



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/07.08.05.12-TDI

**ESTIMATIVA DAS EMISSÕES E REMOÇÕES DE
GASES DE EFEITO ESTUFA PRODUZIDAS PELO INPE
EM 2012**

Daniel Alejandro Ordóñez Pachón

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pelo Dr. Carlos Afonso Nobre, aprovada em 28 de maio de 2014.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3GKD8NB>>

INPE
São José dos Campos
2014

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Amauri Silva Montes - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Joaquim José Barroso de Castro - Centro de Tecnologias Espaciais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/07.08.05.12-TDI

**ESTIMATIVA DAS EMISSÕES E REMOÇÕES DE
GASES DE EFEITO ESTUFA PRODUZIDAS PELO INPE
EM 2012**

Daniel Alejandro Ordóñez Pachón

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pelo Dr. Carlos Afonso Nobre, aprovada em 28 de maio de 2014.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3GKD8NB>>

INPE
São José dos Campos
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Ordóñez Pachón, Daniel Alejandro.

P117e Estimativa das emissões e remoções de gases de efeito estufa produzidas pelo INPE em 2012 / Daniel Alejandro Ordóñez Pachón. – São José dos Campos : INPE, 2014.
xxiv + 103 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/07.08.05.12-TDI)

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014.

Orientador : Dr. Carlos Afonso Nobre.

1. Gases de efeito estufa. 2. Inventário de emissões. 3. Pegada de carbono. I.Título.

CDU 551.588.74



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Mestre** em
Meteorologia

Dra. Maria Paulete Pereira Martins



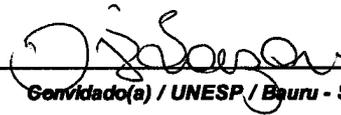
Presidente / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Carlos Afonso Nobre



Orientador(a) / INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dr. Diego Oliveira de Souza



Convidado(a) / UNESP / Bauru - SP

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

Aluno (a): **Daniel Alejandro Ordóñez Pachón**

São José dos Campos, 28 de Maio de 2014

a Miguel

y

a Cembra

AGRADECIMENTOS

São muitos os que fizeram parte desta história, aqueles que me ensinaram sobre meteorologia e sobre a vida, aqueles que gentilmente me ajudaram a conseguir os dados, aqueles que me fizeram crescer com alguma conversa, aqueles que me deram um empurrão no momento preciso, aqueles que simplesmente estiveram prontos para me apoiar, aqueles que me brindaram com sua amizade e carinho e todos aqueles que, cientes ou não, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho. São muitos, não tenho mais senão agradecer e oferecer desculpas por todos aqueles que não aparecem nesta lista.

Vinicius Coimbra, Victoria Márquez, Vanessa Gregório, Úrsula Yamamoto, Theomar Trindade Neves, Thais Vilela, Thais Costa Fernandes, Suzimara Oliveira, Sônia Romanello, Simone Umeno, Silvia Liliana Calderón, Sérgio Lemos de Magalhães, Sandra Sandri, Ruth Marcela de la Concepción Pachón Bautista, Roque Magalhães, Ronaldo Cortes Alves, Roberto Carlos Rodríguez, Renato de Souza Mariano, Ramom Braga, Rafael Puglieri, Rafael Moscom, Patric Mendes, Paola Guevara-Alarab, Nina Lira, Nilson Almeida, Nelson Jesuz Ferreira, Mônica Alves de Vasconcellos, Miška Jandova, Minella Martins, Miguel Ordóñez Costa e sua família materna, Micael Amore Cecchini, Merret Buurman, Marta Eugenia Ordóñez, Mariana Pallota, Maria Paulete Martins, María Paula Ordóñez Pachón, Marcelo Brescancini, Luiz Gustavo Guerreiro Moreira, Luis Francisco Ordóñez Clavijo, Lucía Delgado, Luana Schmidt, Lilian Rezende Escobar, Lia Martins Costa do Amaral, Laura Müller Machado, Julio Pablo Reyes, Julio César Ordóñez, Júlio Bandeira Guerra, Juana Jaramillo, Juan Ceballos, José Sacadura Botte, José Luís Castillo, José Dias, José Agnaldo Pereira Leite Jr, João Paulo Vieira, Jhander Scatolibno Carvalho, Jean Ometto, Javier Gutiérrez García, Ítalo Bruce, Isaac Carvalho Netto, Ian Marins Seixas, Germán David Romero, Gabriela Ayane Chagas Felipe Santiago, Francisco Sotomayor, Francisco Lima, Fernando Gaiofatto, Felipe Soares, Fabrício Kriger Ribeiro, Fábio Bandeira Guerra, Etienne Tourigny, Enio Alberto de León, Eliezer Augusto Litaiff de São Paulo Aguiar, Eduardo Haddad, Edson Fidalgo, Dirceu Herdies, David Pareja Quispe, María Cristina Ordóñez, Claudio Pavani, Cidinha de Andrade Borges, César Andrés Olaya, Celmira Bautista de Medina, Catalina Ordóñez Pachón, Carol Dias, Carol Andrade, Carlos Yomayusa, Carlos Nobre, Carlos Leonardo Ordóñez, Bruno Zanetti, Bruna, Ayantika Dey Choudhury, Anna Christina Heuck, Andrés Camilo Álvarez, Ana Luiza Barquete, Ana Frony, Ana Carolina Paiva, Aline Bilhalba, Alexandra Pedroso Guimarães Trindade Zarlenga, Alexander Peñaranda, Alexander Martínez, Adaiana Gomes.

Bolsa: CAPES

RESUMO

O presente estudo estima as emissões de Gases de Efeito Estufa, produto das atividades relacionadas com o funcionamento do INPE em 2012. Trabalhou-se com as cinco fontes de emissão/remoção mais importantes presentes nas atividades do INPE: duas diretas (Consumo de combustíveis fósseis e sequestro de carbono por projetos de reflorestamento) e três indiretas (Consumo de energia elétrica, deslocamento dos funcionários da casa ao trabalho e deslocamento dos funcionários por via aérea). Foram usados fatores de emissão que indicam a quantidade de CO₂ equivalente emitido por unidade representativa de atividade, os quais foram calculados levando-se em consideração as particularidades do INPE ou foram tomados de fontes que seguem os alinhamentos dados pelo IPCC. Seguindo-se a metodologia dada pelo GHGProtocol, as emissões totais foram de 5.778,1 tCO₂e e, para os próximos 20 anos espera-se uma remoção média anual de 348 tCO₂e graças aos projetos de reflorestamento com os quais o INPE atualmente conta.

ESTIMATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM INPE ACTIVITIES IN 2012

ABSTRACT

This study estimates the Greenhouse Gas Emissions (GHG) related to INPE's activities in 2012. There are considered five main sources of emission/removal of GHG, two of them are direct (consumption of fossil fuels and carbon sequestration by reforestation) and the remaining three are indirect (consumption of electricity, employee commuting and business travel by plane). For the calculation emission factors that indicate the quantity of CO₂ equivalent emitted by a representative unit of activity are used. They have been calculated taking into account the particularities on INPE or have been taken from sources that follow the alignments given by the IPCC. Following the methodology given by GHGProtocol, the results indicate a total emission of 5778.1 tCO₂e and, for the next 20 years, it is expected an annual average removal of 348 tCO₂e due to reforestation projects which INPE is already running.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 – Instalações do INPE no Brasil.	14
Figura 4.1 – Balanço Energético da Terra.....	14
Figura 4.2 – Forçante Radiativa para GEE selecionados entre 1980 e 2000.	21
Figura 5.1 – Categorias de emissões por fontes e remoções por sumidouros.....	27
Figura 5.2 – Mapa identificando a área a ser reflorestada.....	34
Figura 7.1 – Resultado das emissões por consumo de combustíveis em 2012	48
Figura 7.2 – Resultado das emissões por consumo de combustíveis em 2012 discriminado por unidade regional do INPE.....	49
Figura 7.3 – Emissões de GEE devido ao uso de energia no INPE em 2012	56
Figura 7.4 – Fatores mensais de emissão do SIN e consumo elétrico mensal no INPE em 2012.....	56
Figura 7.5 – Emissões de GEE devido ao uso de energia nas diferentes unidades regionais do INPE em 2012	57
Figura 7.6 – Eficiência típica dos voos em termos de emissões de CO ₂ segundo Atmosfair.	65
Figura 7.7 – Emissões por viagens aéreas de funcionários usando diferentes fatores	66
Figura 7.8 – Resultado das emissões por passagens aéreas em 2012 discriminado por voos nacionais e internacionais.....	67
Figura 7.9 – Resultado das emissões por passagens aéreas em 2012 por mês.....	68
Figura 7.10 – Exemplo de um formulário preenchido para a enquete sobre hábitos de deslocamento dos funcionários do INPE;.....	70
Figura 7.11 – Emissões por pessoa devido ao deslocamento da casa ao INPE	73
Figura 7.12 – Diagrama de caixa para os fatores de emissão por pessoa devido ao deslocamento da casa ao INPE	74
Figura 7.13 – Emissões totais por deslocamento da casa ao trabalho em 2012.	75
Figura 7.14 – Comparação entre os resultados de emissões totais por deslocamento da casa ao trabalho em 2012 e 2013	76
Figura 7.15 – Sequestro de carbono por projeto de reflorestamento Mata Nativa.....	77
Figura 7.16 – Emissões do INPE em 2012 por fontes ou sumidouros considerados ...	78
Figura 7.17 – Desequilíbrio entre emissões e remoções de GEE no INPE.....	79
Figura 7.18 – Comparação entre as emissões estimadas de 2008 e 2012.	80

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 4.1 – Principais Gases da Atmosfera.	12
Tabela 4.2 – PAG para os principais GEE	22
Tabela 5.1 – Emissões brasileiras de CO ₂ por setor em 2005 (PAG e PTG).	29
Tabela 6.1 – Instalações regionais do INPE.	43
Tabela 7.1 – Emissões do INPE devido à queima de combustíveis (toneladas).	48
Tabela 7.2 – Fatores de Emissão do SIN para 2012.	54
Tabela 7.3 – Estimativa das emissões mensais de CO ₂ e por uso de energia elétrica. ...	55
Tabela 7.4 – Resultados dos inventários de emissões para algumas empresas e instituições selecionadas.	81

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CFC	-	Clorofluorocarbonetos
CNPq	-	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COP	-	Conferência das Partes
CPTEC	-	Centro de Estudos Climáticos e Previsão do Tempo
CQNUMC	-	Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
DETER	-	Projeto de Detecção do Desmatamento em Tempo Quase Real
ER	-	Eficiência Radiativa
FR	-	Forçante Radiativa ou Forçamento Radiativo
GEE	-	Gases de Efeito Estufa
GHGProtocol	-	<i>Greenhouse Gas Protocol</i>
GOCNAE	-	Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais
EPA	-	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
HFC	-	Hidrofluorocarbonetos
IEGEE	-	Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa
IAI	-	<i>Inter-American Institute for Global Change Research</i>
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	-	Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas
ISO	-	Organização Internacional para Padronização
MC	-	Margem de Construção
MCA	-	Mudanças Climáticas Antrópicas
MCTI	-	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	-	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MDL	-	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	-	Ministério de Médio Ambiente

MME	-	Ministério de Minas e Energia
MO	-	Margem de Operação
OMM	-	Organização Meteorológica Mundial
ONS	-	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PAG	-	Potencial de Aquecimento Global
PANU	-	Programa Ambiental das Nações Unidas
PDE	-	Plano Decenal de Expansão de Energia
PFC	-	Perfluorocarbonetos
PNMC	-	Plano Nacional sobre Mudança do Clima
PPCDAm	-	Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal
PPCerrado	-	Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado
PSTM	-	Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana Para Mitigação e Adaptação à Mudança Do Clima
PTG	-	Potencial de Temperatura Global
SIN	-	Sistema Interligado Nacional
WBCSD	-	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>
WRI	-	<i>World Resources Institute</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

Ar	Argônio
CH ₄	Metano
CO ₂	Gás carbônico
CO _{2e}	Gás carbônico equivalente
H ₂	Hidrogênio molecular
gCO _{2e}	Grama de gás carbônico equivalente
GgCO _{2e}	Gigagrama de gás carbônico equivalente
H ₂ O	Água
He	Hélio
Kr	Criptônio
N ₂	Nitrogênio molecular
N ₂ O	Óxido nitroso
Ne	Neônio
O ₂	Oxigênio molecular
O ₃	Ozônio
tCO _{2e}	Tonelada de gás carbônico equivalente

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1	INTRODUÇÃO 1
2	JUSTIFICATIVA..... 3
2.1.	História das MCA e os inventários de emissões 3
2.2.	O INPE 5
3	OBJETIVO..... 9
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 11
4.1.	O sistema atmosférico e os gases de efeito estufa..... 11
4.1.1	Composição da atmosfera 11
4.2.	Balanço térmico terrestre 12
4.3.	Efeito estufa..... 15
4.4.	Gases de efeito estufa..... 16
4.4.1.	Vapor da Água 16
4.4.2.	Dióxido de carbono e metano..... 17
4.4.3.	Óxido nitroso..... 18
4.4.4.	Ozônio 18
4.4.5.	Haloalcanos 19
4.5.	Comparação entre GEEs 19
4.5.1.	Forçante Radiativa (FR) e Eficiência Radiativa (ER)..... 20
4.5.2.	Potencial de Aquecimento Global (PAG) 21
4.5.3.	Dióxido de Carbono Equivalente 23
4.5.4.	Outras métricas para comparar GEE 23
5	ANTECEDENTES..... 25
5.1.	Inventários nacionais..... 25
5.1.1.	Alinhamentos do IPCC..... 26
5.1.2.	Inventários Nacionais Brasileiros..... 28
5.2.	Inventários corporativos 29
5.2.1.	Greenhouse Gas Protocol 30
5.2.2.	ISO 14064 32

5.3.	Projeto mata nativa.....	33
5.4.	Políticas brasileiras de baixa emissão de carbono.....	35
5.4.1	PPCDAm.....	37
5.4.2	PPCerrado.....	38
5.4.3	Energia	39
5.4.4	Siderurgia	40
5.4.5	Indústria de Transformação.....	41
5.4.6	Mineração.....	41
5.4.7	Transporte.....	41
5.4.8	Saúde	42
6	METODOLOGIA GERAL E ESTRUTURA DO TRABALHO	43
7	INVENTARIO DE EMISSÕES E RESULTADOS	45
7.1.	Combustíveis (Escopo 1)	45
7.1.1.	Dados.....	45
7.1.2.	Metodologia	46
7.1.3.	Resultados	47
7.2.	Energia elétrica (Escopo 2)	49
7.2.1.	Metodologia	49
7.2.2.	Dados.....	54
7.2.3.	Resultados	55
7.2.4.	Considerações finais sobre o consumo de energia elétrica	57
7.3.	Emissões indiretas por viagens oficiais por via aérea (Escopo 3).....	61
7.3.1.	Considerações sobre os impactos comerciais na atmosfera.....	61
7.3.2.	Dados.....	63
7.3.3.	Metodologia	64
7.3.4.	Resultados	66
7.4.	Emissões indiretas por deslocamento da casa ao trabalho (Escopo 3).....	68
7.4.1.	Dados.....	69
7.4.2.	Metodologia	71
7.4.3.	Resultados	72
7.5.	Reflorestamento	76

7.5.1.	Metodologia	76
7.5.2.	Resultados	77
7.6.	Resultados consolidados	78
7.7.	Comparação com outros inventários	79
7.7.1.	Comparação com os resultados parciais de 2008.....	79
7.7.2.	Outros inventários corporativos	81
8	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	83
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	ANEXO A – APRESENTAÇÃO RESUMIDA DO INVENTARIO, SEGUINDO AS ESPECIFICAÇÕES DO GHGProtocol.....	91
	ANEXO B – FATORES DE EMISSÃO USADOS NESTE TRABALHO.	97
	ANEXO C – DETALHES SOBRE A ENQUETE REALIZADA.....	99

1 INTRODUÇÃO

O consenso sobre a existência de uma mudança climática antrópica (MCA) está cada vez mais consolidado (IPCC, 2007a). Estudos recentes confirmam a tendência de aquecimento na temperatura média global e cientistas considerados céticos estão se somando ao grupo que toma como fato de que a mudança global de temperatura é devida à emissão de gases de efeito estufa por atividades humanas (MÜLLER, 2012).

O tema das MCA deixou de ser exclusivo das ciências da atmosfera para ser um tema multidisciplinar, e passou de ser um tema puramente científico para ser de desenvolvimento econômico e social que afeta a vida de todas as pessoas. Atualmente, adaptação e mitigação são preocupações presentes na agenda de governos ao redor do mundo e, conforme a consciência sobre as MCA aumenta, a pressão pela redução ou pela compensação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) é maior. As soluções propostas envolvem desde ações de grande escala, tais como acordos internacionais e políticas governamentais, até ações de pequena escala de cidades, empresas e inclusive indivíduos (GCP, 2008).

Atualmente, atuar frente às causas e consequências das MCA é uma preocupação de empresas e instituições. Contar com um Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (IEGEE) é importante para identificar possibilidades de redução nas emissões, encaminhar a instituição para um funcionamento amigável com o meio ambiente e, ao beneficiar a sociedade, a instituição ganha prestígio valorizando seus produtos.

Como instituição do estado que estuda a atmosfera e o espaço, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem um papel muito importante na solução da problemática da MCA. Por um lado, tem a responsabilidade de fornecer a base científica para as ações dos formuladores de políticas e, por outro lado, como toda empresa, deve levar à prática as medidas de proteção ao meio ambiente. Ainda, como instituição pública interessada no meio ambiente, deve ser um exemplo para o resto da sociedade.

No trabalho científico desenvolvido no INPE, a atmosfera é um objeto de estudo e o cientista fica com o papel de observador externo. O trabalho proposto aqui pretende ter

uma visão mais introspectiva; leva o instituto, junto com a atmosfera, ao papel de objeto de estudo, mostrando um dos canais em que o funcionamento do INPE influencia a atmosfera (as emissões de GEE). Este exercício contribuirá para que o INPE gere conhecimento científico que ajudará a preservar o meio ambiente de acordo com as necessidades da sociedade, mas também ajudará para que o instituto seja consistente com esse conhecimento e, como instituição, esteja ciente da sua influência no meio ambiente e procure ter padrões de funcionamento amigáveis com este.

O presente trabalho se centra na elaboração de um inventário de gases de efeito estufa para o INPE no ano de 2012, ao redor desse tema se dissertará sobre o tema da MCA e sua relação com uma instituição como o INPE que também é um emissor de GEE.

O trabalho se divide em oito seções, a primeira das quais é esta introdução. A segunda seção justifica o estudo, apresentando algumas generalidades sobre a MCA, os IEGEE e sobre o mesmo INPE. A terceira seção sintetiza o objetivo da dissertação. A quarta seção apresenta os conceitos fundamentais para a dissertação, tais como a atmosfera, o balanço térmico terrestre, o efeito estufa e os principais gases que o causam. A quinta seção apresenta alguns antecedentes a este trabalho. A sexta seção resume a metodologia usada no trabalho. Na sétima seção, trata-se por separado cada uma das fontes de emissão contabilizadas, aprofundando na metodologia de cada uma e apresentando os resultados. Finalmente, a oitava seção apresenta conclusões e recomendações surgidas a partir do trabalho. Adicionalmente, o Anexo A sintetiza os resultados, apresentando um resumo destes em um formato compatível com os inventários de emissões corporativos.

2 JUSTIFICATIVA

A MCA é uma das maiores preocupações ambientais da humanidade e para ter uma solução é preciso conhecer a quantidade de GEE gerada em cada atividade humana. Realizar um IEGEE no INPE é uma maneira de aplicar o conhecimento científico, no qual o instituto trabalha, ao próprio funcionamento do INPE.

A realização de um IEGEE é um exercício institucional importante na conjuntura atual do mundo, onde os problemas ambientais devem ser abordados tanto nos próprios governos nacionais, como no nível corporativo; o INPE está dentro das duas categorias. O IEGEE também é uma oportunidade para realizar uma dissertação científica sobre a MCA para fundamentar teoricamente o trabalho.

Idealmente, o produto deste trabalho, se enquadraria dentro de todo um sistema de Gestão Ambiental onde as emissões de GEE sejam só uma das preocupações.

A seguir, complementa-se esta justificativa com alguns antecedentes. Primeiro, contextualiza-se historicamente o conceito de MCA e o surgimento dos IEGEE; segundo, apresenta-se o INPE como instituição; finalmente, faz-se menção dos avanços anteriores que se tem deste trabalho.

2.1. História das MCA e os inventários de emissões

Os estudos sobre efeito estufa e mudanças climáticas datam de mais de um século atrás. Os trabalhos do cientista Joseph Fourier, no começo do século XIX, foram os primeiros a descrever o fenômeno hoje conhecido como Efeito Estufa (RODHE et al., 1997). Ao final do mesmo século, Svante Arrhenius (citado em RODHE et al., 1997) conjecturou que a emissão de alguns gases em atividades humanas poderia influenciar o efeito estufa presente na atmosfera. Estudos subsequentes e independentes de Thomas Chamberlin se somaram a esta hipótese (MASLIN, 2004).

A partir desse momento, a comunidade científica entrou em um debate sobre a verdadeira razão das mudanças climáticas e o poder que o homem tem, de fato, para

mudar o clima e os possíveis prejuízos ou benefícios que isto poderia trazer à sociedade. O debate conta com discussões que ainda estão abertas.

Apesar destes trabalhos, a consciência sobre a MCA demorou em chegar; nos anos posteriores à publicação dos trabalhos de Arrhenius e Chamberlin, o tópico da MCA foi abandonado frente a tópicos como as variações na órbita terrestre ou na radiação solar, os quais pareciam muito mais influentes na mudança da temperatura média terrestre. Outros fatores contribuíram também ao abandono da hipótese da MCA; por exemplo, pensava-se que os oceanos poderiam absorver e guardar por muito tempo o excesso de GEE produzido pelo homem. Ainda, os registros de temperaturas entre 1940 e 1980 apontavam um esfriamento global (MASLIN, 2004).

O poder das atividades humanas sobre a atmosfera terrestre ficou em evidência com os registros da diminuição do ozônio estratosférico devido à emissão de gases clorofluorocarbonetos (CFC). O esforço científico permitiu demonstrar que a liberação indiscriminada desses gases na atmosfera leva a uma perda da camada de ozônio com consequências graves sobre a saúde. Os governos do mundo reagiram, assinando tratados internacionais com compromissos de redução de uso desses gases na indústria. A produção destes foi diminuindo como fixado pelo Protocolo de Montreal, levando a resultados aparentemente satisfatórios, pois há evidência de uma diminuição na concentração de substâncias destruidoras do ozônio e alguns sinais iniciais de recuperação do ozônio estratosférico (NOAA, 2007).

Com respeito à MCA, o processo tem sido muito mais demorado e complexo devido, em parte, a que o consenso sobre a ocorrência de MCA demorou em ser consolidado. Além disso, as implicações econômicas da redução nas emissões de GEE são muito maiores que no caso dos CFC (os quais também são GEE), pois afetam quase todas as atividades humanas. Por esta razão, os acordos internacionais têm sido difíceis de alcançar.

Na década de noventa, a preocupação pela MCA se materializou em reuniões e acordos internacionais sobre emissões de GEE. Na Cúpula da Terra realizada no Rio de Janeiro em 1992, nasceu a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas

(CQNUMC), um tratado que pretendia estabilizar as emissões desses gases. A CQNUMC preparou o caminho para reuniões posteriores, chamadas de COP (Conferência das Partes), das quais é importante destacar a já mencionada Cúpula da Terra (COP-2), a COP-3 em 1997, onde foi assinado o Protocolo de Quioto com compromissos concretos de redução de emissões para alguns dos países assinantes, e a COP-7 de Marraquexe em 2001, onde foi assinado o Acordo de Marraquexe que, entre outras coisas, definiu o sistema nacional de IEGEE.

Em 1988, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa Ambiental das Nações Unidas (PANU), reconhecendo a problemática da MCA, estabeleceram o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, pela sua sigla em inglês). Uma das funções deste novo organismo tem sido apoiar as atividades do CQNUMC através do seu trabalho para estabelecer metodologias para os IEGEE.

O IPCC elaborou os seus primeiros alinhamentos para IEGEEs nacionais em 1996 (IPCC, 1996) e publicou uma nova versão em 2006 (IPCC, 2006). Além desta organização, existem outras que adaptaram os princípios do IPCC para a elaboração de IEGEEs corporativos como o que se pretende realizar. Alguns deles são apresentados na seção metodológica.

2.2. O INPE

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é conhecido por ser a instituição brasileira que estuda o espaço e desenvolve tecnologia espacial para a exploração do universo e a observação da terra. Como será mostrado, os interesses do INPE estão alinhados com a busca de um desenvolvimento sustentável, não só como um objeto de suas pesquisas, senão também como um valor institucional presente no seu próprio funcionamento.

Criado oficialmente em 1971, o INPE nasceu com o objetivo de que o Brasil participasse da conquista do espaço (INPE, 2012b). O “embrião” do INPE surgiu em 1961 dentro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) como o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais

(GOCNAE) e desde 1971 foi conhecido oficialmente como INPE (INPE, 2012b). Com o passar do tempo o instituto cresceu, apareceram os centros regionais (a Figura 2.1 apresenta as cidades onde o INPE conta com instalações permanentes, atualmente, são treze cidades brasileiras) tais como o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), as suas funções foram se diversificando e se especificando dentro do âmbito das pesquisas espaciais.

Segundo o seu regimento interno, atualmente o INPE é uma *unidade de pesquisa integrante da estrutura do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCTI* (MCTI, 2008, Art. 1º). Sua missão e visão estão resumidas nos seguintes parágrafos:

A finalidade do INPE é realizar pesquisas científicas, desenvolvimento tecnológico, atividades operacionais e capacitação de recursos humanos nos campos da Ciência Espacial e da Atmosfera, da Observação da Terra, da Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, da Engenharia e Tecnologia Espacial e áreas do conhecimento correlatas consoante à política definida pelo Ministério (INPE, 2012a).

Ser referência nacional e internacional nas áreas espacial e do ambiente terrestre pela geração de conhecimento e pelo atendimento e antecipação das demandas de desenvolvimento e de qualidade de vida da sociedade brasileira. (INPE, 2008, Art. 4º)

Dentro dos valores institucionais está a excelência, pluralidade, cooperação, valorização das pessoas, comprometimento, comunicação e a responsabilidade socioambiental. Esta última se refere a:

Atuação balizada pela ética, pela transparência e pelo respeito à sociedade, ao ambiente, à diversidade e ao desenvolvimento sustentável. (INPE, 2008)

Com respeito às suas atividades de pesquisa, o INPE participa ativamente de projetos relacionados com a MCA, tanto de ordem nacional como internacional. Por exemplo, dentro das suas instalações se encontra o IAI (*Inter-American Institute for Global Change Research*) e o INPE participou na geração de cenários climáticos no Estudo Econômico das Mudanças Climáticas no Brasil que estimou os custos da mudança climática para o país até 2050.

Fica claro, então, que o INPE tem dentro dos seus interesses, tanto científicos quanto de funcionamento, a diminuição dos impactos ambientais associados às atividades humanas e, neste sentido é pertinente realizar um IEGEE.

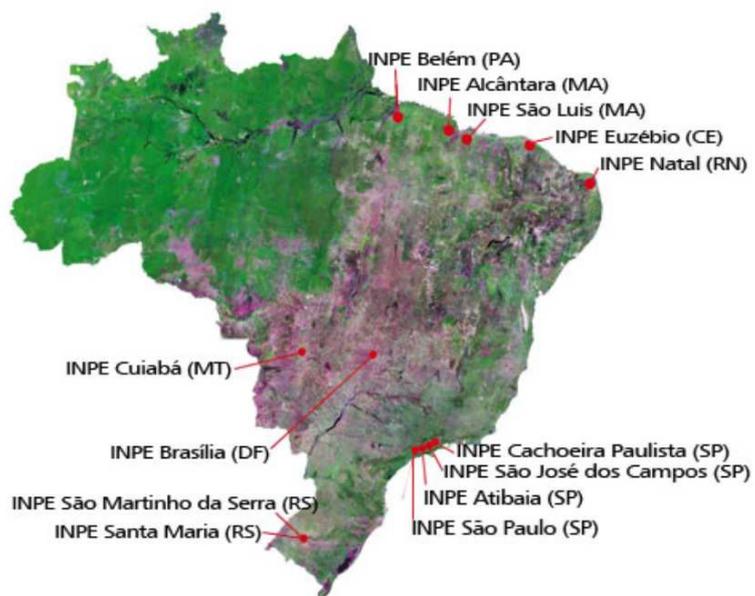


Figura 2.1– Instalações do INPE no Brasil.

