentabilidade ambiental (EASA, 2014).

A *Federal Aviation Administration* (FAA), agência norte-americana que administra o setor da aviação, promove o desenvolvimento sustentável em aeroportos adotando quatro elementos essenciais: meio ambiente, economia (recursos econômicos gerados pela atividade), operação (atividade aérea propriamente dita) e comunidade (recursos humanos promovedores e utilizadores da atividade). Suas ações de sustentabilidade têm como meta: a redução dos impactos ambientais, através de programas de compatibilidade de ruídos e programas de redução voluntária de emissões aeroportuárias; o auxílio na manutenção de níveis estáveis ou elevados do crescimento econômico do setor aéreo; e o auxílio em promover o progresso social, sem prejudicar as necessidades e os valores da comunidade local. Para isso, a FAA tem financiado planos diretores de sustentabilidade em aeroportos visando à redução desses impactos ambientais (ruídos e emissões). Tais planos se valem das avaliações da utilização de recursos ambientais, bem como o comportamento da comunidade local, face às operações aeroportuárias, para identificar os objetivos de sustentabilidade que irão reduzir os impactos ambientais (FAA, 2014b).

Em pesquisa sobre a atenção que as empresas têm dado ao futuro dos recursos naturais, Foguel (2013) concluiu que há três premissas que norteiam a questão da sustentabilidade ambiental: a primeira delas é a adoção de uma abordagem *Triple Bottom Line* (TBL)⁵. Esta é uma ideia cujos resultados dos negócios devem seguir a compromissos de desempenho equilibrado entre o social, o ambiental e os resultados econômicos, ao invés de um modelo de produção que vise apenas a ganhos em curto prazo. Em segundo lugar é o entendimento que as organizações são partes tanto do problema como da solução; ou seja, estas, que durante anos eram vistas como as causadoras dos males ambientais, passaram para a condição de parceiras na proteção dos recursos naturais e na mitigação e/ou diminuição dos

⁵ Conhecido como o Pilar da Sustentabilidade, esta é uma linha de pensamento que incorpora três dimensões nas decisões empresariais: o social, o ambiental e o financeiro. Fonte: Slaper e Hall, 2011.

efeitos nocivos ao meio ambiente. Em terceiro, é defendido o princípio da precaução, onde todas as decisões eventualmente tomadas pelas empresas em relação às práticas sustentáveis são baseadas no conhecimento científico, incluindo previsões e avaliações que garantam a sustentabilidade mundial.

De acordo com a Associação Internacional de Transportes Aéreos (IATA – *International Air Transport Association*) há alguns quesitos que permitem classificar as empresas aéreas dentro do *ranking* das “maiores do mundo”, em um determinado ano. Alguns deles são: receita anual, número de passageiros transportados, quilômetros voados (valores absolutos), quilômetros por passageiros voados (valores relativos), tamanho da frota e número de destinos (IATA, 2013). Para o presente trabalho foram analisados os programas de sustentabilidade de algumas das maiores empresas aéreas no mundo, em termos de quilômetros por passageiros voados, no ano de 2012.

O topo da lista da IATA é ocupado pela Emirates, companhia aérea que iniciou suas atividades no AIRJ em janeiro de 2012. Sua frota é composta apenas por aeronaves de grande porte, cujo objetivo é a realização de voos de longo alcance. Em função disto, os dados numéricos de suas operações (passageiros transportados, milhas voadas e, conseqüentemente, combustível consumido) são proporcionais. Embora tenha ocorrido aumento no consumo total de combustível (15,9%) e passageiros totais transportados (18%) nesse biênio (2012/2013), em relação ao anterior, a empresa conseguiu a diminuição em sua eficiência energética na ordem de 1%. Esta melhoria é atribuída ao perfil de sua frota, formada por aeronaves novas e com os melhores índices de eficiência energética. Além disto, estudos de casos têm sido realizados, todos visando à redução de emissões e contribuindo para ações sustentáveis. Dentre eles, o iFlex foi desenvolvido buscando a criação e autorização de rotas aéreas sobre o continente africano, para voos com destinos da América do Sul; ao total, 25 rotas foram criadas. Outro programa é o de máxima reciclagem de materiais dos interiores das aeronaves que estão sendo retirados da linha operacional. Este projeto, iniciado em 2010, já proporcionou a reciclagem de aproximadamente 433 toneladas de diversos materiais (contabilizado até o final de 2013) retirados tanto da estrutura dos aviões como dos motores. Além disto, outras 3.500 toneladas de materiais utilizados em voo (resíduos de um modo geral, incluindo embalagens e latas metálicas, recipientes plásticos, revistas e cartões de embarque) também tiveram como destino a reciclagem.

As duas maiores companhias aéreas norte-americanas, United Airlines e Delta Airlines ocupam respectivamente a 2ª e a 4ª posições. Em seu relatório ambiental, a United assumiu os compromissos de reduzir o uso de combustível e aumentar a sua eficiência em aeronaves através de inovação em processos e tecnologia. Em parceria com outras companhias aéreas, fabricantes de aeronaves e motores, fornecedores de combustível, gestores de aeroportos e governantes, eles buscam o aumento na eficiência de combustível numa taxa de 15% até 2020, e a redução em 50% nas emissões de CO₂ até 2050, baseando-se com os níveis de 2005. Em um programa inovador, a Delta Airlines iniciou em 2012 o uso de dados mais reais do peso das crianças em seus planos de voo, de forma a utilizar como base de cálculo um valor mais preciso de peso a bordo. Com isso a empresa foi capaz de economizar naquele ano mais de US\$ 30 milhões, além de 9,22 milhões de galões de combustível e 90.873 toneladas de CO₂ eq. Na área técnica, a instalação de *winglets* em 14 aeronaves adicionais que não possuíam este elemento estrutural permitiu a economia de 3,8 milhões de galões de combustível, e com isso, a redução de quase 38 mil toneladas de CO₂ eq. (United, 2012; C2ES, 2014).

A empresa suíça Swiss Air Lines (pertencente ao grupo Lufthansa/Swiss, 5ª no *rank*) acredita que a responsabilidade na forma de tratamento com o meio ambiente é parte essencial da cultura corporativa da empresa. (SWISS, 2014). Seus compromissos ambientais estão relacionados a metas de redução e compensação de CO₂, estudos em combustíveis alternativos e redução de ruídos. Para tal, a referida empresa investe em estratégias baseada em quatro pilares, na forma que se segue: a) progresso tecnológico: diretamente ligada a redução nas emissões de dióxido de carbono, esta estratégia busca a modificação da frota por aeronaves mais recentes, que sejam constituídas por materiais mais leves, e que requeiram o consumo menor de combustível; b) medidas operacionais: acreditando que um voo eficiente seja capaz de reduzir as emissões de CO₂, a empresa adota práticas operacionais em prol deste objetivo tais como a escolha de níveis de cruzeiro de modo que ventos em altas altitudes possam ajudar na aerodinâmica da aeronave, e a redução de dois dos quatro motores durante os deslocamentos em aeroportos (taxiamento para, e dos pátios de estacionamento), nos casos em que o modelo da aeronave seja compatível com tal ação (*e.g.*, Airbus A340); c) infraestrutura aérea mais eficientes: com a redução de espaços aéreos restritos, ou a prévia coordenação de aeronaves civis cruzarem tais restrições, é possível se ter um aumento de rotas mais diretas; d) instrumentos econômicos: permitindo o envolvimento individual de forma voluntário, é possível que os passageiros optem por contribuir financeiramente em projetos de compensação do carbono apoiados pela empresa. Através destes compromissos, as emissões

de CO₂ (em específico) caíram cerca de 19% entre os anos de 2002 a 2012 (Figura 2.4). Graças aos investimentos em aeronaves modernas, reduziu-se significativamente o consumo de combustível, e conseqüentemente a liberação de gases associados ao efeito estufa (SWISS, 2014).

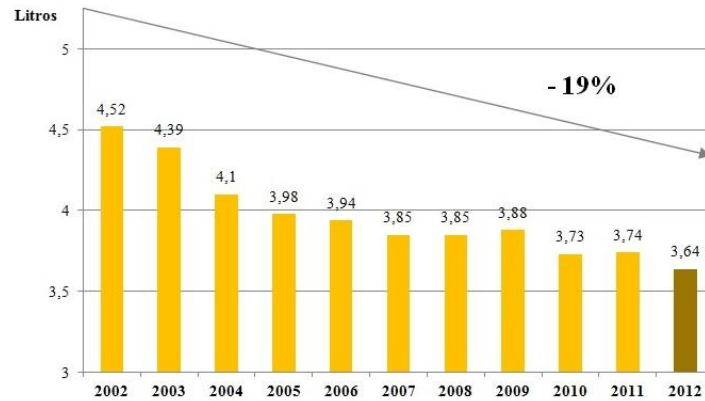


Figura 2.4 – Consumo específico de combustível pela SWISS em operação de passageiros. Fonte: adaptado de SWISS, 2014.

Outra empresa aérea, a holandesa KLM (pertencente ao grupo Air France/KLM, 7^a no *rank*), desenvolve projetos e mantém suas operações de forma cada vez mais sustentável, principalmente em termos de redução de CO₂. Como medidas nesta área, a empresa vem gradativamente renovando sua frota, como ocorreu entre os anos de 2009 e 2010, com a substituição de dez aeronaves Fokker 100 por equipamentos Embraer-190, o que promoveu uma redução de 9% nas emissões devido a melhor eficiência energética destas aeronaves brasileiras. As rotas que são operadas com modelos 737x da Boeing estão sendo substituídos pelos 737s – *New Generation* que possuem *winglets*⁶ responsáveis por melhoria aerodinâmica capaz de reduzir as emissões em três pontos percentuais. Além da renovação da frota, a KLM adota o programa de redução rigorosa de peso em elementos dentro e no conjunto da aeronave, reduzindo assim o consumo de querosene de 9,5% num período de cinco anos.

Em relação à utilização dos biocombustíveis, há investimentos por parte da empresa em pesquisas na produção de querosene a base de biomassa. De novembro de 2009 a junho de 2011 a KLM realizou voos utilizando biocombustível em mistura ao querosene de aviação convencional: inicialmente a mistura foi feita com *Camelina sativa*; em outros voos, após

⁶ É um componente aerodinâmico, geralmente em forma de aba vertical ou inclinada, instalado na extremidade da asa de um avião cuja finalidade é reduzir o arrasto induzido, promovendo assim melhora na sustentação. Fonte: www.b737.org.uk/winglets.

parceria com a SkyNRG, empresa especializada em comércio de combustíveis para a aviação, foi utilizado o óleo de cozinha reciclado na mistura. A meta da empresa é chegar ao ano de 2015 utilizando 1% de biocombustível misturado no combustível fóssil tradicional; eles acreditam que esta conscientização é uma tarefa a ser engajada por outras empresas parceiras, com apoio da comunidade econômica, governamental e sociedade.

Ainda segundo a KLM, o setor de engenharia e manutenção aplica uma técnica pioneira de lavagem de compressor: durante uma inspeção preventiva rotineira em que a aeronave não precisa de tempo extra em solo, fora de operação, uma grande quantidade de água, na forma de spray, é lançada no interior do motor em giro, porém não queimando combustível. Após a lavagem interior, o ar emitido pelo motor é filtrado, sendo assim, mais limpo que o ar ambiente do hangar. Todo este processo também resulta numa redução de emissão de CO₂, além de outras substâncias durante o voo.

Além desses fatores técnicos, uma ação operacional é praticada pela empresa: o *hub system*. A referida prática utiliza um eixo central – no caso, o aeroporto Schiphol, em Amsterdam – fazendo com que os voos regionais sejam canalizados para esta localidade, e dali sim passem a ocorrer as conexões para voos internacionais. Como resultado, apenas um voo de longa distância ocorre, contribuindo assim com um fator menor no impacto ambiental. Além disto, é possível que mais destinos sejam alcançados com o mesmo número de voos em relação ao método convencional (Figura 2.5).

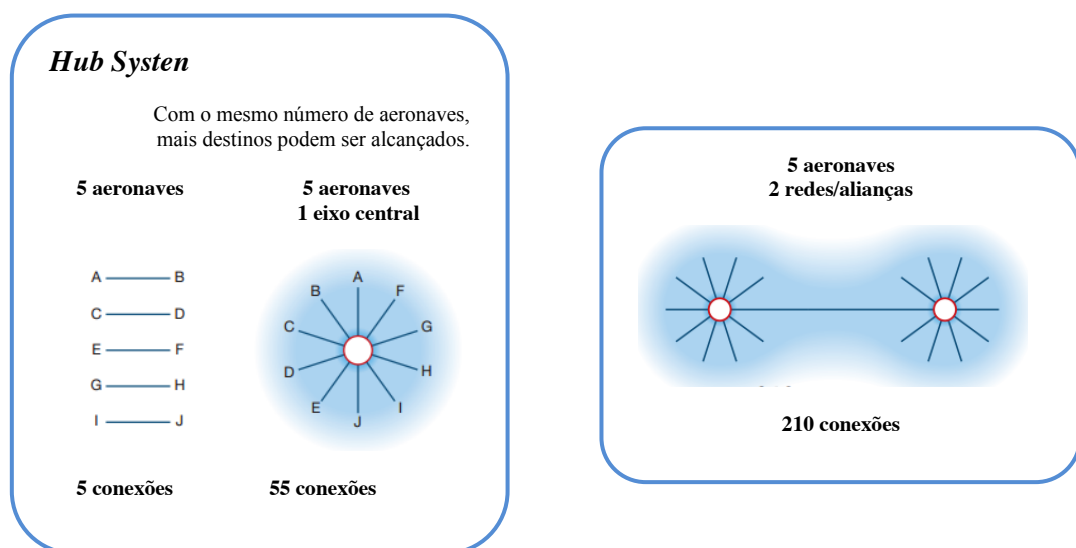


Figura 2.5 – Sistema “eixo central”. Fonte: adaptado de KLM, 2014.

Como as empresas aéreas vêm complementar as ações das montadoras, são apresentadas a seguir algumas estratégias sustentáveis das maiores fabricantes de aeronaves.

Em relatório anual sobre o meio ambiente, a montadora americana Boeing defende que as melhorias em suas ações devem abranger todas as fases do ciclo de vida de um produto, desde a os materiais crus, passando pela produção propriamente dita, até atingir o serviço, e chegando ao fim do uso. Em termos de operação, nos últimos 5 anos a empresa conseguiu reduziu 3% de suas emissões de CO₂. Já em termos de produto, o B737 MAX proporcionou em 2011 às companhias aéreas que o utilizam uma média de redução de 13% do consumo de combustível, associado a redução proporcional em emissões de dióxido de carbono. O B777 é considerado atualmente a aeronave com maior eficiência energética entre aquelas que transportam entre 300 e 400 passageiros. Sendo 20% mais leve que a categoria concorrente, produz 25% a menos emissões de CO₂. Em 2011, este mesmo modelo de aeronave recebeu da FAA certificação operacional para voar um excedente de 330 minutos de sua autonomia total. Com isso, inúmeras rotas entre pares de cidades que, anteriormente precisavam de escala para abastecimento, são consideradas atualmente rotas direta, promovendo redução de 16% em consumo de combustível, e menos dióxido de carbono emitido na atmosfera (Boeing, 2012).

Detentora atualmente da produção da maior aeronave de passageiros do mundo (A380), a Airbus precisou desenvolver uma gama de tecnologias compartilhadas com o intuito de atingir suas metas em sustentabilidade, com o foco voltado para o estudo do ciclo de vida de uma aeronave – desde seu projeto, construção, operações em voo até o fim de seu uso. 25% dos A380 são produzidos usando materiais compostos, o que promove redução de peso na ordem de 20% a menos que o peso do alumínio, até então amplamente utilizado na aviação. Estes materiais utilizam fibra de carbono em sua composição reduzindo em 1,5 toneladas no peso total da aeronave. Associado a motores com melhor desempenho de consumo, este modelo é atualmente o mais eco-eficiente em operação. A Airbus busca alternativas sustentáveis além de suas linhas de produção, ao trabalhar com as empresas e administradoras de aeroportos no que é chamado de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM). Esta parceria tem se desenvolvido inicialmente na Comunidade Europeia e os agentes envolvidos acreditam que trabalhando com eficiência operacional – o que inclui esforços desde a partida no aeroporto de origem até a chegada ao destino, seja em solo, ou em voo – os resultados podem chegar a redução em até 10% nas emissões, tanto de GEEs quanto de outros gases poluentes. Uma terceira inovação apresentada em seu relatório ambiental é a pesquisa e

o desenvolvimento de combustíveis alternativos. A empresa acredita que não há outro meio para o futuro da aviação além do uso de combustíveis provenientes de fontes renováveis, como exemplo os biocombustíveis. Seis polos, em âmbito mundial, têm trabalhado para a Airbus em prol destas pesquisas. Por fim, o relatório apresenta uma proposta do “Voo Perfeito” formado pela combinação de estratégias em tecnologia aeronáutica + operações e gerência aeroportuária + combustíveis alternativos. Em voos testes realizados no Canadá e na França, foi observado a redução de aproximados 40% nas emissões, onde a empresa constatou que é possível, com a comunhão de ações, a melhoria na operação em prol do ambiente (Airbus, 2012).

Mesmo em se tratando de uma empresa nacional, os efeitos estratégicos da EMBRAER são refletidos em todo o mundo devido a amplitude nas operações de suas aeronaves brasileiras. Em 2012, três inovações foram destaques da empresa na gestão sustentável. A primeira foi a parceria entre a EMBRAER, a GE – produtora dos motores aeronáuticos utilizados em suas aeronaves – e a Amyris responsável pelo desenvolvimento do bioquerosene. Esta parceria resultou em uma missão realizada numa aeronave da EMBRAER pertencente a AZUL Linhas Aéreas utilizando combustível fabricado a partir da cana-de-açúcar. Na parte de produção, a EMBRAER tem efetivado o uso de materiais compostos ao invés do tradicional metálico com o intuito de redução de peso estrutural requisitando assim menos combustível para o cumprimento do mesmo voo, pratica utilizada também pela concorrente francesa Airbus. Outra inovação tecnológica na área de produção foi a utilização de trocador de calor proveniente de compressores para o aquecimento de água, reduzindo assim aproximadamente 1.200 toneladas de CO_{2eq}. Estes projetos em redução de emissões de GEEs são complementados por ações de gestão de resíduos, água e eficiência energética (EMBRAER, 2012)

2.3.2 Cenário Nacional

Após a década de 1980, leis e resoluções foram criadas pelo governo federal estabelecendo regras com o objetivo de implementar o conceito de proteção ambiental associado ao desenvolvimento sustentável. Neste contexto, pôde-se observar em 1981, o início da obrigatoriedade das avaliações de impactos ambientais e do licenciamento das atividades poluidoras através da implementação da Política Nacional do Meio Ambiente. Com a promulgação da Constituição de 1988, o poder público impôs à coletividade o dever de defender o Meio Ambiente, possibilitando assim a criação de leis futuras mais específicas acerca deste mesmo tema. Em 1992, com a realização da Conferência das Nações Unidas para

o Desenvolvimento (ECO 92) na cidade do Rio de Janeiro, o conceito de desenvolvimento sustentável pôde ser difundido, não só no cenário nacional, como também junto aos chefes de Estado, iniciativa privada e sociedade civil.

Assim como nas instituições internacionais, sejam elas governamentais ou empresariais, também no Brasil o crescimento econômico muitas das vezes tem representado uma ameaça ao desenvolvimento sustentável. Nem sempre os objetivos sociais e ambientais são tão relevantes quanto às prioridades econômicas o que acaba por gerar uma consequência positiva – na medida em que estimula novos desafios e descobertas; e uma conclusão negativa – que a cultura sustentável ainda não está compartilhada por todos (Arruda e Quelhas, 2010).

Líder no setor petrolífero no país, a Petrobras possui ações de atenuação às emissões de GEEs estabelecida tanto nas operações, quanto no produto. Para tal, sua estratégia está concentrada em iniciativas tais como pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, estudos sobre a implementação de fontes de energia renovável e o incentivo do uso eficiente de seus produtos. Em PETROBRAS (2012) é possível constatar as principais ações mitigadoras e seus resultados, que estão relacionadas à redução de emissões de GEEs na exploração e produção do petróleo, investimentos em biocombustíveis, programa de racionalização ao uso de combustíveis e parcerias com empresas engajadas em projetos de captura e armazenamento de CO₂.

A Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), entidade pública gestora dos principais aeroportos do Brasil, iniciou em 2011 um programa para quantificar e avaliar as emissões provenientes do movimento de aeronaves e de seus veículos de apoio às operações em solo. Em seu relatório ambiental é possível comparar e avaliar a evolução das emissões de alguns poluentes (INFRAERO, 2011).

2.3.3 Sustentabilidade Aeroportuária

Esforços têm sido feitos tanto na área da eficiência energética quanto em ações de análise e redução das emissões provocadas pelo setor aéreo no sentido de viabilizar o crescente desenvolvimento deste setor em comunhão às ações de sustentabilidade, ambos para o benefício do próprio homem (Greene e Wegener, 1997; Behnen, 2004; Amaeshi e Crane, 2006; Partidário e Coutinho, 2011; Fasone e Maggiore, 2014).

Em estudo realizado acerca das emissões do dióxido de carbono nos aeroportos do Reino Unido, Brooker (2009) busca fazer uma correlação entre o quanto se emite deste GEE numa instalação aeroportuária em comparação com a termelétrica inglesa de Drax, a maior

fonte emissora estacionária de CO₂ no Reino Unido. Suas expectativas com o estudo foram alcançadas em mostrar que o setor da aviação gera emissões de CO₂ comparáveis às maiores fontes de emissões naquela Nação. Outro aspecto mostrado no trabalho de Brooker foi a propositura de instrumentos para uma política de compensação destas emissões, *e.g.* a taxaço de combustível de aviação para este propósito e a inclusão de VAT⁷ em passagens aéreas.

Silva (2010) realizou um estudo sobre desenvolvimento sustentável e a infraestrutura aeroportuária, aplicando o *benchmarking*. Trata-se de uma ferramenta de avaliação onde indicadores que revelam o melhor desempenho em práticas ambientais em outros aeroportos no mundo foram utilizados na elaboração de uma proposta de ações sustentáveis para o Novo Aeroporto de Lisboa. Sua metodologia foi baseada em uma minuciosa pesquisa em aeroportos com movimento de passageiros superior a 10.000.000 anuais – dos 138 aeroportos selecionados para o estudo, apenas 21 foram realmente envolvidos. Foram usados 14 indicadores para a avaliação, dentre eles “sustentabilidade ambiental”, “energia”, “qualidade do ar” e “emissão de gases de efeito de estufa”. Após a análise do projeto bem como de seu estudo de impacto ambiental, o pesquisador apresenta uma proposta de práticas e medidas levando em consideração as características do projeto, os impactos ambientais previstos na fase de operação e suas respectivas medidas mitigadoras, tanto de valorização quanto de compensação desses impactos.

Song e Shon (2012) analisam as emissões de gases do efeito estufa e poluentes atmosféricos nos quatro maiores aeroportos na Coreia do Sul. Os pesquisadores inicialmente estimaram e compararam as emissões dos GEEs de aeronaves nas imediações dos quatro principais aeroportos sul-coreanos, usando o *Emission and Dispersion Modeling System* (EMDS) desenvolvido pela FAA. Constataram que o aeroporto onde ocorreram os maiores valores (estimados) de GEEs durante Ciclos de LTO (Aeroporto Internacional de Incheon – RKSI) foi naquele onde houve predominância de operações com aeronaves de maior porte (*i.e.*, A330, B747 e B777). As estimativas revelaram que houve aumento nas emissões de CO₂, N₂O e H₂O entre os anos de 2009 e 2010. O estudo mostrou também que houve emissão negativa de CH₄, para o mesmo período, indicando o consumo do metano atmosférico nos motores. Os resultados das estimativas de CO₂ são apresentados resumidamente na Tabela 2.7.

⁷ É um imposto sobre o consumo (materiais ou serviços) cobrado no Reino Unido em favor do Governo Nacional. Fonte: www.gov.uk/vat/overview.

Tabela 2.7: Emissões estimadas de CO₂, e movimentos de aeronaves nos 4 maiores aeroportos na Coréia do Sul, nos anos de 2009 e 2010.

Aeroportos sul-coreanos	2009		2010	
	CO ₂	LTO	CO ₂	LTO
RKPK	96.400 t	61.171	97.100 t	62.225
	1,576 t/LTO		1,56 t/LTO	
RKSS	199.000 t	115.895	205.000 t	118.514
	1,717 t/LTO		1,73 t/LTO	
RKPC	152.000 t	99.323	169.000 t	103.426
	1,53 t/LTO		1,63 t/LTO	
RKSI	628.000 t	198.918	675.000 t	214.835
	3,157 t/LTO		3,142 t/LTO	

Fonte: Song e Shon, 2012.

Rocha (2012) apresentou os resultados da simulação de emissões das aeronaves nacionais, em rotas domésticas e nos arredores dos 32 principais aeroportos brasileiros, para valores do dia 31 de agosto de 2010, fornecidos pelo CGNA. As emissões foram calculadas com base na quantidade de combustível gasto pelas aeronaves e foram analisados os valores simulados de CO₂, CO, H₂O, NO_x e SO₂. Nas conclusões o autor pôde comparar as emissões durante o Ciclo LTO nos principais aeroportos do Brasil, relatando que, na região Sudeste, o somatório das emissões aeroportuárias é maior que a soma de todas as demais regiões do país; e que os 4 maiores aeroportos desta região (Guarulhos e Congonhas em São Paulo, e AIRJ e Santos Dumont no Rio de Janeiro) foram responsáveis por aproximadamente 40% de todas as emissões aeroportuárias no país. Os resultados das estimativas de CO₂ são apresentados resumidamente na Tabela 2.8.

Tabela 2.8: Emissões estimadas de CO₂, e movimentos de aeronaves nacionais no AIRJ, para o dia 31 de agosto de 2010.

31 de agosto de 2010	
CO ₂	LTO
412, 082 t	148
1,576 t/LTO	

Fonte: Rocha, 2012.

3. METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DO SÍTIO

O Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (AIRJ) – código ICAO: SBGL; código IATA: GIG (Figura 3.1) – está localizado na Ilha do Governador, Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a vinte quilômetros a noroeste do Centro da cidade. Possui duas pistas principais (com duas cabeceiras cada, sendo elas: “15” e “33”; e “10” e “28”), dois terminais de passageiros e um terminal de carga, totalizando uma área aeroportuária total de 17.881.696,32 m² (INFRAERO, 2013). No ano de 2012 houve um total de 154.318 movimentos de aeronaves (pousos e decolagens, excetuando-se as aeronaves militares), um total de 17.495.737 passageiros, somando-se os embarques e desembarques, e um transporte de 118.782.736 Kg de carga aérea (INFRAERO, 2012). Com estes dados estatísticos (e até junho de 2014) o AIRJ ainda continua sendo o 2º maior do Brasil, em movimentos de passageiros, cujas marcas são apenas superadas pelo Aeroporto Internacional de Guarulhos, no estado de São Paulo.



Figura 3.1 – Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. (Fonte: airliners, 2013).

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), composta por 37 municípios, é dividida em Bacias Aéreas, cujas delimitações se baseiam em critérios topográficos. A Bacia Aérea III (Figura 3.2) compreende uma área de aproximadamente 700 Km² e abrange parte

dos municípios do Rio de Janeiro, Nilópolis, São João de Meriti, Duque de Caxias, Magé; e a totalidade dos municípios de Nova Iguaçu, Mesquita, Queimados, Japeri e Belford Roxo.

Em estudos de inventários de emissões de poluentes atmosféricos e de transportes de gases e material particulado na atmosfera, o espaço físico denominado bacia aérea tem sido utilizado por pesquisadores (Chen e Lin, 2005; Pires, 2005). Trata-se de um espaço delimitado por barreiras topográficas, cuja elevação se estende até a cota “100m” de altura, onde é possível se fazer avaliações de dispersões e transportes de poluentes. Pires (2005) apresentou um inventário de fontes estacionárias de toda a Bacia III e suas contribuições emissivas para a qualidade do ar da RMRJ, revelando os efeitos relativos da topografia no bloqueio das plumas de emissão geradas na referida bacia, e, principalmente, o maior potencial poluidor desta em relação às demais bacias aéreas, em função do maior quantitativo de fontes fixas e móveis (não considerados no seu estudo).

