



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Lídia Vaz Aguiar

**Neutralização compensatória de carbono: estudo de caso em uma  
indústria do setor metal-mecânico**

Rio de Janeiro

2009

Lídia Vaz Aguiar

**Neutralização compensatória de carbono: estudo de caso em uma indústria do setor metal-mecânico**



Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Efluentes Atmosféricos.

Orientador: Prof. D. Sc. Julio Domingos Nunes Fortes

Co-orientador: Prof. D. Sc. Eduardo Monteiro Martins

Rio de Janeiro

2009

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/CTCB

A282 Aguiar, Lídia Vaz

Neutralização compensatória de carbono: : estudo de caso em uma indústria do setor metal-mecânico./ Lídia Vaz Aguiar. – 2009.  
164 f.

Orientador : Julio Domingos Nunes Fortes

Co-orientador: Eduardo Monteiro Martins

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Faculdade de Engenharia.

1. Mudanças climáticas. 2. Efeito estufa. 3. Aquecimento global.

I. Fortes, Julio Domingos Nunes. II. Martins, Eduardo Monteiro.

III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia.

IV. Título.

CDU 551.583

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

---

Assinatura

---

Data

Lídia Vaz Aguiar

**Neutralização compensatória de carbono: estudo de caso em uma  
indústria do setor metal-mecânico**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Efluentes Atmosféricos.

Aprovado em: \_\_\_\_\_

Banca examinadora:

---

Prof. D. Sc. Julio Domingos Nunes Fortes (Orientador)  
Faculdade de Engenharia – UERJ/ PEAMB

---

Prof. D. Sc. Eduardo Monteiro Martins (Co-Orientador)  
Faculdade de Engenharia – UERJ/ PEAMB

---

Prof. D. Sc. Sergio Machado Corrêa  
Faculdade de Tecnologia - UERJ

---

Prof. D. Sc. Fernando Benecdito Mainier  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. D. Sc. Luciana Varandas Stowinski da Silva  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2009

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, pelo amor, pela força e por me ensinarem o quanto vale a pena lutar pelos meus sonhos.

## AGRADECIMENTOS

A conclusão do curso de Mestrado representa não só o fechamento de um importante ciclo em minha vida, mas também uma vitória frente aos obstáculos encontrados no caminho, com os quais jamais imaginei me deparar.

Assim, agradeço a Deus por ter atribuído, mesmo através das batalhas, um novo significado a minha trajetória, proporcionando-me força diante dos desafios. E também pela riqueza que nos é presenteada a cada amanhecer: o ar que respiramos, a água que nos dessedenta, a terra que nos dá sustento, as árvores que nos oxigenam, os animais e demais seres vivos que mantêm o equilíbrio de nosso sistema, as flores que embelezam a vida, o mar que nos acrescenta poesia, o planeta, que apesar de destruímos a cada segundo, nos possibilita a continuidade da vida.

Agradeço em especial a meu Pai e a minha Mãe por serem meu suporte, meus grandes incentivadores, além de grandes exemplos. Obrigada por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que não me senti capaz, obrigada pelo amor incondicional, obrigada por me mostrarem o quanto vale a pena lutar pelos meus objetivos, obrigada por me ensinarem a importância do esforço, da determinação e da perseverança.

À minha irmã, Raquel, por estar sempre ao meu lado nos momentos difíceis, pelo incentivo a seguir em frente.

A meu companheiro de todos os momentos, meu amor, Rafael, sem o qual eu jamais haveria concluído o curso. Obrigada por estar sempre presente, demonstrando amor e carinho em cada atitude e por me dar apoio a cada necessidade.

À Silvana, pelo incentivo constante e por se mostrar sempre na expectativa de meu sucesso.

Ao grande Professor que foi colocado por Deus em meu caminho: Professor Julio. Exemplo de profissional e ser humano.

Ao Professor Eduardo pela dedicação, paciência e conhecimento transmitido.

A Luciana, que se mostrou grande amiga, sem mesmo me conhecer. Obrigada pelos “milhões” de livros emprestados, pela simpatia e por ter me colocado em contato com um profissional da empresa alvo deste trabalho.

À Flávia, uma das amigas mais doces, inteligentes e responsáveis que deparei em minha vida, que terá sempre um lugar especial em meu coração.

Ao Sérgio Serber, que confiou em meu trabalho e me proporcionou condições para seguir com minha pesquisa.

## RESUMO

AGUIAR, Lídia Vaz. *Neutralização Compensatória de Carbono: Estudo de Caso em uma Indústria do Setor Metal-Mecânico*. 164 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2009.