Fonte: INPE (2012a).

3 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é quantificar as emissões de GEE produto do funcionamento do INPE em 2012.

É de interesse de o trabalho determinar quão longe o INPE se encontra de ser uma instituição Carbono-Neutra, determinar a sua contribuição em termos de emissões com respeito ao Brasil, e comparar os resultados com respeito a outras referências no mundo.

Além de ser um simples inventário, a dissertação pretende gerar um documento acadêmico que mostre a dinâmica do que acontece com as emissões geradas pelo INPE, onde elas vão parar, como é que elas junto com o resto de emissões do mundo afetam o clima e por quanto tempo permanecerão na atmosfera.

Como contribuição para a gestão ambiental do INPE, pretende-se gerar uma tabela fácil de preencher com novos dados que permita fazer um seguimento futuro à quantidade de GEE emitida pelo INPE.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. O sistema atmosférico e os gases de efeito estufa

A atmosfera terrestre é uma camada de gases que envolve o planeta, estende-se desde a superfície até um limite de difícil definição. A maior parte da sua massa se encontra próxima da superfície, sendo que aproximadamente 97% da matéria está nos primeiros 30km de altura (WALLACE; HOBBS, 2006).

A atmosfera tem mudado com o tempo, foi muito importante para aparição dos seres vivos na terra e, desde o início, interagiu e modificou sua estrutura junto com a evolução dos organismos. Hoje, a atmosfera fornece aos seres vivos compostos para seu funcionamento, regula a temperatura do planeta e nos protege da radiação ultravioleta e outras ameaças espaciais.

Atualmente existe uma preocupação crescente pelo impacto que as atividades humanas podem causar na sua composição, e pelos consequentes efeitos nocivos que isto pode trazer. A contaminação com compostos daninhos para a saúde, a liberação de clorofluorocarbonetos que afetam a camada de ozônio e a emissão de GEE que alteram o balanço térmico global são alguns exemplos.

A dissertação trata sobre este último exemplo. Os GEE que são emitidos devido às atividades humanas afetam a composição da atmosfera, logo afetam suas propriedades radiativas e seu balanço térmico e alteram o clima global.

4.1.1 Composição da atmosfera

A atmosfera está composta principalmente por nitrogênio e oxigênio moleculares (N_2 e O_2 , respectivamente), porém, é possível encontrar uma ampla variedade de outros gases e partículas em estado líquido ou sólido. Os principais componentes gasosos da atmosfera estão listados na Tabela 4.1. A composição da atmosfera é relativamente constante nas camadas mais baixas; as exceções mais notáveis são o vapor da água (H_2O), que varia de regiões úmidas a secas na troposfera e o ozônio (O_3), cuja concentração aumenta significativamente na baixa estratosfera. Também estão presentes

na atmosfera o argônio (Ar) (terceiro gás mais abundante na atmosfera terrestre), o gás carbônico (CO₂), o neônio (Ne), o hélio (He), o metano (CH₄), o criptônio (Kr), o hidrogênio molecular (H₂), o óxido nitroso (N₂O), entre outros. Dos mencionados até agora, são GEE: H₂O, CO₂, CH₄, O₃, N₂O.

Tabela 4.1 – Principais Gases da Atmosfera.

<i>Componente</i>	<i>Fórmula</i>		<i>Concentração</i>
	<i>Química</i>	<i>Molecular</i>	
Nitrogênio	N ₂	28,01	78,08 %
Oxigênio	O ₂	32,00	20,95 %
Argônio	Ar	39,95	0,93 %
Vapor da Água	H₂O	18,02	0-5 %
Dióxido de Carbono	CO₂	44,01	380 ppm
Neônio	Ne	20,18	18 ppm
Hélio	He	4,00	5 ppm
Metano	CH₄	16,04	1,75 ppm
Criptônio	Kr	83,80	1 ppm
Hidrogênio	H ₂	2,02	0,5 ppm
Óxido Nitroso	N₂O	56,03	0,3 ppm
Ozônio	O₃	48,00	0-0,1 ppm

Os GEE estão ressaltados em negrita.

Fonte: Wallace e Hobbs (2006)

4.2. Balanço térmico terrestre

O balanço térmico global depende da diferença entre a energia recebida pelo sistema e a liberada. Se uma parte da energia ficar presa em termos líquidos, o sistema terá uma tendência de aquecimento; se uma parte da energia for liberada, a tendência será de esfriamento. No equilíbrio, a energia que entra e sai é exatamente igual. Naturalmente, podem existir diferenças locais e temporais devido a mudanças na quantidade de energia recebida ou emitida. Esta variação pode ser gerada por diferentes causas, tais como a variação diurna e sazonal de radiação incidente, a alteração da constante solar ou a modificação no padrão do efeito estufa.

Sob a hipótese de que a energia absorvida e a energia liberada estão balanceadas, pode-se calcular uma temperatura de equilíbrio levando em consideração todos os fenômenos que provocam trocas de calor. Para uma primeira aproximação, pode-se supor que a magnitude dessas trocas é constante no sentido de que está na média climatológica. Assim, é possível reduzir o problema do balanço térmico a um problema de balanço energético global anual.

A maioria das trocas de energia entre o planeta e o espaço exterior se dá através de processos de radiação eletromagnética, seja por espalhamento, absorção e emissão. A energia externa incidente é basicamente radiação de onda curta, uma parte da qual é refletida pela atmosfera e a superfície. A radiação liberada é de onda longa, mas só uma parte consegue sair do sistema sem ser reabsorvida. Assim, supondo um planeta em equilíbrio, cumpre-se a seguinte equação de balanço (KANDEL; VIOLLIER, 2005).

$$R_N + P = M_S - M_L + P \quad \text{Equação 4.1}$$

Onde R_N , P , M_S e M_L representam respectivamente o saldo de radiação, a taxa de produção de energia interna, o fluxo de onda curta absorvido e o fluxo de onda longa emitido, avaliados como a média sobre toda a superfície do planeta e durante o ano. Em geral, o balanço energético de um planeta é determinado pela combinação entre seu balanço de radiação e sua produção de energia interna; no caso da Terra, a produção de energia interna é desprezível, sendo de apenas 0.04% do total de onda longa emitida (KANDEL; VIOLLIER, 2005) Assim, o saldo de radiação terrestre está dado por:

$$R_N = M_S - M_L \quad \text{Equação 4.2}$$

Em um planeta em equilíbrio, o fluxo líquido de radiação é nulo ($M_S = M_L$). Para determinar o que poderia levar a uma mudança no equilíbrio devemos analisar as componentes do saldo de radiação de onda curta e o saldo de onda longa, observando cada um dos processos de troca de energia envolvidos.

O diagrama clássico de balanço radiativo terrestre é apresentado na Figura 4.1. A Terra recebe aproximadamente 341,3 W/m² de energia na alta atmosfera. Uns 79 W/m² são refletidos pela atmosfera e 23 W/m² pela superfície. No total 101,9 W/m² (30%) são refletidos e o restante é absorvido pela atmosfera (78 W/m²) e pela superfície (161

W/m²). A superfície emite 396 W/m² em radiação de onda longa, dos quais 356 W/m² são reabsorvidos pela atmosfera e só 40 W/m² conseguem escapar ao espaço. Junto com os 199 W/m² adicionais emitidos pela atmosfera ao espaço e os 102 W/m² de radiação de onda curta refletida, iguala-se 341 W/m², valor que fecha o balanço global. Enquanto ao balanço na atmosfera, além das quantidades mencionadas anteriormente falta somar os 333 W/m² que produz a atmosfera e chegam de novo à superfície, 80 W/m² que são transferidos da superfície a atmosfera por evapotranspiração e 17 W/m² por condução. O balanço na superfície se tem por exaustão.

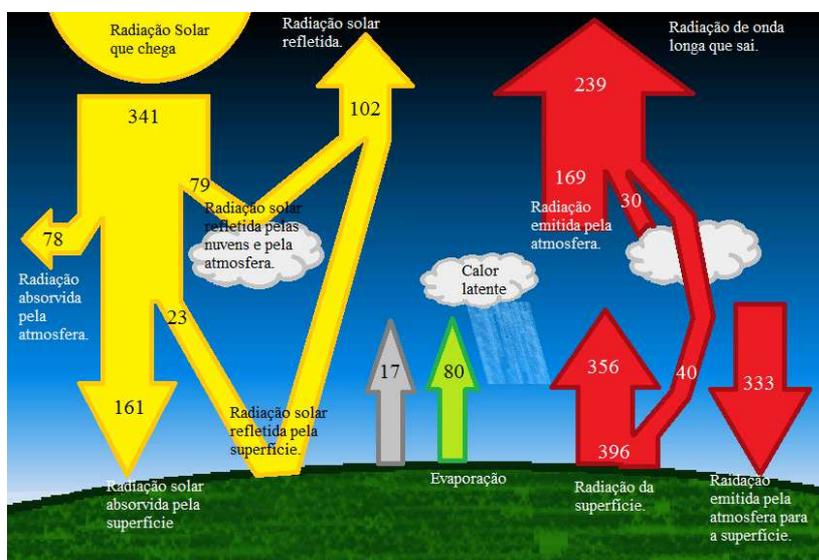


Figura 4.1– Balanço Energético da Terra (Valores em W/m²).

Figura adaptada de Trenberth et al. (2009).

Na Figura 4.1, se diferencia entre radiação de onda curta e de onda longa. O Sol, que é a principal fonte de energia do planeta, fornece quase a totalidade dos 341,3 W/m² de energia no topo da atmosfera, principalmente em radiação de onda curta. Uma parte dessa energia é absorvida e outra parte é refletida pela atmosfera ou pela superfície. Outras fontes de energia são desprezíveis, como a radiação de onda curta emitida por fenômenos terrestres luminescentes, queimadas, e luzes de cidades (KANDEL; VIOLLIER, 2005).

A energia emitida pela Terra é principalmente de onda longa devido à sua temperatura. A maioria da radiação produzida é reabsorvida pela superfície e pela atmosfera, onde interage com os gases de efeito estufa. Só uma parte consegue sair ao espaço, a suficiente para fechar o balanço no topo da atmosfera.

Para completar o balanço térmico devem-se levar em conta outros mecanismos de transporte de energia internos, tais como o calor latente por evaporação e condensação da água, a liberação de energia geotérmica e a condução. Somados, podem significar 97 W/m^2 . A Figura 4.1 mostra todos os fluxos apresentados.

Os cálculos de Trenberth et al. (2009) dão conta de 0.9 W/m^2 de absorção líquida. Poderia se pensar que é devido a um erro de cálculo, porém, os autores estimam um erro não maior a $\pm 0.15 \text{ W/m}^2$. A explicação pode ser uma absorção real de energia da Terra que fica armazenada em forma de energia química, por exemplo, em matéria orgânica combustível.

O equilíbrio apresentado anteriormente pode ser afetado, por exemplo, por emissão de gases de efeito estufa que aquecem a atmosfera, e por aumento ou diminuição dos aerossóis espalhados na atmosfera que contribuem tanto com absorção de calor como com espalhamento e reflexão dos raios solares. As mudanças do clima também podem influenciar o balanço térmico se, por exemplo, a cobertura de nuvens mudar, alterando o albedo terrestre.

4.3. Efeito estufa

Na Figura 4.1 é possível observar que, enquanto quase a metade da radiação de onda curta atravessa a atmosfera e chega à superfície, somente uma pequena porção da radiação de onda longa produzida na superfície consegue cruzar e sair ao espaço. Em outras palavras, a transmissividade da atmosfera é maior para a radiação que chega do Sol (onda curta) do que para a radiação emitida pela superfície e por ela mesma (onda longa). A razão física da diferença pode se encontrar na microfísica dos gases e outras partículas (WALLACE; HOBBS, 2006), que explica por que os gases (em particular os

GEE) têm preferência por absorver radiação em certas bandas de comprimento de onda definidas.

Esta diferença faz com que uma parte da energia incidente fique presa na atmosfera, originando um processo de aquecimento. Como todo corpo quente, a atmosfera começa a emitir radiação, devido às faixas de temperatura da Terra, esta radiação é de onda longa. Uma parte desta energia é reabsorvida aquecendo ainda mais a atmosfera, enquanto outra consegue sair ao espaço. O aquecimento continua até o momento em que a radiação emitida pela atmosfera ao espaço equilibra a energia que entra ao sistema.

Este fenômeno é conhecido como efeito estufa, acontece naturalmente na atmosfera, e explica por que a Terra tem uma temperatura média de 289 K ao invés dos 255 K que se alcançariam se se comportasse como um corpo negro (KANDEL; VIOLLIER, 2005). O efeito estufa esteve presente desde a aparição da atmosfera na Terra, foi mais ou menos intenso dependendo das mudanças na composição da atmosfera, e é responsável por manter uma temperatura adequada para a vida no planeta como o conhecemos hoje.

4.4. Gases de efeito estufa

Na Tabela 4.1, os gases em negrito são os principais gases que geram o efeito estufa na atmosfera terrestre. Porém, não são os únicos, nem todos eles estão presentes nos IEGEE. A seguir, faz-se uma breve resenha de cada um dos principais GEE, incluindo suas fontes, sumidouros e, no caso de não fazer parte dos IEGEE, se aclara a razão.

4.4.1. Vapor da Água

O vapor da Água (H_2O) é o mais importante dos GEE em termos da sua contribuição no efeito estufa, pois é um gás abundante na atmosfera que tem a capacidade de absorver radiação em várias bandas do espectro da radiação de onda longa.

Durante o ciclo natural da água, esta pode assumir os estados sólido, líquido e gasoso. Na atmosfera é possível encontra-la nestes três estados, chega a esta por evaporação e pela transpiração dos seres vivos e sai dela em forma de precipitação ou condensação. A

água também é adicionada e removida da atmosfera em reações químicas, mas em uma escala muito menor (WALLACE; HOBBS, 2006).

A água não se considera nos IEGEE porque a emissão por parte do homem é desprezível frente à emissão de fontes naturais como os oceanos, porque seu ciclo na atmosfera é muito curto, e porque a umidade relativa mantém-se relativamente constante independentemente das atividades humanas (LIOU et al., 2002). Porém, é importante mencionar os efeitos de retroalimentação no aquecimento global: a emissão de GEE faz com que a temperatura aumente e, dado que a umidade relativa permanece relativamente constante, a quantidade absoluta de água na atmosfera aumenta, fortalecendo assim o efeito estufa.

4.4.2. Dióxido de carbono e metano

O dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4) são os GEE mais importantes no contexto da MCA. Ambos encontram-se na atmosfera naturalmente, são compostos de carbono e, portanto, os dois dependem do ciclo de vida deste elemento na Terra. Enquanto o ciclo da água envolve majoritariamente mudanças de estado, o ciclo do carbono envolve principalmente transformações químicas onde aparecem estes dois gases (WALLACE; HOBBS, 2006).

O CO_2 é usado pelas plantas para a fotossíntese, na qual fabricam compostos orgânicos que fixam o carbono e liberam oxigênio à atmosfera. O ciclo se inverte durante a respiração de plantas e animais que aportam CO_2 à atmosfera extraindo O_2 desta. Os animais se alimentam de plantas e ficam com uma parte dos compostos orgânicos de carbono; quando morrem plantas e animais, produz-se metano em processos de decomposição anaeróbicos realizados por bactérias. O metano vai para a atmosfera e ali é oxidado, produzindo-se CO_2 e água.

As atividades humanas influenciam também o ciclo do carbono. Enquanto no Hemisfério Sul e nas regiões tropicais as maiores emissões de CO_2 são devidas ao desmatamento e mudanças no uso do solo, no Hemisfério Norte as emissões são devidas principalmente à queima de combustíveis fósseis. As principais fontes antrópicas de

metano incluem a produção de arroz, a criação de cupins, a fermentação entérica, a deterioração bacteriana em aterros sanitários, as fugas de combustíveis fósseis e gás natural, e a queima de biomassa (LIOU, 2002).

Os principais depósitos de carbono no planeta, além da atmosfera, são os oceanos, a matéria vegetal, os combustíveis fósseis, e as rochas sedimentares (WALLACE; HOBBS, 2006).

4.4.3. Óxido nitroso

O óxido nitroso (N_2O) é um composto gasoso do nitrogênio que existe naturalmente na atmosfera em quantidades muito pequenas. O nitrogênio está naturalmente na atmosfera em sua forma molecular (N_2) e reage com o oxigênio ali presente quando há grandes descargas de energia como as dos raios. Nesses casos, formam-se óxidos que ao reagir com a água formam sais como os nitratos e os nitritos, os quais ficam no solo. Também há bactérias fixadoras de nitrogênio que podem tomá-lo diretamente da atmosfera para fabricar nitratos. As plantas absorvem os nitratos do solo e os usam para formar proteínas, as quais ficam circulando na cadeia alimentar. Outro tipo de bactérias convertem os nitratos em nitrogênio molecular mediante transformações intermediárias em nitritos, óxido nítrico e óxido nitroso, que podem eventualmente chegar à atmosfera (WALLACE; HOBBS, 2006).

Além dos processos naturais, a queima de óleo e de lixo e a fabricação de substâncias para a agricultura contribuem à emissão de óxidos de nitrogênio.

Os sumidouros deste gás são o solo e as plantas, onde o armazenamento se dá nas formas de sais do nitrogênio e proteínas, respectivamente (WALLACE; HOBBS, 2006).

4.4.4. Ozônio

O ozônio (O_3) é um GEE que usualmente não aparece nas listas de GEE associadas à MCA e não se contabiliza nos IEGEE. Encontra-se na troposfera e na estratosfera em concentrações diferentes. Na troposfera é criado naturalmente em descargas elétricas, porém, atualmente a maior produção de ozônio troposférico é consequência das

atividades humanas, especialmente pela emissão de óxidos de nitrogênio. Na estratosfera é produzido por choques entre partículas de oxigênio (LIOU, 2002). Enquanto a concentração de O₃ estratosférico tem apresentado uma tendência decrescente, a concentração de O₃ troposférico está aumentando, em parte devido a razões antrópicas (LIOU, 2002).

O O₃ não é considerado nos IEGEE porque a produção devida a atividades antrópicas é indireta; emissões de hidrocarbonetos, metano, óxido nítrico e monóxido de carbono estimulam a formação de ozônio troposférico (LIOU, 2002). Também, o aumento da atividade convectiva devida à MCA traz um aumento na quantidade de descargas elétricas e um pequeno aumento na produção natural de O₃.

4.4.5. Haloalcanos

Existe uma ampla variedade de GEE sem fontes naturais de emissão, os mais conhecidos são os clorofluorcarbonetos (CFCs) usados para refrigeração e, antigamente, como propelentes em extintores de incêndio e aerossóis.

Os CFCs não costumam ser parte dos IEGEE nacionais, pois a redução em suas emissões é um tema que já está incluso no protocolo de Montreal. Porém, alguns dos seus substitutos que não afetam a camada de ozônio, particularmente os hidrofluorcarbonetos (HFCs) e os perfluorcarbonetos (PFCs), estão sujeitos à CQNUMC e, portanto, devem ser inventariados.

4.5. Comparação entre GEEs

A natureza química e o ciclo de cada gás são diferentes; por isso, a contribuição de cada um no efeito estufa varia também. Para elaborar IEGEE é desejável somar a contribuição de cada gás ao efeito estufa, porém, comparar diferentes gases não é uma tarefa fácil.

Uma primeira aproximação para medir qual é o poder de efeito estufa de cada gás consiste em calcular a diferença entre a quantidade de radiação de onda curta e de onda

longa que o gás deixa atravessar; porém, o problema é mais complexo, citam-se abaixo algumas das dificuldades.

Primeiro, as definições de onda curta e onda longa devem ser precisadas, pois não se trata de somente dois comprimentos de onda, senão que a radiação se encontra em um espectro contínuo de comprimentos de onda e a intensidade de cada frequência varia de acordo com as condições solares e a própria temperatura da atmosfera. Segundo, não se pode simplesmente assumir médias climatológicas de temperatura e radiação, pois se estaria cometendo um erro conceitual ao tentar usar essa quantidade para calcular uma nova temperatura média, pois as medidas climatológicas deixariam de ser válidas. Terceiro, diferentes gases interagem entre eles levando a mudanças indiretas no regime de efeito estufa. Quarto, para medir o efeito estufa de uma emissão hoje, deve-se saber que cada gás tem um ciclo de vida diferente e, enquanto alguns serão removidos diariamente da atmosfera, outros permanecerão ali por muitos anos. Também, é preciso comparar o efeito dos GEE com outras forçantes das mudanças climáticas, como o ciclo solar ou as erupções vulcânicas.

Para lidar com algumas dessas dificuldades, criaram-se os conceitos de Forçante Radiativa (FR) e Potencial de Aquecimento Global (PAG). O primeiro ajuda a comparar a contribuição total de cada um dos gases (ou outras forçantes) no efeito estufa, enquanto o segundo permite comparar o efeito estufa de cada gás por unidade emitida considerando um horizonte temporal definido. O segundo é o mais relevante para IEGEE.

4.5.1. Forçante Radiativa (FR) e Eficiência Radiativa (ER)

A Forçante Radiativa (FR), também conhecida como Forçamento Radiativo, é a mudança da irradiância líquida na tropopausa devida a uma mudança de uma forçante externa, por exemplo, a emissão de uma quantidade determinada de um gás. A ER é igual à FR medida por unidade de incremento de massa na abundância atmosférica do gás (IPCC 2006, Cap. 2 p. 211). A FR e a ER são calculadas mantendo as propriedades da troposfera fixas e permitindo o reajuste da temperatura estratosférica (IPCC, 2007a). Por serem medidas de irradiância, as unidades usuais da FR são W/m^2 e as da ER são

$W/(m^2 \cdot ppmv)$. A FR pode se expressar em termos instantâneos ou como a média de um determinado período de tempo.

A Figura 4.2, tomada de Liou (2002) com cálculos de Hansen em 2000, apresenta a FR média dos principais GEE entre 1850 e 2000, incluindo alguns efeitos indiretos. O CO_2 é a principal fonte de aquecimento global, porém, os demais de gases, em soma, têm uma contribuição semelhante.

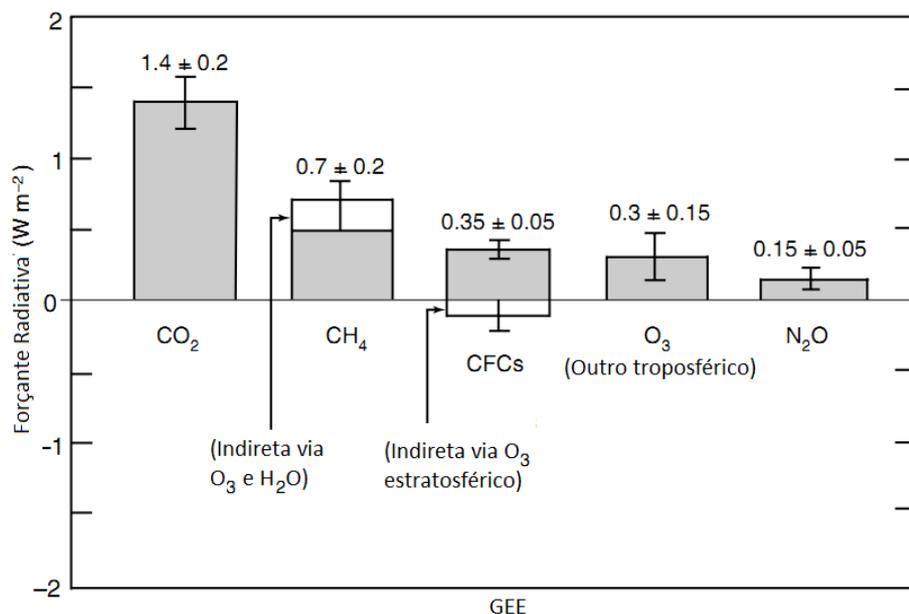


Figura 4.2 – Forçante Radiativa Estimada para GEE selecionados entre 1980 e 2000.

Fonte: Liou (2002) com dados de Hansen et al. (2000)

4.5.2. Potencial de Aquecimento Global (PAG)

O conceito de PAG adiciona à FR o ciclo de vida na atmosfera de cada um dos gases para poder comparar os efeitos de uma emissão de hoje no clima futuro. Essa facilidade para a comparação faz com que o PAG seja um conceito muito importante nos IEGEE, os quais contabilizam emissões de vários tipos de gases em uma conta só.

Outras diferenças com a FR são que o PAG não é uma média, mas sim uma integração ao longo do tempo, e não é uma medida absoluta, mas uma medida relativa a um gás de base. Isto permite efetivamente comparar entre emissões de diferentes GEE e determinar equivalências entre emissões ou remoções de distintos tipos de gás.

O PAG é definido pelo IPCC como um índice que mede a FR por unidade de massa de um GEE *bem misturado* emitido na atmosfera de hoje, integrado ao longo de um horizonte de tempo escolhido e relativo ao CO₂. O tempo escolhido varia, fazendo com que não se tenha uma medida única de PAG. O Protocolo de Kyoto, por exemplo, é baseado em PAG ao longo de um período de tempo de 100 anos (IPCC, 2007b).

Para o IPCC e como é usual na literatura, o PAG é dado em relação ao do dióxido de carbono. Isto permite uma definição de PAG um pouco diferente. Segundo Wallace e Hobbs (2006), o PAG é “a massa de CO₂ que precisaria ser instantaneamente injetada na atmosfera para produzir um aumento incremental no efeito estufa equivalente àquele causado pela injeção de 1 kg de um dado gás, integrado ao longo de um intervalo de tempo, levando em conta o decaimento do gás em questão, assim como o do próprio CO₂”.

A Tabela 4.2 apresenta o tempo de vida médio, a ER e o PAG para o CO₂ o CH₄ e o N₂O. O PAG é dado para horizontes temporais de 20, 100 e 500 anos. Os valores de PAG do CH₄ e do N₂O explicam por que, ainda que a ordem de grandeza da concentração desses gases seja muito menor à do CO₂ (Tabela 4.2), o efeito estufa causado pelos primeiros seja comparável ao causado pelo último.

Tabela 4.2 – PAG para os principais GEE

<i>Gás</i>	<i>Tempo</i>	<i>Eficiência</i>	<i>PAG</i> ₂₀	<i>PAG</i> ₁₀₀	<i>PAG</i> ₅₀₀
	<i>de Vida</i>	<i>Radiativa</i>			
	(Anos)	W/(m·ppb)			
CO ₂	-	1,40 × 10 ⁻⁵	1	1	1
CH ₄	12	3,70 × 10 ⁻⁴	72	25	7,6
N ₂ O	114	3,03 × 10 ⁻³	289	298	153

Tabela adaptada de IPCC (2007a). Os gases aparecem com seus respectivos ciclos de vida, ER, e PAG para 20, 100 e 500 anos.
Fonte: IPCC (2007a).

4.5.3. Dióxido de Carbono Equivalente

O conceito de dióxido de carbono equivalente é um conceito útil para medir quantidades de qualquer GEE em termos de CO₂ e relacionado com a FR e o PAG. A equivalência pode ser dada em termos da concentração de um gás na atmosfera ou em termos dos efeitos de uma emissão do gás.

A concentração de CO₂ que causaria a mesma quantidade de FR do que a concentração de um gás dado chama-se “Concentração de CO₂ Equivalente”. Se a ideia é expressar a quantidade de CO₂ que causaria o mesmo valor de FR integrado ao longo de um período de tempo definido, deve-se usar o termo emissão de CO₂ equivalente. O último é igual a multiplicar a quantidade emitida do gás vezes o PAG deste em um período de tempo definido.

As unidades usuais para o CO₂ equivalente nos IEGEE são a tonelada ou o grama de CO₂ equivalente denotados pelo símbolo tCO₂e e gCO₂e.

4.5.4. Outras métricas para comparar GEE

Ainda que o PAG seja amplamente aceito e usado por instituições como o IPCC, não é imune às críticas e existem muitas alternativas na literatura. A maioria das alternativas consiste em acrescentar efeitos indiretos da emissão de cada um dos gases, incluindo interações com outros gases ou efeitos de retroalimentação causados por estes, propondo como substituto o Potencial de Temperatura Global (PTG) (BRASIL, 2010). Além da dimensão física do assunto, existem sugestões para incluir a dimensão econômica de cada emissão (IPCC, 2007a, p. 210), algumas delas podem se encontrar em Bradford (2001); Manne e Richels (2001); Godal (2003) e O’Neill (2003).

Em particular, o Brasil aportou críticas ao PAG, quando este foi aprovado para seu uso no Protocolo de Quioto, no sentido de que existiam vieses na medição e erros na comparação de gases com períodos de vida muito curtos (BRASIL, 2010). Já desde o seu segundo IEGEE nacional, apresentou valores em termos de PAG, como foi acordado, e em termos de PTG como informação adicional (BRASIL, 2010). A Tabela

5.1 (p. 29) apresenta os resultados do inventário para o Brasil usando unidades de CO₂ equivalente resultantes do uso de PAG e também de PTG.