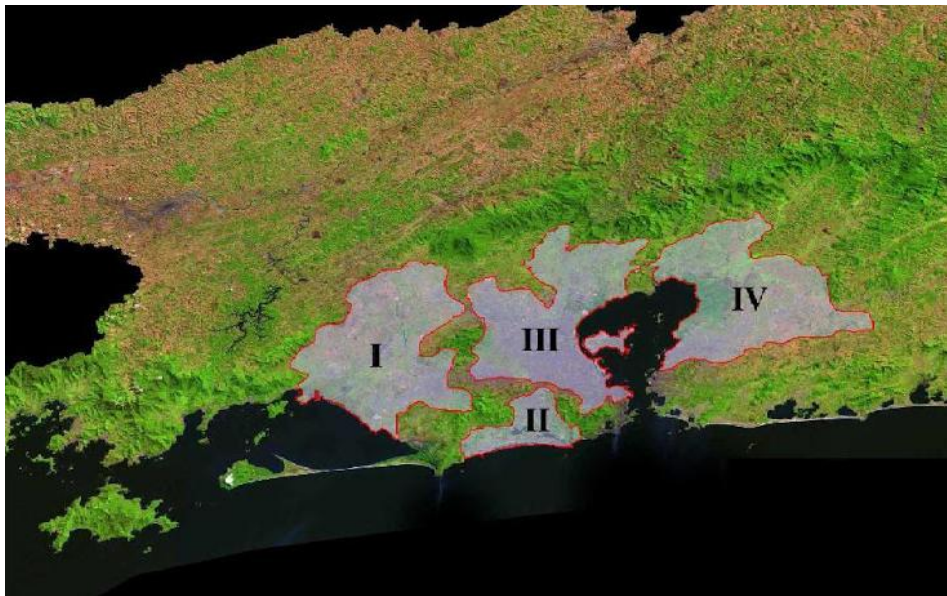


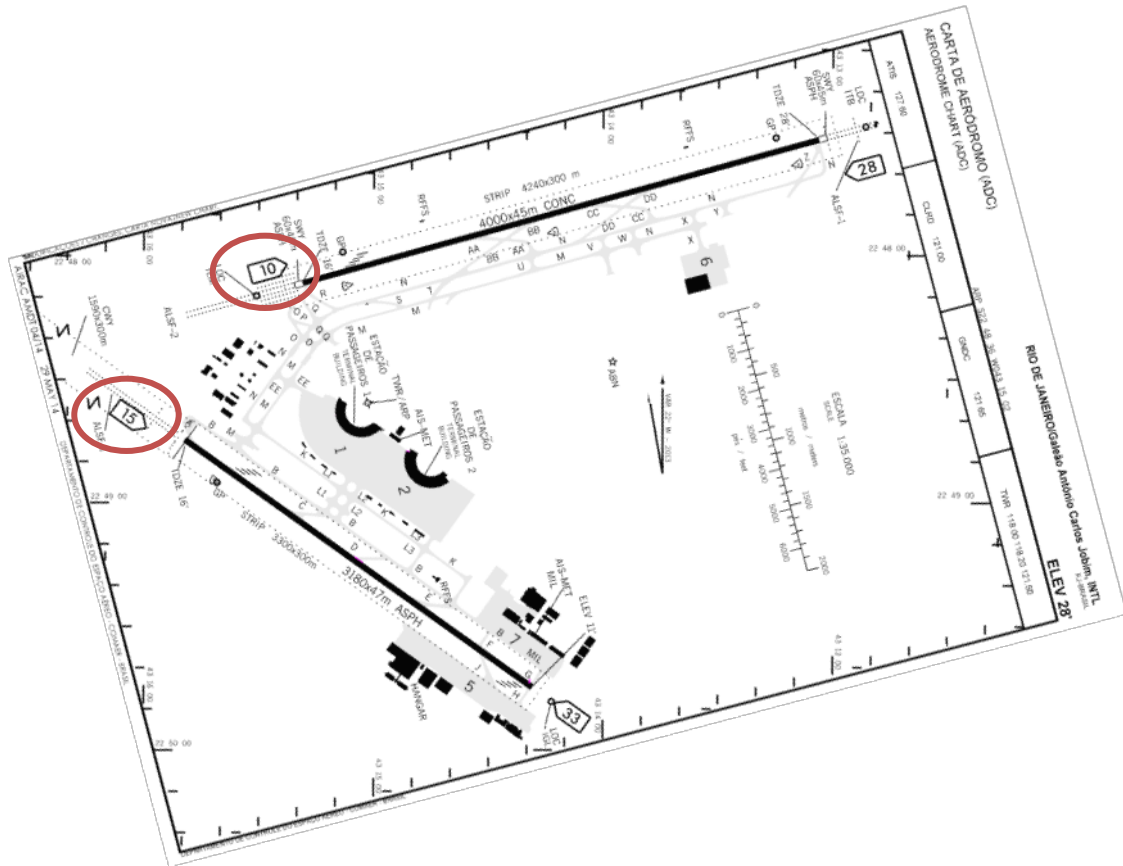
Figura 3.2: Indicação da área de abrangência das Bacias Aéreas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, incluindo a III onde se encontra o AIRJ. Fonte: Adaptado de Pires, 2005.

É na Bacia Aérea III que o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro se insere como uma expressiva fonte de emissões de poluentes atmosféricos, e onde o movimento predominante de gases se dirige para os municípios da Baixada Fluminense em função dos ventos predominantes, muito embora apresente variações em função da própria dinâmica da circulação regional e das situações transientes de passagens de sistemas frontais frios.

O AIRJ teve suas pistas projetadas de acordo com os regimes predominantes dos ventos, determinados a partir do tratamento estatístico dos dados observacionais deste parâmetro, bem como da análise topográfica da RMRJ. O objetivo foi facilitar a navegação aérea em manobras de aproximação e decolagem de aeronaves. Suas quatro cabeceiras estão orientadas nos azimutes aproximados de 150° e 330° (SE e NW respectivamente), e 100° e 280° (SE e NW respectivamente) de acordo com o Norte Magnético. Como a localização da Ilha do Governador (assim como todo o Município do Rio de Janeiro) possui declinação magnética⁸ de -22°, isto permite que o AIRJ tenha disponibilidade de atender a pousos e decolagens nos quatro quadrantes. A escolha da pista em uso, ou seja, aquela designada para o encaminhamento do fluxo aéreo de pouso, é determinada pela torre de controle do aeroporto, obedecendo aos limites operacionais de direção e velocidade do vento (DECEA, 2010; DECEA, 2012). Com valores inferiores a 3 nós (1,54 m/s), e não havendo qualquer outra restrição operacional nas pistas, os pousos são orientados para pista “15” e as decolagens para a pista “10” (Figura 3.3; a, b). Em caso de valores de velocidades do vento superiores às apresentadas acima, outra configuração de pistas de pouso e decolagem é estabelecida a fim de garantir o vento com componente de proa das aeronaves, proporcionando maior segurança aerodinâmica à operação.

⁸ É o ângulo formado entre o meridiano verdadeiro e o magnético, que varia para cada localidade do planeta.
Fonte: www.on.br

(a)



(b)



Figura 3.3 – Posicionamento cartográfico (a) e fotográfico (b) das pistas “15” e “10” do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. Fonte: aisweb, 2014 (a); Google Earth, 2014 (b).

3.2 CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS

A caracterização climatológica que se segue foi feita a partir dos produtos gráficos gerados pelo Instituto do Controle de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), órgão responsável pela climatologia aeronáutica da Força Aérea Brasileira (FAB). Os indicadores coletados no banco de dados deste órgão foram temperatura do ar, umidade relativa do ar, visibilidade horizontal, precipitação, e velocidade e direção do vento. O espaço temporal na confecção dos gráficos foi de janeiro de 2002, a dezembro de 2012, ou seja, 10 anos.

No gráfico de temperaturas (Figura 3.4) observam-se os valores mais baixos, em torno de 21°C nos meses de inverno (junho, julho, agosto), e os mais elevados registrados nos meses de verão na ordem de 27°C, com alguns picos chegando aos 29°C.

Com as informações de umidade relativa (Figura 3.5) é possível concluir que a Ilha do Governador – localidade onde está instalado o AIRJ – mantém valores variando entre 70% e 80% durante todo o período avaliado, não apresentando grandes variações durante as estações do ano.

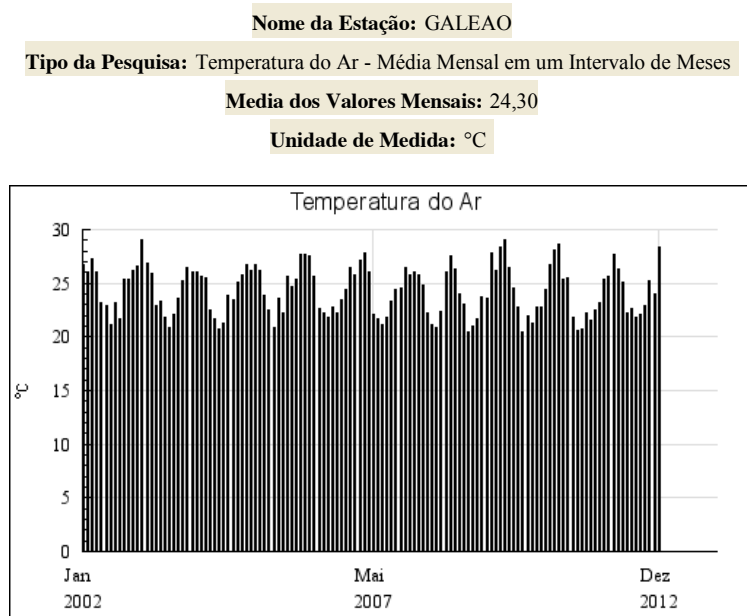


Figura 3.4 – Valores de temperatura do ar – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ. Fonte: ICEA, 2014.

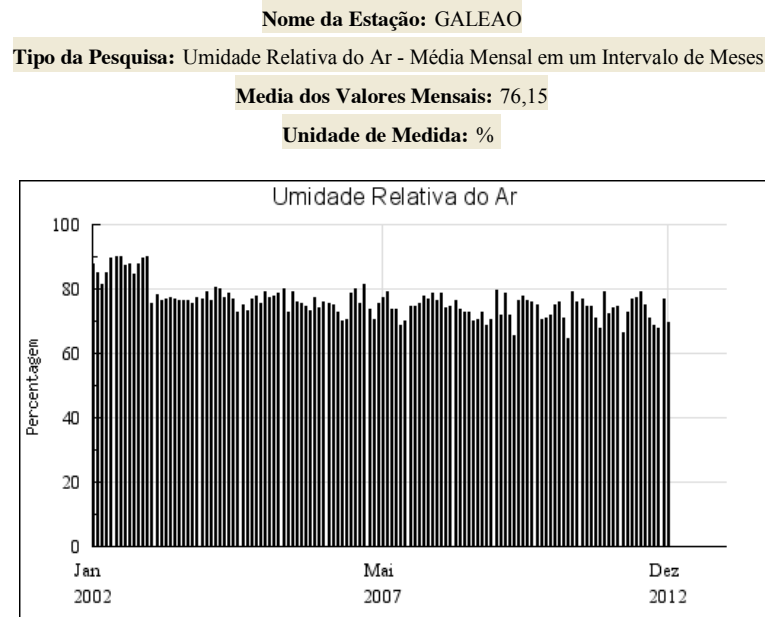


Figura 3.5 – Valores de umidade relativa do ar – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ. Fonte: ICEA, 2014.

Como a Bacia Aérea III é limitada em seu setor norte por grandes elevações topográficas (Serra dos Órgãos), o índice pluviométrico recebe influência do relevo local, com a formação de nuvens e chuvas orográficas. Além deste processo físico, nuvens convectivas que se formam em toda esta região podem gerar chuvas mais frequentes, e em forma de pancada, principalmente nos meses de verão (dezembro a março), caracterizando o período mais chuvoso do ano (Figura 3.7).

Já o período compreendendo o final do outono, todo o inverno, e início da primavera é caracterizado pela atuação de sistemas de altas pressões, minimizando os processos convectivos e dificultando a dispersão de poluentes. A Figura 3.6, mostra valores de visibilidade reduzida neste período, contrapondo-se a valores maiores nos meses chuvosos. A unidade de medida apresentada no gráfico de visibilidade horizontal (Figura 3.6) é o decâmetro (dam) o que, no sistema internacional (SI) corresponde a 10 metros.

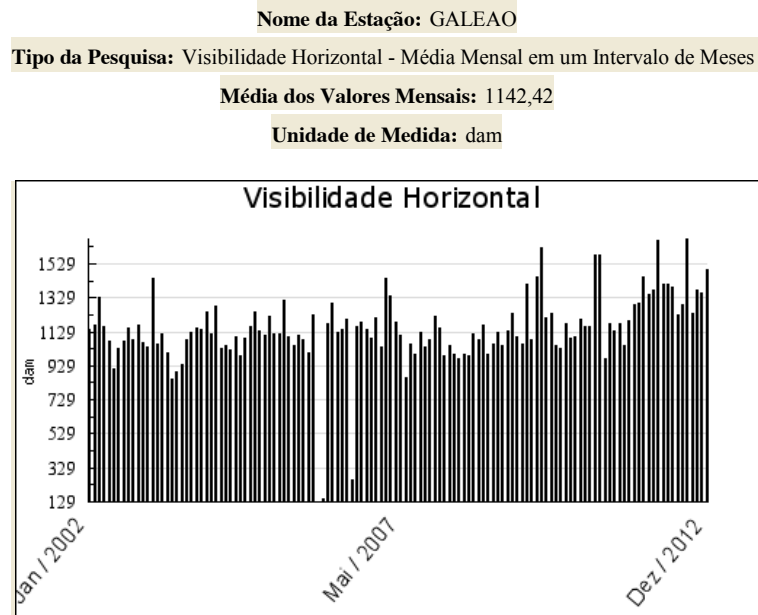


Figura 3.6 – Valores de visibilidade horizontal – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ. Fonte: ICEA, 2014.

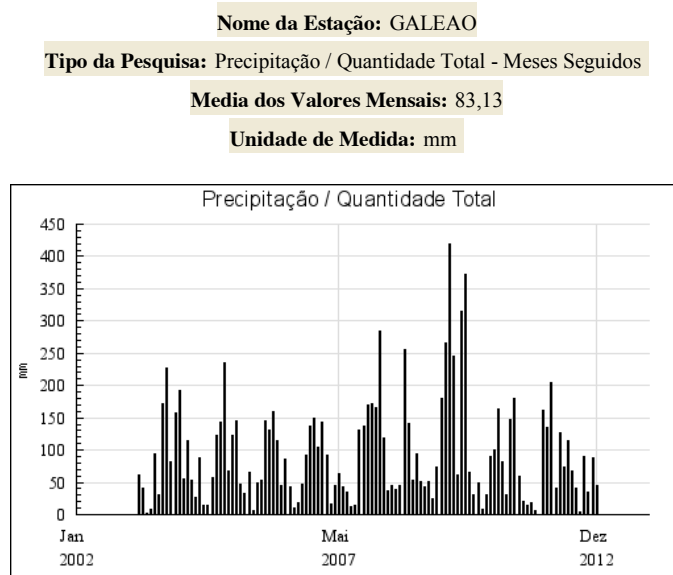


Figura 3.7 – Valores de precipitação – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ. Fonte: ICEA, 2014.

Os gráficos apresentados na Figura 3.8 mostram que os ventos predominantes são oriundos do setor SE (sudeste) do Rio de Janeiro; ventos com esta componente estão presentes nos gráficos cujas velocidades abrangem de 1 kt (0,5 m/s) e 20 kt (10,3 m/s) (Figura 3.8 (b), (c), (d)) . Ventos acima de 20 kt (10,3 m/s), e em muita das vezes sob a forma de rajada, são observados em (d), (e) e (f), principalmente destes dois últimos, cujas causas estão associadas a chegada de sistemas frontais, apresentando ventos oriundos dos setores W (oeste) e SW (sudoeste). A mancha azulada em todos os quadrantes na Figura 3.8 (a) é explicada pela

presença de ventos entre 1 a 5 Kt (0,5 a 2,6 m/s). Estes possuem a característica de brisa, devido ao fato da Ilha do Governador, assim como toda a Baía de Guanabara, estar sujeitas a estas circulações de meso escala.

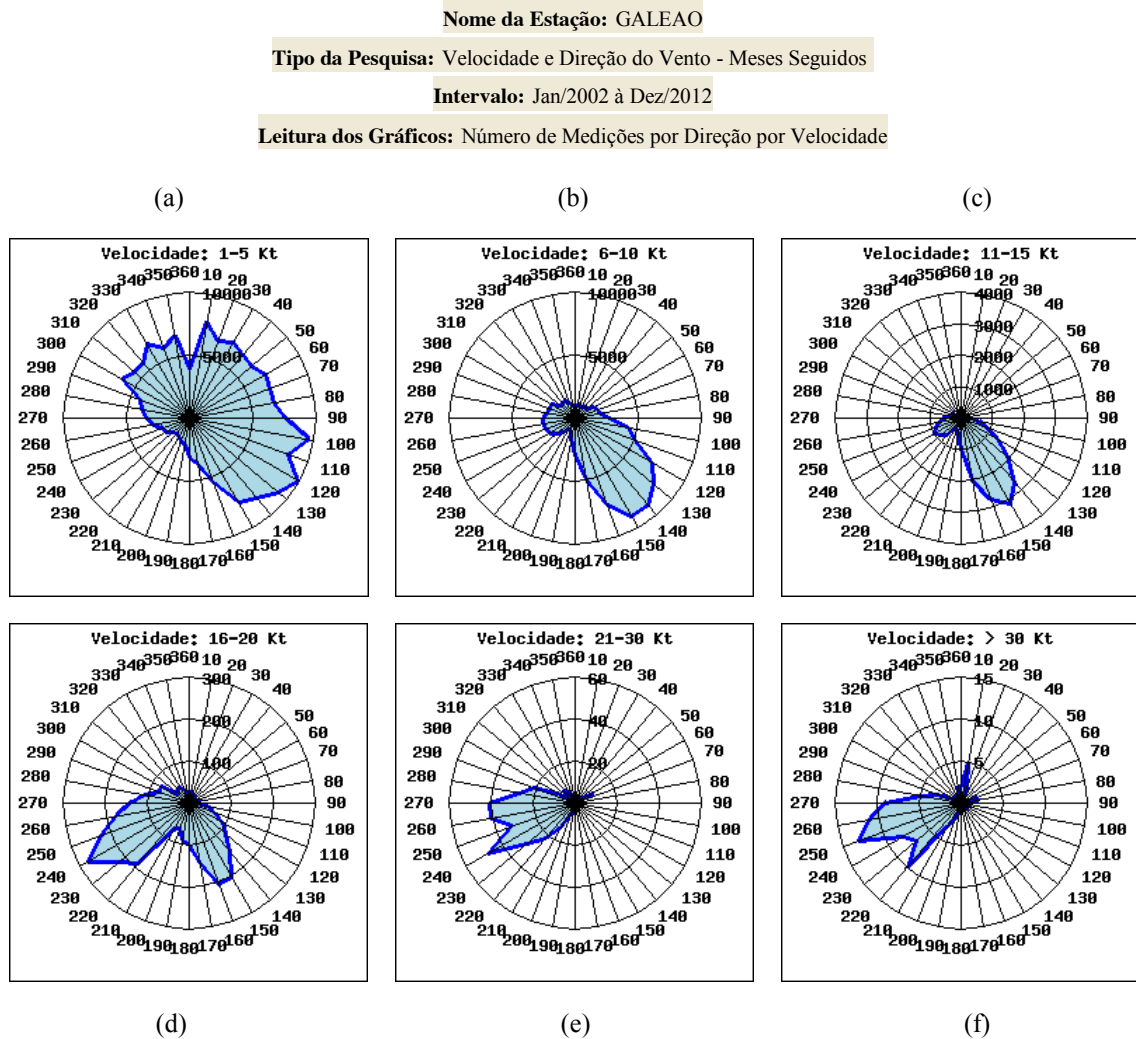


Figura 3.8 – Valores de direção e velocidade do vento – média mensal entre os anos de 2002 e 2012 para a estação do Galeão/AIRJ. Fonte: ICEA, 2014.

Em complementação a estas informações, estudo elaborado pelo ICEA (2010) para os maiores aeroportos internacionais do Brasil, incluindo o AIRJ, no período de 2005 a 2009, mostram que, de todas as operações de pouso e decolagens, em torno de 65% ocorreram sob regras de voo visual (VFR), em função da restrição da visibilidade, enquanto que aproximadamente 35% ocorreram sob regras de voo por instrumento (IFR). Ainda durante este período de estudo, as temperaturas máximas, mínimas e as médias estiveram na faixa de 30°C a 35°C; 13°C e 17°C; e 20°C e 23°C respectivamente. Pode-se constatar que os valores de temperatura se mostram maiores do que aqueles indicados na Figura 3.4; isso ocorre

devido ao fato do período analisado pelo ICEA, em 2010, ter sido de 5 anos (2005 a 2009), metade daquele estudado neste trabalho (2002 a 2012). Para os dados de tempo presente, o ICEA (2010) constatou que 81,1% dos dias, não houve a ocorrência de tempo significativo; 17% das ocorrências houve névoas úmida e seca e 1,6% do período houve registro de eventos de chuva, chuvisco e nevoeiro. O último parâmetro estudado foi o vento. Como resultado, foi apresentado que a 1ª predominância foi a ocorrência de vento calmo, e a 2ª com ventos oriundos do setor SE (sudeste), corroborando com os resultados apresentados na Figura 3.8 (a), (b), (c) e (d).

3.3 CARACTERIZAÇÕES DAS EMISSÕES

Os dados dos movimentos das aeronaves utilizados neste trabalho foram fornecidos pelo Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA), e são apresentados neste capítulo. O CGNA é um órgão militar, pertencente à FAB, que recebe informações rotineiras de companhias aéreas que operam no âmbito do território nacional, sobre os movimentos de todas as aeronaves que pousam e decolam, em qualquer aeroporto brasileiro.

As companhias aéreas que mantiveram suas operações no ano base de 2012 no AIRJ, são apresentadas na Tabela 3.1. As informações sobre aeronaves militares foram omitidas por questões de segurança.

Através do movimento das aeronaves destas companhias aéreas (nacionais e estrangeiras), foi possível estimar a quantidade liberada de dióxido de carbono no entorno do sítio aeroportuário, através do ciclo de pouso e decolagem (Ciclo LTO) período em que aeronave está proporcionando influências no aeroporto, sejam em termos de ruídos, sejam em termos de emissões. Todos os valores numéricos estão tabelados no Apêndice A, e apresentados em gráficos, no capítulo 4 – Resultados.

Tabela 3.1: Companhias aéreas nacionais (a) e estrangeiras (b) que operam no AIRJ.

(a)

Companhias Aéreas	Código ICAO	Terminal
AZUL	AZU	1
GOL	GLO	1
AVIANCA	ONE	1
PASSAREDO	PTB	1
PANTANAL	PTN	2
TAM	TAM	2
TRIP	TIB	1
WEBJET	WEB	1

(b)

Continentes/ Países sede	Companhias Aéreas	Código ICAO	Terminal	
AMÉRICAS	EUA	AMERICAN AIRLINES	AAL	2
	EUA	DELTA AIRLINES	DAL	2
	EUA	UNITED AIRLINES	UAL	2
	EUA	US AIRWAYS	AWE	2
	Argentina	AEROLINEAS ARGENTINAS	ARG	1
	Colômbia	AVIANCA	AVA	1
	Panamá	COPA AIRLINES	CMP	1
	Chile	LAN AIRLINES	LAN	2
	Uruguai	PLUNA	PUA	2
	Peru	TACA PERU	TPU	1
EUROPA	França	AIR FRANCE	AFR	1
	Itália	ALITALIA	AZA	1
	Inglaterra	BRITISH AIRWAYS	BAW	1
	Alemanha	LUFTHANSA	DLH	2
	Espanha	IBÉRIA	IBE	1
	Holanda	KLM	KLM	1
	Portugal	TAP	TAP	2
ÁFRICA	Angola	ANGOLA AIRLINES	DTA	2
ORIENTE MÉDIO	Emirados Árabes Unidos	EMIRATES	UAE	2

Fonte: CGNA, 2013; INFRAERO 2013.

No Anexo A são apresentados os valores dos fatores de emissão de LTOs para diferentes modelos de aeronaves, assim como o consumo total de combustível para estes ciclos de pouso e decolagem. Fatores de emissão são índices da contribuição de um determinado composto químico oriundo de uma fonte poluidora. O fator de emissão constante

no Anexo A, para o CO₂ é expressa em Kg deste composto por Ciclo LTO. Estes valores foram gerados pelo IPCC (2006), a partir da premissa que, para cada Kg de combustível (*jet fuel* ou querosene de aviação) consumido no Ciclo LTO são produzidos 3,16 Kg de CO₂.

Cada modelo de aeronaves recebe um código da ICAO. O Apêndice B mostra a correlação entre estes códigos e o nome oficial da aeronave, conforme divulgação comercial pelas montadoras e pelas empresas aéreas.

3.4 MODELOS PARA ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE AERONAVES EM AEROPORTOS

De acordo com o IPCC (2006), emissões de aeronaves dependem dos seguintes fatores: número e tipo de operações de aeronaves, tipo e eficiência dos motores destas aeronaves; combustível utilizado; ajuste de potência; tempo gasto em cada fase do voo; e em grau menor, a altitude onde ocorre a exaustão desses gases. Para calcular as emissões de uma aeronave, suas operações foram divididas entre o Ciclo LTO e o voo de cruzeiro.

Três modelos de estimativas foram analisados, para que o melhor deles fosse aplicado ao presente trabalho.

O *Advanced Aircraft Emission Calculation Method* (ADAECAM), desenvolvido por Horton e Evers (2007), é um método de cálculo de emissões de aeronaves em vizinhanças de aeroportos que considera os valores de pouso, decolagem e movimento de solo, bem como dos valores de fluxo de combustível e emissões produzidas por motores, instalados nas aeronaves. Os dados de ciclos de LTO são inseridos no modelo juntamente com os índices de emissão disponíveis no ICAO *Engine Emissions Database* (ICAO, 2010b), e, em seguida, corrigidos para condições ambientais “não-ISA”. Este modelo foi validado em estudo realizado pelo Escritório Federal de Aviação Civil (FOCA) da Confederação Suíça, e os resultados foram apresentados em FOCA (2007).

A FAA desenvolveu uma metodologia para modelagem de emissão de poluentes, o *Emissions and Dispersion Modeling System* (EDMS), com o propósito de auxiliar em projetos de aeroportos. Este modelo visa à criação de um inventário de emissões, e pode ser usado tanto para uma fonte de emissão individual em um aeroporto, como para fontes de emissões combinadas. Como valores de entrada no sistema, o EDMS também se utiliza de movimentos

de pousos e decolagens de aeronaves (Ciclo LTO), em associação aos dados do ICAO *Engine Emissions Database*. Uma descrição detalhada deste método pode ser encontrada em Iovinelli e Gupta (2014).

A metodologia para estimativa das emissões provenientes do setor da aviação apresentada pelo IPCC pode ser divididas em 3 tipos: *Tier 1*, 2, 3 (IPCC, 2006; EEA, 2009). Em termos práticos, o método “*Tier 1*” é baseado no somatório da quantidade de dados de consumo de combustível para a aviação (LTO e cruzeiro) multiplicado pelos fatores médios de emissão. Para o método “*Tier 2*”, o número de operações de LTO deve ser conhecido para destinos domésticos e internacionais, preferencialmente levando-se em conta o tipo de aeronave (este método pode ser usado para fase de pouso de decolagem e para a fase de cruzeiro). O método “*Tier 3*” é baseado em dados reais de movimentação das aeronaves, incluindo origem e destino (*Tier 3A*) ou informações acerca de toda a trajetória do voo (*Tier 3B*).

Dos métodos analisados, o que mais se adequou à utilização dos dados disponibilizados pelo CGNA foi o “*Tier 2*” apresentados pelo IPCC (2006), onde as emissões de CO₂ totais, em um determinado aeródromo, é o produto entre o número de ciclos totais, em um determinado período de tempo, e o fator de emissão (FE) de acordo com o tipo de aeronaves empregada e o poluente a ser estudado (neste caso, o dióxido de carbono). Na Tabela 3.2 pode-se observar a qualificação dos dados necessária para a escolha do método adequado.

Tabela 3.2: Dados requeridos para os diferentes “*Tiers*”

Qualidade do dado disponível	<i>Tier 1</i>	<i>Tier 2</i>	<i>Tier 3A</i>	<i>Tier 3B</i>
Consumo de gasolina de aviação	X			
Consumo de querosene de aviação	X	X		
Total de LTO				
LTO por tipo de aeronave		X		
Origem e destino, por tipo de aeronave			X	
Movimentos totais de voos com dados da aeronave e do motor				X

Fonte: Adaptado de IPCC, 2006.