5 ANTECEDENTES

Existem vários tipos de IEGEE, estes podem ser classificados de acordo com o tipo de gás, o tipo de emissão (por exemplo, pode se incluir ou não as emissões por mudanças no uso da terra), o setor da economia, a abrangência geográfica do inventário (nacional, estadual ou municipal), ou dependendo de se são feitos por um governo ou uma empresa.

Nesta revisão bibliográfica, mencionar-se-ão informações sobre os inventários nacionais, fazendo menção do caso específico do Brasil, e aprofundar-se-á no tema dos inventários corporativos.

5.1. Inventários nacionais

Os inventários nacionais de GEE são uma ferramenta para conhecer as principais fontes de GEE em cada um dos países. Periodicamente, os países assinantes da CQNUMC devem elaborar comunicações nacionais sobre o estado do país frente às MCA. Normalmente estas comunicações incluem o inventário nacional de emissão de GEE, além de capítulos sobre adaptação, mitigação. Especificamente o texto da CQNUMC diz:

Artigo 4.1, inciso a) [As partes devem] *Elaborar, atualizar periodicamente, publicar e por à disposição da Conferência das Partes, em conformidade com o Artigo 12, inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e das remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, empregando metodologias comparáveis a serem adotadas pela Conferência das Partes.* (BRASIL, 1998, Art.4)

Artigo 12.1, inciso a) [cada Parte deve transmitir à Conferência das Partes as seguintes informações] *Inventário nacional de emissões antrópicas por fontes e de remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, dentro de suas possibilidades, usando metodologias comparáveis desenvolvidas e aprovadas pela Conferência das Partes.* (BRASIL, 1998, Art.12)

Além de contribuir para o esforço mundial de quantificar as emissões de GEE, os inventários nacionais são uma importante ferramenta para que os governos nacionais possam focar suas políticas de redução de emissões em setores específicos e determinar quais são as principais fontes e em quais setores podem se efetuar diminuições nas emissões de GEE. Isto permite orientar as políticas públicas e aproveitar recursos financeiros nos mercados internacionais de créditos de carbono (IPCC, 2006).

Os inventários nacionais também ajudam a ter um registro histórico das emissões, permitindo assim avaliar os resultados de políticas públicas e de compromissos de redução.

Além dos inventários nacionais, as partes podem apresentar voluntariamente inventários regionais (estaduais no caso do Brasil), ou municipais.

5.1.1. Alinhamentos do IPCC.

O IPCC elaborou em 1996 uma série de alinhamentos para realizar IEGEE. Em 2006 o documento foi atualizado e é utilizado hoje como referência principal para os IEGEE nacionais. O documento (IPCC, 2006) apresenta metodologias para estimar emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa. Os alinhamentos seguem os princípios de transparência, completitude, consistência, comparabilidade, precisão (*accuracy*), princípios comuns com os alinhamentos dos inventários corporativos.

O documento começa falando em geral sobre a coleta dos dados, a seleção das metodologias, a consistência dos dados ao longo do tempo e a guia de reporte e verificação do inventário. Posteriormente se especificam as metodologias para cinco grandes grupos de emissões: (1) o setor de energia; (2) processos industriais e uso dos produtos industriais; (3) agricultura, silvicultura e outros usos do solo; (4) desperdício e (5) outras emissões e remoções. A divisão completa é apresentada na Figura 5.1.

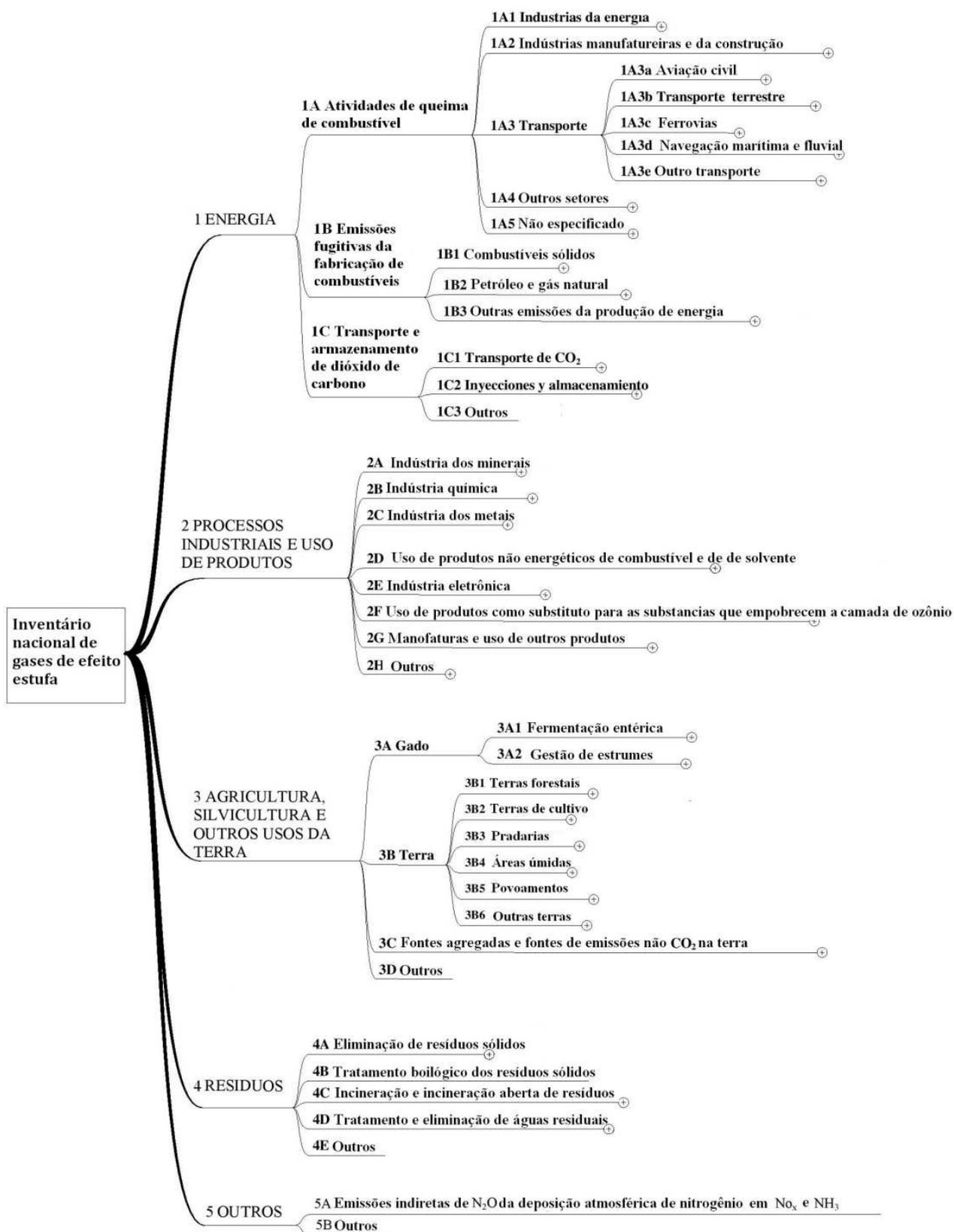


Figura 5.1– Categorias principais de emissões por fontes e remoções por sumidouros.
Fonte: IPCC (2006).

Os alinhamentos do IPCC estão feitos para IEGEE nacionais, porém a base das metodologias é útil para IEGEE corporativos e, de fato, são muito similares aos alinhamentos corporativos que serão apresentados na Seção 5.2 e na Seção 6. Porém existem diferenças importantes, especialmente com relação à abrangência do inventário. No caso do IPCC é importante o conceito de Território Nacional, o qual define quais emissões serão inventariadas; no caso de inventários em escalas menores esse conceito é modificado. Por exemplo, para cidades existem modelos centrados na demanda por bens e serviços (RAMASWAMI et al., 2008; KENNEDY et al., 2009); nos inventários corporativos, esse conceito é modificado para limites organizacionais como será mostrado na Seção 5.2.

5.1.2. Inventários Nacionais Brasileiros

O Brasil, como signatário da CQNUMC, tem a obrigação de apresentar periodicamente seus inventários de GEE; até agora foram publicadas duas comunicações nacionais, a primeira em dezembro de 2004 e, a mais recente, em novembro de 2010.

Os setores inventariados na segunda comunicação são: o setor de energia, que inclui tanto a queima de combustíveis como a geração elétrica; o setor de processos industriais, que cobre uma ampla gama de indústrias, mas não inclui as emissões por uso de energia; o setor de uso de solventes; o setor agropecuário; o setor de mudança no uso da terra e florestas e o setor de tratamento de resíduos.

Os resultados de ambas as comunicações assinalam o setor de mudança no uso da terra como o maior emissor de GEE no Brasil. A Tabela 5.1 apresenta os resultados usando dados de 2005.

Tabela 5.1 – Emissões brasileiras de CO₂ por setor em 2005 (PAG e PTG).

Setor	PAG		PTG	
	2005	Participação 2005	2005	Participação 2005
	(GgCO ₂ e)	(%)	(GgCO ₂ e)	(%)
Energia	319667	17,0	328808	15,0
Processos Industriais	74854	4,0	77939	3,6
Agricultura	192411	10,2	415754	18,9
Mudança do Uso da Terra e Florestas	1279501	68,1	1329053	60,6
Tratamento de Resíduos	12596	0,7	41048	1,9
Total	1879029	100	2192601	100

Fonte: Brasil (2010)

5.2. Inventários corporativos

Os IEGEE nacionais ajudam aos governos a orientar políticas públicas para a redução de emissões, porém uma grande parte das oportunidades de redução encontra-se nas atividades de indivíduos e corporações. Assim como acontece na escala nacional, o primeiro passo é contabilizar as emissões de cada um dos atores. A incerteza da grande escala também é um fator que contribuiu para o aparecimento de inventários subnacionais e corporativos.

Os inventários corporativos não são uma obrigação, mas contribuem para que as medições nacionais sejam mais precisas e, para as empresas, são uma fonte de prestígio e uma ferramenta importante para planejar medidas de mitigação, reduzir o desperdício de recursos e participar do mercado internacional de créditos de carbono (WBCSD; WRI, 2004).

A discussão sobre os inventários corporativos está avançada, existindo empresas dedicadas a realizá-los e a certificar as reduções nas emissões. Em geral, seguem-se padrões com metodologias similares ou compatíveis. Nesta seção se apresentarão algumas das mais importantes.

5.2.1. Greenhouse Gas Protocol

Depois da CQNUMC e do Protocolo de Quioto, começou a discussão sobre os padrões que deveriam reger a medição das emissões de GEE. O *World Resources Institute* (WRI) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) se interessaram por este tema e elaboraram conjuntamente o *Greenhouse Gas Protocol* (GHGProtocol) (ISO, 2006a).

A diferença dos alinhamentos dados pela CQNUMC e pelo IPCC para nações, os alinhamentos apresentados no GHGProtocol, estão projetados para realizar inventários de caráter voluntário por parte de empresas ou instituições. Para a elaboração de um IEGEE corporativo, o GHGProtocol parte de princípios de contabilidade e relatoria financeiros tradicionais, que são: relevância, completitude, consistência, transparência e precisão (WBCSD; WRI, 2004).

A partir desses princípios, o GHGProtocol fala da necessidade de se estabelecer limites claros para os IEGEE antes de começar as medições. Para isto, devem-se especificar limites organizacionais (quais unidades da empresa estarão no inventário) e operacionais (que tipos de emissões serão tratados e quais atividades da empresa entrarão no inventário).

5.2.1.1 Limites organizacionais

A primeira distinção que deve ser feita na elaboração de um IEGEE corporativo, é uma questão de abrangência do inventário quanto a unidades e processos da empresa ou instituição. No GHGProtocol mencionam-se duas abordagens: Abordagem de Participação de Capital (Em inglês, *Equity Share Approach*) e a Abordagem de Controle (em inglês, *Control Approach*).

A Abordagem de Participação de Capital estima as emissões associadas às atividades da empresa, ponderando pela participação da empresa em cada atividade, esta abordagem permite dividir a responsabilidade pelas emissões entre empresas que cooperam. A Abordagem de Controle soma todas as emissões de atividades que a empresa controla, mesmo quando outra empresa tem alguma participação na atividade. O “controle” pode

ser econômico, ou operacional dependendo do objetivo do IEGEE, as diferenças entre um e outros estão descritas em WBCSD e WRI (2004). A distinção é muito importante quando vão se comparar IEGEE de empresas ou instituições que trabalham juntas, para não ter uma contagem dupla ou deixar emissões por fora do inventário.

5.2.1.2 Limites operacionais: escopos de emissão

Os padrões do GHGProtocol falam de dois tipos de emissões, diretas e indiretas. Porém, sugere-se que nos IEGEE as emissões indiretas sejam separadas, totalizando três tipos ou escopos (*scopes*) de emissões. Escopo 1: emissões diretas; Escopo 2: emissões indiretas por aquisição de energia; Escopo 3: outras emissões indiretas. Os primeiros dois escopos são considerados obrigatórios para qualquer IEGEE, enquanto o último grupo aparece como optativo (WBCSD; WRI, 2004).

Entre as emissões diretas (Escopo 1) estão: a geração elétrica dentro da empresa, as emissões por processos químicos ou físicos, o transporte de materiais, produtos, desperdícios e pessoas em veículos da empresa e as emissões fugitivas.

As emissões indiretas por uso de energia elétrica (Escopo 2) é conveniente separá-las, pois esta fonte de emissão é uma das principais para muitas empresas e existem grandes possibilidades de redução nessa área.

A última categoria (Escopo 3) aparece como optativa no GHGProtocol e está composta basicamente por produtos, bens ou serviços contratados de terceiros (por exemplo, transporte de materiais, produtos, desperdícios e pessoas), deslocamento da casa ao trabalho e eliminação de desperdícios.

5.2.1.3 Cálculo das Emissões

Quando se têm definido os limites do IEGEE, o passo seguinte é identificar as fontes de emissão, selecionar os fatores de emissão e coletar os dados necessários para o cálculo.

Identificar as fontes de emissão significa especificar as atividades da instituição com emissões de GEE em algum dos escopos mencionados anteriormente. Selecionar os fatores de emissão significa escolher uma metodologia padrão, e coletar os dados

significa ter medições das atividades da empresa e traduzi-las para informações que possam ser usadas junto com os fatores de emissão.

Como foi identificado em IPCC (1996) existem várias metodologias para medir emissões. As mais diretas usam aparelhos sensíveis aos GEE localizados estrategicamente nas mesmas fontes de emissão. As medições mais teóricas calculam as emissões usando balanços de massa ou relações estequiométricas dos processos envolvidos na produção. Os métodos mais comumente usados são paramétricos, no sentido de que usam dados de produção ou consumo de insumos multiplicados por fatores de emissão documentados anteriormente.

Posterior ao cálculo das emissões, o GHGProtocol dedica trabalho à gestão dos inventários, ao seu seguimento através do tempo e à redução e verificação de emissões de GEE. Para empresas de pequeno porte o GHGProtocol disponibiliza o documento de Putt del Pino e Bhatia (2002), com os mesmos alinhamentos.

5.2.2. ISO 14064

A Organização Internacional para Padronização (ISO, do grego *ίσος*, igualdade) elaborou a série de normas ISO 14000, que estabelecem diretrizes sobre a área de gestão ambiental.

Em particular, as normas ISO 14064 estabelecem padrões para quantificação, monitoramento e verificação de emissões de GEE (ISO, 2006a, 2006b e 2006c). Estas diretrizes estão baseadas no GHGProtocol, seguem alinhamentos similares e estão projetadas para realizar inventários de caráter voluntário por parte de empresas ou instituições.

O documento ISO 14064 estabelece alguns princípios para realizar os inventários e que estes se tornem contas verdadeiras e apropriadas. Pede definir limites do inventário, tais como quais as instalações e processos produtivos serão inclusos e que tipo de emissões e remoções devem ser considerados dependendo da abordagem (Seção 5.2.1). O documento ISO 14064 (ISO, 2006a) subdivide as contribuições em cinco níveis (dois a mais que no GHGProtocol):

- Emissões diretas diferentes à combustão de biomassa, ou seja, todas as produzidas dentro das instalações, tais como a queima de combustível nos veículos da instituição;
- remoções, como é o caso do projeto de reflorestamento do INPE;
- emissões indiretas por uso de energia, ou seja, aquelas produzidas nos lugares onde a energia consumida pela instituição foi gerada;
- outras emissões indiretas, tais como deslocamento de funcionários em viagens oficiais ou da empresa para a casa e vice-versa, transporte de matérias primas em veículos de outra organização e emissões associadas a desperdício que não são administradas pela própria instituição;
- emissões diretas por combustão de biomassa.

As normas deixam em aberto a possibilidade de usar várias metodologias como, por exemplo, fatores de emissão de cada uma das fontes, modelos ou uma combinação de várias metodologias. O importante é que as metodologias sejam as apropriadas, minimizem razoavelmente a incerteza, sejam tomadas de uma origem reconhecida, estejam atualizadas e sejam consistentes com os fins do inventário (ISO, 2006a).

O regulamento ISO 14064 vai além, definindo critérios para a validação e verificação que devem ser feitas na organização (ISO, 2006c) e padronizando a medição de redução de emissões por projetos corporativos feitos com esse objetivo (ISO, 2006b). Também promove o uso de anos de base para poder fazer seguimento à pegada de carbono da empresa e fixa alinhamentos para a apresentação dos reportes corporativos de GEE.

5.3. Projeto Mata Nativa

Como antecedente de este trabalho, no INPE vem se executando um projeto de reflorestamento com fins científicos e educacionais. O projeto, lançado em fevereiro de 2013, consiste em plantar espécies nativas de mata atlântica em uma porção de 25 ha do campus de Cachoeira Paulista, SP. Na Figura 5.2, apresenta-se uma imagem de satélite

com os limites da área reflorestada (Verde) e os limites do campus do INPE (Azul escuro).

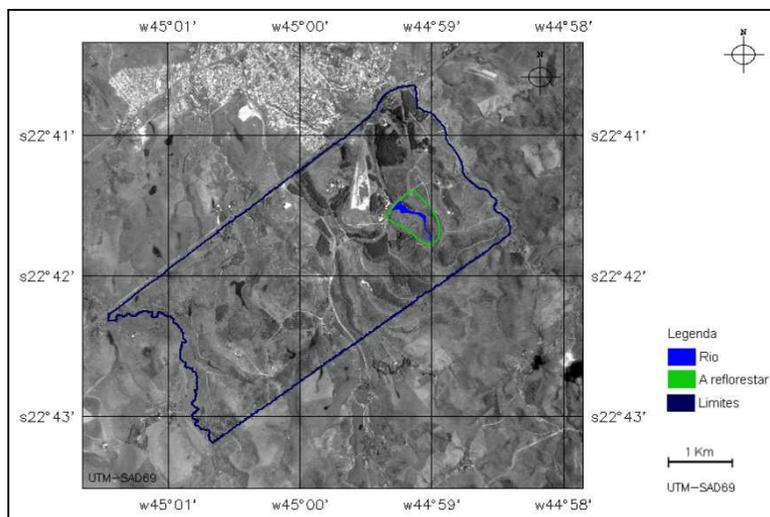


Figura 5.2 - Mapa identificando a área a ser reflorestada
Fonte: INPE (2009).

O foco do projeto é avançar no entendimento dos processos hidro-geo-químicos que agem na recuperação vegetal e formar capital humano para gerenciar este tipo de projetos. O projeto também faz parte da finalidade do INPE para compensar as emissões de carbono e sua linha de ação refere-se à “fixação do carbono e emissões evitadas com base na recuperação de áreas degradadas” (INPE, 2009).

Para isto, dentro do projeto Mata Nativa iniciado, um inventário parcial já foi realizado no INPE. Estimaram-se as emissões em algumas das atividades do INPE para o ano 2008 e se contrastaram com o sequestro de carbono de um projeto de reflorestamento que se adiantaria na área de Cachoeira Paulista (INPE, 2009).

Aquele inventário incluiu o uso de energia, tanto elétrica como de combustíveis fósseis, em diversas atividades, mas deixou de lado emissões importantes como as devidas ao transporte dos funcionários entre trabalho e casa, ou as devidas à disposição de desperdícios.

No total, estimou-se que as emissões do INPE pelos itens considerados somaram 2455 tCO₂; sendo que, por uso de energia elétrica emitiram-se 1370,41 tCO₂; por queima de combustíveis fósseis 268,6 tCO₂ e por passagens aéreas em voos comerciais 703,44 tCO₂. Estimou-se também que para compensar estas emissões anualmente, o INPE deveria plantar ao redor de 178,5 ha.

5.4. Políticas brasileiras de baixa emissão de carbono

A elaboração de IEGEE serve para diagnosticar a emissão de cada um dos setores da economia, encontrar possibilidades de reduzir estas emissões e fazer seguimento a essas reduções. Atualmente, o Brasil está executando planos para mitigação em vários setores, este processo começou independentemente em cada um dos setores, mas se consolidou em 2007 com a criação do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, este comitê promulgou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). O plano identificou ações a serem realizadas em vários setores da economia dentro de sete objetivos específicos:

- Fomentar aumentos de eficiência no desempenho dos setores da economia na busca constante do alcance das melhores práticas.
- Buscar manter elevada a participação de energia renovável na matriz elétrica, preservando posição de destaque que o Brasil sempre ocupou no cenário internacional.
- Fomentar o aumento sustentável da participação de biocombustíveis na matriz de transportes nacional e, ainda, atuar com vistas à estruturação de um mercado internacional de biocombustíveis sustentáveis.
- Buscar a redução sustentada das taxas de desmatamento, em sua média quadrienal, em todos os biomas brasileiros, até que se atinja o desmatamento ilegal zero.
- Eliminar a perda líquida da área de cobertura florestal no Brasil, até 2015.
- Fortalecer ações intersetoriais voltadas para redução das vulnerabilidades das populações.
- Procurar identificar os impactos ambientais decorrentes da mudança do clima e fomentar o desenvolvimento de pesquisas científicas para que se possa traçar uma estratégia que minimize os custos socioeconômicos de adaptação do país. (BRASIL; CIMC, 2008).

Também foram estabelecidos dois instrumentos financeiros para fomento de ações de mitigação e adaptação: o Fundo Amazônia e o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima.

O Brasil planejou reduzir entre 36,1% e 38,9% das suas emissões de GEE como compromisso nacional voluntário de mitigação. Muitas das propostas setoriais se especificaram com uma série de planos sobre adaptação e mitigação que incorporaram metodologias e alcances específicos para cada setor. Estas recomendações foram incorporadas em planos que já estavam funcionando e outras deram passo à incorporação de novos planos setoriais. Os seguintes são os planos de ação para prevenção e controle do desmatamento e os planos setoriais de mitigação e de adaptação à mudança do clima:

- Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm);
- Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado);
- Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) e Planos Decenais de Expansão de Energia (PDE).
- Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura;
- Plano de Redução de Emissões da Siderurgia.
- Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima Para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação;
- Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono;
- Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana Para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima;
- Plano Setorial da Saúde Para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima.

Estes planos aspiram a articular todas as esferas do estado junto com a sociedade civil, para tentar levar os planos à realidade e cumprir com as contribuições nacionais voluntárias. A continuação se apresenta um breve resumo de cada um deles, mostrando dados sobre a contribuição dos setores nas emissões nacionais e as medidas de mitigação propostos pelos planos. Se bem, a PNMC e as políticas setoriais apresentam medidas de adaptação e mitigação, se mencionam aqui apenas as políticas de mitigação,

pois são as que podem contribuir para uma variação nos resultados dos IEGEE porvindouros.

5.4.1 PPCDAm

Para 2005, calcula-se que o setor de “mudança do uso da terra e florestas” contribuiu com a emissão de 1.251.152 MtCO₂e, constituindo 76,4% do total das emissões nacionais; a maior parte desta emissão (842.967 tCO₂e) concentrou-se no bioma amazônico (BRASIL, 2008). Dentro dos objetivos de redução de emissões do Brasil, está a redução de 80% das emissões provenientes do desmatamento na Amazônia, para o qual, estão se implementando as ações e recomendações determinadas pelo PPCDAm.

O plano está construído sobre três eixos: (i) ordenamento Fundiário e Territorial; (ii) monitoramento e Controle Ambiental e (iii) Fomento às atividades produtivas sustentáveis. No primeiro eixo, estabeleceram-se medidas como o zoneamento da Amazônia Legal, a regularização das posses rurais nesta área, a criação de unidades de conservação e a demarcação de terras indígenas. No segundo eixo, as medidas incluem o fortalecimento das instituições que fiscalizam o desmatamento, a criação de instrumentos para monitorar o desmatamento e o impulso da pesquisa para a gestão ambiental sustentável da Amazônia. No terceiro eixo, as medidas visam gerar e fornecer à comunidade conhecimento sobre a sustentabilidade dos recursos naturais, tecnologias adequadas e instrumentos de financiamento para promover a conservação ambiental (BRASIL, PPCDAm, 2013).

Desde sua implementação em 2004, o PPCDAm vem mostrando resultados satisfatórios e vão aparecendo novos desafios. O primeiro triunfo deste plano foi a redução do desmatamento, a diminuição fica evidente se se comparam os 670.000 km² de florestas desmatados até 2004 com a cifra significativamente menor de 6.418 km² desmatados entre 2010-2011 (BRASIL, 2013ppcdam). Esta redução foi devida principalmente ao melhor monitoramento, especificamente à implementação do sistema DETER (Projeto de Detecção do Desmatamento em Tempo Quase Real), feito mensalmente pelo INPE desde 2004 e à agilidade da fiscalização (BRASIL, 2013ppcdam); porém atualmente o

padrão do desmatamento está “pulverizando-se”, razão pela qual a fiscalização se torna difícil devido à necessidade maior de recursos humanos e orçamentários.

Outro sucesso que contribuiu a queda da taxa de desmatamento foi a demarcação de 25 milhões de hectares de unidades de conservação federais e outros dez milhões de hectares de terras indígenas. Adicionalmente, os estados criaram 25 milhões de hectares de unidades de conservação adicionais.

Atualmente, o plano encontra-se na sua terceira fase e tem o desafio de “prover ações condizentes com a nova dinâmica do desmatamento e dar escala e eficácia ao eixo de Fomento às Atividades Produtivas” (BRASIL, 2013ppcdam).

5.4.2 PPCerrado

Das 1.251.152 MtCO₂ de emissão por conta da mudança de uso da terra e das florestas, o desmatamento no cerrado ocupou o segundo lugar com 22% destas emissões (275.378 MtCO₂) ou 16,8% do total de emissões do Brasil (BRASIL, 2008). Este bioma é considerado um dos mais ameaçados, pois até 2008 já tinha perdido 47,84% da sua cobertura de vegetação e suas características fazem com que existam muitos interesses econômicos atrás do desmatamento (BRASIL, 2010ppcerrado). Contrário ao caso da Floresta Amazônica, os solos do Cerrado são aptos para agricultura e pecuária, fato que representa um incentivo para o desmatamento, além disso, a madeira nativa fica próxima a polos siderúrgicos que a demandam em busca de carvão vegetal.

O Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado, nasceu para fazer frente desta problemática, ajudar à conservação do bioma e os serviços ambientais e, junto com isso, reduzir as emissões de GEE por conta da mudança do uso do cerrado. Como o PPCDAm, o PPCerrado divide-se em três componentes que são análogas às concebidas no PPCDAm: (1) Monitoramento e controle, (2) Áreas protegidas e Ordenamento Territorial e (3) Fomento às Atividades Sustentáveis.

Entre às ações previstas encontram-se o desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo quase real similar ao DETER, a intensificação e fortalecimento da fiscalização, a homologação e demarcação de Unidades de Conservação e Terras Indígenas, a ampliação da área plantada de floresta para madeira e carvão, e o impulso de programas e produtos já existentes e incorporação de novos programas para possibilitar a sustentabilidade das atividades e das cadeias produtivas da região do Cerrado.

Para 2020, espera-se uma redução de 40% das emissões de GEE por conta do desmatamento e uma redução significativa das queimadas e os incêndios florestais no Cerrado.

5.4.3 Energia

Ainda que a matriz energética brasileira seja relativamente limpa, devido ao uso maioritário de usinas hidrelétricas para a geração (ANEEL, 2014), existem oportunidades de redução de emissões de GEE no setor, a maioria relacionada com o uso eficiente da energia.

Neste setor, existem vários esforços que buscam o uso racional e eficiente da energia no país. Desde 1985 existe o Programa Nacional de conservação de Energia (PROCEL) e desde 1991 existe o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural (CONPET). Neste contexto, projetam-se os Planos Decenais de Energia que têm como objetivo a modernização do setor energético, com uma visão de médio e longo prazo.

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) faz convergir estes esforços, se articulando o PNMC com os planos decenais de energia. O objetivo principal destes planos é a otimização do uso da energia do Brasil mediante a modernização do setor energético do Brasil, atualizando a infraestrutura e ganhando eficiência tanto na geração como no uso da energia. Estas políticas não necessariamente têm como objetivo primário a redução de emissões de GEE, porém da modernização das usinas e da redução na intensidade no uso da energia se segue uma redução considerável das

emissões de GEE. Por exemplo, o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) determinou uma meta de redução de 10% do consumo de energia, com respeito a um cenário sem política (BRASIL, MME, 2008). Esta redução implica uma redução significativa das emissões, por quanto se esperaria que este 10% corresponda à não abertura daquelas usinas menos costa efetivas.

Deste plano, vale apenas mencionar o capítulo de eficiência energética em prédios públicos. O plano visa reduzir as emissões do setor público mediante a implementação de normas técnicas de eficiência energética que abrangem iluminação e climatização dos prédios públicos, entre outras questões. Atualmente muitos dos prédios do INPE não contam com sistemas eficientes de energia como, por exemplo, temporizadores de luz, o qual permitiria reduzir as emissões que serão apresentadas neste documento.

5.4.4 Siderurgia

O setor siderúrgico é reconhecido por ser um grande consumidor de carvão e por emitir grandes quantidades de CO₂ e CH₄, entre outros GEE, durante o processo de produção. Para 2005, estimou-se que a produção de ferro e aço foi responsável pela emissão de 38.283Mt de CO₂, equivalente a 2,3% das emissões nacionais ou 58,4% das emissões da indústria. Isto sem contar com mais 16.467 Mt de CO₂ emitidos no setor de Energia por processos relacionados com a indústria siderúrgica (BRASIL, MMA, 2008).

O Plano Setorial de Redução de Emissões da Siderurgia foi implementado para aproveitar o alto potencial de redução de emissões identificado no setor. O alvo do plano é reduzir de 15,97 MtCO₂e que se emitiriam em um cenário projetado de base, a apenas 2,94 MtCO₂e, esta redução seria a equivalente a combinar ações para substituir madeira de floresta nativa por floresta plantada e ações para o controle das emissões de metano no processo de carbonização. Para implementar estes dos eixos do plano, propôs-se facilitar o financiamento dos projetos florestais, elaborar normas técnicas para a elaboração do aço e modernizar a cadeia produtiva do carvão vegetal.

Como resultado destas políticas, hoje 100% das usinas do setor fazem uso de carvão vegetal e os ministérios do Meio Ambiente (MMA) e do Desenvolvimento, Indústria e

Comércio Exterior (MDIC) asseguraram mais de R\$ 100 milhões para promover o uso do carvão vegetal (Brasil, MMA, 2008).

5.4.5 Indústria de Transformação

Dentre os novos planos setoriais de mitigação, o setor industrial brasileiro conta com Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança Do Clima Para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação. Este plano abrange a indústria de transformação de itens tais como alumínio, cimento, papel e Celulose, ferro e aço, cal e vidro com a incorporação progressiva de todos os demais setores da Indústria de transformação até 2020 (BRASIL, Plano Ind***).

5.4.6 Mineração

Em termos de emissões de GEE, o setor de mineração é considerado um setor de baixa emissão. Sua participação nas emissões é de apenas de 0,5% do total nacional (BRASIL, MME. 2013). Isto sem contar emissões fugitivas da mineração de carvão que representam 0,8% das emissões nacionais. Similarmente ao que acontece com o setor energético, a relativa baixa intensidade de carbono da mineração brasileira frente à de outros países, constitui um desafio na hora de encontrar alternativas de mitigação das emissões.

O Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono parte de uma proposta de análise setorial que leva em consideração três dimensões: cadeia de valor, bem mineral e limites organizacionais e operacionais de emissão.

5.4.7 Transporte

O setor transporte é um dos grandes emissores devido à queima de combustíveis fósseis; para 2005 estimou-se que o setor transporte emitiu 133.431 MtCO₂, equivalentes ao 8,1% das emissões totais do Brasil ou 44,5% do total de emissões advindas da queima de combustíveis fósseis. Destes, 122.765 MtCO₂ vieram do transporte viário, 5.374 MtCO₂ do transporte aéreo, 3561 do transporte marítimo e 1730 do transporte ferroviário (BRASIL, 2008).

Para efetuar ações de mitigação, existe o Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima, que se apoia no Plano Nacional de Logística e Transportes. Nestes planos, se analisam diversos projetos relativos a Sistemas Modais de Transporte Interestadual de Cargas e Passageiros e Transporte Público Urbano.

5.4.8 Saúde

O setor saúde não é um grande emissor de GEE, mas sim um setor vulnerável ante a MCA devido, principalmente à aparição ou intensificação de enfermidades relacionadas com aumentos de temperatura ou câmbios na qualidade ou disponibilidade da água. Por isto, o Plano Setorial da Saúde Para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima está muito mais focalizado em medidas de adaptação do que em mitigação.

Na parte de emissões, as fontes identificadas são a frota de veículos usados, complexo industrial e descarte de resíduos pelo setor. As principais medidas do plano incluíram a elaboração de um IEGEE detalhado para o setor, estabelecimentos de saúde sustentáveis com o uso de fontes alternativas de energia, e a adoção de critérios nos processos licitatórios que favoreçam a aquisição de produtos e serviços sustentáveis

6 METODOLOGIA GERAL E ESTRUTURA DO TRABALHO

Seguindo as recomendações da literatura (ISO, 2006a; WBCSD; WRI, 2004), propõe-se para este trabalho realizar um IEGEE que inclua as emissões das principais fontes de emissão de GEE identificadas e uma fonte de remoção. O IEGEE será realizado desde uma abordagem de controle como foi explicado na Seção 5.2.1 e se medirá as emissões das unidades apresentadas na Tabela 6.1.

Os tipos de emissões abarcados pelo trabalho serão:

Emissões e remoções diretas:

Combustíveis consumidos pela frota do INPE.

Sequestro de carbono por reflorestamento.

Emissões Indiretas:

Consumo de Energia Elétrica.

Transporte de funcionários em missões oficiais.

Deslocamento de funcionários da casa ao trabalho.

Não todos os dados existem para todas as unidades, razão pela qual, a tabela 6.1 apresenta algumas ressalvas neste sentido.

Tabela 6.1 - Instalações regionais do INPE

Unidade Regional	Estado
Alcântara ¹	MA
Atibaia ²	SP
Belém	PA
Brasília ¹	DF
Cachoeira Paulista	SP
Cuiabá	MT
Eusébio ¹	CE
Natal ¹	RN
Santa Maria	RS
São José dos Campos	SP
São Luís ¹	MA
São Martinho da Serra ²	RS
São Paulo ^{1 2}	SP

¹ Não se obtiveram dados sobre consumo de energia elétrica.
² Não se obtiveram dados sobre consumo de combustíveis na frota do INPE (Ou não possui frota).

A metodologia usada será a de fatores de emissão. Como foi dito na Seção 5, este é um tema amplamente estudado que conta com padrões internacionais reconhecidos por instituições que publicam fatores de emissão específicos por atividade e país.

Apesar disso, os fatores de emissão podem diferir significativamente de metodologia a metodologia. Por exemplo, na Figura 7.7 (p.66) mostram-se diferentes cálculos para as emissões relacionadas com viagens aéreas. As metodologias levam a resultados muito diferentes. Por esta razão a escolha dos fatores deve levar em conta a comparabilidade dos resultados e não só a exatidão.

No presente trabalho, utilizam-se diversos fatores com diferentes supostos e de fontes diversas. Porém, em todos os itens se faz referência aos fatores ou sugestões feitas pelo GHGProtocol e, se usam estes resultados na consolidação final do inventário que se apresenta no Anexo A. Em alguns casos se usam diretamente os fatores publicados pelo GHGProtocol e, em outros casos, a informação sobre os fatores de emissão é parcial e deve se efetuar um cálculo próprio seguindo os alinhamentos do GHGProtocol. Este critério pode fazer com que se perca alguma precisão naqueles setores em que se identificaram metodologias ou fatores mais acurados, porém, garante a consistência dos resultados na hora de somar e permite que o inventário possa ser comparado com outras instituições que seguem a metodologia do GHGProtocol.

Para o caso de energia elétrica, usam-se fatores publicados pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) que servem de referência para todos os usuários de energia elétrica do sistema. Para as emissões por uso de combustíveis, constroem-se os fatores com base na química da combustão dos combustíveis típicos usados no Brasil. Para o transporte aéreo abrange-se uma maior gama de fatores devido à complexidade dos cálculos neste setor e a ampla variedade de critérios existentes. Para o cálculo das emissões do deslocamento dos empregados da casa ao trabalho, calculam-se os fatores incluindo considerações próprias da instituição, a cidade onde cada unidade está localizada e os hábitos dos empregados.

7 INVENTARIO DE EMISSÕES E RESULTADOS

7.1. Combustíveis (Escopo 1)

No INPE, usam-se combustíveis principalmente para o funcionamento de veículos de transporte de funcionários, automóveis, vans e ônibus. Estes veículos consomem diferentes tipos de combustível: gasolina, álcool e diesel.

7.1.1. Dados

Os dados do INPE utilizados foram fornecidos pelo Serviço de Infraestrutura Administrativa junto com o Serviço de Engenharia e Manutenção. A informação subministrada corresponde à compra de combustíveis discriminada por tipo (gasolina, álcool ou diesel) e estava disponível para oito unidades regionais do INPE: Belém, Cachoeira Paulista, Brasília, Cuiabá, São José dos Campos, Santa Maria, São Luís, Natal e Fortaleza. No caso de Natal e Fortaleza, a informação encontrava-se agregada. Foram disponibilizados dados para 2012 e 2013, porém não para todos os meses. Em particular para 2013 só se contou com informação para quatro meses (de agosto a novembro).

Os dados externos utilizados foram os fatores de emissão por conteúdo energético, estes dados foram consultados em IPCC (2006), assim como nas principais ferramentas de cálculo de emissões, incluídas as bases de dados mundiais de GHGProtocol. Porém, optou-se por usar os dados de GHGProtocol (2013b) (tomando dados de BRASIL; MME, 2012), os quais calculam fatores de acordo com os padrões dos combustíveis brasileiros.

No caso do Brasil, combustíveis como a gasolina e o diesel vendidos ao público não são puros senão que, por lei, contêm uma porcentagem de biocombustíveis que vai mudando de acordo com a legislação vigente. O histórico de conteúdo de biocombustíveis nos combustíveis comuns foi obtido de ANP (2013) e para o período de interesse, constatou-se o seguinte: a porcentagem de álcool anidro na gasolina se manteve em 20% em 2012 e só mudou para 25% em maio de 2013. A porcentagem de

biodiesel adicionado ao óleo diesel se manteve em 5% durante todo o período observado.

7.1.2. Metodologia

A medição direta da emissão em veículos é impraticável, razão pela qual se usam fatores de emissão. Existem dois tipos de fatores, os que determinam as emissões a partir da quantidade de combustível consumido e os que usam o número de quilômetros percorridos pela frota. Dependendo dos dados disponíveis, o segundo cálculo deve ser evitado, pois é um cálculo indireto que precisa de supostos sobre a eficiência da frota.

No caso do INPE, a contabilidade do uso da frota está feita usando volumes de combustível em litros, portanto é possível efetuar um cálculo direto. Para cada tipo de combustível c e para cada gás considerado, deve se calcular o potencial químico para o combustível produzir o gás e a eficiência da combustão para produzir esta quantidade. Por exemplo, o potencial de geração de CO_2 de um combustível está dado pela quantidade $k \cdot FE_c$, onde FE_c é o fator de emissão de carbono (C) por quantidade de energia do combustível, e k representa a constante estequiométrica que transforma C em CO_2 , o seu valor é 44/12. Pode se definir quantidades similares ($k_g \cdot FE_{cg}$) para outros gases (por exemplo, para a formação de SO_2 ao incluir o conteúdo de S no combustível). A emissão por unidade de combustível será a multiplicação desta quantidade pelo conteúdo de energia por unidade do combustível CE_c e por um fator de eficiência OX_{cg} que determina qual a porção do C realmente contribui à formação de CO_2 . Esta construção do fator FC_{cg} é resumida pela Equação 7.1.

$$FC_{cg} = k_g \cdot CE_c \cdot FE_{cg} \cdot OX_{cg} \quad \text{Equação 7.1}$$

No caso de uma combustão completa de um gás puro, o fator $OX_{g\text{CO}_2}$ seria igual a um, enquanto que para os outros gases contendo carbono, seria igual a zero.

O IPCC publica fatores de emissão que já consideram os efeitos de eficiência de combustão e incluem outros GEE. Estes fatores estão em termos de CO_2 e por unidade de energia produzida e para cada combustível c serão denotados por FP_c . Os dados

disponíveis no INPE estão em termos de volume do combustível (litros), por tanto, o fator deve se transformar. Conhecendo a densidade do combustível ρ_c e seu poder calorífico PC_c , a emissão e_c pode se calcular como:

$$FE_c = FP_c \cdot (PC_c \cdot \rho_c) \quad \text{Equação 7.2}$$

A quantidade $(PC_c \cdot \rho_c)$ pode se interpretar como a energia gerada por unidade de combustível consumido.

Uma vez calculado o fator, basta com multiplicá-lo pelo volume de combustível utilizado para obter a estimativa das emissões por esta fonte. A tabela B.1, no Anexo B apresenta os fatores de emissão usados, os quais correspondem aos cálculos do GHGProtocol para o Brasil e levam em considerações a porção de biocombustível nos combustíveis brasileiros.

7.1.3. Resultados

Os resultados apresentados na Figura 7.1 indicam que A emissão total por queima de combustíveis foi de 341 tCO₂e, mais 115,1 tCO₂ adicionais se contabilizando a queima de biomassa. A maior parte destas emissões provém da queima do diesel, devido à composição da frota. Na Tabela 7.1 detalham-se cada um os GEE segundo os fatores do GHGProtocol.

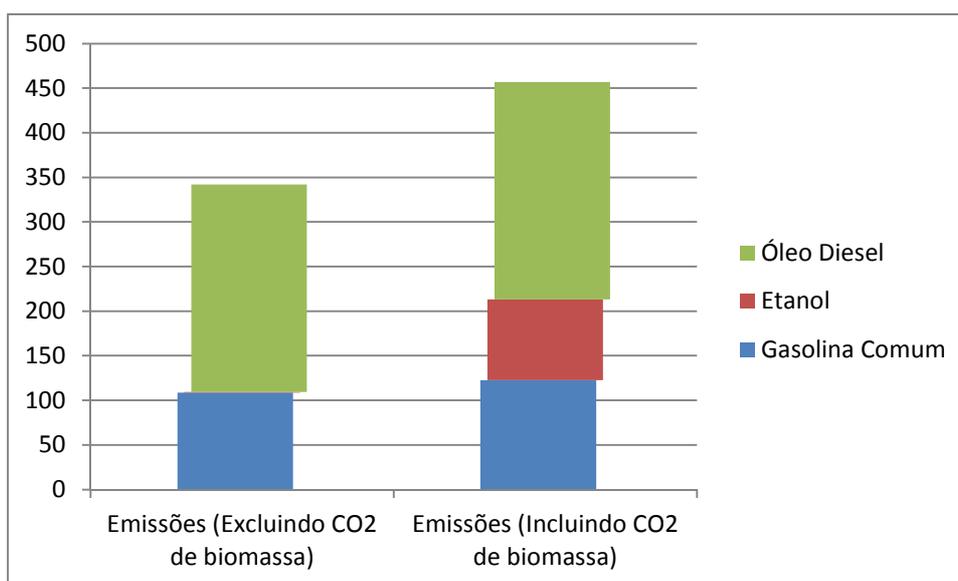


Figura 7.1 – Resultado das emissões por consumo de combustíveis em 2012 (tCO2e).

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 7.1 – Emissões do INPE devido à queima de combustíveis (toneladas).

	Emissões			Total	Biomassa
	CO2	CH4	N2O	CO2e	CO2
Gasolina Comum	104.032742	0.0369337	0.01181878	108.478083	14.1331392
Etanol	0	0.02923151	0	0.73078779	89.650512
Óleo Diesel	228.796792	0.01186652	0.01186652	232.629679	11.2667964
Total	332.829534	0.07803174	0.02368531	341.838549	115.050448

Fonte: Cálculos Próprios usando fatores de GHGProtocol.

Na Figura 7.2, apresentam-se os resultados por unidade regional do INPE, destacando que em São José dos Campos e Cachoeira Paulista aparecem as maiores emissões, isto é consequência de que estas unidades contam com as maiores frotas. Tem dois pontos positivos que vale a pena mencionar: Primeiro, o uso de biocombustíveis reduz consideravelmente as emissões (na Figura 7.2 estas emissões aparecem hachuradas); segundo, este tipo de transporte evita que alguns dos funcionários e estudantes usem o carro e por tanto diminui este tipo de emissões indiretas.

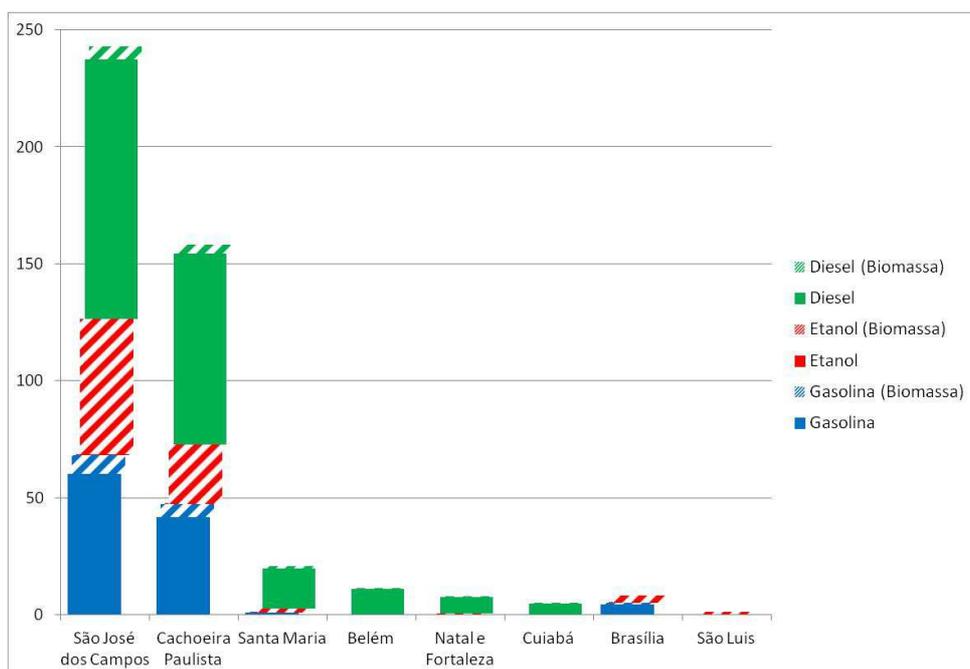


Figura 7.2 – Resultado das emissões por consumo de combustíveis em 2012 discriminado por unidade regional do INPE (em t CO₂e) incluindo emissões por consumo de biomassa.

Fonte: Elaboração Própria com fatores de GHGProtocol.

7.2. Energia elétrica (Escopo 2)

O consumo de energia elétrica comprada é uma das principais formas de emissão indireta de empresas do setor de serviços ou instituições do governo. Na sequência se apresenta a metodologia usada neste trabalho para medir esta emissão por parte do INPE.

7.2.1. Metodologia

A metodologia se baseia em fatores de emissão publicados pelo fornecedor da energia, no caso do Brasil, os dados refletem a emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) e são publicados pelo ONS. No documento de WBCSD e WRI (2004) se definem vários tipos de fatores, os mais acurados são aqueles que medem a emissão diretamente na usina onde a energia usada pela empresa foi produzida, porém, fatores ponderados são mais usais devido a que nem sempre é possível determinar donde a energia vem. No caso do INPE, a energia é tomada da rede elétrica nacional que é alimentada por

diversas usinas e não é possível determinar a origem da energia utilizada com os dados disponíveis.

Neste trabalho, usar-se-ão os fatores SIN disponíveis no site do MCTI, desenvolvidos junto ao Ministério de Minas e Energia (MME). Dois tipos de fatores são publicados, os fatores de emissão médios e os fatores da margem. Os primeiros são descritos pelo MCTI da seguinte maneira: "Os fatores de emissão médios de CO₂ para energia elétrica a serem utilizados em inventários têm como objetivo estimar a quantidade de CO₂ associada a uma geração de energia elétrica determinada. Ele calcula a média das emissões da geração, levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia e não somente as que estão funcionando na margem. Se todos os consumidores de energia elétrica do SIN calculassem as suas emissões multiplicando a energia consumida por esse fator de emissão, o somatório corresponderia às emissões do SIN. Nesse sentido, ele deve ser usado quando o objetivo for quantificar as emissões da energia elétrica que está sendo gerada em determinado momento. Ele serve, portanto, para inventários em geral corporativos ou de outra natureza" (MCTI, 2014).

Já os fatores de emissão da margem correspondem às últimas usinas em entrar em operação para satisfazer a demanda de energia em um determinado momento, estes fatores servem para projetos de redução de emissões tais como os MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo). Os fatores de emissão se dividem em fatores de emissão da margem da operação (MO) e fatores de emissão da margem de construção (MC), a continuação se explica a construção de cada um deles seguindo as descrições apresentadas em MCTI e MME (2014), que apresentam a metodologia ACM0002, definida no documento da CQNUMC (2006).

A ideia é construir um fator de emissão em termos de CO₂ emitido por MWh gerado pelo sistema a partir dos fatores específicos (FE_c) de cada tipo de combustível usado (c), os quais estão em unidades de quantidade de carbono (C) por quantidade de energia contida no combustível.

7.2.1.1. Cálculo do Fator de Emissão por Usina

Para começar, transforma-se o fator FE_c para que fique em termos de CO_2 emitido por quantidade de combustível (litros para óleo, toneladas para carvão, m^3 para gás, etc.). A construção é feita igual a da Equação 7.1 do capítulo anterior; constrói-se um fator de emissão de CO_2 para cada tipo de combustível c , o qual se denota FC_c e se calcula da seguinte maneira.

$$FC_c = k \cdot CE_c \cdot FE_c \cdot OX_c \quad \text{Equação 7.3}$$

Nesta equação, o fator k representa a constante estequiométrica que transforma C em CO_2 , o seu valor é 44/12, CE_c é o conteúdo de energia por unidade de combustível, FE_c é o fator de emissão de carbono (C) por quantidade de energia do combustível e OX_c representa o fator de oxidação do combustível c . Se OX_c for igual a 1, significaria que a combustão é completa e que todo o conteúdo de C vira CO_2 .

O seguinte passo é calcular um fator de emissão para cada usina j em termos de CO_2 emitido por MWh produzido, este cálculo é feito anualmente. Como existem usinas que podem usar vários tipos de combustível, para cada ano y se soma a emissão produzida por cada combustível (multiplicando o fator FC_c pelo consumo de cada combustível $CC_{c jy}$) e se divide pela quantidade de energia gerada nessa usina G_{jy} . Assim, o fator de emissão por usina e por ano FT_{jy} se calcula do acordo à Equação 7.4.

$$FT_{jy} = \frac{\sum_c CC_{c jy} \cdot FC_c}{G_{jy}} \quad \text{Equação 7.4}$$

7.2.1.2. Cálculo do Fator Médio Mensal

Para agregar este fator a cada mês (m), se calcula a média dos fatores por usina (FT_{jy}) e se obtém o fator médio mensal para todo o sistema (FTS_m). Esta média é ponderada pela participação das usinas na geração total de energia (SG_{jm}), a qual varia mensalmente.

$$FTS = \frac{\sum_j FT_{jy} \cdot SG_{jm}}{G_{jy}}$$

Equação 7.5

Isto é equivalente a somar as emissões decorrentes da queima dos combustíveis usados para a geração elétrica e dividi-lo pela geração de energia total do mês.

Note-se que até aqui não se mencionaram emissões diferentes às advindas da queima de combustível, porém, cerca de 90% da geração efetiva vem de usinas hidrelétricas. Implicitamente MCTI, 2013 assume que o fator FT_{jy} é igual a zero para estas usinas. No cálculo, isto é válido também para a geração eólica e nuclear e inclusive para a geração termelétrica que usa combustíveis de biomassa.

O fator expressado pela Equação 7.5 é o que será usado para o IEGEE, porém, vale a pena seguir a metodologia usada para construir os fatores da margem, os quais seriam usados, caso o INPE optasse por certificar uma redução de emissões, via redução do consumo de energia elétrica do SIN.

7.2.1.3. Cálculo dos Fatores da Margem

A abordagem determinada pela metodologia ACM0002 para definir os fatores da margem (MO e MC) é um pouco mais sofisticada, pois se faz em termos marginais. Isto quer dizer que o cálculo do fator se faz pensando em projetos que aumentam ou diminuem o consumo de energia no SIN e, por isto, o importante é medir a emissão adicional causada (ou evitada) pelo projeto, e não a mudança na emissão média de todos os usuários.

Por esta razão a agregação se divide em dois. Primeiro, calcula-se um fator médio da margem de operação e, em seguida, calcula-se um fator médio da margem de construção. O primeiro cálculo pode se entender como o fator que rege a emissão das usinas que seriam desligadas caso o projeto em questão parasse de consumir energia elétrica; o segundo cálculo é mais fácil de entender com um novo projeto de geração de energia, no caso, o cálculo para a margem da construção indicaria a emissão das usinas que seriam construídas para atender uma nova demanda de energia, assumindo que a tecnologia usada é igual à das últimas usinas construídas e não à do novo projeto de

geração. Em outras palavras, calcula-se a quantidade de emissões que se evitariam com o projeto se este não emitisse CO₂.

O cálculo do fator de emissão da margem de operação MO_h utiliza o fator de emissão de cada usina no ano anterior $FT_{j(y-1)}$ (Equação 7.5) e é calculado a cada hora h devido a que a participação de cada usina na geração muda a cada momento de acordo com as condições do mercado. Para tomar efetivamente a margem de operação, se define um fator P_{jh} cujo valor é 1, se a usina está contida nos 10% superiores da ordem de despacho (seria uma usina desligada caso a demanda caísse 10% naquele momento), ou 0, caso contrário. O ponderador deste cálculo será $P_{jh} \cdot D_{jh}$, onde D_{jh} representa a geração de energia da usina j na hora h . Este cálculo está representado na Equação 7.6 e assume que o sistema não está interconectado com outro sistema.

$$MO_h = \frac{\sum_j P_{jh} \cdot D_{jh} \cdot FT_{j(y-1)}}{\sum_j P_{jh} \cdot D_{jh}} \quad \text{Equação 7.6}$$

Para calcular o fator mensal da margem de operação MO_m que é o desejado, se efetua uma nova média ponderada pela geração de energia de cada hora sobre a geração do mês todo (Equação 7.7).

$$MO_m = \frac{\sum_{h \in m} \sum_j MO_{sh} \cdot D_{jh}}{\sum_{h \in m} \sum_j D_{jh}} \quad \text{Equação 7.7}$$

O cálculo do fator de emissão anual da margem de construção MC_y , segue a mesma lógica, incluindo apenas o 20% das usinas mais novas. Este cálculo é análogo ao feito na Equação 7.6, porém é efetuado anualmente como mostra a Equação 7.8.

$$MC_y = \frac{\sum_j R_{j(y-1)} \cdot D_{j(y-1)} \cdot FT_{j(y-1)}}{\sum_j R_{j(y-1)} \cdot D_{j(y-1)}} \quad \text{Equação 7.8}$$

Neste caso, $D_{j(y-1)}$ representa a geração de energia da usina j no ano anterior e $R_{j(y-1)}$ se define como um fator cujo valor é 1 se a usina pertence aos 20% das usinas mais novas, ou 0, caso contrário.

Finalmente, devem se ponderar estes dois fatores, a ponderação usada aqui é de 50% para cada um, seguindo a recomendação adotada pelo NOS em (BRASIL, MCTI, 2014).

A partir daqui, o procedimento é multiplicar o fator pela informação de consumo de energia de cada unidade do INPE para obter a estimativa das emissões de GEE por este conceito.