3.5 ANÁLISES COMPARATIVAS

Após cálculo e tabulação dos dados obtidos (Apêndice A), os resultados foram comparados entre si de forma a avaliar inicialmente o percentual de voos realizados por empresas nacionais e estrangeiras, para que se possa analisar a contribuição dos movimentos das aeronaves de empresas estrangeiras, em relação às daquelas de empresas nacionais. Este foi um processo de parametrização, para que houvesse um padrão no cálculo das estimativas de emissões. Os resultados foram dispostos num mesmo gráfico: tanto o quantitativo de Ciclos LTO, quanto o de emissões de CO₂; este é apresentado em dezenas de toneladas: “*t de CO₂ (x10)*”.

O segundo passo foi identificar o percentual das operações entre as companhias nacionais e as estrangeiras, o total absoluto de emissões de CO₂ emitidos pelas aeronaves e, em sequência, o total relativo de emissões obtido pela relação entre o total absoluto e a quantidade total de movimentos dessas aeronaves. O intuito deste último cálculo foi verificar qual o perfil de aeronaves com maiores índices de emissão e identificar os possíveis motivos.

Após a produção destas estimativas foi possível correlacionar com outros trabalhos que também tiveram como escopo a pesquisa de emissões de gases durante o Ciclo LTO, dentre eles o dióxido de carbono. O primeiro deles foi realizado por Song e Shon (2012), que analisou emissões provocadas por aeronaves em 4 aeroportos da Coreia do Sul, nos anos de 2009 e 2010; e o segundo por Rocha (2012), que estimou a emissão de CO₂ no AIRJ e em outros 31 aeroportos do Brasil, emitidas por aeronaves brasileiras, no dia 31 de agosto de 2010. Para tal, neste segundo caso, foi necessário que os resultados encontrados no dia 31/08/2010 fossem multiplicados por todos os dias do ano, e então foram comparados apenas com as emissões produzidas no AIRJ por aeronaves de companhias nacionais.

No decorrer das análises comparativas foi feita uma investigação junto ao órgão de controle de tráfego aéreo do AIRJ (torre de controle) para identificar os seguintes questionamentos:

- Qual a proporção na distribuição das aeronaves, sejam elas nacionais ou estrangeiras, entre os 2 terminais que compõem o aeroporto?
- Quais os fatores (meteorológicos ou não) que podem afetar a mudança da utilização de uma pista de pouso e/ou decolagem, em detrimento da outra?

- Qual o percentual de mudança da “pista em uso” de uma condição considerada normal?
- Quais são os verdadeiros *TIMs* para as posições *taxi-in* e *taxi-out* para as aeronaves que saem e chegam dos terminais 1 e 2.
- Quais os fatores (meteorológicos ou não) que podem alterar para mais os *TIMs*, aumentando também as emissões de GEEs e outros poluentes?

Foi realizada também uma medição dos TIMs que compõem o LTO na tarde do dia 17 de julho de 2014. As pistas que estavam em uso naquela ocasião foram a “15” para pouso e “10” para decolagem, e pôde-se apurar a duração de pouso e decolagem de aeronaves de médio e grande porte.

Por fim, foram propostas sugestões de práticas para uma melhor gestão nas fases operacionais de solo e em voo (fases estas que compõem o Ciclo LTO), na tentativa de minimizar as emissões de CO₂ produzidas por motores aeronáuticos, o que também reduziria a emissão de outros poluentes citados neste trabalho científico (Capítulo 2.2.2.2).

4. RESULTADOS

São apresentados neste capítulo os resultados das emissões de CO₂ das aeronaves em operação no AIRJ, levando-se em conta o fator de emissão (Kg de CO₂/LTO) deste composto químico, por cada movimento de pouso e decolagem de aeronaves, contemplando assim um Ciclo LTO, além de algumas análises comparativas.

4.1 CARACTERIZAÇÕES DAS EMISSÕES

Os resultados das análises das emissões das 27 companhias aéreas comerciais (nacionais e estrangeiras) que realizam operações rotineiras no AIRJ evidenciam uma grande variação da quantidade dos movimentos dentro do Ciclo LTO. Por tal constatação verificou-se que a utilização de apenas uma escala gráfica não seria apropriada para uma análise comparativa das empresas com maiores valores operacionais, com as empresas detentoras de valores mínimos de Ciclos LTO. Desse modo, foi feita uma divisão das companhias aéreas: aquelas com até 240 movimentos operacionais por ano; entre 241 e 1.400; e entre 1.401 e 6.000.

Foram 22 companhias aéreas que constituíram o 1º grupo, com até 240 movimentos, com a exceção da empresa nacional TRIP (Figura 4.1 (c)), que apesar de ter excedido este valor em somente um dos meses (264 movimentos, em dezembro de 2012), permaneceu neste primeiro grupo de amostragem para fins de facilitação das comparações. Este primeiro grupo é formado por empresas nacionais (Figura 4.1), Américas (Figura 4.2), Europa (Figura 4.3), África e Oriente Médio (Figura 4.4).

Apenas 3 companhias aéreas constituíram o 2º grupo (Figura 4.5), com movimentos entre 241 e 1.400, e somente 2 companhias completaram o 3º grupo (Figura 4.6). Estes 2 grupos não apresentam subdivisões por serem compostos unicamente por companhias nacionais.

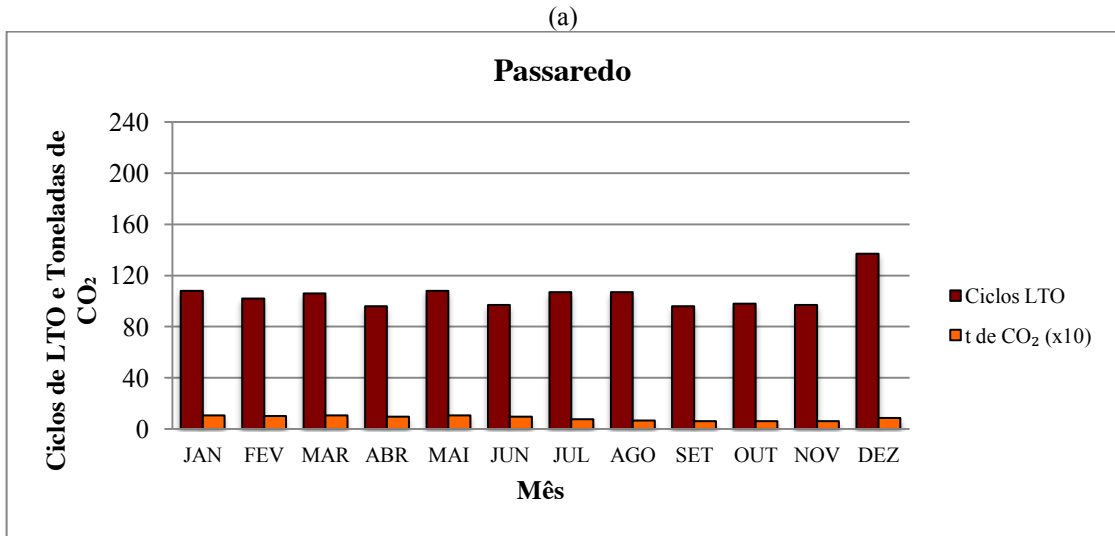
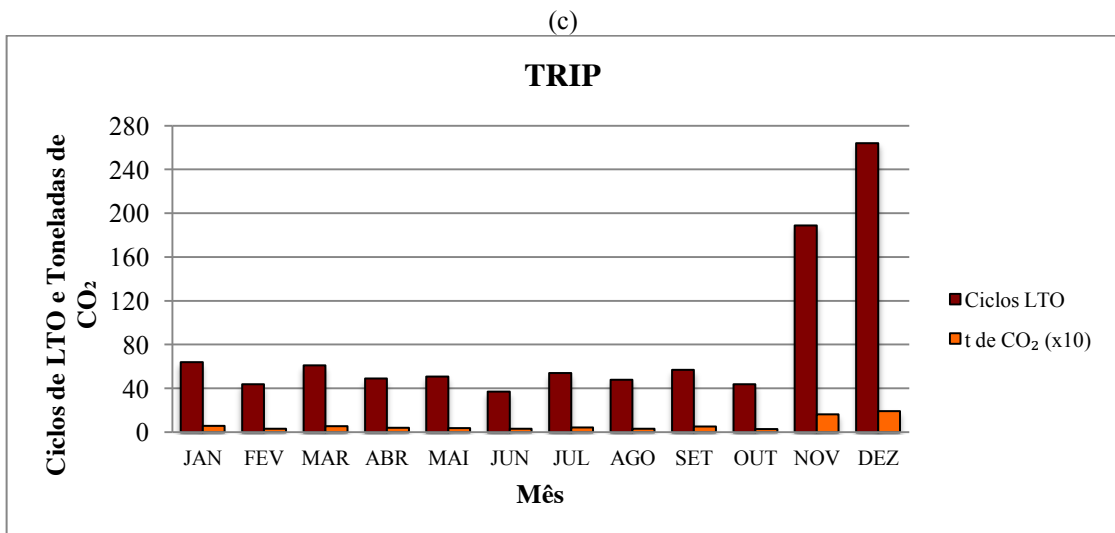
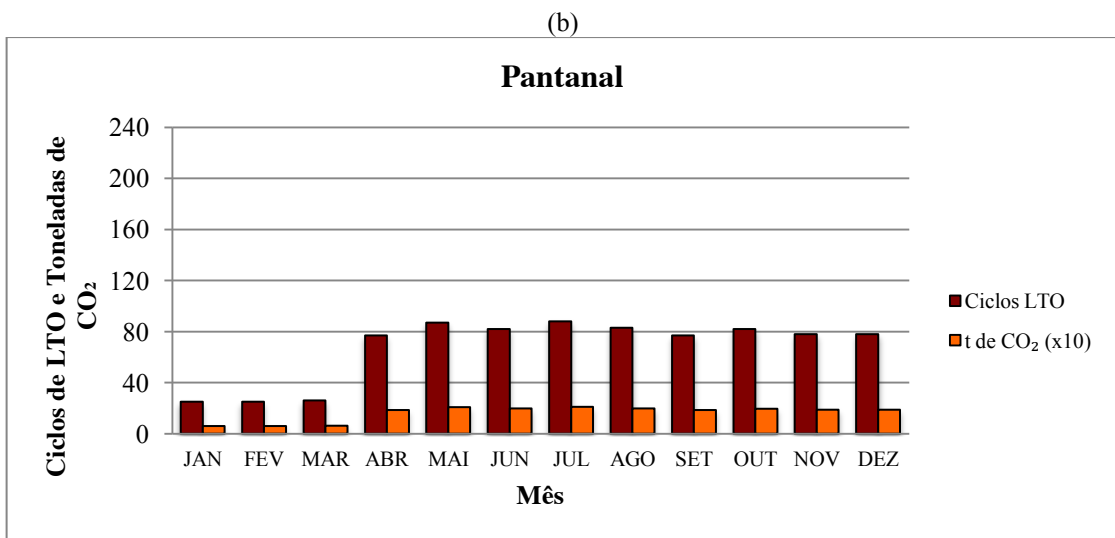


Figura 4.1 – Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias nacionais com até 240 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.



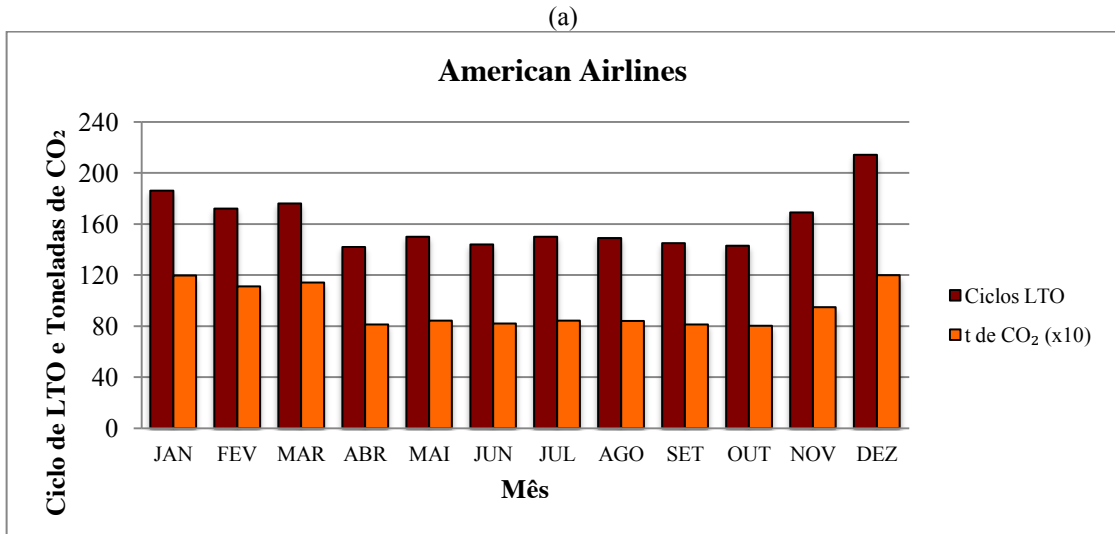
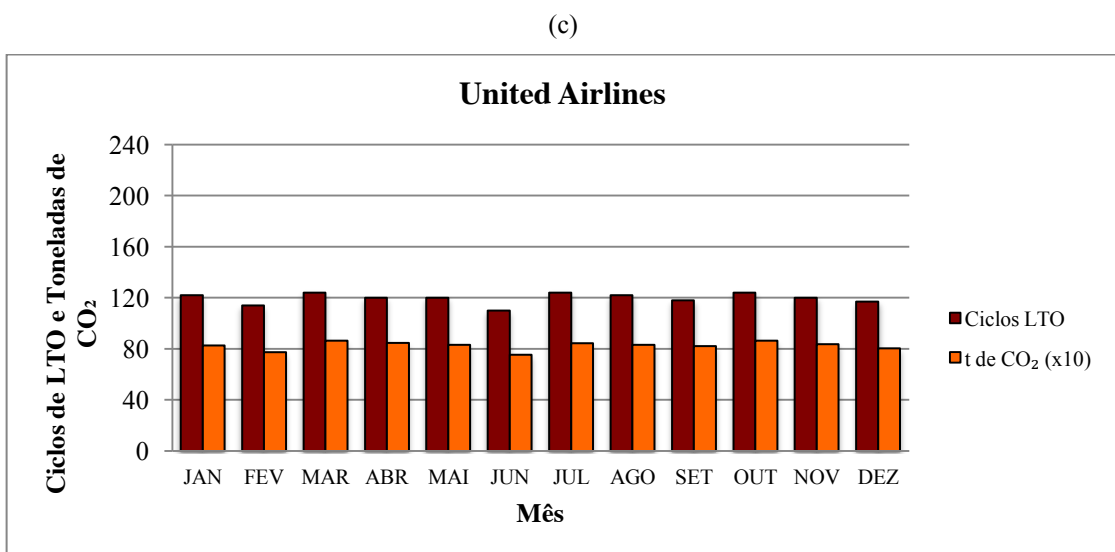
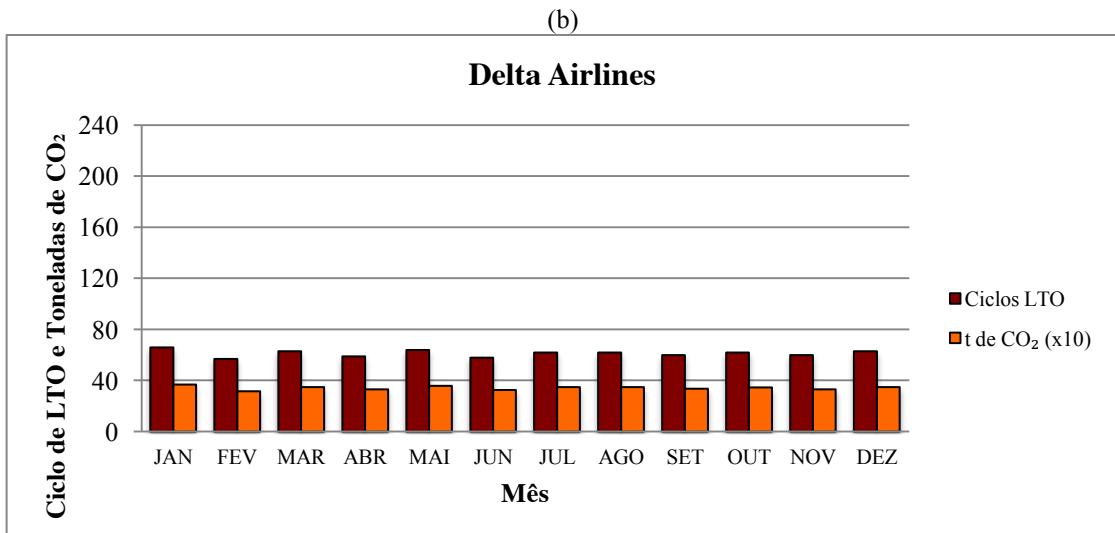
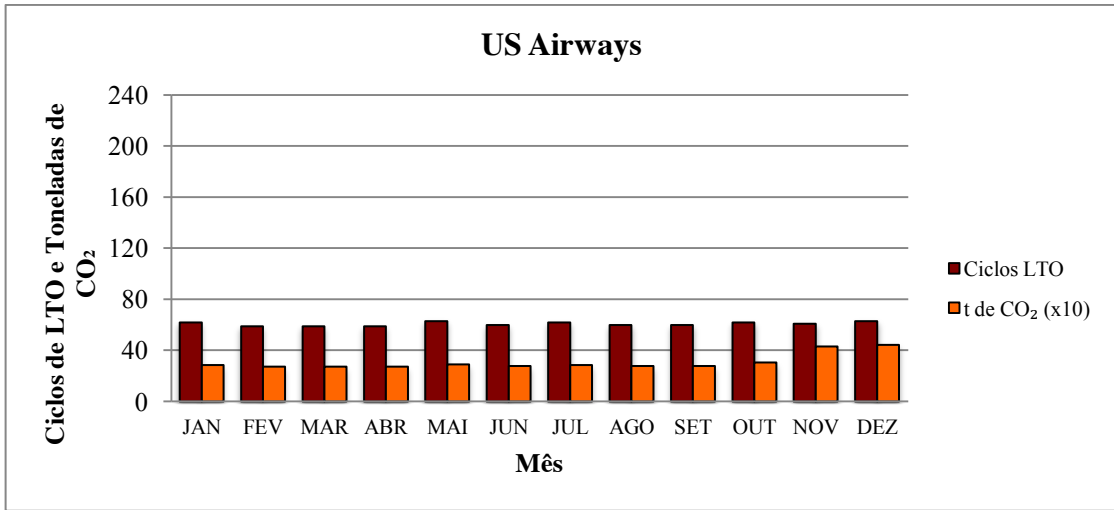


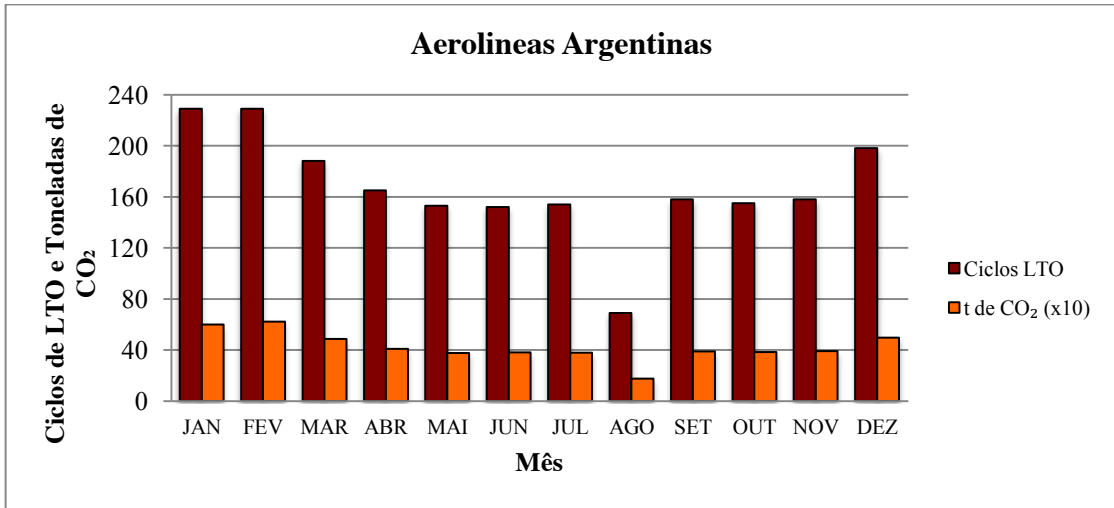
Figura 4.2 – Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias estrangeiras (Américas) com até 240 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.



(d)



(e)



(f)

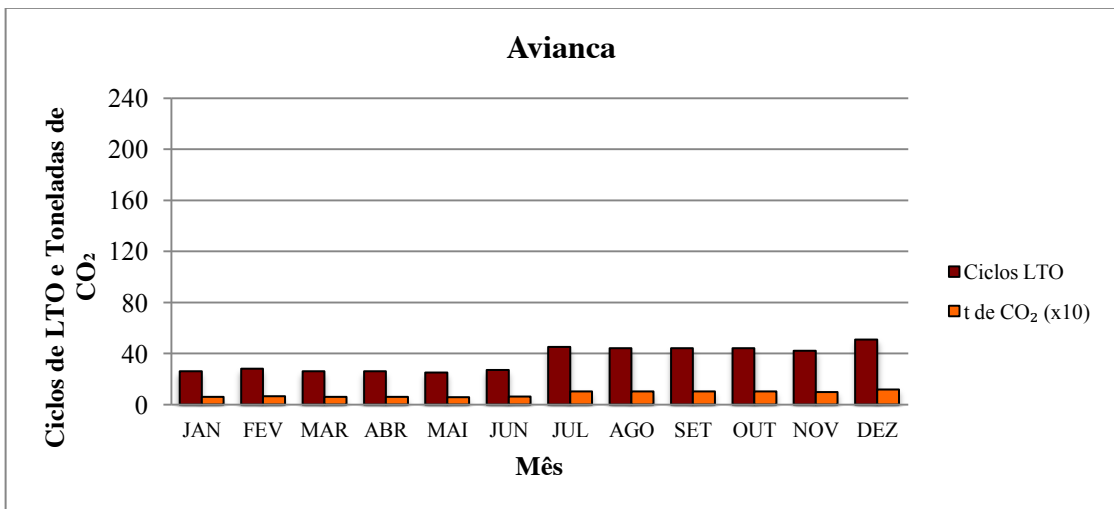
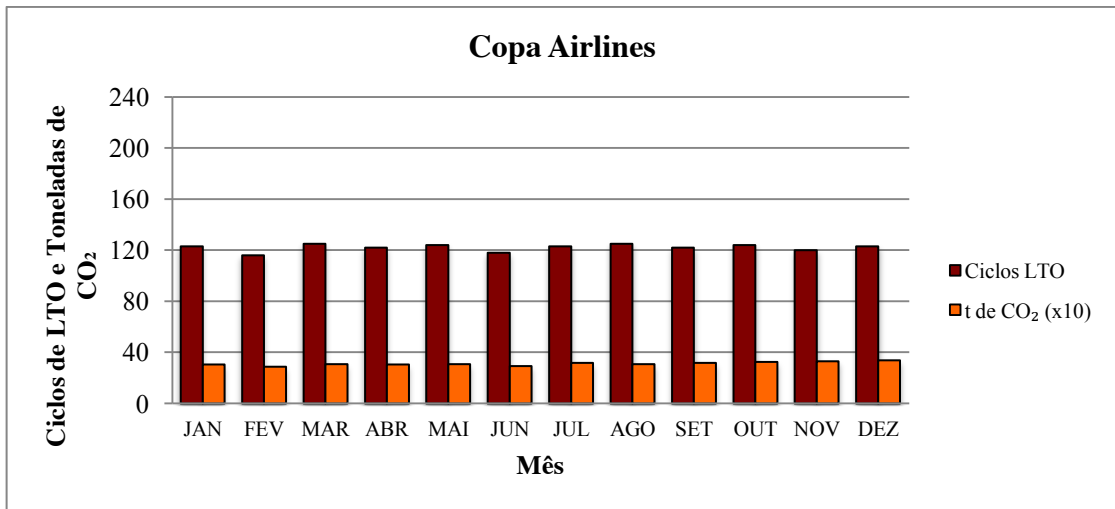
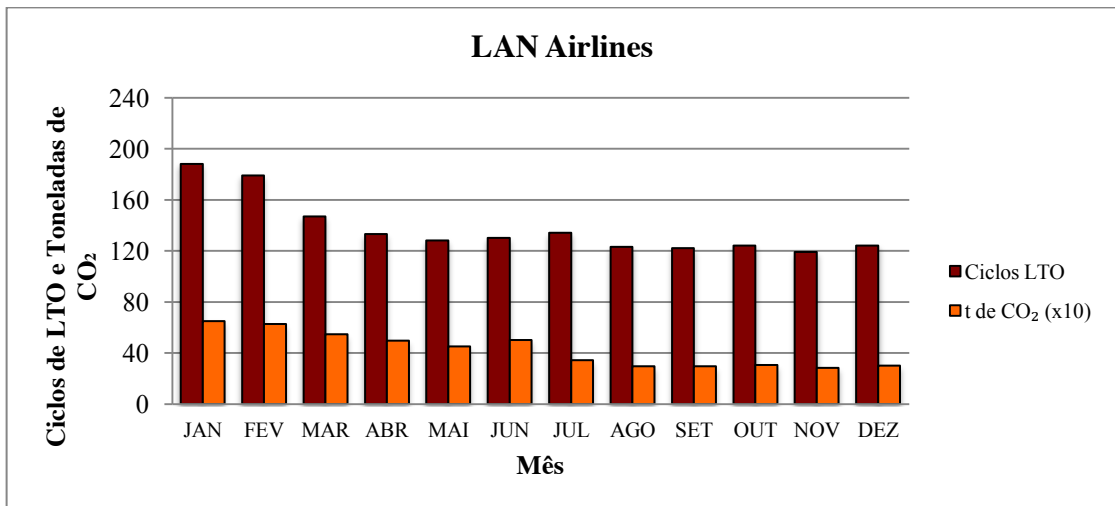


Figura 4.2 – Continuação

(g)



(h)



(i)

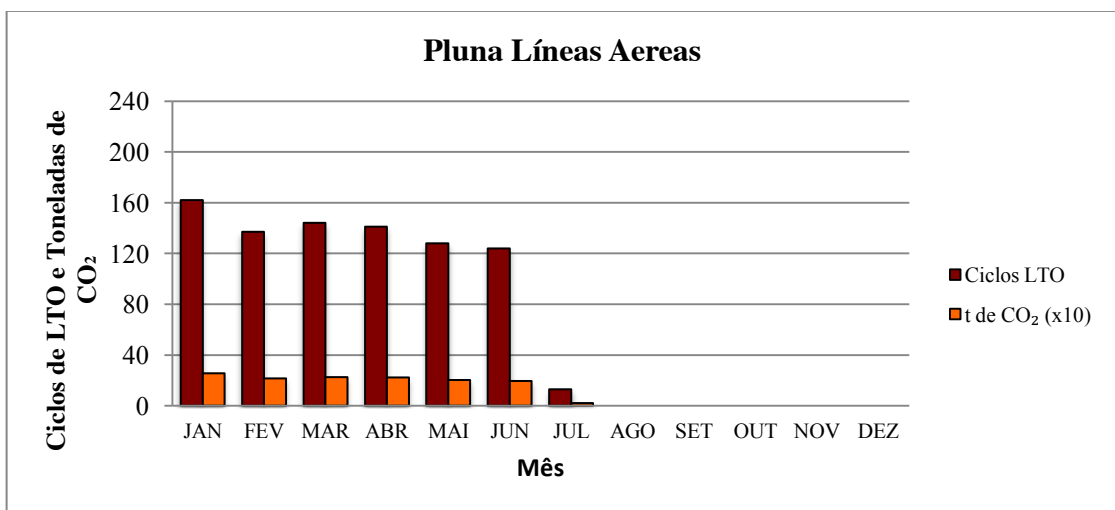


Figura 4.2 – Continuação

(j)