7.2.2. Dados

Como já foi dito, o cálculo da emissão por uso de energia elétrica requer duas fontes de dados. Primeiro, os fatores de emissão do SIN apresentados na Tabela 7.2, os quais são calculados utilizando a metodologia anteriormente apresentada e são publicados mensalmente pelo MCTI (MCTI, 2013). Segundo, os dados de consumo elétrico das diferentes unidades regionais do INPE, os quais foram fornecidos pelo Serviço de Infraestrutura Administrativa. As unidades que contam com estes dados são São José dos Campos, Cachoeira Paulista, Cuiabá, Santa Maria, Belém, São Martinho e Atibaia.

Tabela 7.2 – Fatores de Emissão do SIN para 2012 (t CO₂/MWh).

Fator Mensal	Fator médio	Margem da operação	Margem da Construção
Janeiro	0.0294	0.2935	N.A.
Fevereiro	0.0322	0.3218	N.A.
Março	0.0405	0.405	N.A.
Abril	0.0642	0.6236	N.A.
Mai	0.062	0.5943	N.A.
Junho	0.0522	0.5056	N.A.
Julho	0.0394	0.3942	N.A.
Agosto	0.046	0.449	N.A.
Setembro	0.0783	0.6433	N.A.
Outubro	0.0984	0.6573	N.A.
Novembro	0.1247	0.6641	N.A.
Dezembro	0.1168	0.6597	N.A.
Fator Anual			
2012	0.06534	0.51762	0.20100

Fonte: MCTI, 2013

7.2.3. Resultados

Os resultados da estimação são apresentados na Tabela 7.3. Calcularam-se as emissões para cada unidade regional do INPE que contava com informação, e para cada mês.

Tabela 7.3 – Estimativa das emissões mensais de CO₂ e por uso de energia elétrica (tCO₂e)

Mês	São José dos Campos (SP)	Cachoeira Paulista (SP)	Cuiabá (MT)	Santa Maria (RS)	Belém (PA)	São Martinho (RS)	Atibaia (SP)	TOTAL
Janeiro	39.95	29.03	1.22	1.70	0.58	0.22	0.13	72.83
Fevereiro	44.45	34.53	1.36	1.86	0.59	0.25	0.15	83.19
Março	60.24	41.32	2.40	2.52	0.77	0.38	0.18	107.79
Abril	90.03	64.88	2.28	3.20	1.22	0.54	0.26	162.41
Maio	83.60	67.85	2.52	2.92	1.09	0.46	0.20	158.63
Junho	70.97	53.23	2.38	2.46	1.20	0.37	0.18	130.79
Julho	53.34	44.46	1.65	1.99	0.78	0.33	0.12	102.66
Agosto	63.80	47.98	2.15	2.47	0.88	0.40	0.18	117.87
Setembro	98.21	80.89	4.17	4.03	1.69	0.58	0.28	189.86
Outubro	142.98	124.08	4.93	5.51	2.04	0.62	0.37	280.51
Novembro	185.85	144.99	6.28	9.15	2.71	0.97	0.60	350.56
Dezembro	149.86	128.90	5.27	7.85	2.80	0.85	0.46	295.99
Total	1083.29	862.14	36.60	45.64	16.34	5.97	3.11	2053.09

Fonte: Cálculos Próprios usando fatores do SIN

Ao localizar os resultados mensais na Figura 7.3, podem se perceber dois picos nas emissões por este conceito; o primeiro deles aconteceu em abril e o segundo, que é o maior, aconteceu em novembro. Também se observa que os meses de menor emissão foram janeiro e fevereiro, isto pode ser propiciado por duas causas. Primeiro, pelos períodos de férias, quando o INPE encontra-se mais vazio, ou, segundo, por fatores de emissão menores neste período devido a causas alheias às atividades do INPE.

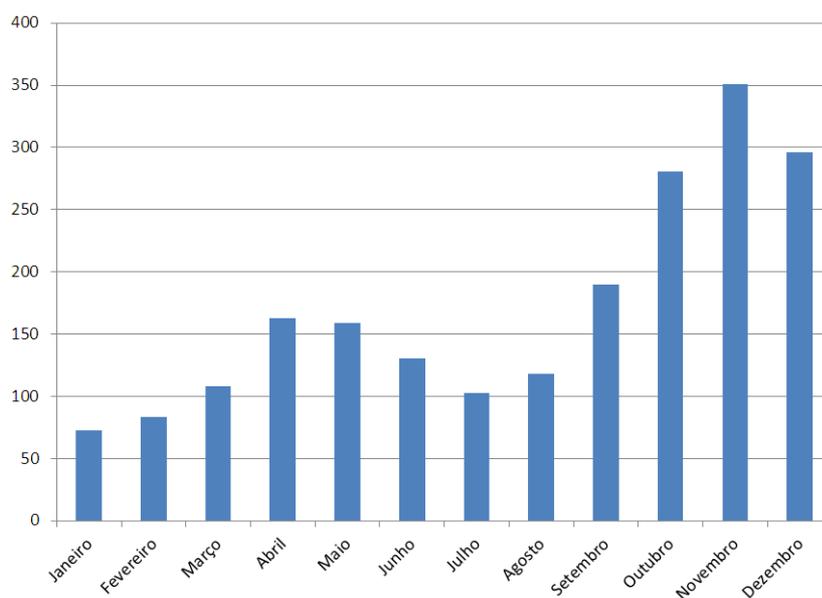


Figura 7.3 – Emissões de GEE devido ao uso de energia no INPE em 2012 (tCO₂).

Fonte: Cálculos Próprios.

Para verificar as causas de estes aumentos nas emissões totais, a Figura 7.4 compara o regime de consumo elétrico no INPE com a série mensal de fatores de emissão publicada pelo SIN.

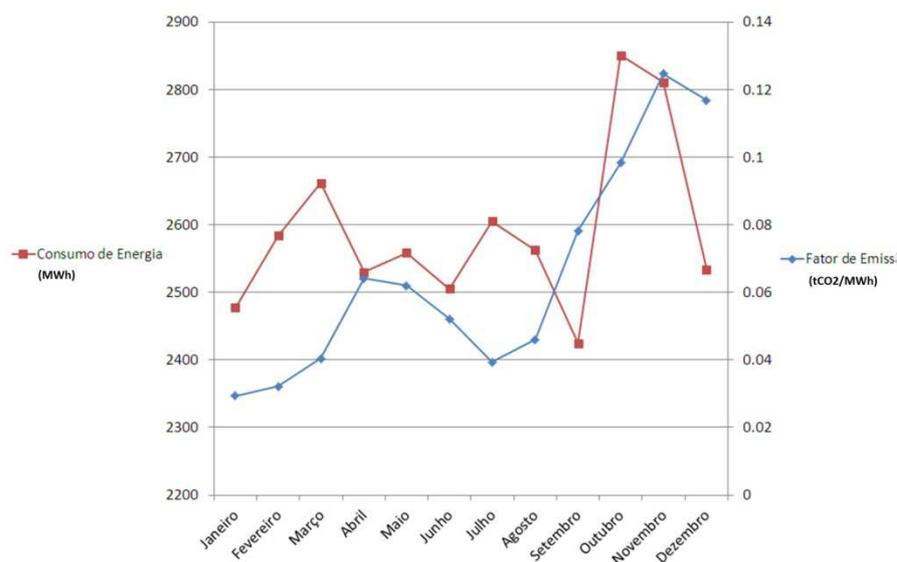
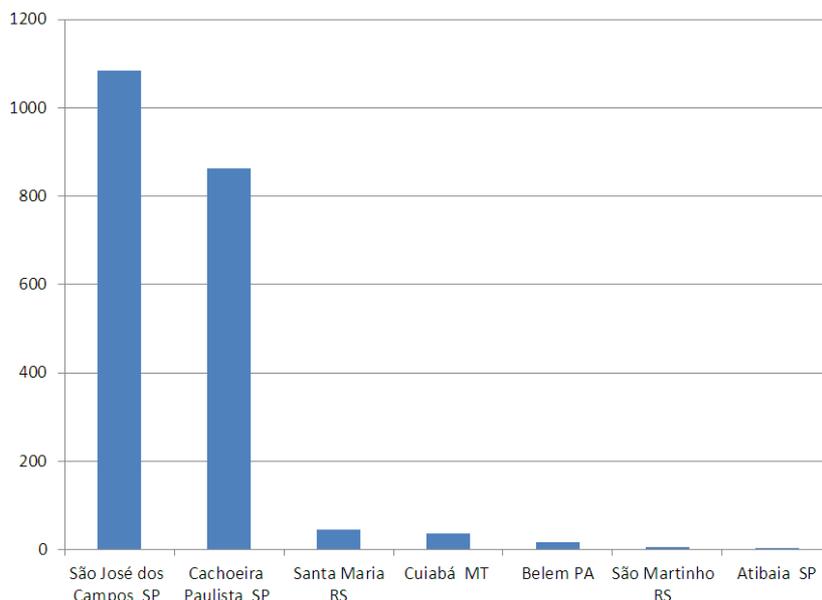


Figura 7.4 – Fatores mensais de emissão do SIN e consumo elétrico mensal no INPE em 2012.

Fonte: Adaptação própria usando dados do SIN e do INPE.

Percebe-se que o efeito dominante é o do fator de emissão, pois o comportamento é bastante similar ao das emissões. O efeito por maior ou menor consumo de energia é pouco comparado com o efeito de que as usinas geradoras estejam emitindo mais ou menos GEE.

A outra forma de ver os resultados é desagregá-los nas unidades regionais do INPE. Como era de se esperar, as maiores unidades, São José dos Campos e Cachoeira Paulista, são as que mais participam da emissão de GEE por conta do consumo elétrico (com 1083 tCO₂e e 862 tCO₂e, respectivamente), seguidas de longe por Santa Maria (46 tCO₂e), Cuiabá (36 tCO₂e), Belém (16 tCO₂e), São Martinho (6 tCO₂e) e Atibaia (3 tCO₂e). A . 7.5 apresenta este resultado.



7.5 – Emissões de GEE devido ao uso de energia nas diferentes unidades regionais do INPE em 2012 (tCO₂e).

Fonte: Cálculos Próprios

7.2.4. Considerações finais sobre o consumo de energia elétrica

Os resultados anteriores refletem o impacto do consumo de energia elétrica do INPE na concentração de GEE na atmosfera. Estes resultados seguem metodologias aceitas pelos organismos competentes e tem a vantagem de que permite comparar com outros IEGEE do Brasil, pois os fatores publicados pelo ONS são usados, inclusive, nos IEGEE feitos

baixo os alinhamentos do GHGProtocol. Porém, o cálculo não deixa de ter detalhes que merecem ser discutidos.

7.2.4.1. Emissões não incluídas

A metodologia que seguiu esta análise não considera toda a forçante radiativa derivada do uso de energia elétrica. Por um lado, se limita a estimar as emissões de CO₂ produzidas no momento da combustão sem considerar emissões feitas em outros momentos do processo de geração e, por outro lado, não considera os efeitos diretos ou indiretos de subprodutos da própria combustão diferentes ao CO₂.

Se bem, a maior parte da capacidade de geração de energia instalada no Brasil é hidroelétrica, isto não significa que a emissão desta grande porção de energia elétrica seja realmente zero. A metodologia para a construção dos fatores usados neste trabalho baseia-se no uso de combustíveis para a geração de energia e, neste sentido, não se consideram questões como o ciclo de vida da geração desta energia. Por exemplo, em zonas tropicais, tem se demonstrado que a decomposição bacteriana de matéria orgânica é favorecida pelas reservas artificiais de água usadas para geração hidroelétrica, produzindo GEE tais como CH₄ (ROSA et al., 2004). Recentemente, o trabalho de De Miranda (2012) aplicou uma Avaliação do Ciclo de Vida, estimando um fator de emissão 2,5 vezes maior que o reportado pelo MCTI e usado neste trabalho para energia elétrica.

No entanto, a metodologia usada neste trabalho não inclui estas considerações. A metodologia atual está baseada em padrões aceitos internacionalmente e permite manter a coerência entre diferentes IEGEE. Estas metodologias estão evoluindo continuamente e, provavelmente no futuro, os IEGEE incluirão fatores que representam melhor o ciclo de vida da geração. De fato, o GHGProtocol, quem também aprova e recomenda esta metodologia, tem um grupo de trabalho que visa melhorar os relatórios de emissões em aspectos relacionados com o Escopo 2 (GHGProtocol, 2013).

7.2.4.2. Correções Posteriores

A incorporação de novos conhecimentos não é a única razão pela qual um IEGEE pode ser revisado no futuro, de fato, durante a realização deste trabalho, pelo menos uma correção foi feita devido a mudanças nos fatores de emissão publicados pelo MCTI. Segundo o MCTI (2014), depois de divulgados os dados dos fatores de emissão, “a verificação dos cálculos nos Fatores de Emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil, PARA INVENTÁRIOS, detectou uma diferença a menos nos valores de nov/2012, jan/2013 e mar/2013”.

Este tipo de mudanças pode ser comum por causas alheias ao controle da instituição (como neste caso) ou porque os dados vão sendo atualizados à medida que se conta com melhor informação. O importante disto é destacar que estas mudanças podem fazer com que os inventários tenham que ser revisados periodicamente para garantir uma comparabilidade ano a ano. No presente trabalho se utilizaram os fatores atualizados a março de 2014.

7.2.4.3. Observação sobre a metodologia da linha base

O fato de que o cálculo dos fatores de emissão esteja feito sobre uma linha base, usando informação das usinas de um ano anterior, faz com que exista um possível viés com respeito às emissões que de fato foram indiretamente produzidas, em particular, pela não incorporação de possíveis fontes de energia elétrica mais limpa no SIN no período do inventário. Porém, esta construção é intencional e seu objetivo tem a ver com a certificação de redução de emissões (créditos de carbono) que pode ser obtida através de um projeto, seja este um projeto de geração de energia limpa (por exemplo, um projeto de geração de energia eólica) ou um projeto de redução de consumo de energia elétrica (por exemplo, a troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes).

A metodologia da linha base está pensada inicialmente para projetos de geração de energia limpa e calcula a quantidade de GEE que se emitiria, caso o projeto não existisse; para projetos de redução de uso de energia, a metodologia estima a quantidade que não se emitiria nas usinas instaladas por conta da redução no uso de energia do

projeto. A diferença está quando, por exemplo, uma empresa efetua uma redução de consumo de energia ao mesmo tempo em que entra em funcionamento um projeto de energia limpa no sistema em que a empresa compra a energia; a redução contabilizada pela empresa não vai levar em consideração a redução adicional nas emissões por conta do uso da energia do projeto, pois ainda usa a linha base.

7.2.4.4. Incidência do clima sobre a variabilidade dos fatores de emissão

Como foi visto nas figuras 7.3 e 7.4, aumentos nas emissões do INPE por conta do uso de energia elétrica estão relacionados principalmente com aumentos nos fatores de emissão do SIN. Estes fatores estão relacionados com a capacidade de geração hidrelétrica o qual depende dos níveis de precipitação precedentes. Em 2012 o mês com maiores fatores de emissão foi novembro, seguido de dezembro e outubro, as razões climáticas para isto podem se dividir em duas.

A primeira razão é que, segundo Marengo (2007) e Quadro et al (1996), na maioria do território brasileiro os meses de inverno (precedentes ao período outubro-dezembro) apresentam as menores precipitações acumuladas e, por tanto, a provisão de água nas represas diminui e o uso de usinas hidroelétricas tende a ser menor. Este é um efeito que se observa todos os anos, de fato, nos anos de 2010 e 2011, novembro também foi o mês com maior fator de emissão. Em 2012, porém, o fator fora o maior desde o começo da série em janeiro de 2006 e só seria superado nos meses de abril de 2014.

Por isto, a segunda razão tem a ver com as condições próprias de cada ano e as altas nos fatores de emissão podem ser associadas a eventos climáticos com menos chuvas do normal sobre o território brasileiro. Ao verificar o relatório do clima do CPTEC do mês de novembro de 2012, nota-se que “as chuvas foram escassas na maior parte do Brasil durante o mês de outubro” e existiam previsões de que este padrão continuasse em algumas regiões do Brasil, em particular, no norte e nordeste. Isto é coerente com uma redução da oferta hidrelétrica e um aumento da geração em usinas menos limpas.

7.3. Emissões indiretas por viagens oficiais por via aérea (Escopo 3)

O impacto da aviação tem sido uma preocupação constante das autoridades ambientais dos países. Tradicionalmente, o foco é a contaminação auditiva e a poluição do ar, mas a aviação começou a ser parte da questão global da alteração dos padrões climáticos. O IPCC calcula que as emissões da aviação representam cerca de 2% do total das emissões antropogênicas ou 13% do total das emissões do setor de transporte (PENNER, 1999) e se estima que esta participação cresça durante os próximos anos (BRASSEUR et al, 1998).

O cálculo das emissões associadas à aviação não é simples. Na sequência, discutem-se algumas particularidades dos efeitos de este setor sobre a atmosfera e se apresentam algumas dificuldades que surgem ao tentar alocar a responsabilidade por estas emissões quando se constroem IEGEEs.

7.3.1. Considerações sobre os impactos comerciais na atmosfera

Para calcular um fator de emissão da aviação comercial é necessário levar em conta considerações físicas e químicas da atmosfera, alocar responsabilidades aos agentes que se beneficiam da aviação e ser realista sobre a disponibilidade de dados. Na sequência se apresenta uma breve discussão sobre este tema, e na Seção 7.3.3 se apresentam todos os supostos que se fazem na metodologia para incorporar (ou não) estas considerações.

7.3.1.1. Emissões da aviação comercial

O voo de um avião afeta a atmosfera de diversas maneiras; em termos de mudanças climáticas, existem vários canais nos que um voo pode afetar o balanço radiativo nos diferentes níveis da atmosfera. A queima do combustível libera diretamente à atmosfera GEE, principalmente CO₂ e H₂O e, em menor quantidade O₃, CH₄ e alguns GEE com tempos de residência curtos tais como óxidos de nitrogênio (NO e NO₂) e óxidos de Enxofre (SO_xO) (LEE et al., 2005).

A quantidade de GEE emitida e o efeito destes gases na atmosfera variam em função da fase do voo e a altitude do avião. Durante a decolagem e a subida o uso do motor e do

combustível está perto do máximo, já na descida o uso de combustível é muito menor. Durante o voo de cruzeiro, usualmente acima de 9 km de altitude a forçante radiativa dos gases e partículas emitidas é diferente daquela das emissões perto da superfície e, por isto devem ser considerados os efeitos diretos e indiretos de cada um dos poluentes.

O efeito mais importante é o do CO₂ que representa a maior porção da emissão, por se tratar de um período de residência longo, seu efeito na mudança climática é global, pode se abordar como se fosse uma emissão em terra e seu efeito está bem estudado. Já os outros gases devem ser analisados em função da química atmosférica própria da alta troposfera e a baixa estratosfera. Por exemplo, os óxidos de nitrogênio aumentam a produção de O₃ estratosférico, mas removem CH₄, produzindo forçantes radiativas com sentido oposto. Também, os óxidos de enxofre estão relacionados com a aparição de aerossóis sulfatados, que aumentariam o albedo terrestre produzindo um ligeiro efeito de esfriamento (ROCHA, 2012, citando a SAUSEN et al., 2005).

Finalmente, o vapor de água merece uma observação especial no caso da aviação; aviões voando em altitudes superiores desencadeiam a formação de trilhas de condensação e, eventualmente, podem incentivar a aparição de camadas de nuvens cirrus que capturam calor, mudando assim o equilíbrio radiativo nesta parte da atmosfera (MINNIS et al., 2003).

7.3.1.2. Alocação de Responsabilidades

A alocação de responsabilidades sobre as emissões da aviação apresenta algumas particularidades. Por exemplo, em voos internacionais, não é evidente qual país é o responsável por estas emissões, tem que se decidir se é o país de origem, o de destino, aquele correspondente à bandeira da nave, o país de nacionalidade dos passageiros (ou carga), o país de origem do combustível e assim por diante. Isto mesmo acontece com o transporte de carga quando o destinatário é diferente ao remetente. Uma discussão sobre estes aspectos pode-se encontrar em Lee et al. (2005).

Para o presente trabalho, procura-se estabelecer a responsabilidade por um passageiro (o funcionário do INPE) e não por um voo inteiro, assim a questão a resolver é qual a

porcentagem das emissões de um trajeto pertencem à pegada de carbono de um passageiro. Em uma primeira aproximação, poder-se-ia pensar em dividir as emissões totais do voo pelo número de passageiros, mas aqui aparecem algumas dificuldades, pois, em princípio, não é claro o alcance da responsabilidade de um passageiro sobre as emissões de um voo. Na sequência, apresentam-se alguns aspectos que influenciam a construção dos fatores de emissões.

- Não se conhece necessariamente o tipo de avião que foi usado ou o modelo dos motores usados.
- Não se conhece a quantidade de passageiros que efetivamente abordaram o voo. No caso em que o voo esteja quase vazio, é relevante decidir se a responsabilidade de um passageiro é maior a que se o avião estivesse lotado.
- Não se sabe qual foi a rota exata do avião nem se teve atrasos durante o voo de cruzeiro ou em terra, com os motores em funcionamento. Fato que aumentaria as emissões.
- Não se sabe se todos os passageiros voam na mesma classe. Isto é importante porque por cada poltrona de primeira classe ou classe executiva, reduz-se o número de poltronas em classe econômica em mais de uma. Por isto é importante estabelecer se um usuário de uma classe superior tem uma maior responsabilidade sobre as emissões.

A lista de dúvidas pode incluir o valor da passagem, o peso da bagagem, o serviço de carga em voos de passageiros, entre outras coisas. Porém, antes de decidir quão acurado será o cálculo, deve-se considerar a disponibilidade de dados para efetuar os cálculos.

7.3.2. Dados

A base de dados para este exercício foi disponibilizada pelo Serviço de Infraestrutura Administrativa e se compõe de todas as passagens aéreas emitidas em 2012 e em 10 meses de 2013. A informação relevante é a origem, o destino e as escalas de cada uma das passagens. Adicionalmente, se conhece a data do embarque e se o trajeto principal foi doméstico ou internacional.

Em total se registraram 797 itinerários, dos quais apenas 197 foram internacionais e o resto foi ao interior do Brasil. Em termos de distância, as passagens nacionais representaram 1.179.290 km percorridos e as internacionais 4.384.022 km, totalizando 5.563.312 km, isto assumindo que os percorridos foram feitos uma geodésica, ou seja, seguindo o caminho mais curto entre os dois aeroportos dado que a terra é uma esfera.

7.3.3. Metodologia

Para estimar a emissão de GEE devida a passagens aéreas, selecionaram-se fatores de emissão de várias instituições que seguem supostos diferentes. Os fatores de emissão selecionados estão em forma de quantidade de CO₂e emitido por unidade de distância do voo. Porém em alguns casos, o fator de emissão não é constante senão que está em função da informação conhecida incluindo, classe da passagem e se o voo é doméstico ou internacional.

A aproximação mais simples consiste em calcular a emissão devida à queima de combustíveis no motor do avião. Isto é feito seguindo uma metodologia análoga à apresentada na Seção 7.1.2 para o caso de combustíveis queimados pela frota do INPE; Posteriormente se divide o resultado pelo número de passageiros ou o peso da carga (possivelmente ponderado pela classe em que voa o passageiro). Devido a que nas bases de dados corporativas aparecem cidades de origem e destino, estes fatores devem ser convertidos a fatores por distância. Isto é feito de maneira diferente em cada uma das fontes consultadas.

Por exemplo, o GHGProtocol, separa a análise entre voos de curto ou longo alcance, calcula o combustível médio usado em voos típicos e, finalmente, multiplica o resultado por 1,09 para incluir os manobras dos aviões que fazem que a trajetória do voo não seja uma linha geodésica perfeita. Vale a pena aprofundar no cálculo feito por Atmosfair, esta é uma organização alemã que age no Mercado da compensação de emissões de GEE, focada no setor de transporte aéreo. Não foi possível aceder aos fatores para replicar os cálculos, mas Atmosfair disponibiliza uma calculadora online e oferece uma documentação geral dos supostos utilizados (ATMOSFAIR, 2008).

Atmosfair utiliza uma metodologia avaliada pela Agencia Ambiental Federal da Alemanha que inclui os efeitos por emissão de CO₂, NOX e trilhas de condensação. Para calcular a pegada de carbono de um passageiro se assumem taxas de ocupação da aeronave de 80% para voos charter, 60% para a Alemanha, 62% para os EUA e 75% para o resto de voos. Atmosfair também diferencia entre rotas longas e curtas, tipos de avião e, para voos dentro da Europa, tem sofisticções como o suposto de que os ventos acima de 9 km são predominantemente de leste, reduzindo o uso de combustível dos voos que seguem o fluxo do vento. Usando informação estatística, Atmosfair também consegue estimar as emissões por atrasos durante o voo ou em terra com os motores acessos. Uma característica interessante é que os fatores de emissão de Atmosfair não são uma função decrescente da distancia do voo como geralmente ocorre com os outros fatores; a Figura 7.6 reflete que os fatores de Atmosfair consideram que a forçante radiativa direta e indireta é maior para os voos que alcançam as maiores altitudes de cruzeiro.

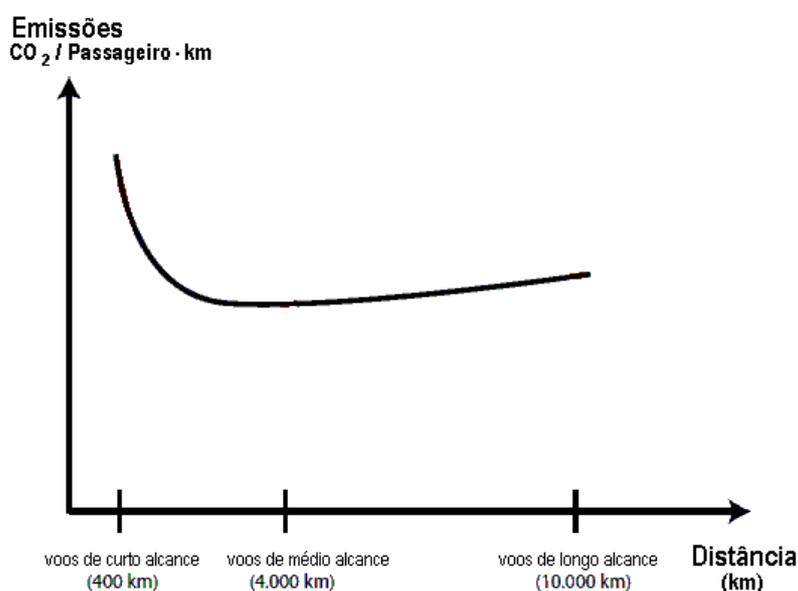


Figura 7.6 – Eficiência típica dos voos em termos de emissões de CO₂ segundo Atmosfair.

Fonte: ATMOSFAIR (2013).

A maior vantagem desta calculadora é que diferencia muito bem cada tipo de voo, baseado em estatísticas conhecidas, porém, a principal desvantagem é que as estimações

devem ser feitas no próprio site, dificultando a extensão da metodologia para regiões ou aeroportos por fora da sua base de dados. Outra desvantagem é que a informação estatística é muito precisa para voos partindo ou chegando à Alemanha e menos precisa para o resto do mundo (ATMOSFAIR, 2008).

7.3.4. Resultados

Os resultados indicam que as emissões do INPE devido às passagens aéreas são de entre **389,7 e 1912,9 tCO₂e** dependendo da metodologia utilizada. Para o caso dos fatores do GHGProtocol, o resultado foi de **635,2t CO₂e**. Como foi antecipado, o resultado apresenta uma grande incerteza devido a diferenças nas metodologias derivadas da complexidade do cálculo das emissões para passagens aéreas. A Figura 7.7 apresenta o resultado para cada uma das metodologias utilizadas. Usando os fatores de Climate Care, GHGProtocol e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), se registra o menor resultado, enquanto que as metodologias de Atmosfair e Climate Friendly registram os maiores. Isto é devido principalmente a uma maior incorporação de efeitos indiretos nas duas últimas.

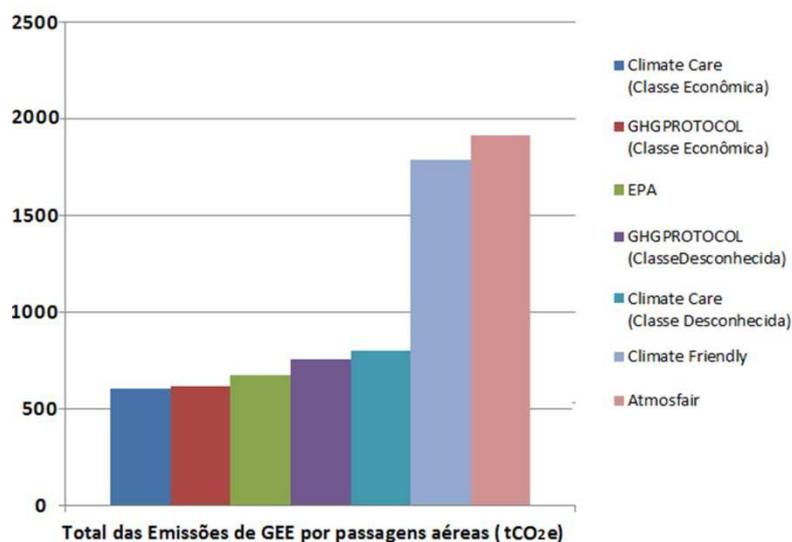


Figura 7.7 – Emissões por viagens aéreas de funcionários usando diferentes fatores de emissão (tCO₂e).

Fonte: Elaboração própria.

Um segundo resultado consistiu em separar os trajetos domésticos (dentro de um mesmo país) dos trajetos internacionais, os resultados são apresentados na Figura 7.8 . As emissões são maiores para os voos internacionais, porém não na mesma proporção das distancias percorridas. Exceto para Atmosfair, a participação dos voos nacionais nas emissões totais é maior do que a participação dos voos nacionais na distancia total percorrida. Isto é coerente com o suposto de que em maiores distancias os aviões passam uma maior porção do tempo em voo de cruzeiro, justamente quando são mais limpos e eficientes.

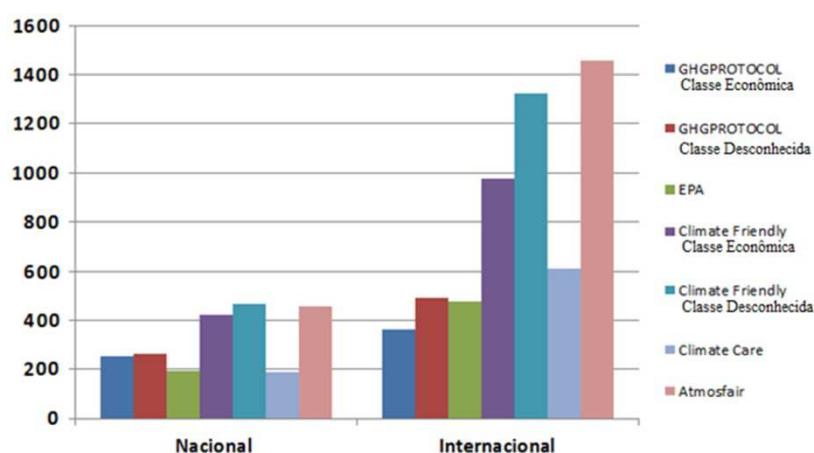


Figura 7.8 – Resultado das emissões por viagens aéreas de funcionários em 2012 discriminado por voos nacionais e internacionais (tCO₂e).

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados mensais seguem o mesmo padrão da densidade de viagens oficiais durante o ano. Na Figura 7.9 , pode-se observar que nos períodos usuais de férias (dezembro, janeiro e fevereiro) o volume de emissões é o mais baixo, enquanto que o período de março a maio é o mais movimentado. Esta informação pode ser relevante para avaliar alternativas de redução de emissão, pois define os meses do ano em que mais potencial de redução existe.

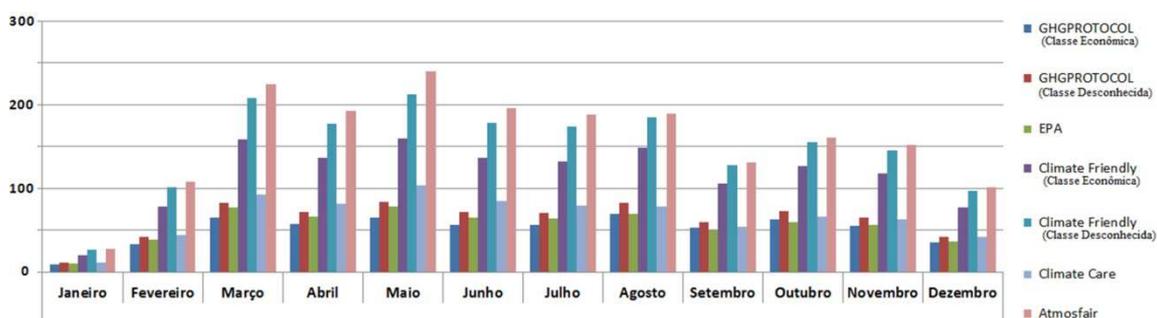


Figura 7.9 – Resultado das emissões por viagens aéreas de funcionários em 2012 discriminado por mês e usando diferentes fatores de emissão (tCO₂e).

Fonte: Elaboração própria.

7.3.5. Resultados Preliminares para 2013

Seguindo a mesma rota de análise e aproveitando os dados de dez meses de 2013, estimou-se que as emissões parciais por conceito de passagens aéreas foram de **597 tCO₂e** (Utilizando os fatores de fatores do GHGProtocol quando a classe das passagens é desconhecida). Para o mesmo período em 2012, o resultado foi de **583 tCO₂e**, mostrando um aumento relativo nas emissões. Devido a que os fatores permaneceram constantes, isto só pode ser devido ao aumento nas viagens oficiais de pessoas vinculadas ao INPE.

7.4. Emissões indiretas por deslocamento da casa ao trabalho (Escopo 3)

Os hábitos de deslocamento dos trabalhadores são uma fonte importante de emissões que ainda não foi incluída em nenhum dos cálculos do INPE. Existem duas abordagens para efetuar o cálculo, estimar o uso do transporte dos funcionários criando suposições sobre um funcionário médio, ou perguntar aos próprios funcionários sobre a maneira em que chegam ao INPE todos os dias. A abordagem que foi feita para estimar este item está no meio dessas duas alternativas; efetuou-se uma pesquisa perguntando aos empregados informação que permitisse estimar a comportamento médio de integrantes do INPE, divididos entre estudantes, professores, funcionários etc.

7.4.1. Dados

Os dados utilizados foram: primeiro, os fatores de emissão de diferentes meios de transporte; segundo, a informação sobre número de funcionários, estudantes e terceirizados no INPE; e terceiro, uma base de dados levantada a partir de uma enquete enviada a uma amostra de pessoas que desenvolvem suas atividades no INPE,

Os fatores de emissão se apresentam em forma de emissões de CO₂e por quilômetro percorrido para cada tipo de veículo utilizado. Para o caso do transporte público o fator se corrige pela ocupação do veículo, de forma similar a como é feito nos fatores usados para o transporte aéreo. Neste trabalho, usaram-se os fatores publicados pelo GHGProtocol, que faz supostos sobre os ônibus padrão usados regularmente no Brasil.

O número de funcionários, estudantes e terceirizados foi fornecida pelo Serviço de Infraestrutura Administrativa e pelo Serviço de Pós Graduação Administrativa. Os dados foram disponibilizados para 2012 e 2013 com corte em julho do respectivo ano. No total, em 2012 se reportaram 565 alunos, 1284 servidores e 568 terceirizados.

A enquete foi realizada via e-mail para uma amostra de pessoas do INPE entre os dias primeiro de agosto e 5 de setembro de 2013, o envio dos e-mails se deu graças à chefia das secretarias. Para a resposta se facilitaram dois métodos, a través de um link que permitia anonimato na resposta e respostas limitadas, ou de volta a través de e-mail. O questionário estava conformado por seis perguntas, um exemplo de resposta via e-mail se apresenta na Figura 7.10. Adicionalmente, na enquete anônima, se deixava uma pergunta optativa sobre o local de residência da pessoa que podia ser respondido indicando o CEP de domicílio.

Na pergunta 5 as respostas foram classificadas em três categorias: 1) Alunos, bolsistas e estagiários, 2) Servidores (incluindo professores e pesquisadores), e 3) Terceirizados.

No total foram recebidas 208 respostas, sendo 70 alunos (12,3% do total de alunos), 118 servidores (9,1% do total de servidores) e 24 terceirizados (5,6% do total). No Anexo C se apresentam alguns detalhes sobre as respostas obtidas.

Pesquisa sobre hábitos de deslocamento entre a casa e o trabalho das pessoas vinculadas ao INPE.

Por Favor, responda as seguintes perguntas e envie o arquivo a alejandro.ordonez@cptec.inpe.br.

1. Como se transportou da casa ao trabalho a última vez que foi ao INPE?*

(Indique com um X. Se usou vários meios de transporte, indique apenas o que usou maioritariamente)

- | | | | | | |
|-------------|--------------|------------------|-------------|------------------------|-------------|
| • Carro | <u> X </u> | • Van particular | <u> </u> | • Carro ou van do INPE | <u> </u> |
| • Ônibus | <u> </u> | • Táxi | <u> </u> | • Motocicleta | <u> </u> |
| • Bicicleta | <u> </u> | • A pé. | <u> </u> | • Trabalhou em casa. | <u> </u> |

2. Se você usou transporte particular ou táxi, com quantas pessoas você dividiu o transporte?

 -

3. Quanto tempo leva para chegar do local de residência ao trabalho?*

(HH:MM)

 00:40

4. Em qual unidade do INPE você trabalha a maior parte do tempo?*

- | | | | | | |
|-----------------------|-------------|----------------------|-------------|---------------|-------------------|
| • São José dos Campos | <u> </u> | • Cachoeira Paulista | <u> </u> | • Cuiabá | <u> X </u> |
| • Santa Maria | <u> </u> | • Natal | <u> </u> | • Eusébio | <u> </u> |
| • São Martinho – RS. | <u> </u> | • Atibaia | <u> </u> | • Outro Lugar | <u> </u> |

5. Que tipo de vínculo você tem com o INPE?*

- | | | | | | | | |
|-------------|-------------|------------|--------------|----------------|-------------|---------------|-------------|
| • Aluno | <u> </u> | • Bolsista | <u> </u> | • Estagiário | <u> </u> | • Pesquisador | <u> </u> |
| • Professor | <u> </u> | • Servidor | <u> X </u> | • Terceirizado | <u> </u> | • Outro | <u> </u> |

6. Quantos dias por semana se desloca ao INPE?

 5

Figura 7.10 – Exemplo de um formulário preenchido para a enquete sobre hábitos de deslocamento dos funcionários do INPE.

Fonte: Elaboração Própria.

Uma das maiores dificuldades foi a divulgação da enquete e a obtenção das respostas, para próximos trabalhos, recomenda-se institucionalizar a enquete para facilitar a divulgação desta. Informar aos funcionários da importância do inventário e enviar a enquete como um assunto do INPE (e não simplesmente como um trabalho acadêmico) pode incentivar aos chefes para difundir a enquete e aos funcionários para respondê-la.

7.4.2. Metodologia

O primeiro passo foi o desenho da pesquisa para obter dados sobre os hábitos de transporte do pessoal do INPE. A pesquisa não podia ser exaustiva, pois implicaria perguntar demasiadas informações aos funcionários, e seria difícil obter a resposta de todas as pessoas que trabalham no INPE. A opção foi desenhar uma enquete simples, fácil de responder, e contar com uma metodologia flexível que permitisse trabalhar com uma amostra de pessoas. O desenho da pesquisa foi feito seguindo as recomendações de WBCSD e WRI (2004) que inclui a própria experiência do WRI realizando o seu inventário.

Os fatores usados não podem ser os mesmos do que na Seção 7.1, pois, no presente caso é mais fácil calcular a distância percorrida do que os litros de combustíveis usados. Além disso, neste caso é relevante contar com o número de pessoas que dividem o transporte.

A metodologia assume que existem dados para uma amostra de k pessoas, distribuídas entre todos os tipos de funcionário (i), tipos de transporte usado (j), distância até o lar (d), número de pessoas com que dividem o transporte (n).

As emissões de uma pessoa qualquer (e_k) serão:

$$e_k = u_k \left(\frac{d_k p_{jida}}{n_{ida}} + \frac{d_k p_{jvolta}}{n_{volta}} \right) \quad \text{Equação 7.9}$$

Onde p é o fator de emissão do transporte j por quilômetro percorrido e u_k o número de dias de serviço da pessoa k . Somando as emissões de todas as pessoas do tipo i da amostra, pode-se calcular a emissão média diária representativa deste grupo.

$$e_i = \sum_{k:k \in i} \frac{e_k}{m_i} \quad \text{Equação 7.10}$$

Nesta equação m_i é o número de pessoas do tipo i que responderam à pesquisa. O total das emissões E será então a soma ponderada de todos os tipos de funcionários e a ponderação será feita de acordo com um fator de expansão f_i que é o número de indivíduos do tipo i que efetivamente atua no INPE.

$$E = \sum_i f_i e_i$$

Equação 7.11

Vale mencionar que a principal fonte de incerteza decorre do número de respostas obtidas na enquete, razão pela qual as Equações 7.3 e 7.4 são apenas estimativas sujeitas a um erro.

Alguns ajustes foram feitos para que a metodologia fosse compatível com a enquete. Em primeiro lugar, assumiu-se que o trajeto de ida é idêntico ao trajeto de volta, em tempo, distância e acompanhantes. Outro detalhe importante é que a metodologia precisa de distâncias, porém, por praticidade, a enquete perguntou o tempo percorrido entre a casa e o trabalho. Calibrou-se uma relação linear entre tempo e distância aproveitando a pergunta adicional, no questionário da internet, sobre o CEP de residência. Com as 35 respostas que se obtiveram desta pergunta, efetuou-se uma regressão simples onde a variável dependente era a distância e a independente era o tempo percorrido. A distância usada assumiu a rota mais curta entre o CEP reportado e a porta do INPE, para o qual, acudiu-se à ferramenta de Google *Maps*.

Finalmente, esta metodologia busca calcular uns fatores de emissão anuais por trabalhador, estes mesmos fatores se usam para calcular as emissões de 2012 e 2013, assumindo que o comportamento das pessoas não muda espontaneamente em períodos de tempo curtos. Porém, o exercício deverá ser repetido se se busca manter atualizado o inventário, se as condições estruturais das cidades mudarem, se se adotar uma política institucional de mudança nos hábitos de deslocamento das pessoas ou se se considerar possível aumentar o tamanho da amostra com incentivos institucionais para responder a enquete.

7.4.3. Resultados

O primeiro resultado é o fator de emissão por tipo de pessoa no INPE, para cada grupo de pessoas estimou-se o fator de emissão junto com um intervalo de confiança com um nível de confiança de 95% assumindo que a média tem uma distribuição *t* de Student. A Figura 7.11 ilustra os resultados, evidenciando que os servidores são as pessoas com maiores emissões por pessoa no seu deslocamento da casa ao trabalho, emitindo na

média 0,79 tCO₂e por ano. Os alunos e os terceirizados apresentam fatores similares, emitindo 0,42 tCO₂e e 0,48 tCO₂e respectivamente (excluindo o CO₂ emitido por uso de biocombustíveis).

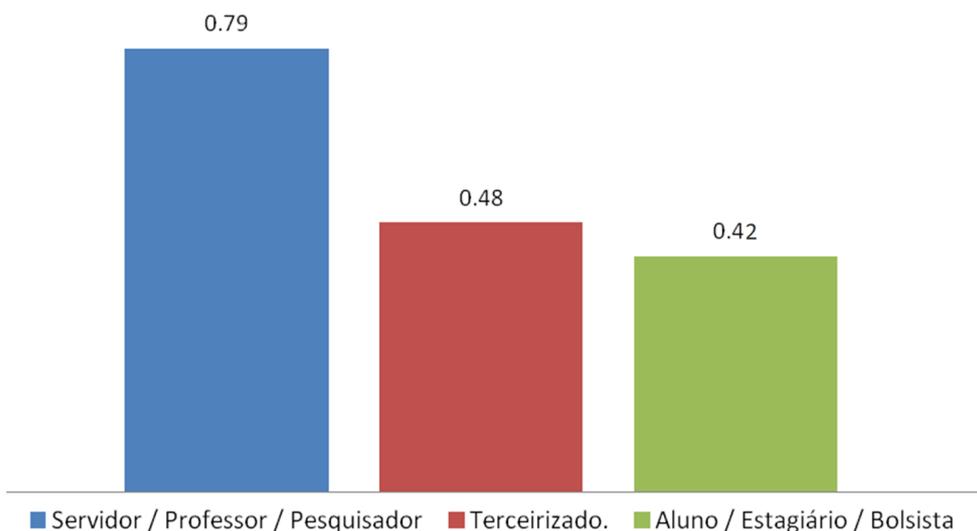


Figura 7.11 – Emissões por pessoa devido ao deslocamento da casa ao INPE (tCO₂e/ano).

Fonte: Elaboração Própria.

Existe uma incerteza associada a estes resultados relacionada com algumas observações atípicas na amostra. Reportes de uso de carro diário com trajetos de mais de 90 minutos não parecem razoáveis para uma cidade como São José dos Campos. Porém, optou-se por não excluir estas observações do cálculo dado que podem estar representando um grupo de funcionários do INPE que trabalham em ambas as unidades de Cachoeira Paulista e São José dos Campos e efetivamente se deslocam distâncias longas. Isto implicaria que a distribuição de emissões teria dois picos devendo se estimar fatores diferentes para cada tipo de funcionário, os que moram na própria cidade em que trabalham e aqueles conhecidos na literatura como *pendulares*. Esta melhora serve também para não comprometer a estimação do intervalo de confiança, baseados em uma distribuição errônea.

Para saber se realmente estas observações se comportam como dados atípicos, construíram-se diagramas de caixa para os três grupos de funcionários. Estes diagramas,

apresentados na Figura 7.12 permitem visualizar os quartis da amostra, junto com parâmetros de *whisker* que identificam dados atípicos.

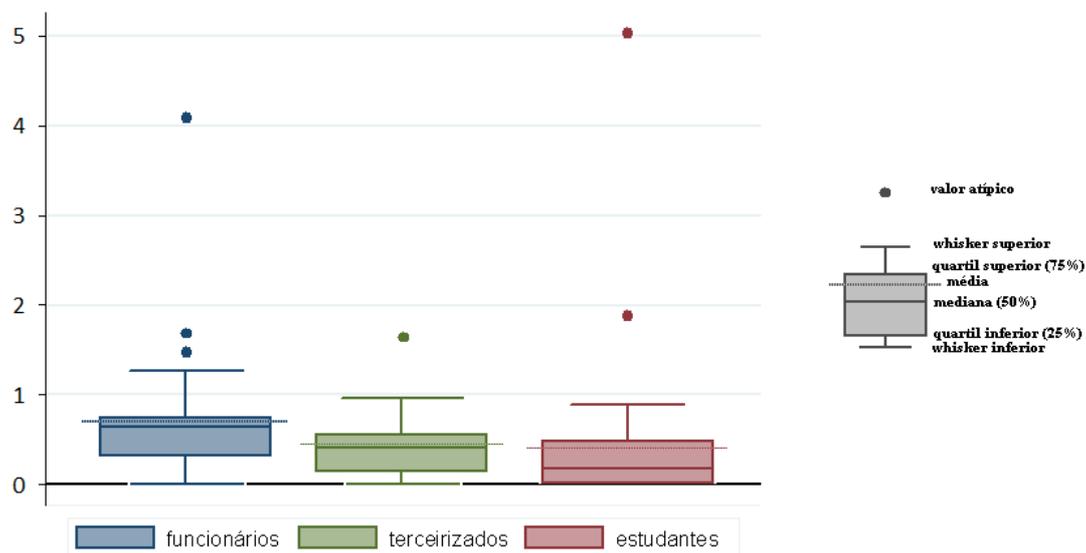


Figura 7.12 – Diagrama de caixa para os fatores de emissão por pessoa devido ao deslocamento da casa ao INPE (tCO₂e/ano).

Fonte: Elaboração Própria.

O diagrama de caixa mostra que efetivamente, existem observações atípicas. Porém, sabe-se que não são erros de medição, logo a sugestão a partir disto é modificar próximas enquetes para identificar os funcionários pendulares. No presente trabalho, estas observações se incluem no cálculo da média, porém se aclara que o numero de observações não é suficiente para determinar significativamente a porcentagem de trabalhadores do INPE que são pendulares.

Com esta ressalva, calcularam-se as emissões totais, usando o número de funcionários, alunos e terceirizados que laboram no INPE, o resultado é apresentado na Figura 7.13. Para o ano de 2012, estimou-se uma emissão de 1498,7 tCO₂e devida ao deslocamento da casa ao trabalho dos funcionários, alunos e terceirizados do INPE. A maior porção pertence aos funcionários (994 tCO₂e) e a menor aos alunos estagiários e bolsistas (237 tCO₂e), este resultado se deve a que, por um lado, os alunos e terceirizados têm hábitos

de transporte mais limpos e, por outro lado, a que os funcionários representam uma maior porção da população estudada.

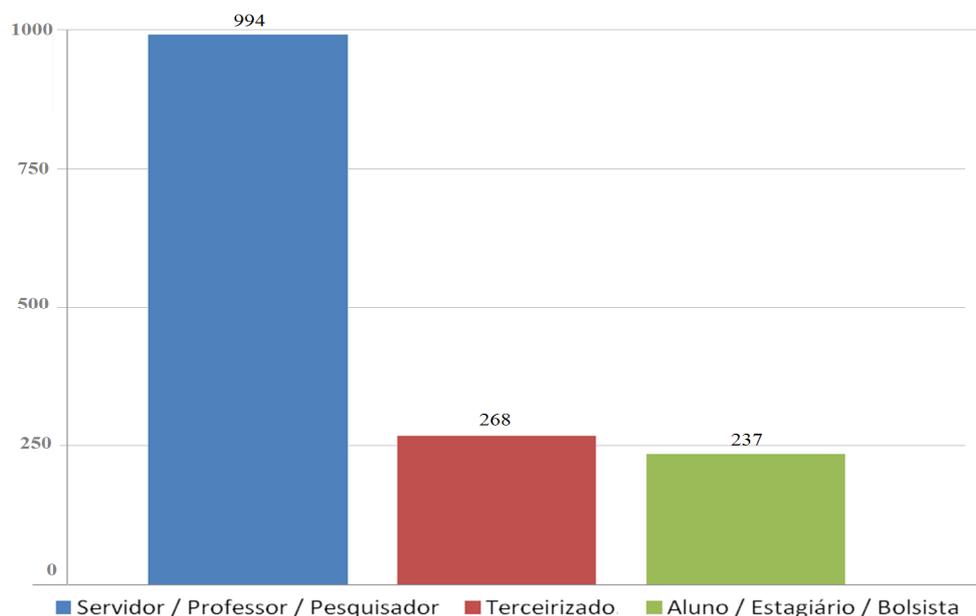


Figura 7.13 – Emissões totais por deslocamento da casa ao trabalho em 2012 (tCO₂e).

Fonte: Elaboração Própria.

Nestes resultados não estão incluídas as emissões de CO₂ por uso de biocombustíveis, em teoria estas emissões são compensadas pela captura de carbono durante a produção destes. No entanto, os alinhamentos de IEGEE corporativos recomendam a inclusão destas emissões, razão pela qual o Anexo A inclui um valor estimado de 525 tCO₂ deste tipo de emissão.

Para 2013, o resultado é muito similar e é apresentado na Figura 7.14. Estima-se uma ligeira redução nas emissões por esta fonte chegando a 1.445 tCO₂e, devido a uma pequena queda no número de funcionários e terceirizados reportados pelo Serviço de Administração do INPE. Não é possível determinar daqui mudanças no comportamento de um ano para outro, devido a que os fatores de emissão por pessoa foram determinados usando a mesma enquete.

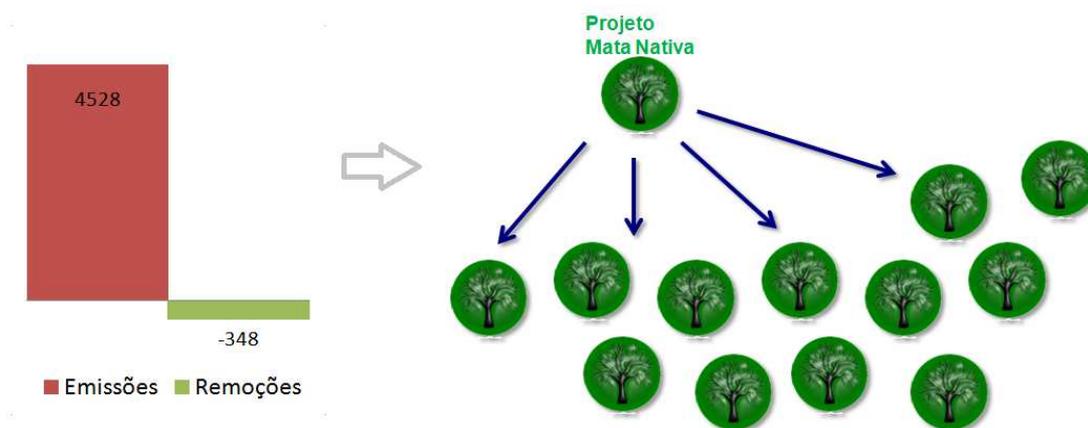


Figura 7.14 – Comparação entre os resultados de emissões totais por deslocamento da casa ao trabalho em 2012 e 2013 (tCO₂e/ano).

Fonte: Elaboração Própria.

7.5. Reflorestamento (Escopo 1)

7.5.1. Metodologia

No caso de sequestro de carbono, não é simples utilizar um fator equivalente aos fatores mencionados anteriormente. A razão é que, como está representado na Figura 7.15, a dinâmica de crescimento de uma floresta não é linear e, portanto, a absorção de carbono também é irregular. Por esta razão, assume-se que a plantação cresce a um ritmo constante, ou seja que a taxa de crescimento da massa das árvores usada para o cálculo é constante durante o tempo e equivale ao crescimento durante os primeiros 20 anos.

Os dados necessários para o cálculo do sequestro de carbono de uma plantação de árvores são a densidade da madeira (ρ_m), o teor de carbono (t_C) e a velocidade de crescimento da massa das árvores por unidade e área (\dot{m}_{ha}); com isso, pode-se calcular o fator de sequestro de carbono anual médio por hectare de plantação (s) segundo a Equação 7.11.

$$s = \dot{m}_{ha} * \rho_m * t_C * k \quad \text{Equação 7.11}$$

A constante k representa a constante estequiométrica de fixar o carbono do CO₂ atmosférico e tem um valor de 44/12.



Figura 7.15 – Sequestro de carbono por projeto de reflorestamento.

Fonte: INPE (2009).

Finalmente, vale a pena aclarar que neste inventário só se considera este projeto, pois parte do seu objetivo é precisamente capturar carbono atmosférico. Outras áreas plantadas dentro do INPE não se levam em consideração, pois se considera que são bosques antigos que se encontram em equilíbrio em termos de emissão e captura de carbono e não se tem dados suficientes ou bibliografia que permita estabelecer o fator de crescimento destes bosques.

7.5.2. Resultados

Seguindo a metodologia apresentada em INPE (2009), para o Projeto Mata Nativa se obtiveram os seguintes valores para os parâmetros:

$$\dot{m}_{ha} = 15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano} \quad (\text{Assumido linear})$$

$$\rho_m = 0,50 \text{ tC}/\text{m}^3$$

$$t_c = 50\%$$

De acordo com a Equação 7.11, a captura de CO₂ da atmosfera para o Projeto Mata Nativa seria de 13,75 tCO₂/ha/ano.

Como foi dito na Seção 5.3, o Projeto Mata Nativa se desenvolve em uma área de 25,3ha. Logo, as remoções totais anuais por este projeto são de aproximadamente 348,0 tCO₂e por ano, lembrando que a estimativa refere-se a uma média para os próximos 20 anos e que leva em consideração as diferenças no ritmo de crescimento da floresta a cada ano.

7.6. Resultados consolidados

Para poder comparar e somar os resultados anteriores, optou-se por usar os fatores indicados pelo GHGProtocol. Estimou-se que o INPE foi responsável por 4528 tCO₂e emitidas à atmosfera; a maior fonte de emissão foi o uso de energia elétrica nas instalações do INPE, seguida pelo deslocamento da casa ao trabalho dos funcionários. O Anexo A apresenta estes resultados desagregados de acordo aos alinhamentos fornecidos pelo GHGProtocol.

Para os próximos 20 anos, se espera uma remoção media anual de 348 tCO₂e graças a os projetos de reflorestamento com os que atualmente o INPE conta. Este resultado indicaria uma emissão neta de 4180 tCO₂e. A Figura 7.16 apresenta o consolidado das emissões e remoções, incluindo cada um das fontes ou sumidouros considerados.