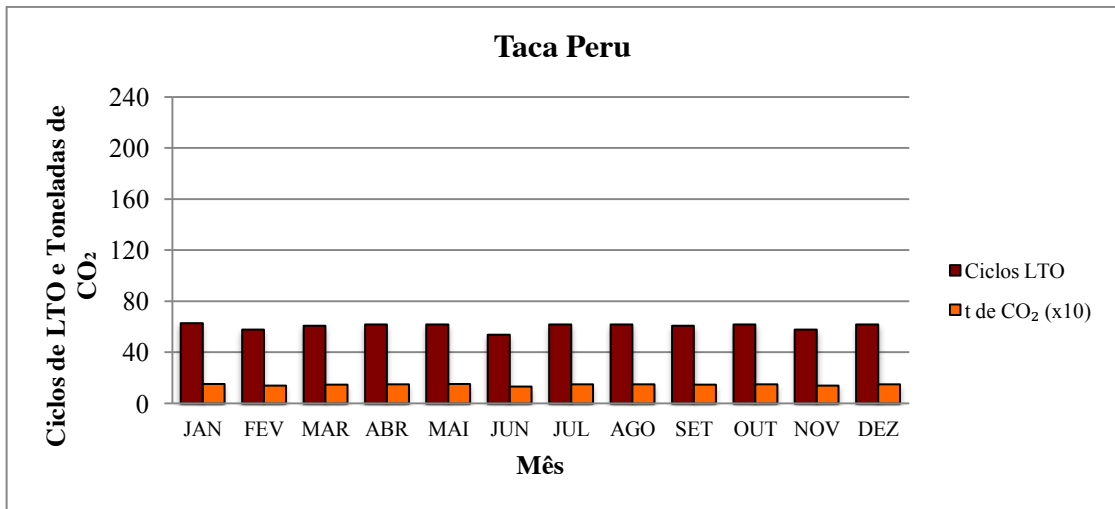
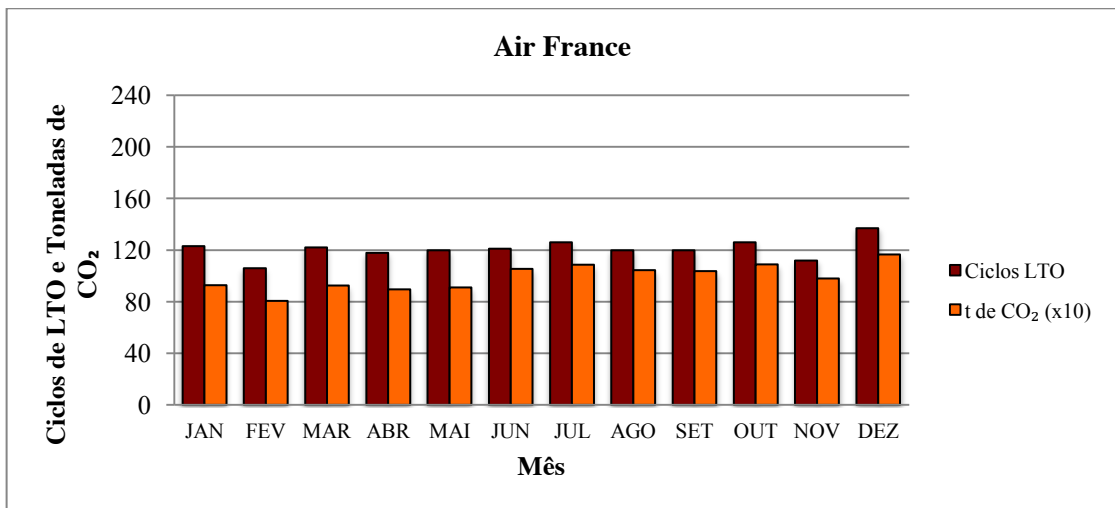
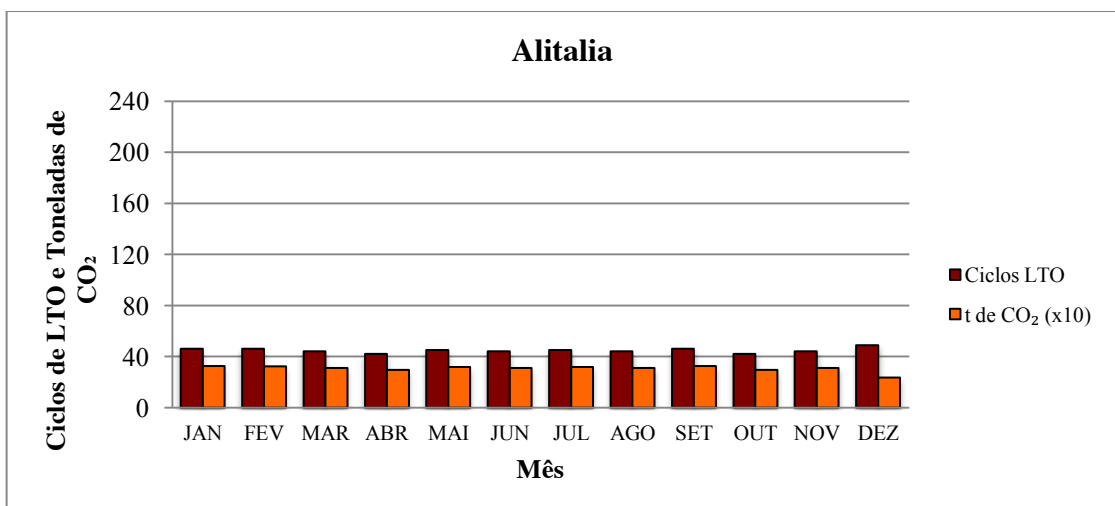


Figura 4.2 – Final

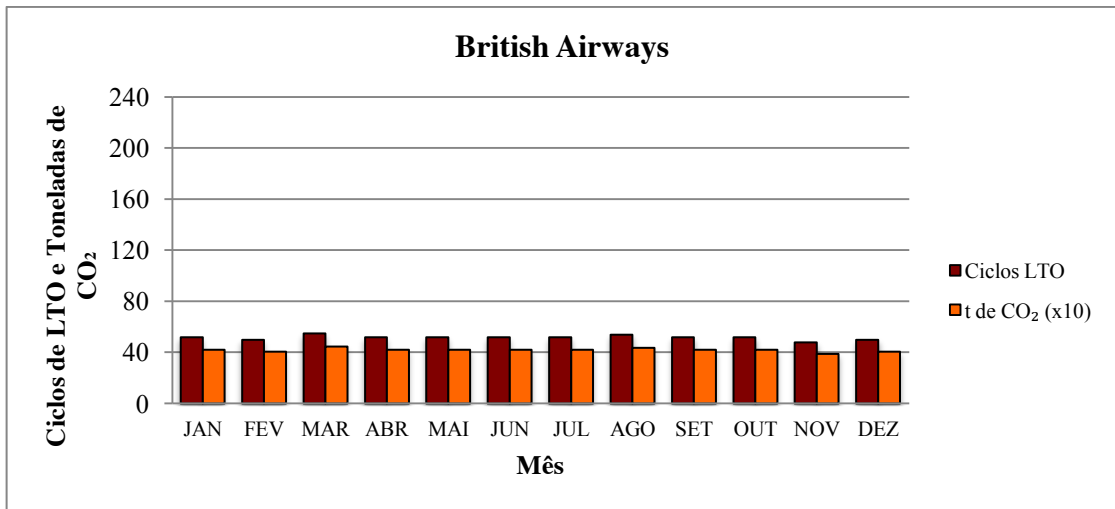
(a)

Figura 4.3 – Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias estrangeiras (Europa); com até 240 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.

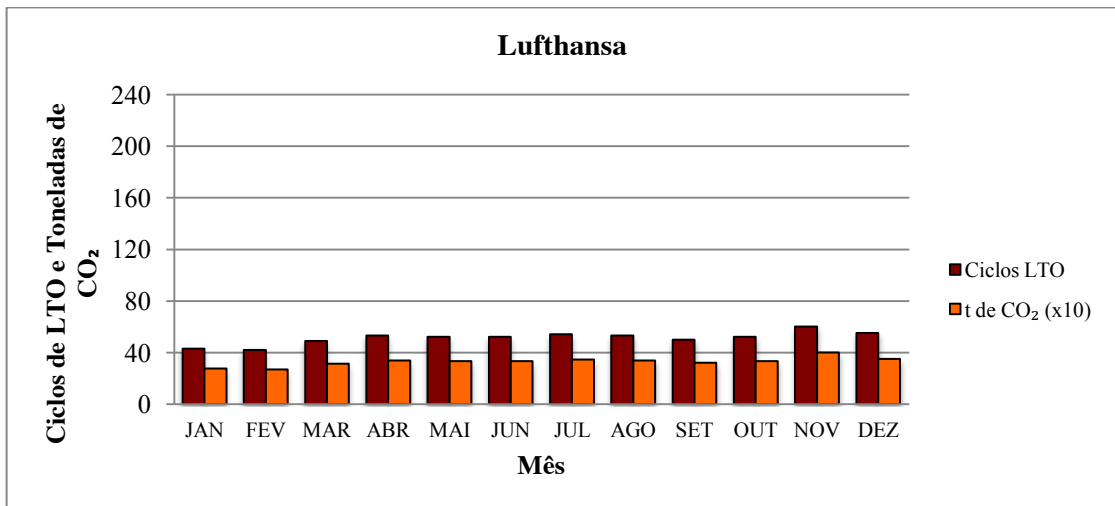
(b)



(c)



(d)



(e)

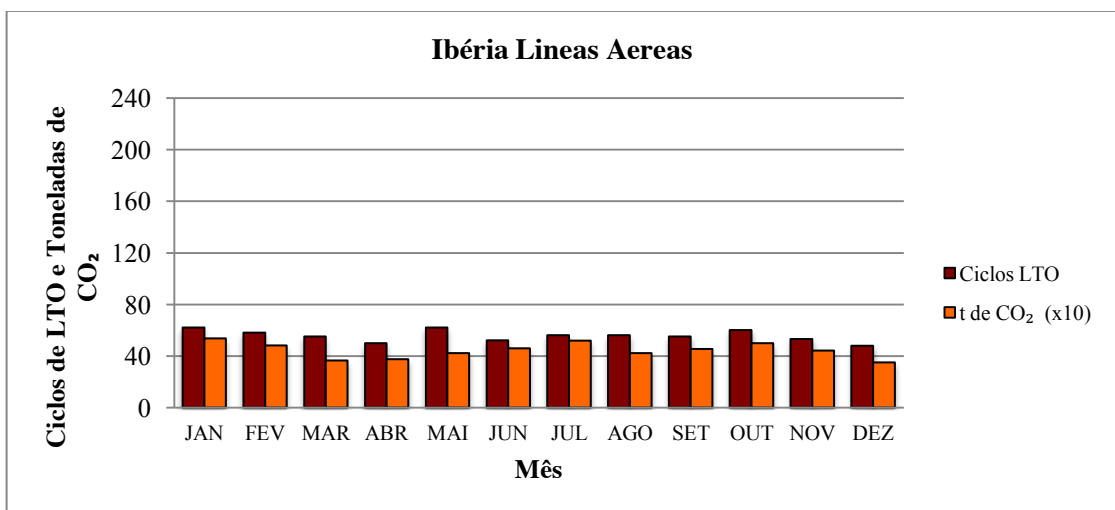


Figura 4.3 – Continuação

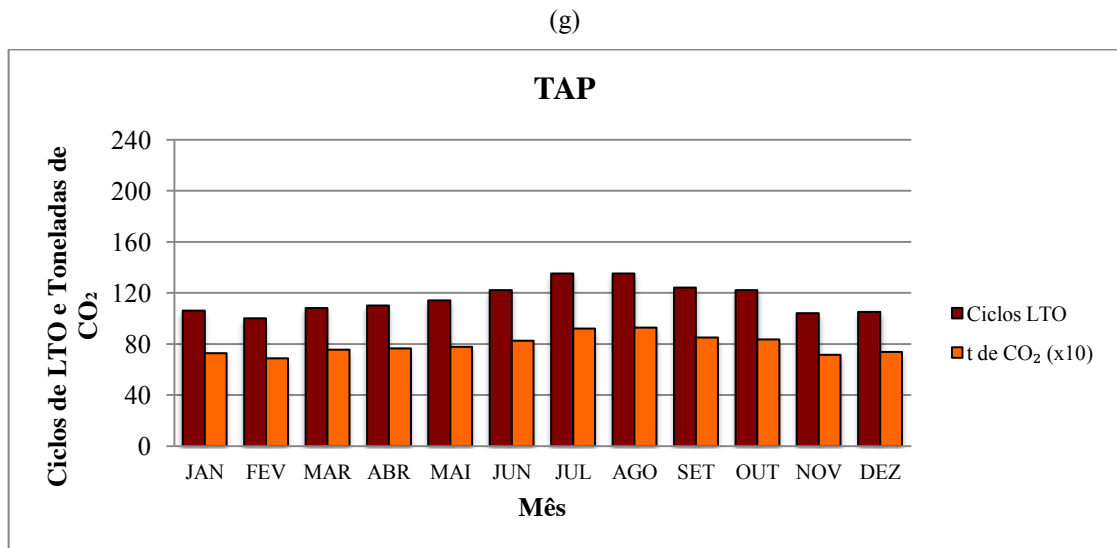
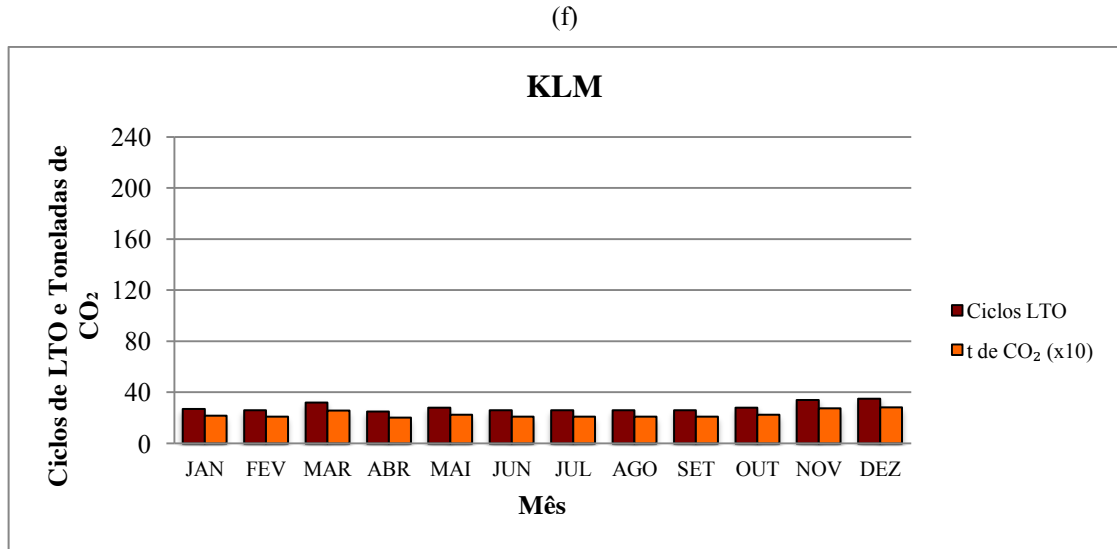


Figura 4.3 – Final

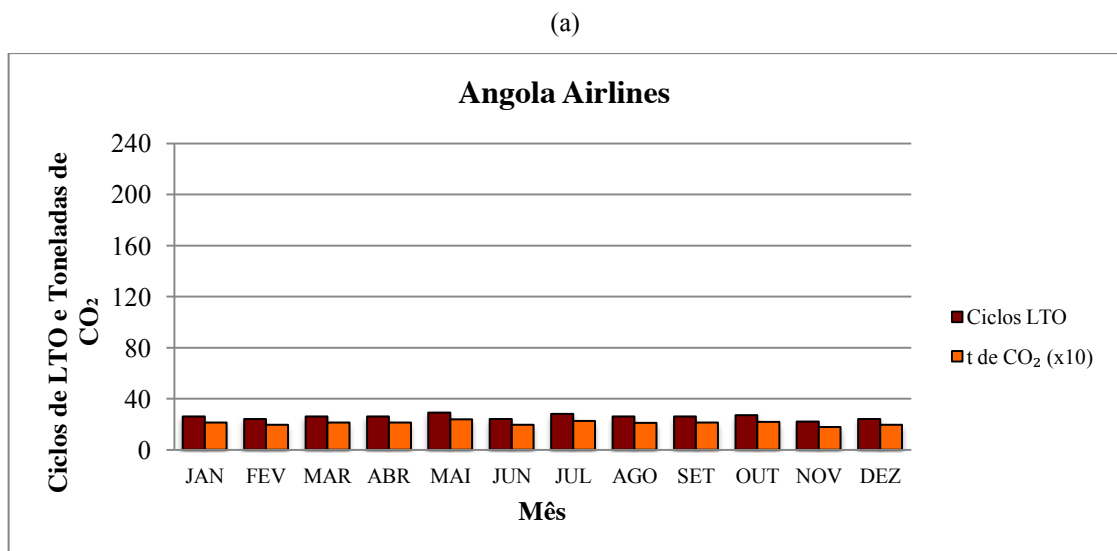


Figura 4.4 – Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias estrangeiras (África e Oriente Médio); com até 240 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.

(b)

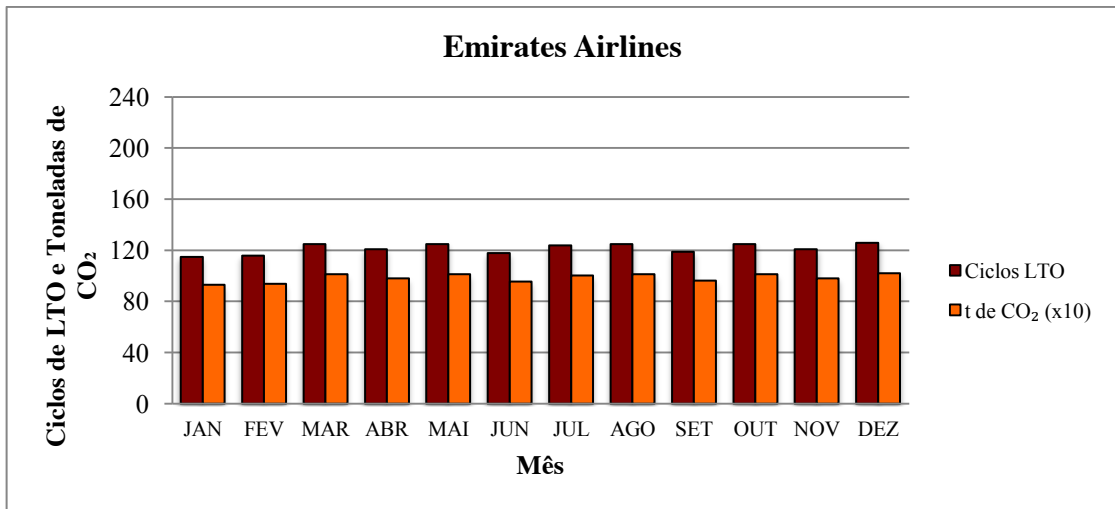
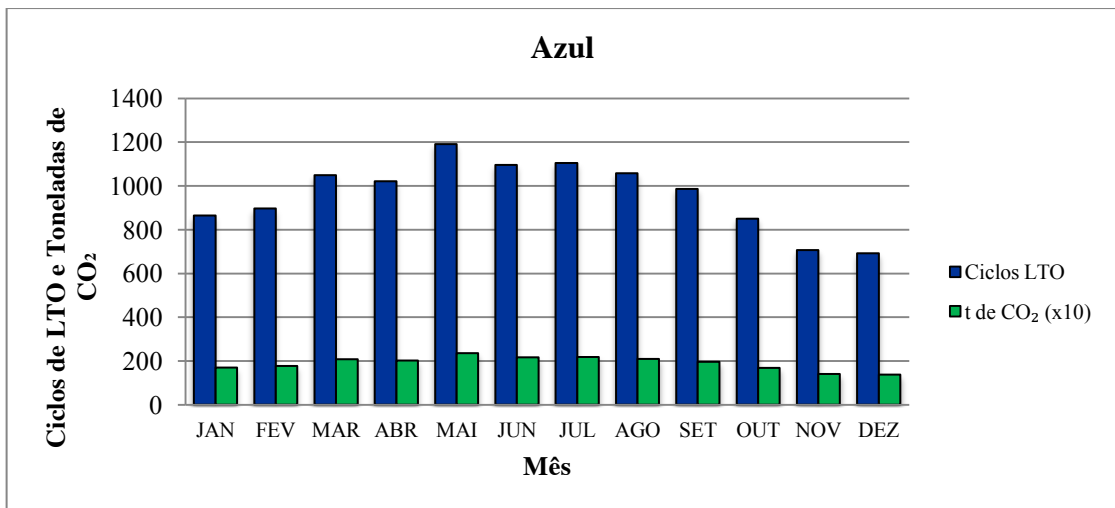
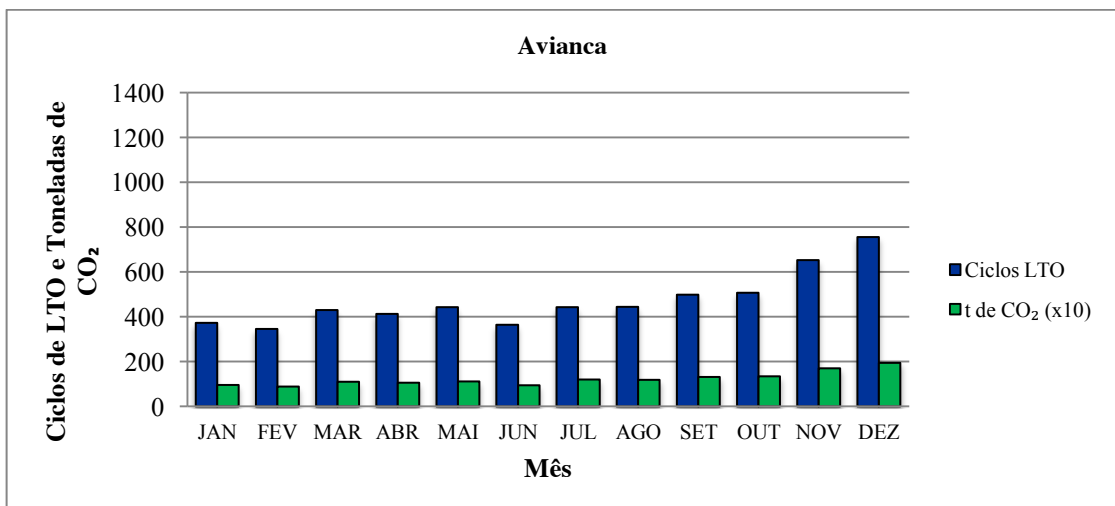


Figura 4.4 – Final

(a)

Figura 4.5 – Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias nacionais; com movimentos entre 241 e 1.400 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.

(b)



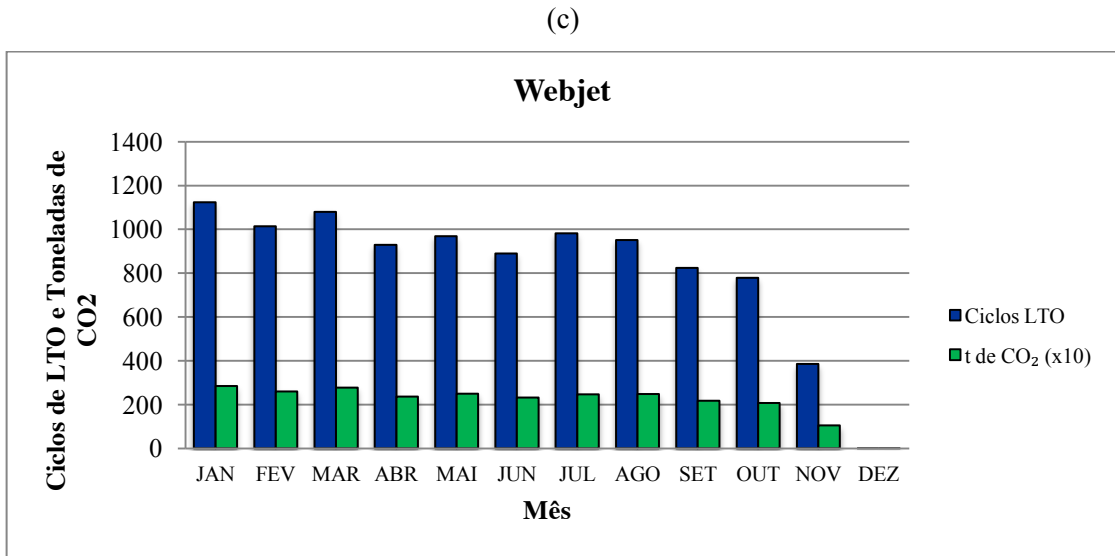


Figura 4.5 – Final

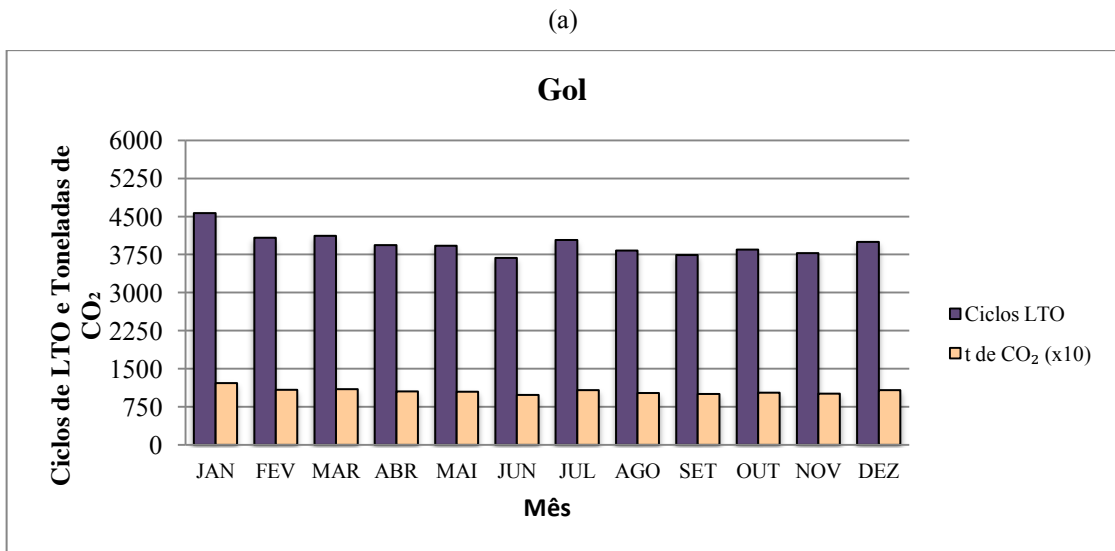
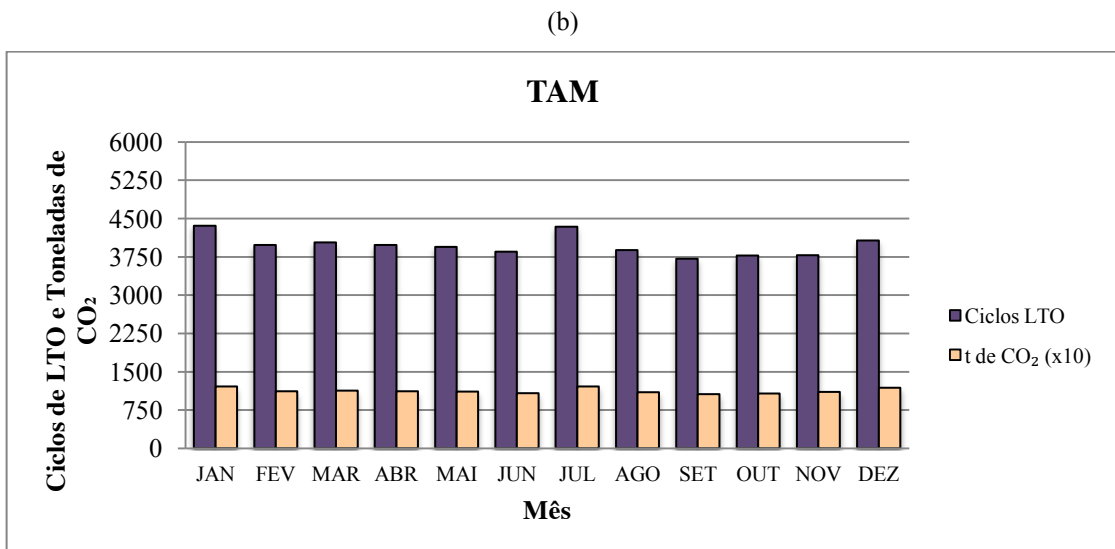


Figura 4.6 – Número de Ciclos de LTO e Toneladas de CO₂ - companhias nacionais; com movimentos entre 1.401 e 6.000 movimentos. Valores simulados a partir dos dados fornecidos pelo CGNA.