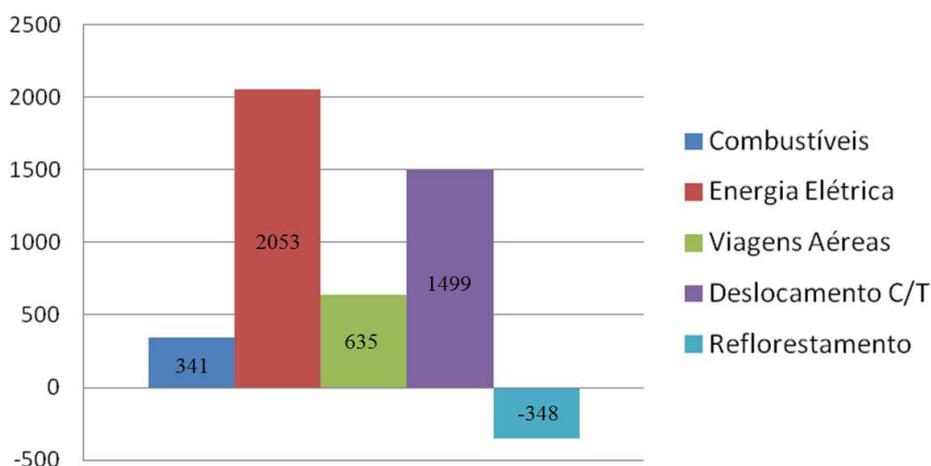


Figura 7.16 – Emissões do INPE em 2012 por fontes ou sumidouros considerados (tCO₂e).

Fonte: Cálculos próprios.

Ao comparar as emissões com as remoções, observa-se uma grande disparidade entre elas. Levando em consideração os resultados de 2012, o INPE precisaria de mais 300 ha reflorestadas para equilibrar suas emissões, isto equivale a 12 vezes a área plantada atualmente pelo projeto Mata Nativa, esta relação se esquematiza na Figura 7.17.

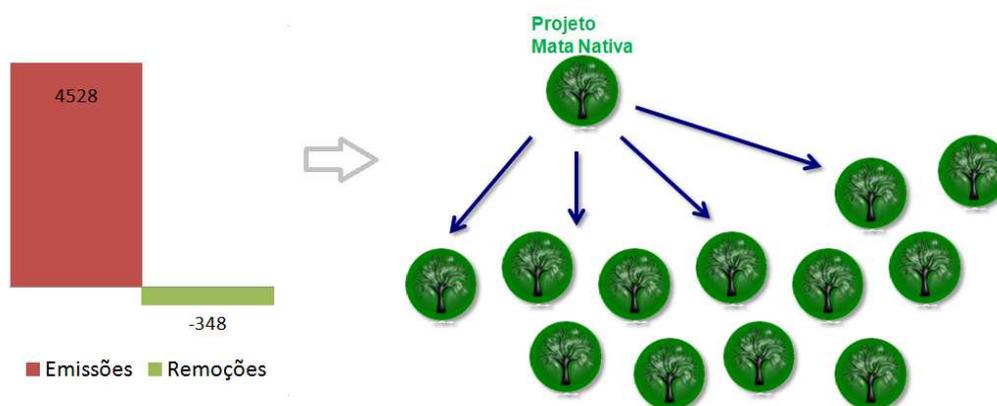


Figura 7.17 – Desequilíbrio entre emissões e remoções de GEE no INPE (valores em tCO₂e).

É importante mencionar que os resultados aqui obtidos incluem uma série de erros de diversas fontes. Em primeiro lugar, cada uma das metodologias usadas para calcular os fatores de emissão tem supostos que possibilitam os cálculos, mas que implicam alguma inexatidão. No caso dos combustíveis ou na energia elétrica, por exemplo, não se inclui o ciclo de vida da produção; no caso do deslocamento da casa ao trabalho dos funcionários, usa-se uma amostra de pessoas para o cálculo, gerando um erro estatístico e no caso do transporte aéreo, a grande variedade de fatores que existem, reflete a dificuldade de contar com estimações precisas. Por isto, a maior contribuição deste trabalho não é calcular uma cifra exata, senão oferecer uma metodologia que possa ser usada para fazer um seguimento as emissões relacionadas com as atividades do INPE.

7.7. Comparação com outros inventários

No Capítulo 5 se mencionaram antecedentes de um inventário parcial realizado no INPE em 2008, na sequência se apresenta uma comparação entre os resultados obtidos naquele inventario e no presente.

7.7.1. Comparação com os resultados parciais de 2008

Para 2008, INPE (2009) estimou que as emissões do INPE somaram 2455 tCO₂; sendo 1370,41 tCO₂ devidos ao uso de energia elétrica, 268,6 tCO₂ por queima de combustíveis fósseis e 703,4 tCO₂ relacionados com passagens aéreas em voos comerciais. A Figura 7.18 apresenta uma comparação entre os dois inventários onde se aprecia que, em geral, as emissões aumentam para todos os tipos de fontes. Vale a pena mencionar que no inventário parcial de 2008, é possível encontrar alguma desagregação das emissões por tipo de combustível usado, porém não se separaram as emissões advindas do uso de biocombustíveis e estas são inclusas no total; para a comparação, a Figura 7.18 inclui os resultados do uso de biocombustíveis em ambos os casos.

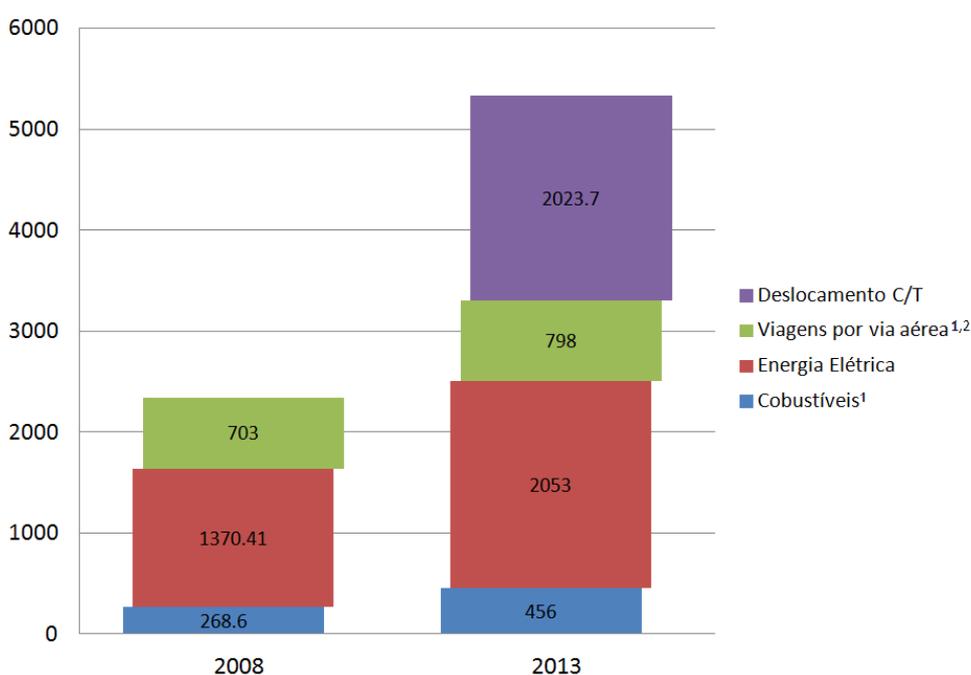


Figura 7.18 – Comparação entre as emissões estimadas de 2008 e 2012 (tCO_{2e}).

1 Inclui uso de biocombustíveis.

2 Os fatores usados para transporte aéreo são os de Climate Care.

Para o caso de uso de combustíveis, o aumento de 70% nas emissões está explicado pelo aumento da frota ou do uso desta, o qual está refletido no consumo de combustíveis que nas estimativas passou de 157.247 a 223.584 litros (42%), somando todos os tipos de combustível. Este aumento no uso da frota é muito mais dramático, considerando que no inventário de 2008 estava incluso o uso de querosene de aviação por conta do avião Bandeirante do INPE. Para 2012 o avião não estava mais em funcionamento.

No caso do consumo de energia elétrica, o aumento foi de aproximadamente 50%. Ao observar o consumo de energia, nota-se que o consumo aumentou só 9,8%, passando de 28,4 GWh a 3,11 GWh. Por esta razão a maior parte do aumento nas emissões é devido ao aumento no fator de emissão do SIN, a média anual passou de 0,0484 tCO₂/MWh a 0,0653 tCO₂/MWh.

Finalmente, no caso das passagens aéreas, o aumento de 50% nas emissões, corresponde a um aumento similar nas viagens oficiais por via aérea. Devido a que em 2008 não se estimaram as emissões por deslocamento de funcionários da casa ao trabalho, não se pode comparar esta cifra.

7.7.2. Outros inventários corporativos

Com o aumento da consciência sobre a necessidade de mitigar as emissões de GEE, empresas de todos os setores da economia e instituições do governo estão se juntando ao esforço de realizar IEGEE corporativos. É claro que aquelas empresas intensivas no uso de energias e combustíveis são as maiores emissoras, mas mesmo as empresas do setor serviços estão reportando suas emissões. A modo de exemplo, a Tabela 7.4 apresenta os resultados do inventário para o INPE junto com os resultados obtidos por três empresas e instituições públicas: a Petrobras, a Polícia Federal e o Banco do Brasil que seguiram a metodologia proposta pelo GHGProtocol. Os resultados são apresentados por Escopo, segundo foi apresentado na Seção 5.2.1.

Tabela 7.4 – Resultados dos inventários de emissões para algumas empresas e instituições selecionadas (unidades em tCO₂).

	INPE 2012		Banco do Brasil 2009		Petrobras 2008		Polícia Federal 2009	
Escopo 1	341.8	7.5%	5475.3	17.5%	50803983	99.5%	16707	78.9%
Escopo 2	2053.1	45.2%	17591	56.2%	280799	0.5%	1236	5.8%
Escopo 3	2148.1	47.3%	8233.4	26.3%	N.A.	0.0%	3242	15.3%
TOTAL	4543		31299.7		51084782		21185	

Fonte: GHGProtocol

A comparação não pode ser feita em termos absolutos senão em termos de porcentagem, pois a envergadura de cada instituição é diferente. A Petrobras, que trabalha no setor da

produção concentra quase exclusivamente toda sua emissão no Escopo 1, ou seja, nas emissões diretas (Deve se aclarar que naquele inventário não foram medidas as emissões do Escopo 3). Um caso similar é o da Polícia Federal, a qual conta com uma grande frota de carros oficiais. O perfil mais parecido com o INPE é o do Banco do Brasil, em ambos os casos, a maior emissão pertence ao Escopo 2 (Principalmente uso de energia elétrica) e ao Escopo 3 (Outras emissões indiretas). Isto mostra que a maioria das atividades que emitem GEE é devida a iluminação e refrigeração de escritórios e o uso de aparelhos intensivos em energia elétrica.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo estima as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) produto das atividades relacionadas com o funcionamento do INPE. No trabalho desenvolvido no INPE, geralmente a atmosfera é um objeto de estudo e o cientista e um observador externo. Este trabalho, no entanto, tem uma visão introspectiva; leva o instituto ao papel de objeto de estudo, mostrando um dos canais em que o funcionamento do INPE influencia a atmosfera (as emissões de GEE).

O trabalho segue metodologias baseadas nos alinhamentos do IPCC adaptados para inventários corporativos pelo *World Business Council for Sustainable Development* e o *World Resources Institute*. Usam-se fatores de emissão (alguns são calculados no trabalho e outros são obtidos de fontes externas) que indicam as toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) emitido por unidade representativa de atividade. Trabalhou-se com as cinco fontes de emissão/remoção mais importantes presentes nas atividades do INPE; duas diretas (consumo de combustíveis fósseis e sequestro de carbono por projetos de reflorestamento) e três indiretas (consumo de energia elétrica, deslocamento dos funcionários da casa ao trabalho e deslocamento dos funcionários por via aérea). Na sequência, apresentam-se resultados para 2012 usando fatores acordados ao GHGProtocol.

Para a parte de combustíveis fósseis, usam-se dados sobre o estoque de combustíveis no INPE junto com fatores de emissão de CO₂ equivalente por litro consumido. Os resultados apontam a uma emissão anual de 341 tCO₂e.

Na parte de sequestro de carbono usam-se fatores de captura de carbono específicos para Mata Atlântica e se calcula o sequestro de carbono correspondente ao projeto Mata Nativa, o qual está reflorestando 25 ha com espécies nativas. Os resultados indicam uma captura média anual de aproximadamente 348 tCO₂e para os próximos 20 anos.

Com respeito ao consumo de Energia Elétrica, contrastaram-se os consumos de energia elétrica mensal nas diferentes unidades do INPE com os fatores de emissão proporcionados pelo MCTI para Sistema Interligado Nacional do Brasil; estimou-se uma emissão indireta de 2053 tCO₂e.

As emissões devidas ao deslocamento da casa ao trabalho foram estimadas a través de uma enquete enviada a uma amostra de funcionários, estudantes, estagiários e terceirizados do INPE, dependendo do tipo de transporte utilizado se estimou um fator de emissão em função do tempo de deslocamento e tipo de funcionário. Os resultados indicam uma emissão anual de 1498,7 tCO₂e devido a este fator.

Com respeito ao deslocamento de funcionários por via aérea, usaram-se fatores de emissão calculados por varias instituições no mundo junto com os dados das viagens nacionais e internacionais de funcionários do INPE em 2012. Os resultados variam dependendo o tipo de fator de emissão usado. Seguindo a metodologia do GHGProtocol, estimou-se uma emissão indireta de 635,2 tCO₂e.

O balanço indica uma emissão neta de 4180 tCO₂e excluindo as emissões devidas ao uso de biocombustíveis e outras emissões tais como as devidas ao uso de papel ou disposição de desperdícios. Também se deve deixar claro que existem varias fontes de erro para esta cifra, e por tanto a maior utilidade do inventário não é oferecer uma cifra, senão uma ferramenta para identificar as principais fontes de emissão no INPE.

O inventário de 2012 também servirá como base para fazer seguimento às emissões em futuros inventários deste tipo, incluindo a redução de emissões de possíveis políticas internas de gestão que o INPE poderia adotar. Exemplos de atividades com oportunidades de redução de emissões são: a ampliação da área plantada de florestas nativas no campus de Cachoeira Paulista; o aumento do uso de transporte oficial coletivo para as atividades dos funcionários fora do campus; o uso de iluminação e refrigeração eficientes e inteligentes (que sejam desligadas automaticamente quando não houverem usuários ativos); a redução do uso do papel (por exemplo na entrega de teses e dissertações), entre outras.

Recomenda-se, por tanto, realizar periodicamente inventários de emissão de GEE, criar bases de dados para melhorar a qualidade das estimaciones e poder incluir aquelas fontes que ainda não foram consideradas neste trabalho, especialmente aquelas relacionadas com grandes oportunidades de redução de emissões, tais como as devidas ao de papel ou a disposição de desperdícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de informações de geração da ANEEL**. Atualizado em 2014. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp>
(URL curto: <http://goo.gl/aM4azV>). Acesso em: 28/05/2014.

AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GAS E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP).

Portaria Mapa Nº 678, De 31.8.2011 - Dou 1.9.2011. . 2013, Revogada pela Portaria MAPA nº 105, de 28.2.2013. Disponível em

http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder_portarias/portarias_mapa/2011/pmapa%20678%20-%202011.xml (URL curto <http://goo.gl/eMINFy>) . Acesso em: 28/05/2014.

AGENCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS (EPA)

Optional emissions from commuting, business travel and product transport.

Washington D.C. Estados Unidos. 2008. (EPA430-r-08-006). Disponível em:

http://www.epa.gov/climateleadership/documents/resources/commute_travel_product.pdf (URL curto: <http://goo.gl/LHpBA2>). Acesso em: 17/01/2013.

ATMOSFAIR. **The atmosfair emisson calculator**. 2008. Disponível em

https://www.atmosfair.de/portal/documents/10184/20102/Documentation_Calculator_EN_2008.pdf/21655b2c-d943-4f87-a1b5-ff8607542cda (URL curto: <http://goo.gl/Yx8otQ>). Acesso em: 21/07/2013.

_____. **Atmosfair airline index**. 2013. Disponível em

https://www.atmosfair.de/portal/documents/10184/43549/AAI_Broschuere_2013_EN.pdf/d390bc4c-9c3c-4a0a-ab6f-6f153dd018b5 (URL curto: <http://goo.gl/b304P6>). Acesso em: 28/05/2014.

BRASIL. **Decreto nº 2.652, de 1º de julho de 1998**. Promulga a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, assinada em Nova York, em 9 de maio de 1992. Diário Oficial de 2 de julho de 1998, Brasília, **1998**.P. 6.

BRASIL. COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (CIMC).

Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Brasília, 2008. Disponível em:

www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf (URL curto: <http://goo.gl/CIR7Qd>) Acesso em: 28/05/2014.

BRASIL, MINISTERIO DE CIENCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Aprovação do**

Interno do INPE. Anexo da Portaria Nº 897, de 3 de dezembro de 2008. 2008. Acesso em: 30 de junho de 2012. Publicada no D.O.U. de 4/12/2012. Arts. 1º a 5º.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO (MCTI). **Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima.** Brasília, DF, Brasil, 2010. 2 Vols., 520 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Fatores de Emissão de CO₂ para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos.** Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/74694.html> Atualizado 30 de junho de 2012. (URL curto: <http://goo.gl/7U7MIY>) Acesso em: 28/05/2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIENCIA E A TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Cálculo dos fatores de emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil.** Brasília, 2014. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/74694.html>. (URL curto: <http://goo.gl/KJcvXi>) Acesso 15/03/2014.

BRASIL, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC). **Plano setorial de mitigação e adaptação à mudança do clima para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na indústria de transformação.** Disponível em http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1371044607.pdf (URL curto: <http://goo.gl/1GJyx6>) Acesso 15/03/2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano setorial de redução de emissões da siderurgia.** Brasília, 2008. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_setorial_siderurgia__sumrio_executivo_04_11_10_141.pdf (URL curto: <http://goo.gl/wt11zC>) Acesso em: 28/05/2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano de Mineração de baixa Emissão de Carbono (Plano MBC)** - plano setorial de mitigação e de adaptação à mudança do clima na mineração. Brasília, 2012.

_____. **Balço energético nacional 2012** (ano base 2011). Rio de Janeiro, 2013.

BRADFORD, D.F. Global change: time, money and trade offs. **Nature**, v. 410, p. 649 – 650, 2001.

CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA (CQNUMC), **Revision to the approved consolidated baseline methodology ACM0002** “Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources” 2006 [http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/AS1DOF3L010BY57ZT2UZNQ8Y9K83CN/v](http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/AS1DOF3L010BY57ZT2UZNQ8Y9K83CN/view.html) [iew.html](http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/AS1DOF3L010BY57ZT2UZNQ8Y9K83CN/v) (URL curto: <http://goo.gl/QYKdP0>) Acesso em: 28/05/2014.

COULTER, L.; CANADELL, P.; DHAKAL, S. **Carbon reductions and offsets**. A GCP report for the ESSP. Canberra, Australia: The Global Carbon Project. 2006. Disponível em

http://www.researchgate.net/publication/237459128_A_GCP_report_for_the_ESSP/file/60b7d528eacd616a88.pdf (URL curto: <http://goo.gl/8UzofR>) Acesso em: 28/06/2014.

GHGPROTOCOL. **GT define propostas para o relato de energia renovável em inventários corporativos de GEE**. 2013^a. Disponível em

<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/conteudo&id=76> (URL curto: <http://goo.gl/IGNXju>) Acesso em: 12/03/2013.

_____. Base de Dados. **Ferramenta GHG Protocol 2013**, Versão 2013.1. 2013. Disponível em

https://www.google.com/url?q=http://ghgprotocolbrasil.com.br/arquivos/158/Ferramenta_GHG_Protocol_v2013.1.xlsx&sa=U&ei=txP2U76MHI2BygSWwYGoAw&ved=0CAUQFjAA&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNEzkPizUK1GRafmQIbYc-97Xhm6VQ (URL curto: <http://goo.gl/VzJG68>). Acesso em: 28/06/2014.

GODAL, O. The IPCC's assessment of multidisciplinary issues: the case of greenhouse gas indices - an editorial essay. **Climatic Change**, v. 58, p. 243–249, 2003.

HANSEN, J. et al. Global warming in the twenty-first century: an alternative scenario. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 97, p. 9875–9880, 2000.

DE MIRANDA, M. M. **Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil**: implicações da aplicação da avaliação do ciclo de vida. 2012. 164p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - USP, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em:

<https://www.google.com/url?q=http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22012013-112737/publico/DissertacaoMarianaMaiaDeMiranda.pdf&sa=U&ei=f95RU6y8COLKsQTj54DICA&ved=0CBsQFjAA&usg=AFQjCNEdyKn46tdxjTfOFTubayCcGAEqbw>. (URL curto: <http://goo.gl/PXjplW>) Acesso em: 28/05/2014.

EYERS, C. J. et al. **AERO2K global aviation emissions inventories for 2002 and 2025**. Farnborough, Hampshire, UK: QinetiQLtd, 2004. Disponível em: <http://aeronet.info/fileadmin/aeronet_files/links/documents/AERO2K_Global_Aviation_Emissions_Inventories_for_2002_and_2025.pdf>. (URL curto: <http://goo.gl/s7vJuf>) Acesso em: 04/06/2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Sobre o INPE**. São José dos Campos, 2012. Site institucional. Disponível em:

http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/historia.php. 2012a. (URL curto: <http://goo.gl/yadCYm>) Acesso em: 30/06/2012.

_____. **Introdução.** Unidade Regional de Cuiabá. Disponível em: <http://www.cba.inpe.br/Introducao.htm>, 2012b. Acesso em: 29/06/2012.

_____. Boletim de informações climáticas do CPTEC/INPE. **Infoclima**, Ano 19, Número 11. 2012c. Disponível em: http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201211.pdf. (URL curto: <http://goo.gl/C3ssnB>) Acesso em 31/07/2014.

KANDEL, R.; VIOLLIER, M. Planetary radiation budgets. **Space Science Reviews**, v. 20, p. 1-26, 2005.

KENNEDY C.; STEINBERGER J.; GASSON B.; HANSEN Y.; HILLMAN T.; HAVRÁNEK M.; PATAKI D.; PHDUNGSILP, A.; RAMASWAMI A.; VILLALBA MENDEZ G. Greenhouse gas emissions from global cities. **Environmental Science and technology**, v. 43, n. 17, p. 7297-7302, 2009.

LIU, K.N. **An introduction to atmospheric radiation**. New York: Academic Press, 2002. 583p.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v.1, p.214.

MANNE, A. S.; RICHELIS, R. G.: An alternative approach to establishing trade-offs among greenhouse gases. **Nature**, v. 410, p. 675–676, 2001.

MASLIN, M. **Global warming: a very short introduction**. Oxford: University Press, 2004.

MINNIS, P.; AYERS, J.K.; PALIKONDA, R.; PHAN, D. Contrails, Cirrus Trends, and Climate. **Journal of Climate**. Vol 17. 2003. pp 1671 – 1685.

MÜLLER R. A. The conversion of a climate change skeptic. **The Washington Post**. Versão Eletrônica disponível em <http://www.nytimes.com/2012/07/30/opinion/the-conversion-of-a-climate-change-skeptic.html>, (URL curto: <http://goo.gl/2dGfuJ>) Acesso em: 28/04/2012

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Scientific assessment of ozone depletion**. Genebra, Suíça: Global Ozone Research and Monitoring Project, 2007.572p. (Report n. 50).

O'NEILL, B. Economics, natural science, and the costs of global warming potentials. **Clim. Change**, v. 58, p. 251–260, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION–(ISO). **ISO 14064-1:2006** - specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. Geneva, Switzerland, 2006a.

_____. **ISO 14064-2: 2006** - Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emissions and removal enhancements. Geneva, Switzerland, 2006b.

_____. **ISO 14064-3: 2006** - Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions. Geneva, Switzerland, 2006c.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS(IPCC). **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**. Geneva: IPCC, 1996.

_____. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Geneva: IPCC, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (URL curto: <http://goo.gl/6zlcgd>) Acesso em: 28/05/2014

_____. **Impacto, adaptación y vulnerabilidad. resumen para responsables de políticas y resumen técnico**. Contribution of Working Group II to the Fourth Report of the IPCC. Cambridge, Reino Unido: Parry, O et al. 2007a . 27 p.

_____. **The physical science basis**. Glossary Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Working Group I:, 2007b. 14 p.

PENNER, J. E. et al. **Aviation and the global atmosphere**. New York: Cambridge University Press. 1999. p. 373. IPCC. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/aviation/index.php?idp=0>>. Acesso em: 23/02/2013. (URL curto: <http://goo.gl/B8YuBH>) Acesso em: 28/05/2014

PUTT DEL PINO, S.; BHATIA, P. **Working 9 to 5 on climate change: an office guide**. Washington, DC : World Resource Institute, 2002. Disponível em: <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/working9-5.pdf> (URL curto <http://goo.gl/q1TgoS>) Acesso em: 28/05/2014

QUADRO, M. F. L.; MACHADO, L. H. R.; CALBETE, S.; BATISTA, N. N. M.; SAMPAIO, G. Climatologia de precipitação e temperatura. **Climanálise Especial - Edição comemorativa de 10 anos**. MCT/INPE/CPTEC. Cap. 9, 1996.

RAMASWAMI, A.; HILLMAN, T.; JANSON, B.; REINER, M; THOMAS, G. A Demand-centered, hybrid life-cycle methodology for city-scale greenhouse gas inventories. **Environmental Science and Technology**, v. 42, n. 17, p. 6456-6461, 2008.

ROCHA, A. **Estimativa simulada das emissões atmosféricas diárias provenientes da aviação civil regular no Brasil**. 2012. 329 f. (sid.inpe.br/mtc-m18/2012/04.09.17.35-TDI). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/3BM73ME>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

RODHE, H.; CHARLSON, R.; CRAWFORD, E. Svante Arrhenius and the greenhouse effect. **Ambio**, v. 26. n. 1. p. 2-5, 1997.

ROSA, L. P., DOS SANTOS, M. A., MATVIENKO, B. DOS SANTOS, E. O. ; SIKAR, E. Greenhouse emissions from hydroelectric reservoirs in tropical regions, **Climatic Change**, v. 66,p. 9–21, 2004. Disponível em: <http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Congressos/DGL2008/Reservoirs%20GHG%20emissions/Rosa%201.pdf> (URL curto: <http://goo.gl/3UHKcC>) Acesso em: 28/05/2014

TRENBERTH, K.E.; FASULLO, J.T.; KIEHL, J. Earth's global energy budget. **American Meteorological Society**. v. 90, p. 311-323, 2009.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric science**: an introductory survey. 2. ed. Academic Press, 2006.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD)/ WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). **Greenhouse gas protocol, corporate accounting and reporting standard**. 2004. Disponível em: <http://www.ghgprotocol.org/standards/corporate-standard> (URL curto <http://goo.gl/O3ozU>) Acesso em: 28/05/2014.

ANEXO A – APRESENTAÇÃO RESUMIDA DO INVENTARIO, SEGUINDO AS ESPECIFICAÇÕES DO GHGProtocol

Apresenta-se o inventário de emissões de gases de efeito estufa para o INPE em 2012 seguindo as recomendações do GHG-Protocol e os alinhamentos ISO 14064-1. O formato adotado neste anexo é similar ao que usam as entidades que reportam seus inventários seguindo as especificações do GHGProtocol.

A metodologia usada é baseada em cálculos através de fatores de emissão que multiplicam uma quantidade representativa de uma atividade emissora de Gases de Efeito Estufa (por exemplo, quilowatts-hora de energia elétrica consumida). Para uma maior profundidade na metodologia ou na fundamentação teórica que a sustenta, pode-se consultar o documento original da Dissertação ou, para o caso específico deste anexo, pode-se consultar diretamente o site do GHGProtocol em (<http://www.ghgprotocol.org/> ó <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/>), de onde se obtiveram os fatores de emissão para os cálculos apresentados aqui. Também se sugere consultar os alinhamentos do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (<http://www.ipcc.ch>).

Os dados de funcionamento do INPE foram fornecidos pelo Serviço de Infraestrutura Administrativa, pelo Serviço de Engenharia e Manutenção, e pelo Serviço de Pós-Graduação.

Este anexo se divide em quatro subseções. Na primeira, estabelecem-se os limites organizacionais; na segunda, estabelecem-se os limites operativos; na terceira, apresentam-se os resultados do inventário, especificando o resultado por tipo de gás, tipo de emissão e unidade regional; na quarta, expõem-se algumas fontes de emissão que poderiam ser abrangidas no futuro, mas que não foram incluídas por falta de informação.

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa para 2012.

1. Limites Organizacionais:

1.1 Abordagem do Inventário

O inventário é realizado desde uma **abordagem de controle** conforme o numeral 4.1 da norma ISO 14064-1.

1.2 Unidades Regionais do INPE

As seguintes são as unidades regionais do INPE. Todas serão consideradas no inventário, exceto a unidade de São Paulo-SP por não ter dados suficientes.

Tabela A.1 Unidades Regionais do INPE

Unidade Regional	Estado
Alcântara ¹	MA
Atibaia ²	SP
Belém	PA
Brasília ¹	DF
Cachoeira Paulista	SP
Cuiabá	MT
Eusébio ¹	CE
Natal ¹	RN
Santa Maria	RS
São José dos Campos	SP
São Luís ¹	MA
São Martinho da Serra ²	RS
São Paulo ^{1 2}	SP

¹ Não se obtiveram dados sobre consumo de energia elétrica.

² Não se obtiveram dados sobre consumo de combustíveis na frota do INPE (Ou não possui frota).

2. Limites operacionais

Os tipos de emissões abarcados pelo trabalho e classificadas de acordo com conforme o numeral 4.1 da norma ISO 14064-1 serão:

Tabela A.2. Emissões estimadas neste inventário (Usando fatores GHG-Protocol).

Emissão	Fonte	Escopo	Escala do Inventário
Emissões e remoções diretas.			
Emissões Diretas	Combustíveis consumidos pela frota do INPE ¹	1	Mensal, Unidade Regional.
Remoções Diretas	Sequestro de Carbono por reflorestamento.		Anual, só Cachoeira Paulista.
Emissões indiretas por aquisição de energia.			
	Consumo de Energia Elétrico	2	Mensal, Unidade Regional.
Outras emissões indiretas.			
	Passagens aéreas de funcionários em missões oficiais.	3	Mensal, Nacional
	Deslocamento de funcionários da casa ao trabalho.	3	Mensal, Nacional

3. Emissões de GEE

3.1 Emissões e Remoções Totais Estimadas

Emissões Totais (sem biomassa): **4528,0 tCO₂e**

Emissões Totais (biomassa): **640,1 tCO₂e**

Remoções Totais^{**}: **(348,0) tCO₂e**

(**Média de remoção para os próximos 20 anos)

3.2 Emissões Totais do Escopo 1 e Escopo 2.

As emissões totais do Escopo 1 e Escopo 2 (excluindo queima de biomassa e sequestro de carbono) para 2012 foram de:

2395 tCO₂e.

3.3 Emissões totais por Escopo

As emissões totais por escopo (de acordo com o GHG Protocol, excluem-se queima de biomassa e sequestro de carbono) em 2012 foram de:

Escopo 1: **341,8 tCO₂e**

Escopo 2: **2053,1 tCO₂e**

Escopo 3: **2148,1 tCO₂e**

3.4 Emissões por tipo de gás

As emissões discriminadas por tipo de gás (excluindo queima de biomassa e sequestro de carbono) apresentam-se a continuação.

Tabela A.3. Emissões por tipo de gás (Usando fatores GHG-Protocol).

Gás	Em kg				Em tCO2e			
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3		Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	
	Frota	E.Elétrica*	Aéreo	Casa/Trab*	Frota	E. Elétrica	Aéreo	Casa/Trab
CO ₂	332.829,5	NA	643.002,4	NA	332,8	2.053,1	643,0	1.498,7
CH ₄	78,0	NA	3,4	NA	1,95	-	0,1	-
N ₂ O	23,7	NA	20,4	NA	7,06	-	6,2	-
Total					341,8	2.053,1	649,4	1.498,7

* Só se trabalhou com o fator de emissão em termos de CO2e

3.5 Emissões Diretas Advindas de Combustão de Biomassa

As emissões advindas de combustão de biomassa referem-se ao o uso de etanol pela frota do INPE e o deslocamento da casa ao trabalho dos funcionários (inclui as porções de etanol na gasolina e de biodiesel no diesel). Em 2012 as emissões por este conceito foram de:

Escopo 1: **115.1 tCO2e**

Escopo 3: **525.0 tCO2e**

3.6 Emissões do Escopo 1 e 2 por unidade regional (Excluindo biomassa)

Para os escopos 1 e 2, apresentam-se as emissões discriminando por unidade regional do INPE.

Tabela A.4. Emissões por unidade regional (Usando fatores GHG-Protocol).

Unidade Regional	Estado	Escopo 1 (tCO ₂ e)	Escopo 2 (tCO ₂ e)	Total (tCO ₂ e)
Alcântara	MA	0,00	-	0
Atibaia	SP	-	3,11	3,11
Belém	PA	11,00	16,34	27,34
Brasília	DF	4,61	-	4,61
Cachoeira Paulista	SP	123,66	862,14	985,80
Cuiabá	MT	4,80	36,60	41,40
Eusébio ¹	CE	8,04	-	8,04
Natal ¹	RN	-	-	-
Santa Maria	RS	18,13	45,64	63,77
São José dos Campos	SP	171,58	1083,29	1254,87
São Luís	MA	0,01	-	0,01
São Martinho da Serra	RS	-	5,97	5,97
São Paulo	SP	-	-	-

¹ A contabilidade das frotas de Natal e Eusébio está unificada

3.7 Remoções diretas por reflorestamento (Projeto Mata Nativa)

O projeto Mata Nativa na unidade regional de Cachoeira Paulista é responsável por captura de CO₂. O projeto consiste no plantio de vegetação de Mata Atlântica em uma área degradada do Campus de Cachoeira Paulista, SP. A quantidade estimada refere-se a uma média estimada para os próximos 20 anos e que não leva em consideração as diferenças no ritmo de crescimento da floresta a cada ano.

Remoções Totais*: **(348,0) tCO₂e/ano**

(*Média de remoção para os próximos 20 anos)

4. Fontes de emissão que poderiam ser incluídas no futuro, mas que não foram incluídas por falta de informação.

- Emissões do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos. (Atualmente o INPE contrata com várias empresas de recolecção de lixo).
- Emissões fugitivas por instalação e manutenção de equipamentos de ar condicionado e refrigeração.
- Emissões por uso de transporte externo, como nos casos de devolução de dinheiro de taxi e quilometragem.

ANEXO B – FATORES DE EMISSÃO USADOS NESTE TRABALHO

Neste anexo se apresentam os fatores de emissão usados nos capítulos 7.1, 7.2 e 7.3 do trabalho, válidos apenas para 2012.

Tabela B.1. - Fatores de emissão por tipo de combustível em 2012 segundo o GHGProtocol

Tipo de Combustível	Fator de emissão por tipo de gás (kg/l)			Fator de Emissão (kgCO ₂ e / l)	Emissões Biomassa (gCO ₂ e / l)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Gasolina Comum	1.8152	0.00064443	0.00020622	1.892763866	0.2466
Bioetanol	0	0.0003841	0	0.009602489	1.178
Óleo Diesel	2.53745	0.0001316	0.0001316	2.579958288	0.124953381

Tabela B.2. - Fatores de emissão para o uso de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional em 2012.

Fator Mensal	Fator médio (tCO ₂ /MWh)	Margem da operação (tCO ₂ /MWh)	Margem da Construção (tCO ₂ /MWh)
Janeiro	0.0294	0.2935	N.A.
Fevereiro	0.0322	0.3218	N.A.
Março	0.0405	0.405	N.A.
Abril	0.0642	0.6236	N.A.
Maio	0.062	0.5943	N.A.
Junho	0.0522	0.5056	N.A.
Julho	0.0394	0.3942	N.A.
Agosto	0.046	0.449	N.A.
Setembro	0.0783	0.6433	N.A.
Outubro	0.0984	0.6573	N.A.
Novembro	0.1247	0.6641	N.A.
Dezembro	0.1168	0.6597	N.A.
Fator Anual			
2012	0.06534	0.51762	0.20100

Fonte: MCTI (2013)

Tabela B.3. - Fatores de emissão para viagens por via aérea por passageiro-quilômetro, segundo várias fontes.

Tipo de voo		Fator de emissão (kgCO ₂ e/passageiro-km)
GHGProtocol¹	Domésticos	0.191077
	Voos curtos (Classe Econômica)	0.102133
	Voos curtos (Classe Desconhecida)	0.107147
	Voos longos (Classe Econômica)	0.087963
	Voos longos (Classe Desconhecida)	0.120554
Climate Friendly²	Voos curtos (Classe Econômica)	0.514793
	Voos curtos (Classe Desconhecida)	0.514793
	Voos médios (Classe Econômica)	0.276092
	Voos médios (Classe Desconhecida)	0.290000
	Voos longos (Classe Econômica)	0.237634
	Voos longos (Classe Desconhecida)	0.325982
EPA³	Voos curtos	0.173930
	Voos médios	0.144098
	Voos longos	0.116752
Climate Care²	Voos curtos	0.017310
	Voos médios	0.017310
	Voos longos	0.166771
Atmosfair⁴	Fator médio	0.343845

1 Os trajetos com origem e destino no mesmo país se consideram domésticos. Para o resto, assume-se que o voo é curto quando a distância entre os aeroportos é menor de 2000 milhas náuticas (3704km); acima desse valor o voo é considerado longo.

2 assume-se que o voo é curto se a distância entre os aeroportos é de até 250 milhas náuticas (463km); é médio se a distância entre os aeroportos é menor que 2000 milhas náuticas (3704km); acima desse valor o voo é considerado longo.

3 Inclui um fator de 0,006464 gCH₄/passageiro-km e um fator de 0,005283 g N₂O/passageiro-km. Assume-se que o voo é curto se a distância entre os aeroportos é menor que 300 milhas terrestres (483km); é médio se a distância entre os aeroportos é menor que 700 milhas terrestres (1126km); acima desse valor o voo é considerado longo.

4 Valor médio do fator. O fator é variável em função da distância do voo. Pode se calcular diretamente no site da Atmosfair

Fontes: GHGprotocol (2013),

ANEXO C – DETALHES - A ENQUETE REALIZADA

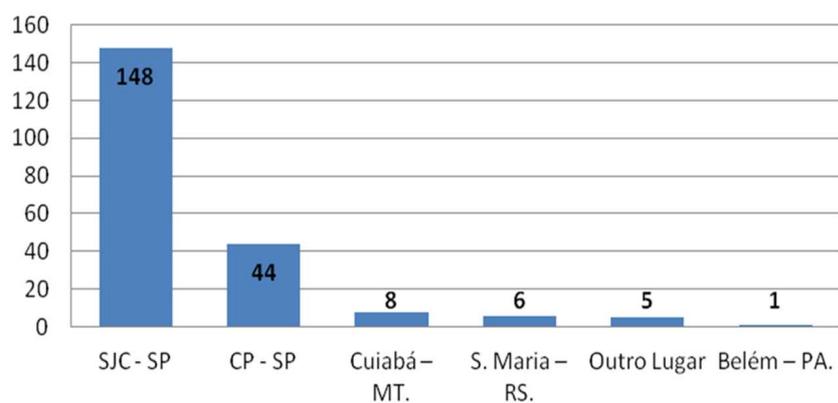


Figura C.1 – Número de indivíduos que responderam a enquete por unidade regional do INPE.

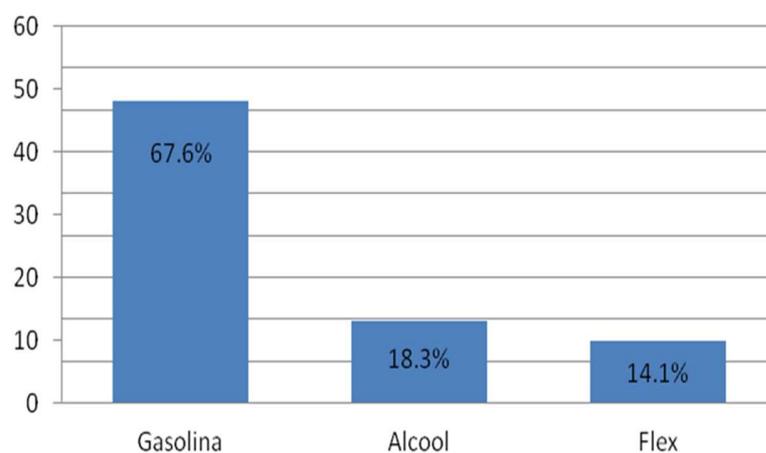


Figura C.2 – Número de respostas por tipo de combustível usado (72 indicaram o tipo de combustível de um total de 127 pessoas que disseram ter usado carro).

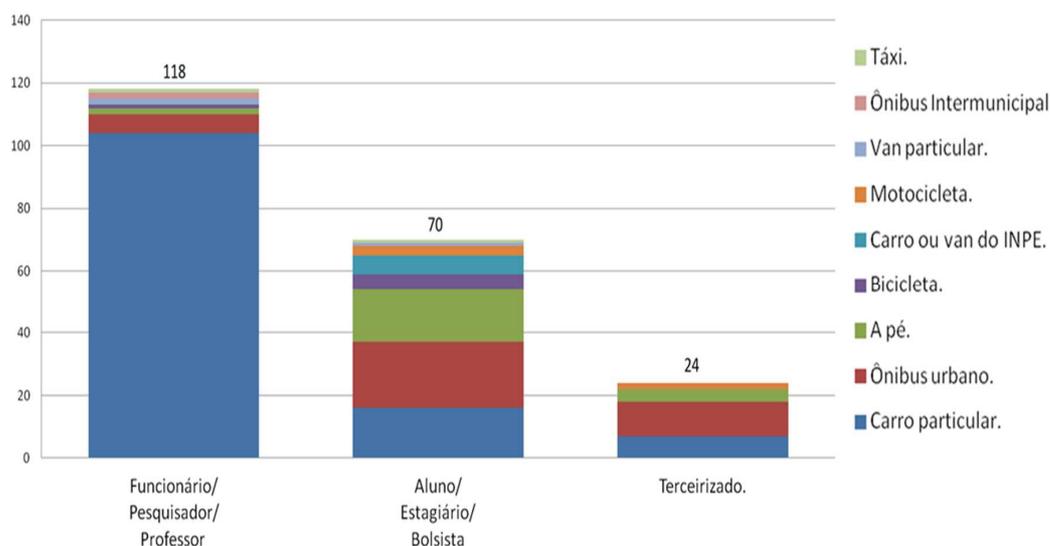


Figura C.3 - Número de respostas por tipo de transporte utilizado.

Tabela C.1 – Base de dados das respostas à enquete.

Pergunta:	1	2	3	4	5	6	7
1	Carro particular	2	0:15 - 0:20	CP - SP	A/E/B	Gasolin	5
2	Motocicleta	0	0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		5
3	Táxi	0	0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		5
4	Ônibus urbano		0:40 - 0:50	Santa M	A/E/B		5
5	Ônibus urbano		0:50 - 1:00	Outro Lu	A/E/B		5
6	A pé		0:20 - 0:30	CP - SP	A/E/B		5
7	Carro particular		0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		5
8	Carro particular	1	0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		3
9	Motocicleta	0	0:10 - 0:15	CP - SP	A/E/B		5
10	A pé		0:10 - 0:15	SJC - SP	A/E/B		7
11	A pé		0:30 - 0:40	CP - SP	A/E/B		5
12	Carro ou van do INPE		0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		5
13	A pé		<0:10 (Me	SJC - SP	A/E/B		5
14	A pé		0:10 - 0:20	SJC - SP	A/E/B		5
15	Carro particular	0	>2:00 (Mai	CP - SP	A/E/B	Gasolin	5
16	Carro particular	0	<0:05 (Me	SJC - SP	A/E/B	Gasolin	5
17	Ônibus urbano		0:20 - 0:30	SJC - SP	A/E/B		5
18	Carro ou van do INPE		0:10 - 0:20	CP - SP	A/E/B		5
19	Carro particular		0:30 - 0:40	SJC - SP	A/E/B		5
20	Van particular	10	1:00 - 1:15	CP - SP	A/E/B		5
21	Carro particular	2	0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		4
22	Ônibus urbano		0:30 - 0:40	SJC - SP	A/E/B		5
23	Carro particular	0	0:10 - 0:20	SJC - SP	A/E/B		4
24	Motocicleta	0	0:10 - 0:15	CP - SP	A/E/B		5
25	A pé		0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		5
26	Bicicleta		0:10 - 0:20	CP - SP	A/E/B		5
27	A pé		0:30 - 0:40	CP - SP	A/E/B		6
28	Carro ou van do INPE		0:10 - 0:20	CP - SP	A/E/B		5
29	A pé		0:05 - 0:10	SJC - SP	A/E/B		5
30	Ônibus urbano		0:30 - 0:40	SJC - SP	A/E/B		4
31	Carro ou van do INPE		0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		5
32	A pé		0:20 - 0:30	CP - SP	A/E/B		5
33	Bicicleta		0:10 - 0:20	CP - SP	A/E/B		5
34	Carro particular	0	0:05 - 0:10	SJC - SP	A/E/B		4
35	A pé		0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		5
36	A pé		0:05 - 0:10	CP - SP	A/E/B		5
37	Carro ou van do INPE		0:10 - 0:20	CP - SP	A/E/B		5
38	Carro ou van do INPE		0:10 - 0:20	CP - SP	A/E/B		5
39	Bicicleta		0:10 - 0:15	CP - SP	A/E/B		6
40	Carro particular	0	<0:05 (Me	CP - SP	A/E/B	Flex	6
41	A pé		0:05 - 0:10	SJC - SP	A/E/B		5
42	Carro particular	2	0:15 - 0:20	SJC - SP	A/E/B		5
43	Bicicleta		0:20 - 0:30	SJC - SP	A/E/B		3
44	A pé		0:10 - 0:15	SJC - SP	A/E/B		5
45	Carro particular	0	0:10 - 0:20	SJC - SP	F/P/P	Gasolin	5
46	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC - SP	F/P/P	Flex	5
47	Carro particular	1	0:05 - 0:10	SJC - SP	A/E/B	Gasolin	5
48	A pé		0:15 - 0:20	SJC - SP	A/E/B		6
49	A pé		0:10 - 0:15	SJC - SP	A/E/B		7
50	Ônibus urbano		0:40 - 0:50	SJC - SP	A/E/B		5
51	Bicicleta		0:15 - 0:20	SJC - SP	F/P/P		5
52	Carro particular	4	0:40 - 0:50	SJC - SP	F/P/P		5
53	Ônibus urbano		0.0625	SJC - SP	A/E/B		5
54	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC - SP	F/P/P		5
55	Ônibus urbano		0:15 - 0:20	SJC - SP	A/E/B		5
56	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC - SP	A/E/B		5
57	Ônibus urbano		0.041667	SJC - SP	A/E/B		5
58	Ônibus urbano		0:10 - 0:15	SJC - SP	A/E/B		4
59	Ônibus urbano		0:50 - 1:00	SJC - SP	A/E/B		4
60	Ônibus urbano		0:30 - 0:40	SJC - SP	A/E/B		5
61	Carro particular		0.013889	SJC - SP	A/E/B		5
62	Ônibus urbano		0:50 - 1:00	SJC - SP	A/E/B		5
63	Ônibus urbano		0:15 - 0:20	SJC - SP	A/E/B		5
64	Carro particular	0	0:05 - 0:10	SJC - SP	F/P/P	Gasolin	2
65	Carro particular	0	0.010417	SJC - SP	F/P/P		5
66	Ônibus urbano		0.034722	SJC - SP	A/E/B		5
67	A pé		0:10 - 0:15	SJC - SP	A/E/B		5
68	Ônibus urbano		0:20 - 0:30	SJC - SP	A/E/B		5
69	Carro particular		0:30 - 0:40	SJC - SP	A/E/B		5
70	Ônibus urbano		0:30 - 0:40	SJC - SP	A/E/B		4
71	Ônibus urbano		0:10 - 0:15	SJC - SP	A/E/B		4
72	Bicicleta		0:15 - 0:20	SJC - SP	A/E/B		5
73	Ônibus urbano		0:40 - 0:50	SJC - SP	A/E/B		5
74	Carro particular	1	0:10 - 0:15	SJC - SP	F/P/P	Gasolin	5
75	Ônibus urbano		1:30 - 1:45	SJC - SP	A/E/B		5
76	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC - SP	F/P/P	Gasolin	5
77	Carro particular		0:10 - 0:20	SJC - SP	F/P/P	Alcool	5
78	A pé		0:10 - 0:15	SJC - SP	A/E/B		7
79	Carro particular	0	0:10 - 0:20	SJC - SP	A/E/B		4
80	Ônibus urbano		0:30 - 0:40	SJC - SP	A/E/B		5

Tabela C.1 (Continuação) - Respostas à enquete

Pergunta:	1	2	3	4	5	6	7
81	Carro particular	1	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
82	Carro particular	2	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
83	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
84	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Alcool	5
85	Carro particular	0	0.010417	SJC-SP	F/P/P		5
86	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	7
87	Carro particular		0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
88	Carro particular	1	0:15 - 0:20	Cuiabá	F/P/P	Gasolin	5
89	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
90	Carro particular		0.010417	SJC-SP	F/P/P		5
91	Carro particular	2	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
92	Ônibus intermunicipal		0:50 - 1:00	SJC-SP	F/P/P		5
93	Carro particular	1	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
94	Ônibus urbano		0.0625	SJC-SP	F/P/P		5
95	Carro particular	1	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
96	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
97	Carro particular	1	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
98	Ônibus urbano		0.041667	SJC-SP	F/P/P		5
99	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
100	Carro particular		0.006944	SJC-SP	F/P/P		5
101	Carro particular	0	<0:05 (Me	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
102	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Alcool	5
103	Carro particular	0	0:20 - 0:30	CP-SP	F/P/P	Gasolin	5
104	Carro particular		0.013889	SJC-SP	F/P/P		5
105	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Flex	5
106	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P		5
107	Carro particular	1	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
108	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	7
109	Carro particular	1	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
110	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	7
111	Carro particular	1	0:05 - 0:10	Santa M	F/P/P	Gasolin	5
112	Carro particular		<0:05 (Me	CP-SP	F/P/P		5
113	Carro particular	1	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Alcool	5
114	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P		5
115	Carro particular	1	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
116	Carro particular	1	0:40 - 0:50	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
117	Apé		0.003472	SJC-SP	F/P/P		5
118	Carro particular	1	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
119	Carro particular		0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
120	Carro particular		0.020833	SJC-SP	F/P/P		5
121	Carro particular		0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
122	Carro particular		0:05 - 0:10	CP-SP	F/P/P		5
123	Carro particular	1	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
124	Carro particular	0	0:30 - 0:40	Cuiabá	F/P/P	Gasolin	5
125	Carro particular		0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Alcool	5
126	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Alcool	5
127	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
128	Carro particular	0	<0:05 (Me	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
129	Carro particular		0.013889	SJC-SP	F/P/P		5
130	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	7
131	Carro particular	0	0:10 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
132	Carro particular	1	0:40 - 0:50	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
133	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P		5
134	Carro particular	1	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Alcool	5
135	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
136	Ônibus urbano		0.083333	SJC-SP	F/P/P		5
137	Carro particular		0.006944	SJC-SP	F/P/P		5
138	Carro particular	0	0:05 - 0:10	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
139	Carro particular	0	1:30 - 1:45	CP-SP	F/P/P	Alcool	5
140	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Flex	5
141	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Flex	5
142	Carro particular	0	0:05 - 0:10	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	5
143	Carro particular		0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P		5
144	Van particular	10	0.020833	SJC-SP	F/P/P		5
145	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
146	Carro particular		1:30 - 1:45	CP-SP	F/P/P	Gasolin	5
147	Carro particular		0.006944	CP-SP	F/P/P		5
148	Carro particular	0	0:05 - 0:10	SJC-SP	F/P/P	Gasolin	2
149	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P		5
150	Carro particular	0	0:15 - 0:20	Cuiabá	F/P/P	Gasolin	5
151	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Desconf	5
152	Carro particular	0	0:10 - 0:20	CP-SP	F/P/P		5
153	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Alcool	5
154	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P	Alcool	5
155	Carro particular	0	<0:10 (Me	CP-SP	F/P/P		5
156	Ônibus urbano		0:50 - 1:00	SJC-SP	T		5
157	Apé		0.003472	SJC-SP	F/P/P		5
158	Ônibus urbano		0.041667	SJC-SP	F/P/P		5
159	Carro particular	0	0:30 - 0:40	Cuiabá	F/P/P	Gasolin	5
160	Ônibus urbano		0:40 - 0:50	Belém	T		5
161	Carro particular	0	0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
162	Carro particular	0	1:30 - 1:45	CP-SP	F/P/P	Alcool	5
163	Carro particular	0	0.027778	Outro Lu	F/P/P		5
164	Carro particular		0.006944	SJC-SP	F/P/P		5
165	Motocicleta	0	0:05 - 0:10	Santa M	T		5
166	Ônibus urbano		0:40 - 0:50	Santa M	T		5
167	Carro particular		<0:05 (Me	CP-SP	F/P/P		5
168	Ônibus urbano		0:50 - 1:00	SJC-SP	T		5
169	Apé		0:10 - 0:15	SJC-SP	T		5
170	Carro particular		0.013889	SJC-SP	F/P/P		5
171	Carro particular	0	0:15 - 0:20	Cuiabá	F/P/P	Gasolin	5
172	Carro particular	3	0:20 - 0:30	SJC-SP	T	Gasolin	5
173	Carro particular	1	0:05 - 0:10	Santa M	F/P/P	Gasolin	5
174	Carro particular		0.020833	SJC-SP	F/P/P		5
175	Carro particular		0.006944	SJC-SP	F/P/P		5
176	Carro particular	0	0:10 - 0:20	CP-SP	F/P/P		5
177	Carro particular		0:15 - 0:20	SJC-SP	F/P/P		5
178	Apé		0:10 - 0:15	SJC-SP	T		5
179	Carro particular	0	<0:10 (Me	CP-SP	F/P/P	Desconf	5
180	Carro particular	0	0:15 - 0:20	CP-SP	T	Gasolin	5
181	Carro particular	0	0:20 - 0:30	CP-SP	F/P/P	Gasolin	5
182	Ônibus urbano		0:15 - 0:20	SJC-SP	T		5
183	Carro particular		0.013889	SJC-SP	F/P/P		5
184	Carro particular		0.006944	CP-SP	F/P/P		5
185	Ônibus urbano		0:15 - 0:20	SJC-SP	T		5
186	Ônibus urbano		0:40 - 0:50	SJC-SP	T		5
187	Van particular	10	0.020833	SJC-SP	F/P/P		5
188	Ônibus urbano		0:30 - 0:40	SJC-SP	T		5
189	Carro particular	0	0:15 - 0:20	Cuiabá	F/P/P	Flex	5
190	Taxi	0	0.006944	Santa M	F/P/P		5
191	Carro particular		0:10 - 0:15	SJC-SP	T	Flex	5
192	Carro particular		0:10 - 0:15	SJC-SP	T	Flex	5
193	Carro particular	1	0:15 - 0:20	Cuiabá	F/P/P	Gasolin	5
194	Carro particular	0	0:20 - 0:30	Cuiabá	F/P/P	Alcool	5
195	Ônibus intermunicipal		0:50 - 1:00	SJC-SP	F/P/P		5
196	Ônibus urbano		0:40 - 0:50	SJC-SP	T		5
197	Ônibus urbano		0.083333	SJC-SP	F/P/P		5
198	Carro particular		0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P		5
199	Ônibus urbano		0.0625	SJC-SP	F/P/P		5
200	Motocicleta	0	0:05 - 0:10	Santa M	T		5
201	Carro particular		0:05 - 0:10	CP-SP	F/P/P		5
202	Carro particular		0:10 - 0:15	SJC-SP	T	Flex	5
203	Apé		0:10 - 0:15	SJC-SP	T		5
204	Ônibus urbano		0:20 - 0:30	Santa M	T		5
205	Ônibus urbano		0.013889	SJC-SP	T		5
206	Carro particular	1	0:20 - 0:30	Outro Lu	F/P/P		5
207	Carro particular	1	1:30 - 1:45	CP-SP	F/P/P	Gasolin	5
208	Carro particular	0	0:10 - 0:15	SJC-SP	F/P/P		5
209	Carro particular		0.010417	SJC-SP	F/P/P		5
210	Apé		0:10 - 0:15	SJC-SP	T		5
211	Carro particular		0:10 - 0:15	SJC-SP	T	Flex	5
212	Carro particular		0.020833	SJC-SP	T		5

Perguntas:

- 1 - Que tipo de transporte usou?
- 2 - Se você usou transporte particular ou táxi, com quantas pessoas dividiu?
- 3 - Quanto tempo leva para chegar do local de residência ao trabalho?*
- 4 - Em qual unidade de do INPE você trabalha a maior parte do tempo?*
- 5 - Que tipo de vínculo você tem com o INPE?*
- 7 - Quantos dias por semana se desloca ao INPE?
- 6 - Tipo de Combustível

T Terceirizado
 F/P/P Funcionário/Pesquisador/Professor
 A/E/B Aluno/Estagiário/Bolsista

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São as sequências de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.