Na Figura 4.7 é possível observar o percentual das operações por companhias nacionais e estrangeiras, tomando como referência o total de 144.688 Ciclos LTO em 2012. Por sua vez, as Figuras 4.8 e 4.9 mostram o percentual de participação em operações entre as companhias nacionais e estrangeiras, respectivamente. Os dados utilizados nestes 3 gráficos (Figuras 4.7, 4.8 e 4.9) foram obtidos a partir do somatório total dos Ciclos de LTO (valores absolutos).

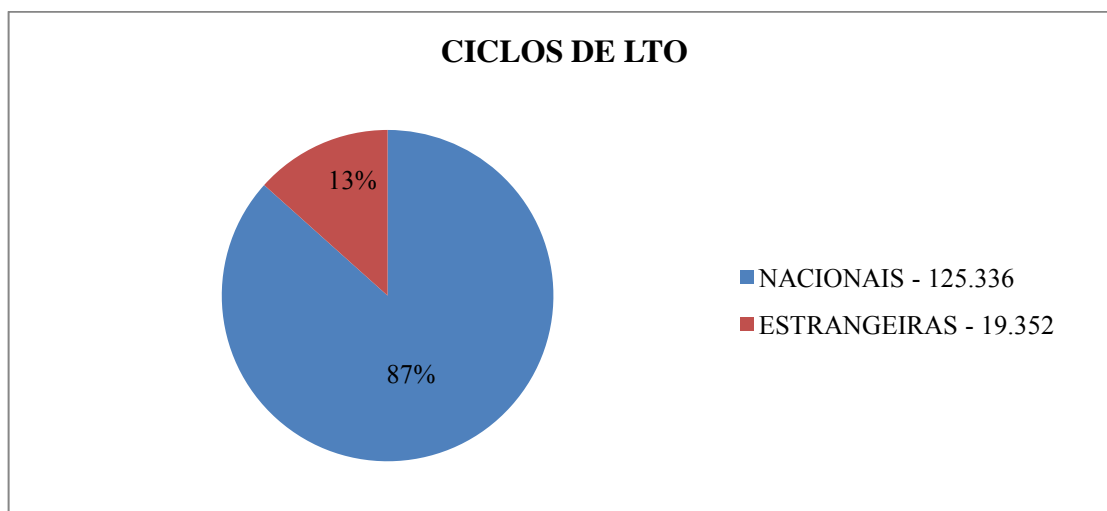


Figura 4.7 – Percentual de Ciclos de LTO, composto por companhias nacionais e estrangeiras.

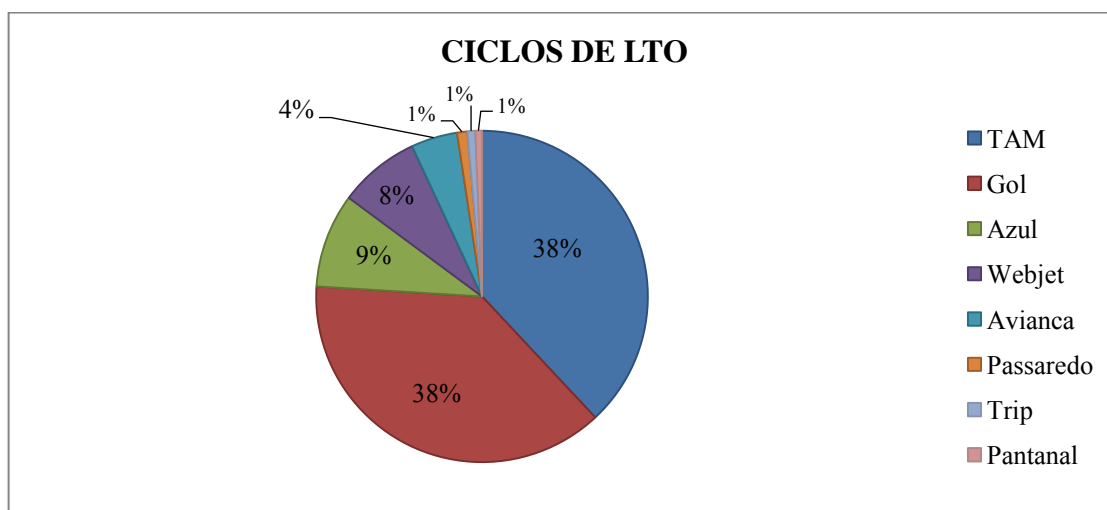


Figura 4.8 – Percentual de Ciclos de LTO, dentre as companhias nacionais.

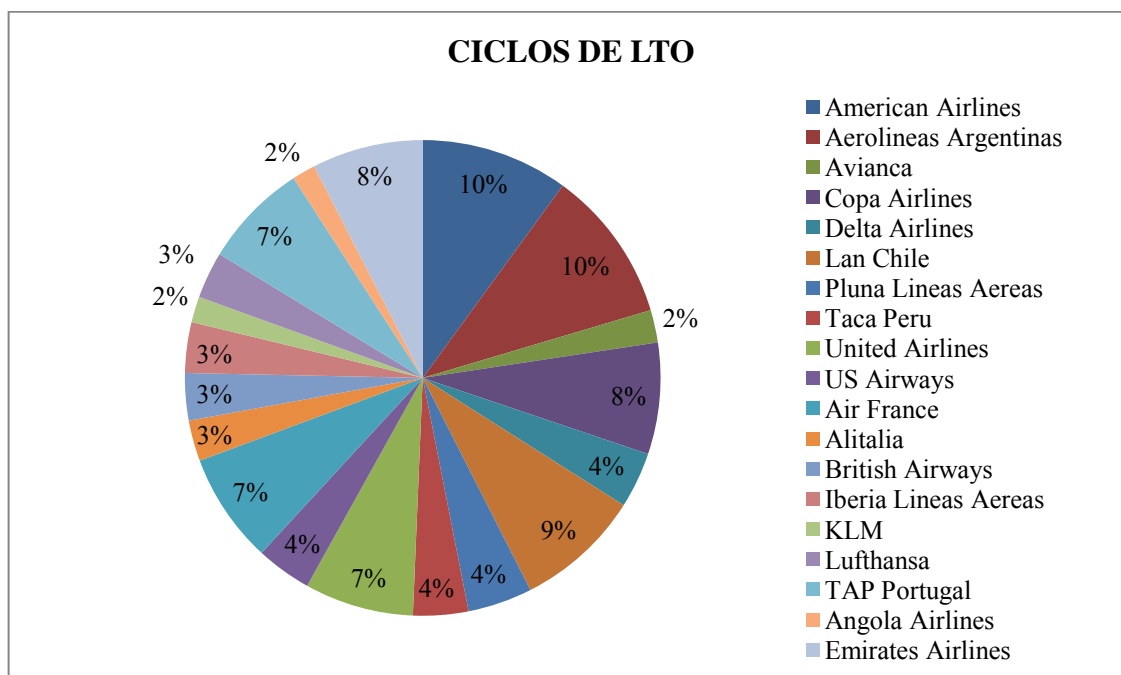


Figura 4.9 – Percentual de Ciclos de LTO, dentre as companhias estrangeiras.

As Figuras 4.10 e 4.11 mostram os valores relativos das estimativas das emissões, para as companhias nacionais e estrangeiras, respectivamente. O comparativo total das 27 companhias é apresentado na Figura 4.12.

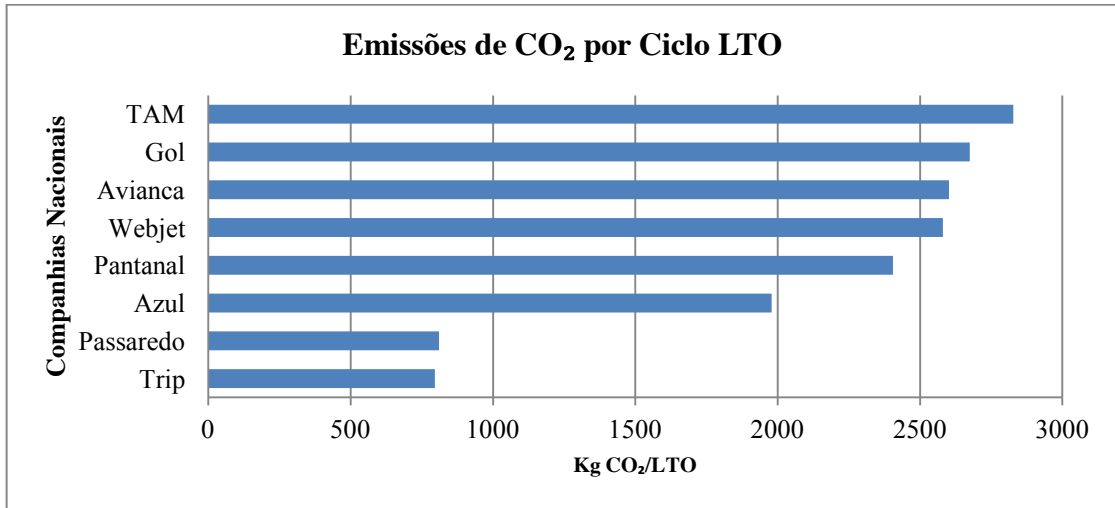


Figura 4.10 – Emissões por Ciclo LTO – companhias nacionais.

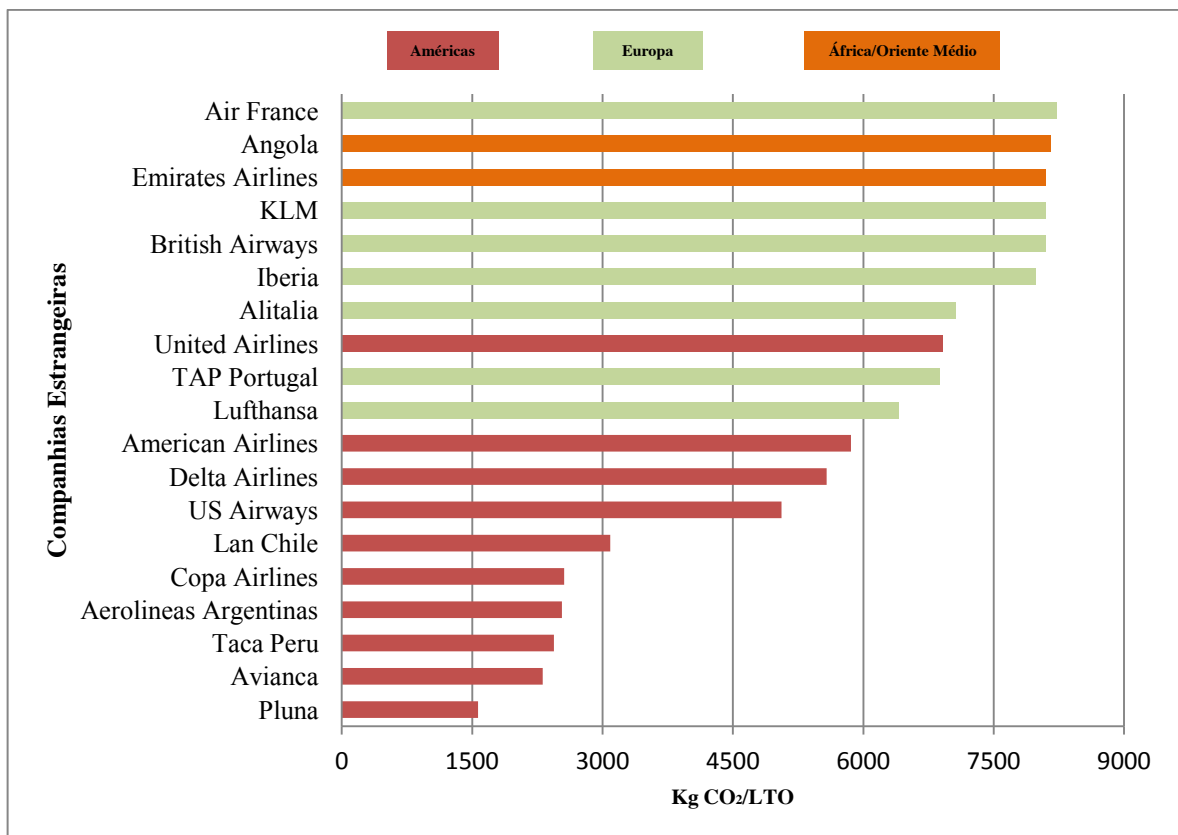


Figura 4.11 – Emissões por Ciclo LTO – companhias estrangeiras.

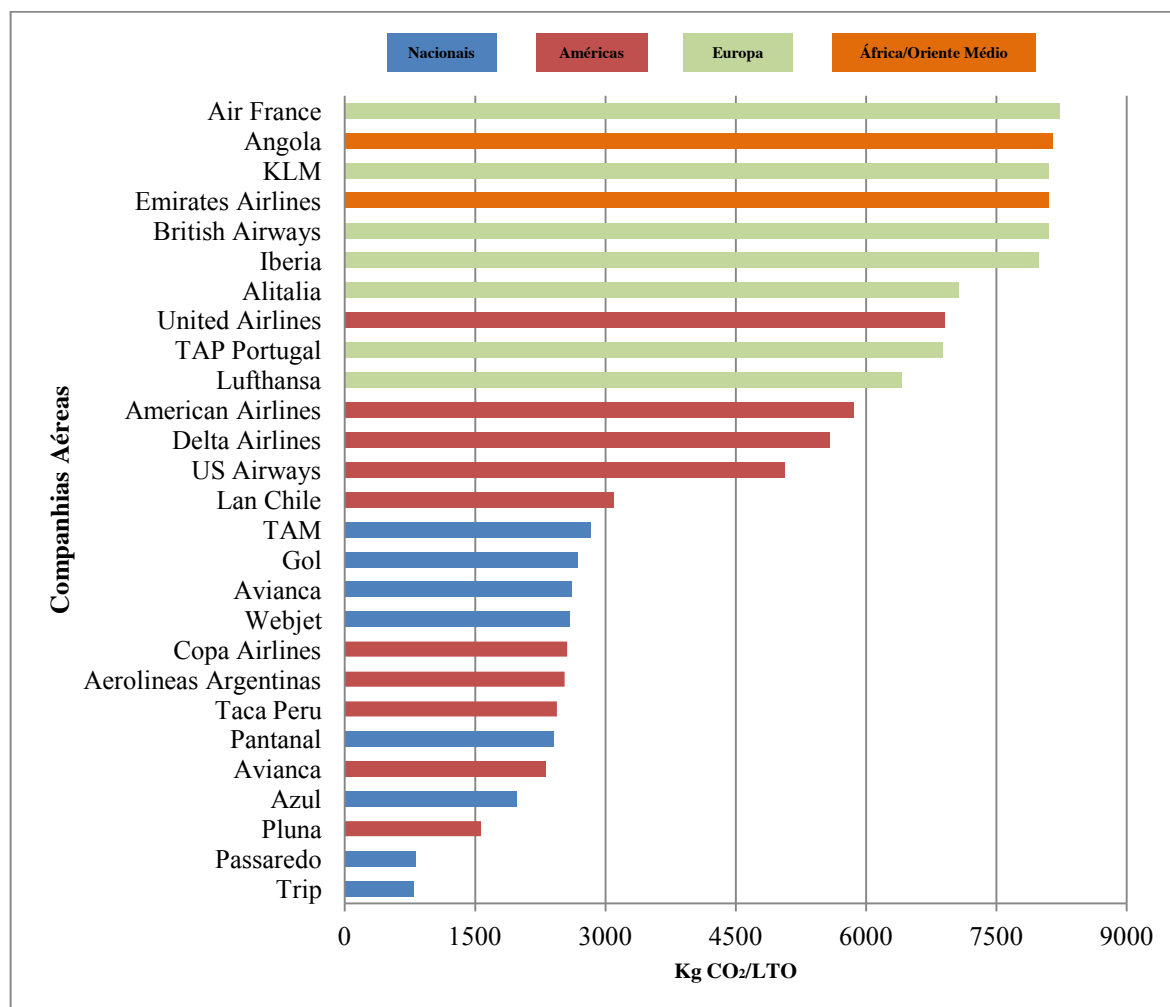


Figura 4.12 – Emissões por Ciclo LTO – companhias nacionais e estrangeiras.

4.2 ANÁLISES COMPARATIVAS

As análises comparativas dos valores das emissões de dióxido de carbono são apresentadas em relação aos modelos das aeronaves utilizadas pelas companhias aéreas que operam no AIRJ. É fundamental que essas análises sejam feitas levando-se em conta a quantidade de rotas que cada companhia aérea é autorizada a realizar, tendo como origem e destino o AIRJ.

Comparando apenas os valores absolutos, verifica-se que as companhias nacionais representam 87% dos movimentos de aeronaves (Figura 4.7) no AIRJ, sendo responsáveis por 328.784,46 toneladas de CO₂ emitidas (Tabela 4.1), o que representa 76% das emissões deste

composto químico por aeronaves, durante Ciclos LTO. Porém, embora estas empresas possuam um percentual bem maior de movimentos de aeronaves, em relação às companhias estrangeiras (87% e 13% dos ciclos totais de LTO, respectivamente – Figura 4.7), é possível observar na Figura 4.12 que são algumas empresas estrangeiras aquelas que mais emitem o CO₂ nas imediações do AIRJ, quando estes valores estão relacionados ao número de LTOs que produziram tais emissões.

Tabela 4.1 – Emissões totais (absolutas) – companhias nacionais e estrangeiras.

	COMPANHIAS AÉREAS	TOTAL (t de CO ₂)
	<i>NACIONAIS</i>	
1	AZUL	22.773,73
2	GOL	127.126,80
3	AVIANCA (ONE)	14.739,97
4	PASSAREDO	1.020,34
5	PANTANAL	1.943,31
6	TAM	134.800,92
7	TRIP	765,54
8	WEBJET	25.613,85
	<i>ESTRANGEIRAS</i>	
9	AMERICAN AIRLINES	11.363,49
10	DELTA AIRLINES	4.105,56
11	UNITED AIRLINES	9.910,47
12	US AIRWAYS	3.693,36
13	AEROLINEAS ARGENTINAS	5.081,94
14	AVIANCA (AVA)	989,20
15	COPA AIRLINES	3.748,70
16	LAN AIRLINES	5.098,00
17	PLUNA LINEAS AEREAS	1.332,08
18	TACA PERU	1.773,60
19	AIR FRANCE	11.929,71
20	ALITALIA	3.792,15
21	BRITISH AIRWAYS	5.030,10
22	LUFTHANSA	3.940,82
23	IBÉRIA LINEAS AEREAS	5.321,18
24	KLM	2.745,90
25	TAP PORTUGAL	9.521,36
26	TAAG LINHAS AÉREAS DE ANGOLA	2.509,70
27	EMIRATES AIRLINES	11.826,00
	<i>total “nacionais”</i>	328.784,46
	<i>total “estrangeiras”</i>	103.713,32
	<i>total geral</i>	432.497,78

Isto se deve ao fato que as companhias estrangeiras necessitam realizar seus voos com aeronaves de grande porte, pois só assim elas têm autonomia suficiente para navegar numa rota intercontinental de longo percurso. No Anexo A pode-se observar que os maiores fatores de emissão (FE) para o CO₂, presentes naquele estudo (IPCC, 2006), são dos modelos A340-500/600, B777 e B747-100/200/300/400.

Comparando os resultados da presente análise com os resultados do trabalho de Song e Shon (2012) verifica-se que as estimativas de emissão de CO₂ no AIRJ (em 2012) encontram-se com valores intermediários (Figura 4.13) àquelas de 4 aeroportos da Coréia do Sul (em 2009 e 2010), sendo que o valor máximo destes, corresponde ao maior aeroporto daquele país (RKSI), e o 9º mais movimentado do mundo em 2011 (ACI, 2012 *apud* Song e Shon, 2012).

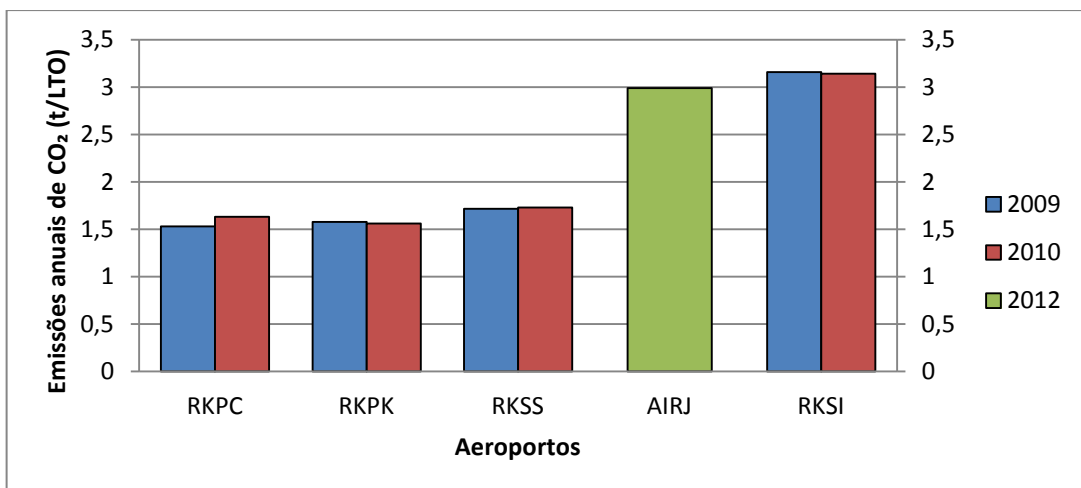


Figura 4.13 – Comparativo das emissões estimadas de CO₂ entre os 4 maiores aeroportos da Coréia do Sul, e o AIRJ. Fonte: Song e Shon, 2012.

Comparando com os resultados obtidos por Rocha (2012), é possível observar que as estimativas de emissão de CO₂ no AIRJ em 2010 encontram-se com valores próximos (Figura 4.13) aos estimados para o AIRJ em 2012 pelo presente trabalho. Para esta análise, as emissões de aeronaves nacionais consideradas por Rocha (2012) tiveram que ser multiplicado por 365, para se obter um valor anual aproximado.

Tabela 4.2: Emissões estimadas de CO₂, e movimentos de aeronaves no AIRJ, para o dia 31 de agosto de 2010, e para todo o ano de 2010.

AIRJ (companhias nacionais)	<i>31 de agosto de 2010</i>		<i>2010</i>	
	CO₂	LTO	CO₂	LTO
	412, 082 t	148	150.409,2 t	54.020
1,576 t/LTO		2,784 t/LTO		

Fonte: Adaptado de Rocha, 2012.

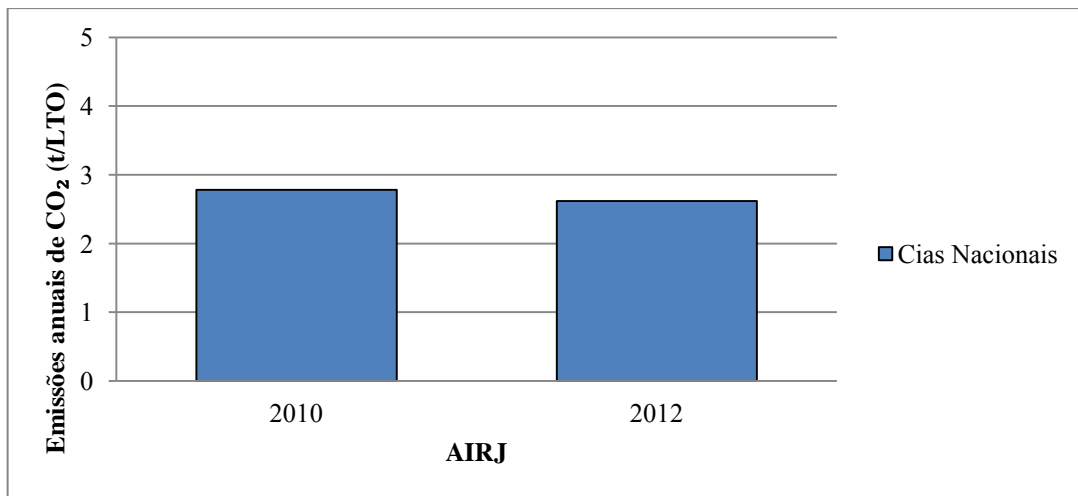


Figura 4.14 – Comparativo das emissões estimadas de CO₂ de companhias aéreas nacionais em 2010 (Rocha, 2012) e 2012.

4.3 ANÁLISES OPERACIONAIS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

São apresentados a seguir os resultados dos depoimentos concedidos por profissionais das áreas de meteorologia e controle do tráfego aéreo do AIRJ. O objetivo foi trazer subsídios práticos que pudessem contribuir para as análises operacionais e os aspectos ambientais no aeroporto em referência.

Questionados sobre a distribuição das aeronaves nos terminais 1 e 2, Gil e Franco (2014) afirmaram que as aeronaves são direcionadas aos terminais onde as companhias mantêm suas estruturas administrativas, conforme contrato firmado com a INFRAERO. Na Tabela 4.3 é possível observar esta divisão das companhias pelos terminais, enquanto a Figura 4.15 permite identificar o percentual de operação, baseado nos movimentos das aeronaves em 2012.

Foi declarado ainda que o posicionamento das aeronaves nos pátios de estacionamento e a determinação das pistas em uso (pouso e decolagem) influencia diretamente o tempo nos modos de operação “*Taxi-in*” e “*Taxi-out*”.

Tabela 4.3: Operação das Companhias Aéreas nos terminais do AIRJ

Terminais	Companhias Aéreas		Total
	Nacionais	Estrangeiras	
1	Azul, Gol, Avianca, Passaredo, TRIP, Webjet	Aerolíneas Argentinas, Avianca, Copa Airlines, Taca Peru, Air France, Alitalia, British Airways, Iberia Lineas Aereas, KLM	15
2	Pantanal, TAM	American Airlines, Delta Airlines, United Airlines, US Airways, LAN Airlines, Pluna Lineas Aereas, Lufthansa, TAP, Angola Airlines, Emirates	12
Total	8	19	27

Fonte: INFRAERO, 2013.

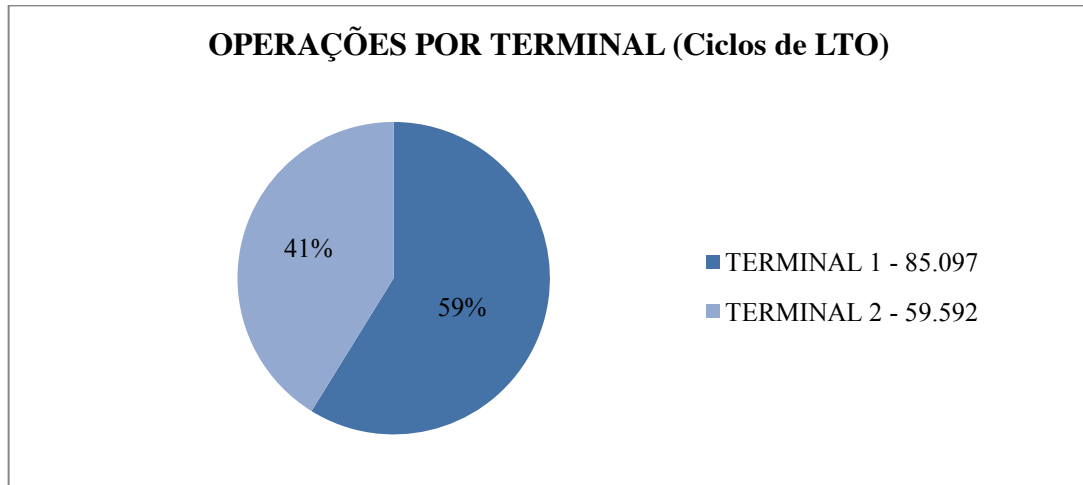


Figura 4.15 – Movimentos de aeronaves por terminal no AIRJ.

Sobre distribuição das pistas para as operações de pouso e decolagem, Gil e Franco (2014) explicaram que, em situações normais, e durante a maioria dos dias do ano, a pista utilizada para pouso é a “15” (Figura 3.3 (a)) e a utilizada para decolagem é a “10” (Figura 3.3 (a)). Esta distribuição vem sendo feita ao longo dos anos justamente para contribuir para o melhor desempenho das aeronaves, para a fluidez do tráfego das aeronaves ainda em solo, e que consequentemente contribui para índices menores de emissões de ruídos e poluentes pelas

aeronaves, pois esta configuração é caracterizada pelo menor tempo em que as aeronaves circulam nas pistas de taxi e dentro do pátio de estacionamentos.

Com relação aos fatores que modificam a configuração atribuída como “normal”, Cruz (2014) afirmou que o vento é o principal indicador, atribuindo a chegada de frentes frias como responsável pelas mudanças na direção dos ventos do quadrante SE para NW e após SW. Nesta condição, a pista para pouso passa a ser a de cabeceira “28”, e para decolagem passam a ser as pistas “28” e “33”. À esta informação, Gil e Franco (2014) acrescentaram que outros motivos técnicos também motivam a mudança de pista como atividades de manutenção, tais como desemborrachamento de pista, pintura, obras e jardinagem na vegetação do entorno das mesmas. Outros fatores também acarretam a inoperância temporária das pistas, como por exemplo, possíveis acidentes e incidentes aéreos⁹.

Sobre o percentual na mudança de pista, os depoentes disseram não ter conhecimento de registro em algum setor estatístico na base militar onde trabalham, e sobre os reais *TIMs* aplicados ao AIRJ, Gil e Franco (2014) acrescentaram que não era do conhecimento dos mesmos que tais medições de tempo já tivessem sido tabuladas e estivessem disponíveis para consulta.

Por fim, foi perguntado aos colaboradores se existiria alguma ação a se fazer para reduzir o tempo nas fases de taxi, aproximação e ascensão, e por consequência, reduzir as emissões. Gil e Franco (2014) afirmaram que, quando as aeronaves estão em deslocamento no solo, as ações de controle já são feitas visando a maior fluidez no tráfego; e que em voo (aproximação e ascensão) a diminuição do tempo poderá ocorrer com a aplicabilidade do PBN¹⁰ (Navegação Baseada em Performance), um programa de navegação que vem sendo desenvolvido para otimizar as rotas aéreas.

Em visita a torre de controle do AIRJ, ato contínuo à entrevista, foi realizado aferição dos *TIMs* de alguns modelos de aeronaves que encontravam em aproximação/pouso e decolagem, utilizando as cabeceiras das pistas “15” e “10” respectivamente. Os resultados podem ser encontrados na Tabela 4.4. e na Tabela 4.5.

⁹ Melhor compreensão entre acidente e incidente aéreo disponível em: www.anac.gov.br/sistemaGGAP/ajuda.

¹⁰ Este método define requisitos de desempenho de aeronaves para uma navegação em rotas ATS, procedimento normal ou em um espaço aéreo designado. Maior detalhamento em: www.icao.int/safety/pbn/Pages/default.aspx

Em estudos científicos que utilizam o Ciclo LTO como parâmetro, os *TIMs* comumente utilizados são aqueles constantes na Tabela 2.5, recomendados pela ICAO (1993). Porém, baseado na premissa que, quanto mais tempo as aeronaves permaneçam nos modos de operação, sejam eles em solo (*Taxi-In* e *Taxi-Out*) ou em voo (*Approach*, *Take-off* e *Climb*), mais GEEs e outros poluentes serão emitidos. Neste entendimento, as informações passadas nos depoimentos de Gil *et al.* (2014) contribuíram no sentido de auxiliar a compreender como os fatores meteorológicos podem interferir nos *TIMs*.

a) *Nebulosidade*

A presença de nuvens *cumulonimbus* nas proximidades de um aeródromo, ou sobre ele, pode alterar consideravelmente as aproximações e partidas de aeronaves. Na área terminal do Rio de Janeiro (TMA-RJ), as zonas de espera estão localizadas acima de 3.000 pés, ou seja, numa região onde as emissões não causam interferências ao Ciclo LTO. Porém, se estas nuvens de tempestade estiverem localizadas no caminho de saída de uma aeronave, ou ainda sobre o aeródromo, o piloto poderá aguardar em solo a melhora nas condições de tempo para prosseguir com a operação em segurança. Caso já tenha ocorrido o fechamento das portas, e a aeronave já tenha sido empurrada até o ponto no pátio de estacionamentos para início de seu taxi, uma espera em solo acabará ocorrendo, aumentando o tempo no modo “*Taxi-Out*”.

A presença de nuvens *stratus* com altura abaixo do permitido num procedimento de pouso por instrumento poderá resultar na arremetida da aeronave, caso o piloto não tenha como manter contato visual com a cabeceira da pista em uso naquele momento. O procedimento de arremetida ocasionará o deslocamento desta aeronave para outro aeródromo alternativo em que haja condições para pouso, e com isso, o Ciclo LTO para seu destino primário não foi encerrado. Logo, haverá uma nova tentativa, onde no cômputo final do ciclo desta aeronave, haverá dois modos “*Approach*”, e dois “*Climb*”. Esta mesma alteração no Ciclo LTO poderá ocorrer com a presença de nevoeiro ou chuva em forma de pancada (hidrometeoros redutores da visibilidade horizontal e oblíqua), acarretando as mesmas consequências operacionais.

b) Ventos

Vento com direção inconstante associada à velocidade elevada (ou em forma de rajada), ou ainda a presença de *windshear*¹¹ poderá comprometer as operações de pouso, dependendo do porte e do desempenho de uma aeronave, mesmo nos instantes finais que precedem o toque na pista. Caso não haja condições de se realizar um pouso em segurança, o piloto poderá optar por um procedimento de arremetida, seguido de uma nova tentativa. Neste caso, o Ciclo LTO ocorrerá em mais tempo, por haver dois modos “*Approach*”, e dois “*Climb*”.

Outro caso em que poderá haver alteração no *TIM*, desta vez numa aeronave em solo, pronto para iniciar a fase “*Take-off*”, é quando ocorre a mudança na direção do vento, e por consequência, na pista em uso. A aeronave deverá se deslocar em “*taxi*” para uma nova posição a fim de iniciar a decolagem com o vento o mais alinhado possível.

c) Temperatura do ar

Em gráficos de desempenho de decolagem de aeronaves há alguns parâmetros de entrada, dentre eles a temperatura do ar externo (OAT); já em outros tipos de gráficos (Anexo B), a OAT irá determinar qual gráfico será utilizado, que irá influenciar na densidade do ar no momento da decolagem demandando mais tempo, ou não, até a saída da mesma do chão. Portanto há diferença, *e.g.* em uma decolagem durante as tardes de verão (ar menos denso), e nas noites de inverno (ar mais denso), ainda que para o mesmo modelo de aeronave. No 1º caso, haverá necessidade de mais tempo em deslocamento sobre a pista, em virtude do ar menos denso, aumentando assim o *TIM* “*Take-off*”, cujo F_{00} é 100% (Figura 2.6). No 2º caso, a aeronave conseguirá sair do solo com menos tempo de deslocamento sobre a pista e, portanto, poderá ter o seu ajuste de potência modificado de 100% para 85% em menos tempo.

d) Instabilidade Atmosférica

Outro fator abordado por Gil e Franco (2014) foi a questão da esteira de turbulência¹² provocada por aeronaves durante a aceleração na pista e sua subsequente decolagem (modos

¹¹ Variação na direção e/ou velocidade do vento em uma dada distância, comumente reportada em aeroportos durante pouso e decolagem de aeronaves. Fonte: www.redemet.aer.mil.br/Artigos/windshear.

¹² São perturbações do ar deixadas no rastro de qualquer aeronave em voo. Seus efeitos sobre outras aeronaves são: o balanço violento, a perda de altura ou de velocidade ascensional e os esforços de estrutura. Fonte: <http://servicos.decea.gov.br/arquivos/publicacoes>.

“*Take-off*” e “*Climb*”). De acordo com DECEA (2013b) as aeronaves são divididas em 3 categorias de esteira de turbulência (WTC), segundo o peso máximo de decolagem (PMD) certificado; são elas: PESADA (*H*) – todas aquelas com PMD de 136.000 kg ou mais; MÉDIA (*M*) – todas aquelas com PMD inferior a 136.000 kg e superior a 7.000 kg; LEVE (*L*) – todas aquelas com PMD de 7.000 kg ou menos.

Quando as aeronaves estão em sequencia para decolagem, poderá ocorrer um tempo de espera na cabeceira da pista (já com motores em funcionamento), para que a aeronave que decolou a frente possa ter sua esteira de turbulência enfraquecida, e então, não causar efeitos aerodinâmicos críticos tais como balanço violento, perda de altura ou esforços na estrutura. Embora este não seja um fator meteorológico propriamente dito, a esteira de turbulência provocada pelas aeronaves poderá ser agravada em condições de atmosfera instável (FAA, 2014a), e caberá ao controlador avaliar a circunstância presente, e aumentar o tempo de intervalo entre as decolagens estipulado em DECEA (2013b), o que deverá ser acatado pelo piloto.

Depois de terminada a coleta das informações pessoais dos profissionais da torre de controle do AIRJ foi possível realizar algumas medições dos *TIMs*. Os resultados estão dispostos nas Tabelas 4.4 e 4.5, onde as aeronaves foram classificadas e separadas de acordo com a categoria de suas esteiras de turbulência.

Tabela 4.4: *Time-In-Mode* observados no dia 17 de julho de 2014, em aeronaves com esteira de turbulência categoria MÉDIA (*WTC Medium*).

AT72		A320	
modo	tempo (min.)	modo	tempo (min.)
<i>Approach</i>	4:41	<i>Approach</i>	4:34
<i>Taxi-in/Idle</i>	3:01	<i>Taxi-in/Idle</i>	4:10
<i>Idle/Taxi-out</i>	4:08	<i>Idle/Taxi-out</i>	5:32
<i>Take-off</i>	0:43	<i>Take-off</i>	0:45
<i>Climb</i>	1:51	<i>Climb</i>	1:43
Total	14:24	Total	16:44

Tabela 4.5: *Time-In-Mode* observados no dia 17 de julho de 2014, em aeronaves com esteira de turbulência categoria PESADA (*WTC Heavy*).

A332		B77W	
modo	tempo (min.)	modo	tempo (min.)
<i>Approach</i>	4:07	<i>Approach</i>	4:20
<i>Taxi-in/Idle</i>	4:37	<i>Taxi-in/Idle</i>	4:48
<i>Idle/Taxi-out</i>	6:13	<i>Idle/Taxi-out</i>	5:43
<i>Take-off</i>	0:54	<i>Take-off</i>	0:48
<i>Climb</i>	1:29	<i>Climb</i>	1:25
Total	17:20	Total	17:04

Na Figura 4.16 é possível observar a comparação dos *TIMs* observados e medidos no AIRJ, com o padrão internacional adotado pela ICAO (1993). As maiores diferenças são encontradas nos modos “*Taxi-In*” e “*Taxi-Out*”. Isto se deve ao fato da disposição espacial dos pátios de estacionamento do AIRJ em relação às pistas serem próximos tanto para as aeronaves que acabaram de pousar na pista “15”, quanto para aquelas que estão prosseguindo para decolagem na cabeceira “10”, permitindo assim que o tempo desses deslocamentos sejam inferiores àqueles adotados pela ICAO (Tabela 2.5), para este mesmo *TIM*.

O tempo de “*Taxi-In*” no “*WTC Medium*” e “*WTC Heavy*” (Figura 4.16) corresponde, respectivamente, a 29,8% e 39,3% a menos que o padrão ICAO, que é de 13 minutos (Tabela 2.5). Já no “*Taxi-Out*”, também nas duas categorias de esteira de turbulência, foi observado redução de 40,3% e 49,8% em relação ao padronizado pela mesma organização internacional.

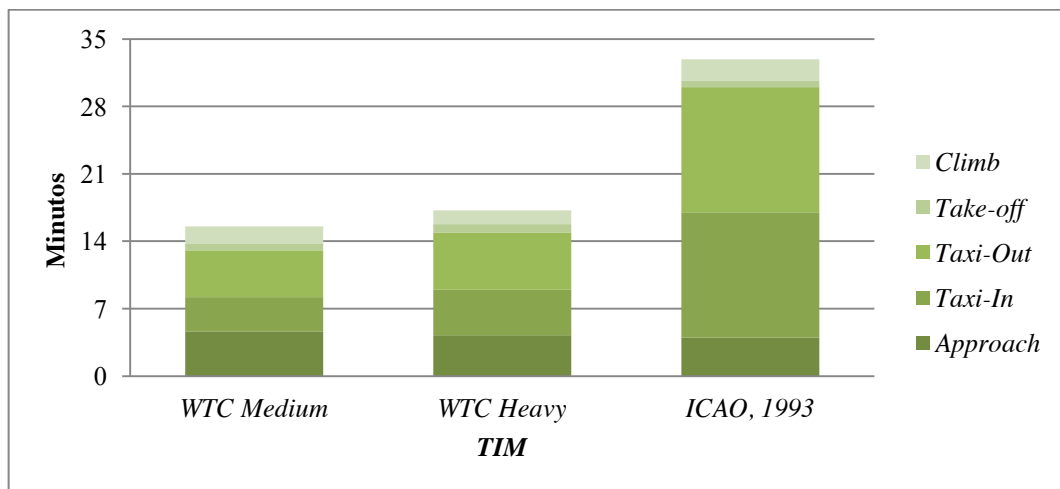


Figura 4.16 – Comparativo dos *Times-In-Mode* observados no AIRJ, em relação ao adotado pela ICAO (1993).

Comparando a amostragem estudada, constatou-se que, dos 144.688 movimentos de aeronaves, 127.797 foram realizados por aeronaves com categoria de esteira de turbulência média, o que corresponde a 88% de todos os LTOs estudados. Já as aeronaves pertencentes à categoria de esteira de turbulência pesada foram responsáveis por apenas 12% dos LTOs (Figura 4.17).

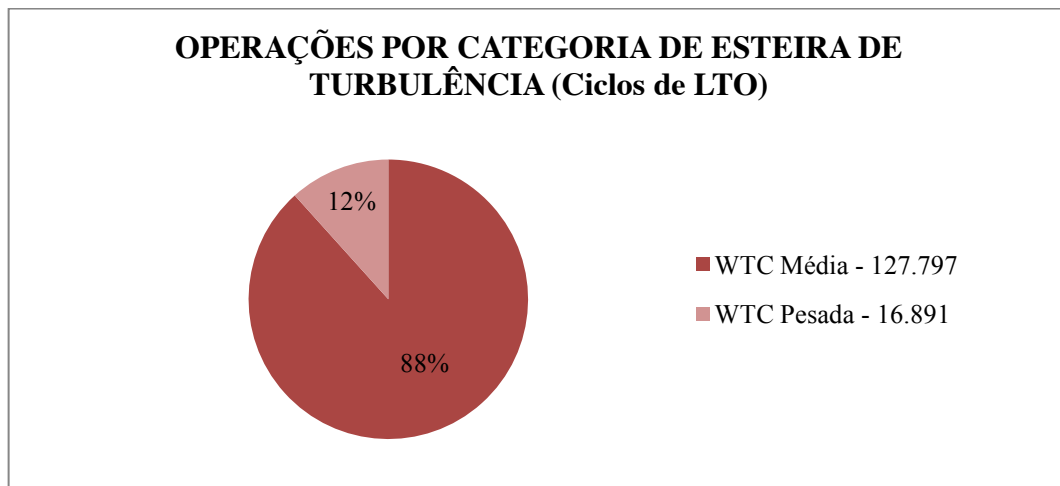


Figura 4.17 – Comparativo das operações por aeronaves de categoria de esteiras de turbulência diferentes (Média e Pesada).

Eventualmente, há aeronaves militares de pequeno porte (cuja esteira de turbulência é de categoria leve – *WTC Low*), provenientes da Base Aérea do Galeão, que também se utilizam das pistas do AIRJ para pouso e decolagem.

Quando ocorre a distribuição do sequenciamento para decolagem, em que aeronaves de porte menor acabam por decolar na frente de aeronaves maiores, pode ocorrer espera por parte desta na cabeceira da pista em uso, com motores na condição de “*Taxi-Out*” (7% de F_{oo}) aumentando com isto o tempo de emissão de poluentes ainda em solo. Aeronaves de portes inferiores precisam de mais tempo para ascensão até que outra com desempenho maior inicie sua decolagem, para evitar que ambas se aproximem de tal forma em voo, que possa por em risco a segurança operacional.

Este talvez seja o principal fator que alterará a quantificação de um valor padrão de tempo para se estabelecer um perfil exclusivo para o AIRJ. Uma pesquisa baseada em valores temporais de 2 ou mais anos permitirá fundamentá-la.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho tem como escopo a proposta de ações de gestão em sustentabilidade que possam minimizar emissões de dióxido de carbono por aeronaves, no sítio aeroportuário. Para atingir este objetivo, foi elaborada uma estimativa das emissões de aeronaves das empresas aéreas nacionais e estrangeiras, que operam de forma regular no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (AIRJ), com base nos dados fornecidos pelo Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA). Após a estimativa, foi possível realizar uma avaliação comparativa com outros trabalhos científicos que também quantificaram esses índices de emissões.

A partir das análises comparativas feitas no capítulo 4, conclui-se que os maiores índices de emissões de CO₂ foram ocasionados por aeronaves de companhias que possuem o maior número de voos (concessão de rotas), ou aquelas detentoras dos modelos de aeronaves cujos motores possuem os maiores fatores de emissão; ou ainda a associação destes 2 fatores. Diante disto, conclui-se que algumas medidas podem ser tomadas no âmbito operacional de cada empresa, como por exemplo:

- A criação de programas de compensação de CO₂ onde seus usuários voluntariamente contribuam com uma taxa de forma que estas empresas possam financiar projetos de compensação de emissão;
- O taxiamento da pista de pouso e para a pista de decolagem deve ser realizado com apenas 1 motor em funcionamento, a fim de reduzir o consumo de combustível. Quanto maior um sítio aeroportuário, maiores são os deslocamentos de aeronaves entre as pistas e os terminais de passageiros, ou áreas remotas. O AIRJ possui esta distância reduzida o que permite que as aeronaves que pousam cheguem rapidamente aos pátios de estacionamento, e as que decolam

Por outro lado, as recomendações para minimizar esses resultados são muito mais efetivas em gestão aeroportuária. A administração do aeroporto deve ser estimulada a adotar estratégias no intuito de redução das emissões de dióxido de carbono nas operações de tráfego das aeronaves, no aeroporto e suas imediações. Como recomendações na gestão das operações aeroportuárias, propõem-se as seguintes ações, aplicadas nas circunstâncias possíveis:

- Além de programas independentes, promovidos por empresas aéreas, propõe-se aqui a implantação de um programa de para mapear, reduzir e neutralizar as emissões de CO₂. (*Airport Carbon Accreditation*). Dentre as práticas deste programa, já amplamente difundido em aeroportos europeus, está a cooperação entre operadores de linhas aéreas e de tráfego aéreo para redução do tempo de taxiamento e procedimentos de pouso mais eficientes;
- Os motores devem ser desligados durante o período em que as aeronaves estiverem paradas, e então o terminal do aeroporto fornecer energia e ar condicionado previamente, a fim de minimizar o consumo de combustível, em solo. Na grande maioria dos casos, a aeronave recebe energia de uma pequena turbina auxiliar, que utiliza o mesmo combustível fóssil (*jet fuel*) durante todo o processo de embarque e verificação dos sistemas pré-acionamento;
- Aeronaves com motores antigos, e que por consequência consomem mais combustível, devem ter seu uso contido ou desincentivado através de aplicação do aumento de taxas aeroportuárias para estes aviões;
- Uma descida contínua poderia ser adotada durante as aproximações, permitindo assim que a aeronaves não sejam obrigadas a se manterem na horizontal por mais tempo, exigindo maior impulsão do motor, para manter velocidade constante naquele nível, consumindo e emitindo mais;
- Por último, a adoção de métodos eficazes no controle do tráfego nas imediações do aeroporto é fundamental na redução de consumo durante as fases de pouso, decolagem e deslocamentos em solo.

Outra conclusão importante é que, em relação a utilização das pistas para pouso e decolagem, e a disposição física dos pátios de estacionamento com vistas a redução de tempo nos deslocamentos de solo das aeronaves, as ações de controle de tráfego já tem sido direcionadas visando a fluidez, e a consequente redução no tempo de operação de taxi (“*In*” e “*Out*”), e que, a mudança nas condições de tempo, e a consequente “mudança de pistas”, proporcionam os maiores deslocamentos em solo, acarretando maiores emissões, não só de CO₂, mas como de outros gases poluentes.

Conclui-se ainda que, de uma forma geral, o tempo de operação de taxi (“*In*” e “*Out*”), em condições normais, é inferior ao adotado como padrão pela ICAO, e que, considerando uma medição real, os índices de emissões (não apenas de CO₂) serão inferiores.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o estudo dos seguintes temas:

- Ampliação deste tema para outros aeroportos do país, bem como sejam estudados outros gases poluentes, tanto na administração de aeroportos, quanto em suas imediações;
- Parametrização dos modos de operação reais do AIRJ com uma amostragem relevante, para as diversas combinações de pistas de pousos e decolagens;
- Estudo do comportamento das emissões no Ciclo LTO a partir da influência de ventos e precipitação nas proximidades dos aeroportos;
- Avaliação, comparação e discussão das emissões aeroportuárias dos 2 maiores aeroportos do Brasil: AIRJ, e Aeroporto de Guarulhos (SP).

Ainda há muito a ser pesquisado em relação ao estudo das emissões de poluentes em aeroportos, principalmente por conta das dificuldades no estudo de suas fontes móveis. Acredita-se que a contribuição deste trabalho para a gestão aeroportuária e para o meio ambiente ocorrerá com a implementação de ações aqui recomendadas, adequadas às limitações operacionais das empresas, da administração do AIRJ e do controle de tráfego aéreo.

REFERÊNCIAS

- AIRBUS. **Sustainable Aviation – Environmental Innovations**. 2012. Disponível em: <<http://www.airbus.com/presscentre/corporate-information/key-documents/push&docID=32282>>. Acesso em: 25 abr. 2014.
- AMAESHI, K. M.; CRANE, A. “Stakeholder Engagement: a Mechanism for Sustainable Aviation”. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**. (2006), 13, 245 – 260.
- ARRUDA, L., QUELHAS, O. L. G. “Sustentabilidade: um Longo Processo Histórico de Reavaliação Crítica da Relação Existente entre a Sociedade e o Meio Ambiente”. **Boletim Técnico do Senac: a Revista de Educação Profissional** (2010), v. 36, n.º. 3, 53 – 63.
- AZUL. **Azul Virtual**. 2014. Disponível em: <<http://www.azulvirtual.org/index.php /Frota>>. Acesso em: 20 mai. 2014.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2002.
- BEHNEN, T. “Germany’s Changing Airport Infrastructure: the Prospects for ‘Newcomer’ Airports Attempting Market Entry”. **Journal of Transport Geography**. (2004), 12, 277 – 286.
- BOEING. **2012 Environment Report**. Disponível em: <http://www.boeing.com/aboutus/environment/environment_report_13/5_1_engaging_industry.html>. Acesso em: 09 set. 2013.
- BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. **Dispões sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA)**. 1986. Publicado no D.O.U. em 20/12/1986. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17565.htm>. Acesso em: 05 jun. 2013.
- BROOKER, P. “Aviation and Climate Change: I – UK Airport CO₂ Emissions”. **Air Traffic Technology International** (2009), p.p. 22-25.
- CARLIER, S.; LEPINAY, I.; SMITH, J. **MFF2 Project – Global Aviation Emission Study**. Paris: 2004. Disponível em: <https://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/report/2004/012_MFF2_Global_Aviation_Emission_Study.pdf> Acesso em: 20 jun. 2014.
- CARSALADE, A. M. **Interações entre Mudanças Climáticas Globais e Poluição Atmosférica Local: Implicações para a Expansão do Setor Elétrico Brasileiro**. 2013. Dissertação de Mestrado, PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.
- CENTER FOR CLIMATE AND ENERGY SOLUTIONS (C2ES). **Delta Air Lines, Inc**. 2014. Disponível em: <<http://www.c2es.org/business/belc/members/delta-air-lines>>. Acesso em: 05 jan. 2014.
- CHEN, S. H.; LIN, Y. L. “Orographic Effects on a Conditionally Unstable Flow Over an Idealized Three-dimensional Mesoscale Mountain”. **Meteorology and Atmospheric Physics** (2005), 88, 1 – 21.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR**. Resolução nº 003 de 28 de junho de 1990,

publicada no D.O.U. de 22/08/1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 22 jul. 2013.

CRUZ, J. S. **Depoimento Pessoal**. Rio de Janeiro, 2014. Depoimento concedido no Destacamento de Controle do Espaço Aéreo do Galeão em 17 jul. 2014.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo – ICA 100-22**. 2010. Publicado no BCA nº 108, de 11 de junho de 2010 Disponível em: <<http://www.http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=3476>>. Acesso em: 03 jun. 2014.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Códigos Meteorológicos METAR e SPECI – FCA 105-3**. 2012. Publicado no BCA nº 182 de 21 de setembro de 2012. Disponível em: <<http://www.redemet.aer.mil.br/Publicacoes/fca105-3.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2014.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Regras do Ar e os Serviços de Tráfego Aéreo – ICA 100-12**. 2013a. Publicado no BCA. nº 228, de 28/11/2013. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=2558>>. Acesso em: 20 jun. 2014.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Serviço de Tráfego Aéreo – ICA 100-37**. 2013b. Publicado no BCA. nº 92, de 19/05/2014. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Meteorologia Aeronáutica**. 2014. Disponível em: <<http://www.decea.gov.br/espaco-aereo/meteorologia-aeronautica/>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Glossary of Climate Change Terms**. 2013. Disponível em: <<http://www.epa.gov/climatechange/glossary.html#C>>. Acesso em: 11 out. 2013.

EMBRAER. **Relatório Anual 2012**. Disponível em: <<http://www.relatoweb.com.br/embraer/12/en/about-report#.U-kqLPldWSo>>. Acesso em: 20 mai 2014.

EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). **Environmental Protection**. 2014. Disponível em: <<https://www.easa.europa.eu/environment/environmental-protection.php>>. Acesso em: 14 jan. 2014.

EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE (EESC). “Redução das Emissões de CO₂ nos Aeroportos Graças a uma Nova Gestão Aeroportuária”. **Jornal Oficial da União Europeia**. (2008), 204, p. 39 – 42.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Air Pollutant Emission Inventory Guide Book**. 2009. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>>. Acesso em: 24 jul. 2013.

EMIRATES. **Environment Report 2012-2013**. 2013. Disponível em: <http://content.emirates.com/downloads/ek/pdfs/environment/environment_report_2012_13_locked.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2014.

FAJER, M. **Sistemas de Investigação dos Acidentes Aeronáuticos da Aviação Geral – Uma Análise Comparativa**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP, 2009. Disponível

em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-14012010-0957_13/pt-br.php>. Acesso em: 18 jul.2013.

FASONE, V., MAGGIORE, P. “Airport Development and Sustainability: a Case of Multi-airport System in Italy”. **International Journal of Sustainable Aviation** (2014), 1, 13 – 24.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Aircraft Wake Turbulence – Advisory Circular**. 2014a. Disponível em: <http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_90-23G.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2014.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Airport Sustainability**. 2014b. Disponível em: <<http://www.faa.gov/airports/environmental/sustainability/>>. Acesso em: 22 mar. 2014.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Consideration of Air Quality Impacts by Airplane Operations at or above 300 Feet (AGL)**. 2000. U.S. Department of Transportation/ Federal Aviation Administration. Washington, D.C. Disponível em: <https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/media/catex.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2014.

FEDERAL OFFICE OF CIVIL AVIATION (FOCA). **Validation of ADAECAM (Advanced Aircraft Emission Calculation Method) – Report on Fuel Calculation**. 2007. Disponível em: <<http://www.bazl.admin.ch/experten/regulation/03312/03314/index.html?lang=en>>. Acesso em: 07 jan. 2014.

FRANCO, L. T. **Depoimento Pessoal**. Rio de Janeiro, 2014. Depoimento concedido no Destacamento de Controle do Espaço Aéreo do Galeão em 17 jul. 2014.

GIL, A. L. C. **Depoimento Pessoal**. Rio de Janeiro, 2014. Depoimento concedido no Destacamento de Controle do Espaço Aéreo do Galeão em 17 jul. 2014.

GREENE, D. L.; WEGENER, M. “Sustainable Transport”. **Journal of Transport Geography**. (1997), vol. 5, nº 3, 177 – 190.

HOWITT, O. J. A.; CARRUTHERS, M. A.; SMITH, I. J.; RODGER, A. J. “Carbon Dioxide Emissions from International Air Freight”. **Atmospheric Environment**. (2011), 45, 7036 – 7045.

INSTITUTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (ICEA). **Estudos Climatológicos dos Aeroportos de SBGL, SBGR, SBCF, SBPA, SBBR, SBCY, SBFZ, SBEG, SBNT, SBRF e SBSV – Período de 2005 a 2009**. 2010. Disponível em: <<http://www.icea.gov.br/climatologia/estudos.html>>. Acesso em: 02 jul. 2014.

INSTITUTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (ICEA). **Indicadores Climatológicos do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (AIRJ)**, 2014. Disponível em: <<http://clima.icea.gov.br/clima/>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION (IFC). **Environmental, Health, and Safety Guidelines for Airports**. 2007. Disponível em: <<http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Final-Airports.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2013.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2012**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/br/estatistica-dos-aeroportos.html>>. Acesso em: 02 dez. 2013.

INFRAERO. **Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária**. 2013. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/aeroportos/rio-de-janeiro/aeroporto-internacional-do-rio-de-janeiro.html>>. Acesso em: 03 jul. 2013.

INFRAERO. **Relatório Ambiental**. 2011. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/images/stories/imprensa/infraero_web_portugues.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2013.

INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL (IAC). **Manual de Implementação de Aeroportos**. 2004. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/manualImplementacaoGeral.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Aviation and Global Climate Change**. IPCC, 1999. In: 2nd International Conference on Environmental Science and Development. Cambridge University Press, Cambridge, UK: 1999.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2007: Synthesis Report**. IPCC, 2007a. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Greenhouse Gas Emission Mitigation, Scenarios and Implications**. In: Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report (TAR), Cambridge University Press, Cambridge/UK. <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#UuFE8vRTuIU> Acesso em: 30 nov. 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006. Disponível em: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf> Acesso em: 24 jul. 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Summary for Policymakers**. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the 5th Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Transport and its infrastructure**. In Climate Change 2007b: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report (AR4), Cambridge University Press, Cambridge/UK. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter5.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2013.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **World Air Transport Statistics**. 57th edition. 2013. Disponível em: <www.iata.org/publications/pages/wats-passenger-km.aspx>. Acesso em: 20 mar. 2014.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Air Traffic Management**. 2013. Disponível em: <<http://www.icao.int/safety/AirNavigation/Pages/atm.aspx>>. Acesso em: 16 out. 2013.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Aviation and Climate Change – Environmental Report**. Montreal/CA: 2010a. Disponível em: <<http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/EnvReport10.aspx>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP/7) – Working Paper (WP/28)**. Montréal/CA: 2007. Disponível em: <http://tc.gc.ca/media/documents/acopssvs/caep7_wp28.pdf>. Acesso em: 07 out. 2013.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Engine Emissions Databank – Aircraft Engine Emissions**. Montreal/CA: 2010b. Disponível em: <<http://www.caa.co.uk/default.aspx?catid=702>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **International Standards and Recommended Practices, Environmental Protection**. Annex 16, Volume II Aircraft Engine Emissions. Montreal/CA: 1993. Disponível em: <<http://www.bazl.admin.ch/experten/regulation/03080/03081/index.html>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

IOVINELLI, R.; GUPTA, M. **FAA’s Airport Air Quality Model: Aviation Sector’s Tool for Analysis of Criteria and Hazardous Pollutants**. 2014. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttnchie1/conference/ei18/session6/iovinelli.pdf>> Acesso em: 09 jul. 2014.

KENNEY, M. A. **En-Route to Sustainability**. Colloquium on Aviation and Climate Change. Montreal/CA: ICAO, 2010.

KLM. **KLM and Hub Operations**. 2014. Disponível em: <http://www.klm.com/csr/en/images/HubSchiphol%20Engels_tcm696-305100.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2014.

KLM. **Measures CO₂ Reduction**. 2014. Disponível em: <<http://www.klm.com/csr/en/climate/footprint/measures/index.html>>. Acesso em: 29 mar 2014.

KRUPA, S. V. “Global Climate Change: Processes and Products – an Overview”. **Environmental Monitoring and Assessment** (1997), 46, 73 – 88.

KURNIAWAN, J. S., KHARDI, S. “Comparison of methodologies estimating emissions of aircraft pollutants, environmental impact assessment around airports”. **Environmental Impact Assessment Review** (2011), 31, 240 – 252.

LEE, D. S., FAHEY, D. W., FORSTER, P. M., NEWTON, P. J., WIT, R. C. N., LIM, L. L., OWEN, B., SAUSEN, R. “Aviation and Global Climate Change in the 21st Century”. **Atmospheric Environment**. (2009), 43, 3520 – 3537.

LEE, D. S., PITARI, G., GREWE, V., GIERENS, K., PENNER, J. E., PETZOLD, A., PRATHER, M. J., SCHUMANN, U., BAIS, A., BERNTSEN, T., IACHETTI, D., LIM, L. L., SAUSEN, R. “Transport Impact on Atmosphere and Climate: Aviation”. **Atmospheric Environment** (2010), 44, 4678 – 4734.

MAIA, L. F. P. G. **Cenarização Espaço-Temporal dos Impactos da Qualidade do Ar na Bacia Aérea III pelo Aumento de Demanda do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Antônio Carlos Jobim (Galeão)**. 2005. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MANAHAN, S. E. **Fundamentals of Environmental Chemistry: Inorganic Air Pollutants**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.

MAZAHERI, M., JOHNSON, G. R., MORAWSKA, L. “Particle and Gaseous Emissions from Commercial Aircraft at Each Stage of the Landing and Takeoff Cycle”. **Environmental Science and Technology** (2009), 43, 441 – 446.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Protocolo de Quioto – A Convenção sobre Mudança do Clima**. 2013. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28739.html>>. Acesso em: 06 set. 2013.

NATIONAL OCEANIC & ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Mauna Loa Observatory**. 2014. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/>>. Acesso em: 09 jun. 2014.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (ON). **Cálculo da Declinação Magnética (Modelo da IGRF)**. 2014. Disponível em: <<http://www.on.br/conteudo/modelo.php?endereco=servicos/servicos.html>>. Acesso em: 30 mai. 2014.

PARTIDÁRIO, M.; COUTINHO, M. “The Lisbon New International Airport: The Story of a Decision-making Process and the Role of Strategic Environmental Assessment”. **Environmental Impact Assessment Review** (2011), 31, 360 – 367.

PENNER, J. E., LISTER, D. H., GRIGGS, D. J., DOKKEN, D. J., MCFARLAND, M. **Aviation and the Global Atmosphere**. Cambridge University Press, p. 373. Nova Iorque: 1999. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/aviation/index.php?idp=0>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

PETROBRAS. **Petróleo Brasileiro S. A.** 2013. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/paraaviacao/querosenedeaviacao>>. Acesso em: 04 set. 2013.

PIRES, D. O. **Inventário de Emissões Atmosféricas de Fontes Estacionárias e sua Contribuição para a Poluição do Ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2005. Dissertação de Mestrado. PPE/COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ppe.ufjf.br/ppe/production/tesis/dopires.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2014.

ROBERSON, W.; ROOT, R.; ADAMS, D. “Fuel Conservation Strategies: Cruise Flight”. **Boeing Aeromagazine**. (2007), 04, 22 – 27.

ROCHA, A. C. **Estimativa Simulada das Emissões Atmosféricas Diárias da Aviação Civil Regular no Brasil em Um Dia Específico**. 2012. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.

SCHMIDT, M., SIEBERT, W., BAGNALL, K. W. “The Chemistry of Sulphur, Selenium, Tellurium and Polonium”. **Pergamon Texts on Inorganic Chemistry**. (1973), 15, 795 – 933.

SILVA, A. F. C. **Sustentabilidade e Benchmarking no Sector Aeroportuário**. 2010. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa/Portugal, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10362/4991>>. Acesso em: 28 jun. 2013.

SLAPER, T. F.; HALL, T. J. “The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work”. **Indiana Business Review**. (2011), 86, 4 – 8.

SONG, S., SHON, Z. “Emissions of Greenhouse gases and Air Pollutants from Commercial Aircraft at Internacional Airports in Korea”. **Atmospheric Environment**. (2012), 61, 148 – 158.

STETTLER, M. E. J., EASTHAM, S., BARRETT, S. R. H. “Air Quality and Public Health Impacts of UK Airports. Part I: Emissions”. **Atmospheric Environment**. (2011), 45, 5415 – 5424.

SWISS INTERNATIONAL AIR LINES. **Environmental Affairs: Inovation on the Approach**. 2014. Disponível em: <http://www.swiss.com/web/PT/about_swiss/environmental_affairs/environment/Pages/measures.aspx>. Acesso em: 18 mar. 2014.

UNIQUE/FLUGHAFEN ZÜRICH AG. **Aircraft NOx–Emissions within the Operational LTO Cycle**. Disponível em: <http://www.zurich-airport.com/Portaldata/2/Resources/documents_unternehmen/umwelt_und_laerm/Technical_Report_Operational_Aircraft_Emissions_2004.pdf>. Acesso em: 07 out. 2013.

UNITED. **2012 Corporate Responsibility Report**. 2012. Disponível em: <<http://crreport.united.com/environment/climate-change-and-greenhouse-gas-emissions>>. Acesso em: 05 jan 2014.

VEDANTHAM, A., OPPENHEIMER, M. **Aircraft Emissions and the Global Atmosphere**. Pennsylvania/EUA: Penn University, 1994. Disponível em: <http://repository.upenn.edu/library_papers/56>. Acesso em: 25 nov. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide – Summary of Risk Assessment**. 2005. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?ua=1>. Acesso em: 03 abr. 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CÁLCULO DAS EMISSÕES DE CO₂

AZUL LINHAS AÉREAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	864	---	1.697.120
AT72	10	620	6.200
E190	761	1980	1.506.780
E195	93	1980	184.140
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	896	---	1.771.360
AT72	2	620	1.240
E190	630	1980	1.247.400
E195	264	1980	522.720
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1049	---	2.077.020
E190	673	1980	1.332.540
E195	376	1980	744.480
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1021	---	2.021.580
E190	625	1980	1.237.500
E195	396	1980	784.080
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1190	---	2.352.490
AT72	2	620	1.240
E145	1	990	990
E190	649	1980	1.285.020
E195	538	1980	1.065.240
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1096	---	2.170.080
E190	594	1980	1.176.120
E195	502	1980	993.960
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1104	---	2.185.920
E190	605	1980	1.197.900
E195	499	1980	988.020
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1058	---	2.094.840
E190	689	1980	1.364.220
E195	369	1980	730.620
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	986	---	1.952.280
E190	703	1980	1.391.940
E195	283	1980	560.340
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	850	---	1.683.000
E190	685	1980	1.356.300
E195	165	1980	326.700
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	707	---	1.399.860
E190	687	1980	1.360.260
E195	20	1980	39.600
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AZU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	691	---	1.368.180
E190	677	1980	1.340.460
E195	14	1980	27.720

APÊNDICE A – Continuação

GOL LINHAS AÉREAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	4565	---	12.181.900
B737	1590	2460	3.911.400
B738	2975	2780	8.270.500
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	4078	---	10.882.500
B733	3	2480	7.440
B737	1417	2460	3.485.820
B738	2658	2780	7.389.240
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	4120	---	10.997.360
B733	4	2480	9.920
B737	1422	2460	3.498.120
B738	2694	2780	7.489.320
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3935	---	10.519.820
A319	2	2310	4.620
B733	1	2480	2.480
B737	1307	2460	3.215.220
B738	2625	2780	7.297.500
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3923	---	10.484.600
B733	5	2480	12.400
B737	1312	2460	3.227.520
B738	2605	2780	7.241.900
B739	1	2780	2.780
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3684	---	9.838.080
B733	4	2480	9.920
B737	1257	2460	3.092.220
B738	2423	2780	6.735.940
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	4034	---	10.775.860
B733	3	2480	7.440
B737	1368	2460	3.365.280
B738	2663	2780	7.403.140
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3827	---	10.235.860
B737	1260	2460	3.099.600
B738	2567	2780	7.136.260
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3741	---	10.014.080
B733	1	2480	2.480
B737	1205	2460	2.964.300
B738	2535	2780	7.047.300
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3846	---	10.316.280
B737	1252	2480	3.104.960
B738	2594	2780	7.211.320
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3778	---	10.118.560
B733	2	2480	4.960
B737	1199	2460	2.949.540
B738	2577	2780	7.164.060
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	GLO		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3997	---	10.761.900
B737	1093	2460	2.688.780
B738	2904	2780	8.073.120

APÊNDICE A – Continuação

AVIANCA BRASIL

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	372	---	956.198
A318	164	2802	459.528
A319	10	2310	23.100
A320	7	2440	17.080
F100	191	2390	456.490
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	345	---	882.238
A318	139	2802	389.478
A319	1	2310	2.310
A320	10	2440	24.400
F100	195	2390	466.050
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	430	---	1.104.540
A318	185	2802	518.370
A319	1	2310	2.310
A320	14	2440	34.160
F100	230	2390	549.700
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	413	---	1.059.632
A318	176	2802	493.152
A319	5	2310	11.550
A320	9	2440	21.960
F100	223	2390	532.970
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	442	---	1.117.650
A318	150	2802	420.300
A319	11	2310	25.410
A320	7	2440	17.080
F100	274	2390	654.860
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	364	---	944.164
A318	182	2802	509.964
A319	11	2310	25.410
A320	2	2440	4.880
F100	169	2390	403.910
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	442	---	1.192.456
A318	333	2802	933.066
A319	19	2310	43.890
A320	8	2440	19.520
F100	82	2390	195.980
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	444	---	1.185.860
A318	305	2802	854.610
A319	17	2310	39.270
A320	8	2440	19.520
F100	114	2390	272.460
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	499	---	1.314.904
A318	302	2802	846.204
A319	31	2310	71.610
A320	7	2440	17.080
F100	159	2390	380.010
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	507	---	1.340.358
A318	309	2802	865.818
A319	11	2310	25.410
A320	44	2440	107.360
F100	143	2390	341.770

APÊNDICE A – Continuação

NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	652	---	1.695.360
A318	320	2802	896.640
A319	12	2310	27.720
A320	124	2440	302.560
F100	196	2390	468.440
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	ONE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	755	---	1.946.610
A318	325	2802	910.650
A319	13	2310	30.030
A320	186	2440	453.840
F100	231	2390	552.090

PASSAREDO TRANSPORTES AÉREOS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	108	---	106.920
E145	108	990	106.920
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	102	---	100.980
E145	102	990	100.980
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	106	---	104.940
E145	106	990	104.940
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	96	---	95.040
E145	96	990	95.040
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	108	---	106.920
E145	108	990	106.920
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	97	---	96.030
E145	97	990	96.030
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	107	---	75.960
AT72	81	620	50.220
E145	26	990	25.740
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	107	---	67.080
AT72	105	620	65.100
E145	2	990	1.980
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	96	---	60.630
AT72	93	620	57.660
E145	3	990	2.970
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	98	---	60.760
AT72	98	620	60.760
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	97	---	60.140
AT72	97	620	60.140
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	PTB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	137	---	84.940
AT72	137	620	84.940

APÊNDICE A – Continuação

PANTANAL LINHAS AÉREAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	25	---	61.000
A320	25	2440	61.000
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	25	---	61.000
A320	25	2440	61.000
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	63.440
A320	26	2440	63.440
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	77	---	185.410
A319	19	2310	43.890
A320	58	2440	141.520
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	87	---	208.770
A319	27	2310	62.370
A320	60	2440	146.400
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	82	---	196.960
A319	24	2310	55.440
A320	58	2440	141.520
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	88	---	211.340
A319	26	2310	60.060
A320	62	2440	151.280
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	83	---	199.140
A319	26	2310	60.060
A320	57	2440	139.080
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	77	---	185.020
A319	22	2310	50.820
A320	55	2440	134.200
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	82	---	196.570
A319	27	2310	62.370
A320	55	2440	134.200
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	78	---	187.460
A319	22	2310	50.820
A320	56	2440	136.640
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	PTN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	78	---	187.200
A319	24	2310	55.440
A320	54	2440	131.760

APÊNDICE A – Continuação

TAM LINHAS AÉREAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	4354	---	12.082.910
A319	361	2310	833.910
A320	3644	2440	8.891.360
A321	3	3020	9.060
A330	60	7050	423.000
A332	223	7050	1.572.150
B763	63	5610	353.430
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3980	---	11.124.362
A319	282	2310	651.420
A320	3364	2440	8.208.160
A321	4	3020	12.080
A330	57	7050	401.850
A332	213	7050	1.501.650
A345	2	10666	21.332
B763	57	5610	319.770
B77W	1	8100	8.100
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	4029	---	11.297.100
A319	299	2310	690.690
A320	3382	2440	8.252.080
A321	1	3020	3.020
A330	63	7050	444.150
A332	218	7050	1.536.900
B763	66	5610	370.260
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3980	---	11.157.540
A319	272	2310	628.320
A320	3365	2440	8.210.600
A321	2	3020	6.040
A330	69	7050	486.450
A332	211	7050	1.487.550
B763	60	5610	336.600
E190	1	1980	1.980
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3940	---	11.098.010
A319	302	2310	697.620
A320	3282	2440	8.008.080
A321	7	3020	21.140
A330	95	7050	669.750
A332	192	7050	1.353.600
B763	62	5610	347.820
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3849	---	10.809.420
A319	293	2310	676.830
A320	3218	2440	7.851.920
A321	5	3020	15.100
A330	91	7050	641.550
A332	185	7050	1.304.250
B763	57	5610	319.770

APÊNDICE A – Continuação

TAM LINHAS AÉREAS – Cont.

JULHO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	4335	---	12.124.770
A319	312	2310	720.720
A320	3651	2440	8.908.440
A321	9	3020	27.180
A330	79	7050	556.950
A332	221	7050	1.558.050
B763	63	5610	353.430
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3877	---	10.962.950
A319	250	2310	577.500
A320	3248	2440	7.925.120
A321	30	3020	90.600
A330	94	7050	662.700
A332	192	7050	1.353.600
B763	63	5610	353.430
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3709	---	10.576.830
A319	280	2310	646.800
A320	3032	2440	7.398.080
A321	47	3020	141.940
A330	90	7050	634.500
A332	201	7050	1.417.050
B763	56	5610	314.160
B77W	3	8100	24.300
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3774	---	10.729.770
A319	322	2310	743.820
A320	3036	2440	7.407.840
A321	63	3020	190.260
A330	89	7050	627.450
A332	194	7050	1.367.700
B763	70	5610	392.700
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	3780	---	10.999.890
A319	326	2310	753.060
A320	2993	2440	7.302.920
A321	62	3020	187.240
A330	83	7050	585.150
A332	270	7050	1.903.500
B763	42	5610	235.620
B773	1	8100	8.100
B77W	3	8100	24.300
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TAM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	4067	---	11.837.370
A319	328	2310	757.680
A320	3240	2440	7.905.600
A321	66	3020	199.320
A330	43	7050	303.150
A332	329	7050	2.319.450
B763	57	5610	319.770
B777	1	8100	8.100
B77W	3	8100	24.300

TRIP LINHAS AÉREAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	64	---	59.010
AT43	4	620	2.480
AT45	1	620	620
AT72	43	620	26.660
E170	5	1575	7.875
E175	1	1575	1.575
E190	10	1980	19.800
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	31.505
AT43	2	620	1.240
AT72	38	620	23.560
E170	3	1575	4.725
E190	1	1980	1.980
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	61	---	54.140
AT43	1	620	620
AT72	48	620	29.760
E190	12	1980	23.760
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	49	---	40.450
AT43	2	620	1.240
AT72	39	620	24.180
E170	1	1575	1.575
E175	1	1575	1.575
E190	6	1980	11.880
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	51	---	37.060
AT43	3	620	1.860
AT72	44	620	27.280
E190	4	1980	7.920
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	37	---	31.100
AT72	31	620	19.220
E190	6	1980	11.880
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	54	---	43.000
AT43	3	620	1.860
AT72	44	620	27.280
E190	7	1980	13.860
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	48	---	32.480
AT72	46	620	28.520
E190	2	1980	3.960
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	57	---	53.020
AT42	2	620	1.240
AT43	3	620	1.860
AT72	39	620	24.180
E190	13	1980	25.740
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	29.190
AT72	42	620	26.040
E170	2	1575	3.150
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	189	---	162.755
AT43	112	620	69.440
AT72	42	620	26.040
E170	5	1575	7.875
E190	30	1980	59.400
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TIB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	264	---	191.835
AT43	161	620	99.820
AT45	45	620	27.900
AT72	37	620	22.940
E170	1	1575	1.575
E190	19	1980	37.620
E195	1	1980	1.980

APÊNDICE A – Continuação

WEBJET LINHAS AÉREAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1124	---	2.837.110
A319	1	2310	2.310
B733	955	2480	2.368.400
B737	2	2460	4.920
B738	166	2780	461.480
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1013	---	2.595.920
B733	733	2480	1.817.840
B737	1	2460	2.460
B738	279	2780	775.620
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	1080	---	2.771.860
A320	1	2440	2.440
B733	762	2480	1.889.760
B737	5	2460	12.300
B738	312	2780	867.360
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	929	---	2.365.060
B733	722	2480	1.790.560
B737	3	2460	7.380
B738	204	2780	567.120
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	969	---	2.496.080
B733	657	2480	1.629.360
B737	2	2460	4.920
B738	310	2780	861.800
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	890	---	2.310.880
B733	538	2480	1.334.240
B737	6	2460	14.760
B738	346	2780	961.880
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	982	---	2.468.140
B733	537	2480	1.331.760
B737	2	2460	4.920
B738	407	2780	1.131.460
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	951	---	2.479.060
B733	548	2480	1.359.040
B737	1	2460	2.460
B738	402	2780	1.117.560
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	824	---	2.173.700
B733	389	2480	964.720
B737	1	2460	2.460
B738	434	2780	1.206.520
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	779	---	2.068.380
B733	322	2480	798.560
B737	2	2460	4.920
B738	455	2780	1.264.900
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	385	---	1.042.700
B733	92	2480	228.160
B738	293	2780	814.540
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	WEB		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	2	---	4.960
B733	2	2480	4.960

APÊNDICE A – Continuação

AMERICAN AIRLINES

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	186	---	1.195.350
B763	125	5610	701.250
B772	61	8100	494.100
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	172	---	1.109.340
B763	114	5610	639.540
B772	58	8100	469.800
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	176	---	1.141.740
B763	114	5610	639.540
B772	62	8100	502.200
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	142	---	811.560
B763	136	5610	762.960
B772	6	8100	48.600
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	150	---	841.500
B763	150	5610	841.500
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	144	---	820.290
B763	139	5610	779.790
B772	5	8100	40.500
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	150	---	841.500
B763	150	5610	841.500
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	149	---	840.870
B763	147	5610	824.670
B772	2	8100	16.200
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	145	---	813.450
B763	145	5610	813.450
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	143	---	802.230
B763	143	5610	802.230
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	169	---	948.090
B763	169	5610	948.090
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	214	---	1.197.570
B762	3	4620	13.860
B763	211	5610	1.183.710

APÊNDICE A – Continuação

DELTA AIRLINES

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	66	---	368.100
A333	2	7050	14.100
B763	8	5610	44.880
B764	56	5520	309.120
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	57	---	315.270
B763	7	5610	39.270
B764	50	5520	276.000
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	63	---	348.480
B762	1	4620	4.620
B763	18	5610	100.980
B764	44	5520	242.880
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	59	---	330.990
B763	59	5610	330.990
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	64	---	359.040
B763	64	5610	359.040
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	58	---	325.380
B763	58	5610	325.380
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	347.820
B763	62	5610	347.820
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	347.820
B763	62	5610	347.820
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	60	---	336.600
B763	60	5610	336.600
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	347.100
B763	54	5610	302.940
B764	8	5520	44.160
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	60	---	331.200
B764	60	5520	331.200
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	DAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	63	---	347.760
B764	63	5520	347.760

APÊNDICE A – Continuação

UNITED AIRLINES

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	122	---	828.240
B764	62	5520	342.240
B772	60	8100	486.000
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	114	---	773.850
B763	1	5610	5.610
B764	57	5520	314.640
B772	56	8100	453.600
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	865.080
B764	54	5520	298.080
B772	70	8100	567.000
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	120	---	848.160
B764	48	5520	264.960
B772	72	8100	583.200
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	120	---	832.680
B764	54	5520	298.080
B772	65	8100	526.500
B777	1	8100	8.100
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	110	---	754.260
B764	53	5520	292.560
B772	57	8100	461.700
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	844.440
B764	62	5520	342.240
B772	62	8100	502.200
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	122	---	833.400
B764	60	5520	331.200
B772	62	8100	502.200
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	118	---	821.640
B764	52	5520	287.040
B772	66	8100	534.600
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	865.080
B764	54	5520	298.080
B772	70	8100	567.000
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	120	---	837.840
B764	52	5520	287.040
B772	68	8100	550.800
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	UAL		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	117	---	805.800
B764	55	5520	303.600
B772	62	8100	502.200

APÊNDICE A – Continuação

US AIRWAYS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	286.440
B762	62	4620	286.440
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	59	---	272.580
B762	59	4620	272.580
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	59	---	272.580
B762	59	4620	272.580
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	59	---	272.580
B762	59	4620	272.580
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	63	---	291.060
B762	63	4620	291.060
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	60	---	277.200
B762	60	4620	277.200
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	286.440
B762	62	4620	286.440
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	60	---	277.200
B762	60	4620	277.200
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	60	---	277.200
B762	60	4620	277.200
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	305.880
A332	8	7050	56.400
B762	54	4620	249.480
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	61	---	430.050
A332	59	7050	415.950
A333	2	7050	14.100
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AWE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	63	---	444.150
A332	62	7050	437.100
A333	1	7050	7.050

APÊNDICE A – Continuação

AEROLINEAS ARGENTINAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	229	---	598.010
A342	5	5890	29.450
A343	3	6380	19.140
B737	213	2460	523.980
MD83	1	3180	3.180
MD88	7	3180	22.260
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	229	---	622.340
A342	4	5890	23.560
B737	156	2460	383.760
B738	10	2780	27.800
B739	1	2780	2.780
MD83	4	3180	12.720
MD88	54	3180	171.720
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	188	---	485.920
A342	2	5890	11.780
A343	2	6380	12.760
B735	1	2480	2.480
B737	157	2460	386.220
B738	25	2780	69.500
MD88	1	3180	3.180
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	165	---	407.500
B737	160	2460	393.600
B738	5	2780	13.900
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	153	---	376.380
B737	153	2460	376.380
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	152	---	380.930
A343	2	6380	12.760
B737	147	2460	361.620
B738	2	2780	5.560
E190	1	990	990
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	154	---	377.650
B732	1	2740	2.740
B737	152	2460	373.920
E190	1	990	990
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	69	---	17.6110
A343	2	6380	12.760
B737	66	2460	162.360
E190	1	990	990
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	158	---	388.680
B737	158	2460	388.680
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	155	---	382.580
B737	151	2460	371.460
B738	4	2780	11.120
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	158	---	389.960
B737	154	2460	378.840
B738	4	2780	11.120
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	ARG		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	198	---	495.880
A343	2	6380	12.760
B737	193	2460	474.780
B738	3	2780	8.340

APÊNDICE A – Continuação

AVIANCA

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	60.060
A319	26	2310	60.060
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	28	---	64.940
A319	26	2310	60.060
A320	2	2440	4.880
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	60.060
A319	26	2310	60.060
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	60.190
A319	25	2310	57.750
A320	1	2440	2.440
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	25	---	57.750
A319	25	2310	57.750
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	27	---	62.370
A319	27	2310	62.370
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	45	---	103.950
A319	45	2310	103.950
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	101.640
A319	44	2310	101.640
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	101.640
A319	44	2310	101.640
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	101.640
A319	44	2310	101.640
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	42	---	97.020
A319	42	2310	97.020
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	AVA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	51	---	117.940
A319	50	2310	115.500
A320	1	2440	2.440

APÊNDICE A – Continuação

COPA AIRLINES

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	123	---	306.420
B737	111	2460	273.060
B738	12	2780	33.360
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	116	---	287.280
B737	110	2460	270.600
B738	6	2780	16.680
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	125	---	308.780
B737	121	2460	297.660
B738	4	2780	11.120
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	122	---	304.600
B737	108	2460	265.680
B738	14	2780	38.920
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	308.880
B737	112	2460	275.520
B738	12	2780	33.360
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	118	---	294.120
B737	106	2460	260.760
B738	12	2780	33.360
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	123	---	317.300
B737	77	2460	189.420
B738	46	2780	127.880
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	125	---	308.460
B737	122	2460	300.120
B738	3	2780	8.340
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	122	---	319.000
B737	63	2460	154.980
B738	59	2780	164.020
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	325.520
B737	60	2460	147.600
B738	64	2780	177.920
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	120	---	331.040
B737	8	2460	19.680
B738	112	2780	311.360
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	CMP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	123	---	337.300
B737	12	2460	29.520
B738	110	2780	305.800
E190	1	1980	1.980

APÊNDICE A – Continuação

LAN AIRLINES

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	188	---	649.140
A319	23	2310	53.130
A320	103	2440	251.320
B737	1	2480	2.480
B763	61	5610	342.210
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	179	---	626.930
A319	49	2310	113.190
A320	68	2440	165.920
B763	62	5610	347.820
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	147	---	547.290
A319	61	2310	140.910
A320	24	2440	58.560
B763	62	5610	347.820
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	133	---	496.980
A319	2	2310	4.620
A320	77	2440	187.880
A343	2	6380	12.760
B763	52	5610	291.720
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	129	---	451.800
A320	84	2440	204.960
B763	44	5610	246.840
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	130	---	501.570
A319	2	2310	4.620
A320	70	2440	170.800
A343	1	6380	6.380
B763	57	5610	319.770
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	134	---	343.480
A319	68	2310	157.080
A320	58	2440	141.520
B763	8	5610	44.880
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	123	---	294.920
A319	40	2310	92.400
A320	83	2440	202.520
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	122	---	294.820
A319	22	2310	50.820
A320	100	2440	244.000
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	305.780
A319	24	2310	55.440
A320	98	2440	239.120
B763	2	5610	11.220
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	119	---	283.470
A319	53	2310	122.430
A320	66	2440	161.040
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	LAN		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	301.820
A319	36	2310	83.160
A320	87	2440	212.280
A343	1	6380	6.380

APÊNDICE A – Continuação

PLUNA LÍNEAS AEREAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	PUA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	162	---	254.178
CRJ9	162	1569	254.178
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	PUA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	137	---	214.953
CRJ9	137	1569	214.953
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	PUA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	144	---	225.936
CRJ9	144	1569	225.936
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	PUA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	141	---	221.229
CRJ9	141	1569	221.229
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	PUA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	128	---	200.832
CRJ9	128	1569	200.832
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	PUA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	194.556
CRJ9	124	1569	194.556
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	PUA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	13	---	20.397
CRJ9	13	1569	20.397

APÊNDICE A – Continuação

TACA PERU

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	63	---	152.810
A319	7	2310	16.170
A320	56	2440	136.640
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	58	---	141.390
A319	1	2310	2.310
A320	57	2440	139.080
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	61	---	148.840
A320	61	2440	148.840
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	151.020
A319	2	2310	4.620
A320	60	2440	146.400
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	153.600
A310	1	4760	4.760
A320	61	2440	148.840
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	54	---	131.630
A319	1	2310	2.310
A320	53	2440	129.320
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	151.020
A319	2	2310	4.620
A320	60	2440	146.400
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	151.150
A319	1	2310	2.310
A320	61	2440	148.840
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	61	---	148.840
A320	61	2440	148.840
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	151.280
A320	62	2440	151.280
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	58	---	141.260
A319	2	2310	4.620
A320	56	2440	136.640
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	TPU		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	63	---	150.760
A319	4	2310	9.240
A320	58	2440	141.520

APÊNDICE A – Continuação

AIR FRANCE

JANEIRO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	123	---	928.900
A332	56	7050	394.800
A343	5	6380	31.900
B772	2	8100	16.200
B77W	60	8100	486.000
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	106	---	806.100
A332	50	7050	352.500
B77W	56	8100	453.600
MARCO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	122	---	926.250
A332	59	7050	415.950
B772	2	8100	16.200
B77W	61	8100	494.100
ABRIL/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	118	---	894.900
A332	58	7050	408.900
B77W	60	8100	486.000
MAIO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	120	---	911.100
A332	58	7050	408.900
B77W	62	8100	502.200
JUNHO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	121	---	1.054.160
A330	1	5450	5.450
A332	37	7050	260.850
B744	54	10240	552.960
B772	6	8100	48.600
B77W	23	8100	186.300
JULHO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	126	---	1.088.180
A332	62	7050	437.100
B744	62	10240	634.880
B772	2	8100	16.200
AGOSTO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	120	---	1.045.630
A332	55	7050	387.750
A343	2	6380	12.760
B744	63	10240	645.120
SETEMBRO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	120	---	1.037.400
A332	60	7050	423.000
B744	60	10240	614.400
OUTUBRO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	126	---	1.089.270
A332	63	7050	444.150
B744	63	10240	645.120
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	112	---	981.000
A332	52	7050	366.600
B744	60	10240	614.400
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO2	AFR		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	137	---	1.166.820
A332	74	7050	521.700
B744	63	10240	645.120

APÊNDICE A – Continuação

ALITALIA

JANEIRO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	46	---	326.400
A332	44	7050	310.200
B772	2	8100	16.200
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	46	---	324.300
A332	46	7050	324.300
MARÇO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	310.200
A332	44	7050	310.200
ABRIL/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	42	---	296.100
A332	42	7050	296.100
MAIO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	45	---	317.250
A332	45	7050	317.250
JUNHO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	310.200
A332	44	7050	310.200
JULHO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	45	---	319.350
A332	43	7050	303.150
B772	2	8100	16.200
AGOSTO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	310.200
A332	44	7050	310.200
SETEMBRO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	46	---	326.400
A332	44	7050	310.200
B772	2	8100	16.200
OUTUBRO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	42	---	296.100
A332	42	7050	296.100
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	44	---	310.200
A332	44	7050	310.200
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO2	AZA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	49	---	345.450
A332	49	7050	345.450

APÊNDICE A – Continuação

BRITISH AIRWAYS

JANEIRO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	421.200
B772	52	8100	421.200
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	50	---	405.000
B772	50	8100	405.000
MARÇO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	55	---	445.500
B772	55	8100	445.500
ABRIL/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	421.200
B772	52	8100	421.200
MAIO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	421.200
B772	52	8100	421.200
JUNHO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	421.200
B772	52	8100	421.200
JULHO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	421.200
B772	52	8100	421.200
AGOSTO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	54	---	437.400
B772	54	8100	437.400
SETEMBRO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	421.200
B772	52	8100	421.200
OUTUBRO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	421.200
B772	52	8100	421.200
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	48	---	388.800
B772	48	8100	388.800
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO2	BAW		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	50	---	405.000
B772	50	8100	405.000

APÊNDICE A – Continuação

LUFTHANSA

JANEIRO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	43	---	274.340
A343	43	6380	274.340
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	42	---	267.960
A343	42	6380	267.960
MARÇO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	49	---	312.620
A343	49	6380	312.620
ABRIL/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	53	---	338.140
A343	53	6380	338.140
MAIO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	331.760
A343	52	6380	331.760
JUNHO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	331.760
A343	52	6380	331.760
JULHO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	54	---	344.520
A343	54	6380	344.520
AGOSTO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	53	---	338.140
A343	53	6380	338.140
SETEMBRO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	50	---	319.000
A343	50	6380	319.000
OUTUBRO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	331.760
A343	52	6380	331.760
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	60	---	399.920
A343	56	6380	357.280
A346	4	10660	42.640
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO2	DLH		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	55	---	350.900
A343	55	6380	350.900

APÊNDICE A – Continuação

IBÉRIA LINEAS AEREAS

JANEIRO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	536.800
A343	29	6380	185.020
A346	33	10660	351.780
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	58	---	481.320
A343	32	6380	204.160
A346	26	10660	277.160
MARÇO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	55	---	363.740
A343	52	6380	331.760
A346	3	10660	31.980
ABRIL/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	50	---	374.640
A343	37	6380	236.060
A346	13	10660	138.580
MAIO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	62	---	421.240
A343	56	6380	357.280
A346	6	10660	63.960
JUNHO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	52	---	460.160
A343	22	6380	140.360
A346	30	10660	319.800
JULHO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	56	---	519.920
A343	18	6380	114.840
A346	38	10660	405.080
AGOSTO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	56	---	421.480
A343	41	6380	261.580
A346	15	10660	159.900
SETEMBRO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	55	---	453.620
A343	31	6380	197.780
A346	24	10660	255.840
OUTUBRO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	60	---	498.360
A343	33	6380	210.540
A346	27	10660	287.820
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	53	---	440.860
A343	29	6380	185.020
A346	24	10660	255.840
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO2	IBE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	48	---	349.040
A343	38	6380	242.440
A346	10	10660	106.600

APÊNDICE A – Continuação

KLM

JANEIRO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	27	---	218.700
B772	27	8100	218.700
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	210.600
B772	24	8100	194.400
B77W	2	8100	16.200
MARÇO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	32	---	259.200
B772	28	8100	226.800
B77W	4	8100	32.400
ABRIL/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	25	---	202.500
B772	25	8100	202.500
MAIO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	28	---	226.800
B772	28	8100	226.800
JUNHO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	210.600
B772	26	8100	210.600
JULHO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	210.600
B772	24	8100	194.400
B77W	2	8100	16.200
AGOSTO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	210.600
B772	26	8100	210.600
SETEMBRO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	210.600
B772	26	8100	210.600
OUTUBRO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	28	---	226.800
B772	28	8100	226.800
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	34	---	275.400
B772	34	8100	275.400
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO2	KLM		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	35	---	283.500
B772	35	8100	283.500

APÊNDICE A – Continuação

TAP AIR PORTUGAL

JANEIRO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	106	---	725.860
A332	74	7050	521.700
A343	32	6380	204.160
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	100	---	687.580
A332	74	7050	521.700
A343	26	6380	165.880
MARÇO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	108	---	754.700
A332	98	7050	690.900
A343	10	6380	63.800
ABRIL/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	110	---	764.780
A332	94	7050	662.700
A343	16	6380	102.080
MAIO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	114	---	778.240
A332	76	7050	535.800
A343	38	6380	242.440
JUNHO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	122	---	824.240
A332	78	7050	549.900
A343	43	6380	274.340
JULHO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	135	---	919.590
A332	87	7050	613.350
A343	48	6380	306.240
AGOSTO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	135	---	928.300
A332	100	7050	705.000
A343	35	6380	223.300
SETEMBRO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	850.750
A332	89	7050	627.450
A343	35	6380	223.300
OUTUBRO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	122	---	835.980
A332	86	7050	606.300
A343	36	6380	229.680
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	104	---	715.110
A332	77	7050	542.850
A343	27	6380	172.260
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO2	TAP		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	105	---	736.230
A332	99	7050	697.950
A343	6	6380	38.280

APÊNDICE A – Continuação

TAAG LINHAS AÉREAS DE ANGOLA

JANEIRO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	213.580
B743	1	11080	11.080
B772	2	8100	16.200
B773	22	8100	178.200
B77W	1	8100	8.100
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	24	---	194.400
B772	6	8100	48.600
B773	18	8100	145.800
MARÇO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	213.580
B743	1	11080	11.080
B772	1	8100	8.100
B773	22	8100	178.200
B77W	2	8100	16.200
ABRIL/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	213.580
B743	1	11080	11.080
B772	8	8100	64.800
B773	17	8100	137.700
MAIO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	29	---	237.880
B743	1	11080	11.080
B772	13	8100	105.300
B773	15	8100	121.500
JUNHO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	24	---	194.400
B772	20	8100	162.000
B773	4	8100	32.400
JULHO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	28	---	226.800
B772	26	8100	210.600
B773	1	8100	8.100
B77W	1	8100	8.100
AGOSTO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	210.600
B772	24	8100	194.400
B773	2	8100	16.200
SETEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	26	---	213.580
B743	1	11080	11.080
B772	20	8100	162.000
B773	5	8100	40.500
OUTUBRO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	27	---	218.700
B772	24	8100	194.400
B773	2	8100	16.200
B77W	1	8100	8.100
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	22	---	178.200
B772	18	8100	145.800
B773	4	8100	32.400
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO ₂	DTA		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	24	---	194.400
B772	10	8100	81.000
B773	7	8100	56.700
B77W	7	8100	56.700

APÊNDICE A – Continuação

EMIRATES AIRLINES

JANEIRO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	115	---	931.500
B77W	115	8100	931.500
FEVEREIRO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	116	---	939.600
B77W	116	8100	939.600
MARÇO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	125	---	1.012.500
B77W	125	8100	1.012.500
ABRIL/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	121	---	980.100
B77W	121	8100	980.100
MAIO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	125	---	1.012.500
B77W	125	8100	1.012.500
JUNHO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	118	---	955.800
B77W	118	8100	955.800
JULHO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	124	---	1.004.400
B77W	124	8100	1.004.400
AGOSTO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	125	---	1.012.500
B77L	4	8100	32.400
B77W	121	8100	980.100
SETEMBRO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	119	---	963.900
B77L	6	8100	48.600
B77W	113	8100	915.300
OUTUBRO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	125	---	1.012.500
B77W	125	8100	1.012.500
NOVEMBRO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	121	---	980.100
B77W	121	8100	980.100
DEZEMBRO/2012			
Emissão CO2	UAE		
Equipamento	Total LTO	Fatores de Emissão (FE) Kg/LTO	Total de Emissões
Total	126	---	1.020.600
B77L	120	8100	972.000
B77W	6	8100	48.600

Fonte: o autor

APÊNDICE B – MODELO DE AERONAVES

Fabricante	Código ICAO	Nome do Modelo da Aeronave	WTC
AIR BUS	A310	Airbus A310	H
	A318	Airbus A318	M
	A319	Airbus A319	M
	A320	Airbus A320	M
	A321	Airbus A321	M
	A330	Airbus A330	H
	A332	Airbus A330-200	H
	A333	Airbus A330-300	H
	A342	Airbus A340-200	H
	A343	Airbus A340-300	H
	A345	Airbus A340-500	H
	A346	Airbus A340-600	H
	A380	Airbus A380	H
BOEING	B732	Boeing 737-200	M
	B733	Boeing 737-300	M
	B735	Boeing 737-500	M
	B737	Boeing 737-700	M
	B738	Boeing 737-800	M
	B739	Boeing 737-900	M
	B743	Boeing 747-300	H
	B744	Boeing 747-400	H
	B762	Boeing 767-200	H
	B763	Boeing 767-300	H
	B764	Boeing 767-400	H
	B772	Boeing 777-200	H
	B77L	Boeing 777-200LR	H
	B773	Boeing 777-300	H
	B777	Boeing 777-700	H
	B77W	Boeing 777-300ER	H
BOMBARDIER	CRJ9	Bombardier CRJ-900	M
EMBRAER	E145	Embraer ERJ-145	M
	E170	Embraer 170-100	M
	E175	Embraer 170-200	M
	E190	Embraer 190-100	M
	E195	Embraer 190-200	M
FOKKER	F100	Fokker 100	M
MD	MD83	McDonnell Douglas MD-83	M
	MD88	McDonnell Douglas MD-88	M
ATR	AT43	Alenia ATR 42-300/320	M
	AT45	Alenia ATR 42-500	M
	AT72	Alenia ATR 72	M

ANEXOS

ANEXO A – FATORES DE EMISSÃO DURANTE CICLO DE LTO

TABLE 3.6.9 LTO EMISSION FACTORS FOR TYPICAL AIRCRAFT									
	AIRCRAFT	LTO emissions factors (kg/LTO) ⁽¹⁾							LTO FUEL CONSUMPTION (kg/LTO)
		CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NO _x	CO	NM _{VOC} ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
Large Commercial Aircraft ⁽¹⁾⁽²⁾	A300	5450	0.12	0.2	25.86	14.80	1.12	1.72	1720
	A310	4760	0.63	0.2	19.46	28.30	5.67	1.51	1510
	A319	2310	0.06	0.1	8.73	6.35	0.54	0.73	730
	A320	2440	0.06	0.1	9.01	6.19	0.51	0.77	770
	A321	3020	0.14	0.1	16.72	7.55	1.27	0.96	960
	A330-200/300	7050	0.13	0.2	35.57	16.20	1.15	2.23	2230
	A340-200	5890	0.42	0.2	28.31	26.19	3.78	1.86	1860
	A340-300	6380	0.39	0.2	34.81	25.23	3.51	2.02	2020
	A340-500/600	10660	0.01	0.3	64.45	15.31	0.13	3.37	3370
	707	5890	9.75	0.2	10.96	92.37	87.71	1.86	1860
	717	2140	0.01	0.1	6.68	6.78	0.05	0.68	680
	727-100	3970	0.69	0.1	9.23	24.44	6.25	1.26	1260
	727-200	4610	0.81	0.1	11.97	27.16	7.32	1.46	1460
	737-100/200	2740	0.45	0.1	6.74	16.04	4.06	0.87	870
	737-300/400/500	2480	0.08	0.1	7.19	13.03	0.75	0.78	780
	737-600	2280	0.10	0.1	7.66	8.65	0.91	0.72	720
	737-700	2460	0.09	0.1	9.12	8.00	0.78	0.78	780
	737-800/900	2780	0.07	0.1	12.30	7.07	0.65	0.88	880
	747-100	10140	4.84	0.3	49.17	114.59	43.59	3.21	3210
	747-200	11370	1.82	0.4	49.52	79.78	16.41	3.60	3600
	747-300	11080	0.27	0.4	65.00	17.84	2.46	3.51	3510
	747-400	10240	0.22	0.3	42.88	26.72	2.02	3.24	3240
	757-200	4320	0.02	0.1	23.43	8.08	0.20	1.37	1370
	757-300	4630	0.01	0.1	17.85	11.62	0.10	1.46	1460
	767-200	4620	0.33	0.1	23.76	14.80	2.99	1.46	1460
	767-300	5610	0.12	0.2	28.19	14.47	1.07	1.77	1780
	767-400	5520	0.10	0.2	24.80	12.37	0.88	1.75	1750
	777-200/300	8100	0.07	0.3	52.81	12.76	0.59	2.56	2560
	DC-10	7290	0.24	0.2	35.65	20.59	2.13	2.31	2310
	DC-8-50/60/70	5360	0.15	0.2	15.62	26.31	1.36	1.70	1700
DC-9	2650	0.46	0.1	6.16	16.29	4.17	0.84	840	
L-1011	7300	7.40	0.2	31.64	103.33	66.56	2.31	2310	

ANEXO A – Continuação

TABLE 3.6.9 (CONTINUED)									
LTO EMISSION FACTORS FOR TYPICAL AIRCRAFT									
	AIRCRAFT	LTO emissions factors (kg/LTO) ⁽¹²⁾							LTO FUEL CONSUMPTION (KG/LTO)
		CO ₂ ⁽¹¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NO _x	CO	NM VOC ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
	MD-11	7290	0.24	0.2	35.65	20.59	2.13	2.31	2310
	MD-80	3180	0.19	0.1	11.97	6.46	1.69	1.01	1010
	MD-90	2760	0.01	0.1	10.76	5.53	0.06	0.87	870
	TU-134	2930	1.80	0.1	8.68	27.98	16.19	0.93	930
	TU-154-M	5960	1.32	0.2	12.00	82.88	11.85	1.89	1890
	TU-154-B	7030	11.90	0.2	14.33	143.05	107.13	2.22	2230
Regional Jets	RJ-RJ85	1910	0.13	0.1	4.34	11.21	1.21	0.60	600
	BAE 146	1800	0.14	0.1	4.07	11.18	1.27	0.57	570
	CRJ-100ER	1060	0.06	0.03	2.27	6.70	0.56	0.33	330
	ERJ-145	990	0.06	0.03	2.69	6.18	0.50	0.31	310
	Fokker 100/70/28	2390	0.14	0.1	5.75	13.84	1.29	0.76	760
	BAC111	2520	0.15	0.1	7.40	13.07	1.36	0.80	800
	Domier 328 Jet	870	0.06	0.03	2.99	5.35	0.52	0.27	280
	Gulfstream IV	2160	0.14	0.1	5.63	8.88	1.23	0.68	680
	Gulfstream V	1890	0.03	0.1	5.58	8.42	0.28	0.60	600
	Yak-42M	2880	0.25	0.1	10.66	10.22	2.27	0.91	910
Jets ⁽⁵⁾ (Fn)	Cessna 525/560	1070	0.33	0.03	0.74	34.07	3.01	0.34	340
Turboprops ⁽⁴⁾	Beech King Air ⁽⁵⁾	230	0.06	0.01	0.30	2.97	0.58	0.07	70
	DHC8-100 ⁽⁶⁾	640	0.00	0.02	1.51	2.24	0.00	0.20	200
	ATR72-500 ⁽⁷⁾	620	0.03	0.02	1.82	2.33	0.26	0.20	200

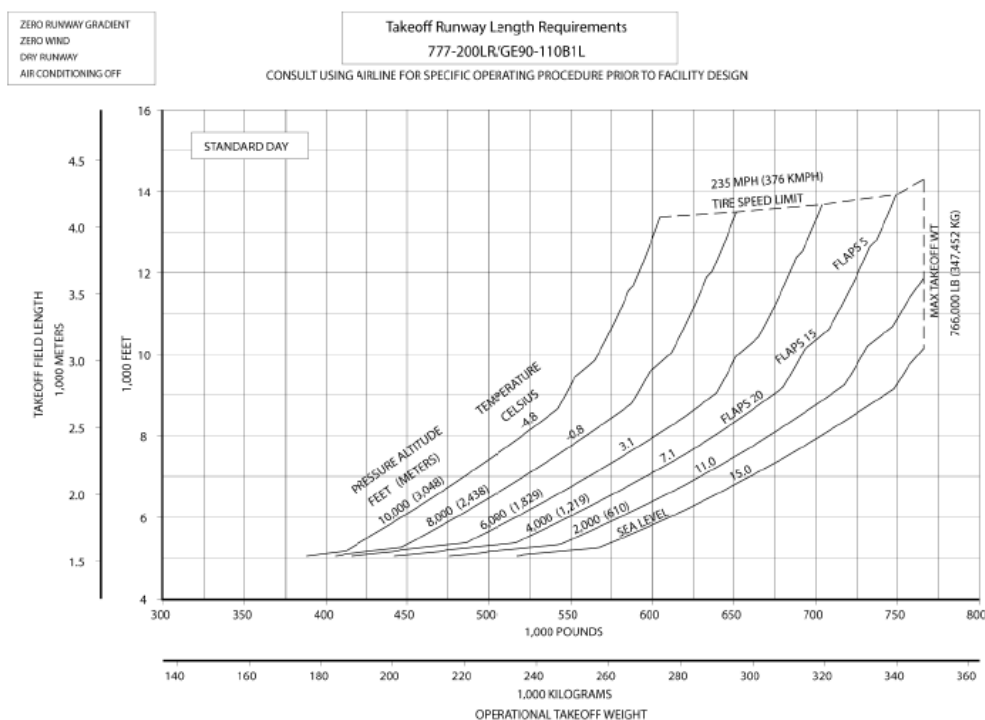
Notes:

- (1) ICAO Engine Exhaust Emissions Data Bank (ICAO, 2004) based on average measured data. Emissions factors apply to LTO (Landing and Take off) only.
- (2) Engine types for each aircraft were selected on a consistent basis of the engine with the most LTOs. This approach, for some engine types, may underestimate (or overestimate) fleet emissions which are not directly related to fuel consumption (eg NO_x, CO, HC).
- (2) Emissions and Dispersion Modelling System (EDMS) (FAA 2004b)
- (4) FOI (The Swedish Defence Research Agency) Turboprop LTO Emissions database
- (5) Representative of Turboprop aircraft with shaft horsepower of up to 1000 shp/engine
- (6) Representative of Turboprop aircraft with shaft horsepower of 1000 to 2000 shp/engine
- (7) Representative of Turboprop aircraft with shaft horsepower of more than 2000 shp/engine
- (8) Assuming 10% of total VOC emissions in LTO cycles are methane emissions (Olivier, 1991) (as in the 1996 IPCC Guidelines).
- (9) Estimates based on Tier I default values (EF ID 11053) (as in the 1996 IPCC Guidelines).
- (10) The sulphur content of the fuel is assumed to be 0.05% (as in the 1996 IPCC Guidelines).
- (11) CO₂ for each aircraft based on 3.16 kg CO₂ produced for each kg fuel used, then rounded to the nearest 10 kg.
- (12) Information regarding the uncertainties associated with this data can be found in: Lister and Norman, 2003; ICAO, 1993.

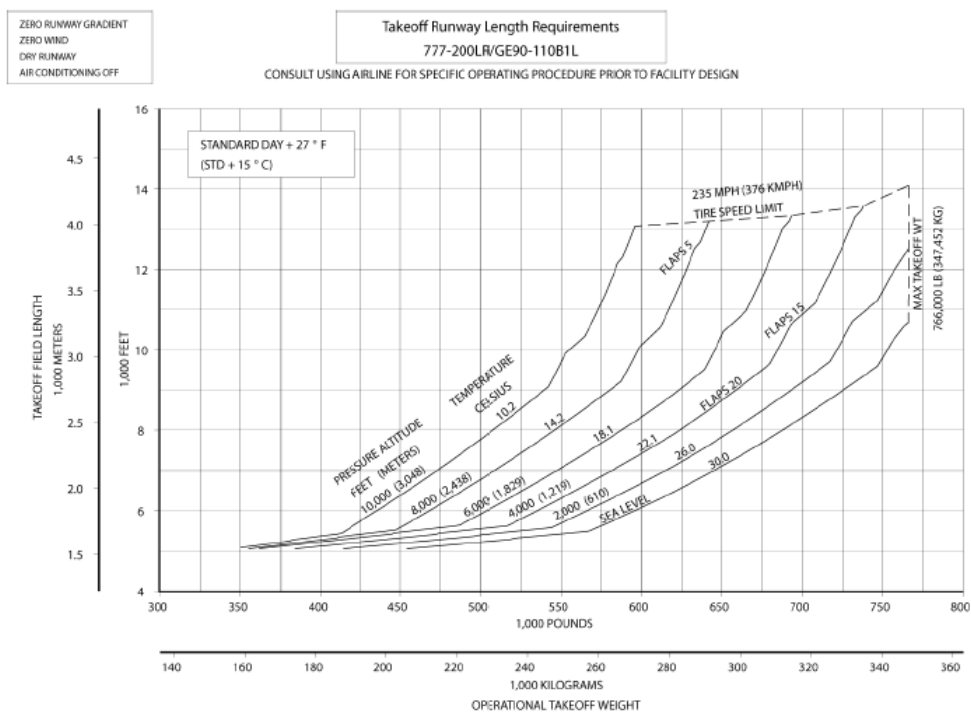
Table prepared in 2005 updates will be available in the Emission Factor Data Base.

Fonte: IPCC, 2006

ANEXO B – GRÁFICO DE DESEMPENHO PARA DECOLAGEM DE AERONAVE BOEING 777

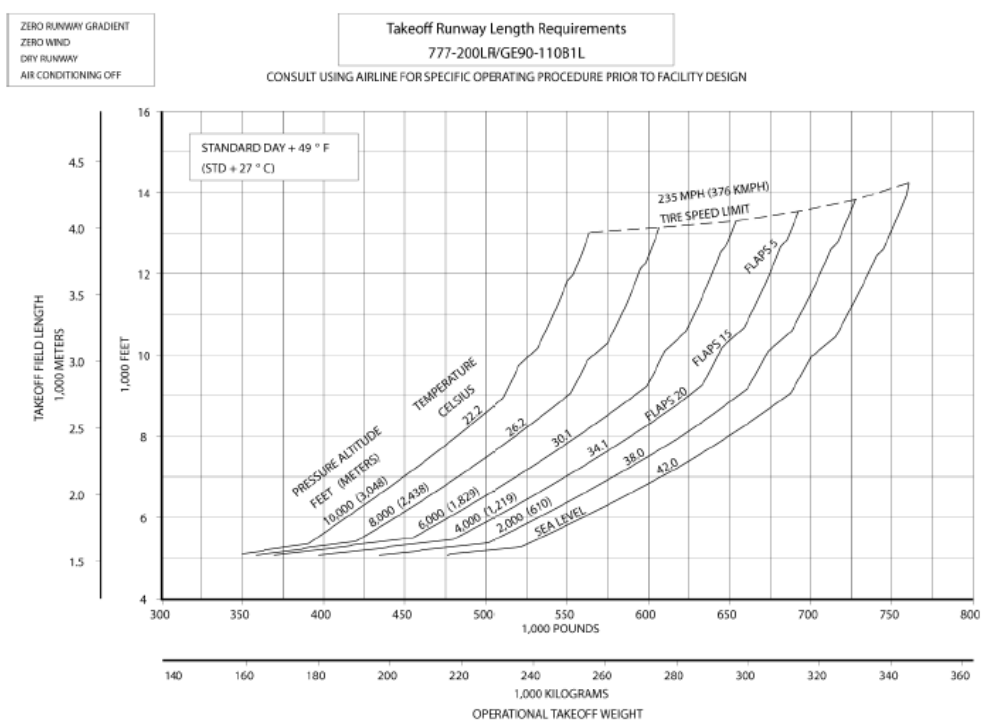


B.1 – Nomograma para comprimento de pista para decolagem; dia padrão
Modelo 777-200LR (Motores GE 90-110B1L)



B.2 – Nomograma para comprimento de pista para decolagem; dia padrão + 27°F (STD + 15°C)
Modelo 777-200LR (Motores GE 90-110B1L)

ANEXO B – Continuação



B.3 – Nomograma para comprimento de pista para decolagem; dia padrão + 49°F (STD + 27°C)
Modelo 777-200LR (Motores GE 90-110B1L)

Fonte: Boeing, 2014.