Estudos têm mostrado que a intensificação do efeito estufa nos últimos anos vem ocasionando um aumento do aquecimento global com reflexos no clima que, por conseguinte, podem comprometer a vida no planeta. Tal intensificação se dá em função do acréscimo na concentração dos gases de efeito estufa proveniente de atividades antrópicas. Esta pesquisa visa quantificar a contribuição das emissões de gases do efeito estufa, lançados por uma empresa do setor metal-mecânico, situada no município do Rio de Janeiro – RJ, além de propor cenários nos quais tais emissões podem ser compensadas. A quantificação foi concretizada através da utilização de metodologia elaborada pelo IPCC. A proposta de compensação das emissões se deu através da substituição de combustíveis utilizados em veículos, implantação de produção de energia por sistema fotovoltaico, biodigestão de efluentes domésticos e reflorestamento. A justificativa da pesquisa baseia-se na contribuição para a mitigação da intensificação do efeito estufa, do aquecimento global e das mudanças climáticas, o que conseqüentemente pode colaborar para a conservação da vida na Terra. Do total de emissões lançadas na atmosfera pela empresa em estudo, no ano de 2008, foi obtido um valor de 422 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, sendo 177 toneladas pelo consumo de combustíveis dos meios de transporte, 87 toneladas pelos resíduos gerados, 2,2 toneladas pelos efluentes gerados, 8,81 toneladas por consumo de energia elétrica e 148 toneladas por processos industriais internos. No cenário onde se contempla as medidas mitigadoras, tais emissões são reduzidas a 349 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Caso seja empregado o reflorestamento como única forma de neutralização total de emissões da empresa em estudo, faz-se necessária a recuperação vegetal de uma área com 1,33 hectares de extensão. Esta alternativa pode se mostrar vantajosa em curto prazo por não acarretar maiores modificações na rotina dos processos industriais. No entanto, caso a Metal Master opte apenas pelo reflorestamento e mantenha o padrão de emissões semelhante ao ano de 2008, ao longo dos anos, será necessária uma vasta extensão de território reflorestado em relação aos valores pré-estabelecidos. Este fato denota a importância de modificações no ambiente industrial, de modo a permitir a neutralização em longo prazo.

Palavras-chave: Aquecimento Global. Efeito Estufa. Mudanças Climáticas. Neutralização de Emissões.

## ABSTRACT

Studies have shown that the intensification of the greenhouse effect in recent years has caused a rise in global warming with effects on climate, therefore, may compromise the life on the planet. This intensification is a function of the increase in concentration of greenhouse gases from human activities. This research aims to quantify the contribution of emissions of greenhouse gases, released by a company in the metal-mechanic, in Rio de Janeiro - RJ, propose scenarios in which these emissions can be offset. Quantification was achieved by using methodology developed by the IPCC. The offer of emissions is given by replacing the fuel used in vehicles, implementation of energy production by photovoltaic system, digestion of domestic sewage and reforestation. The justification of the research is based on contribution to the alleviation of the intensifying greenhouse effect, global warming and climate change, which consequently may help to preserve life on Earth. Of the total emissions into the atmosphere by the company under study, in 2008, was obtained a value of 422 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent, with 177 tonnes from fuel consumption by transport, 87 tonnes from the waste generated, 2,2 tonnes from effluents generates, 8.81 tons from consumption of electricity and 148 tonnes from domestic industrial processes. In the scenario where we contemplate the mitigation measures, such emissions are reduced to 349 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent. If employee reforestation as the only way to neutralize the emissions of the company, it is necessary to restore plant to an area of 1,33 hectares. This alternative may prove advantageous in the short term it does not cause major changes in routine processes. However, if Metal Master chooses only by reforestation and keep the emissions standard similar to the year 2008, over the years will require a vast expanse of land reforested. This fact indicates the importance of changes in the industrial environment, to allow the circumvention of long-term.

Keywords: Global Warming. Greenhouse Effect. Climatic Changes. Emissions Neutralization.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição média do ar atmosférico seco.....	35
Tabela 2: Gases emitidos para a atmosfera a partir de fontes naturais.....	41
Tabela 3: Gases do efeito estufa e respectivo potencial de aquecimento global equivalente em CO <sub>2</sub> .....	45
Tabela 4: Fatores de conversão para tep médio.....	88
Tabela 5: Fatores de emissão de dióxido de carbono por combustíveis.....	90
Tabela 6: Quantidade de combustível utilizado e distância percorrida pela frota própria e processos internos por dia.....	98
Tabela 7: Conduções utilizadas pelos funcionários em seu deslocamento diário no trajeto casa-indústria/ indústria-casa.....	98
Tabela 8: Estimativa de combustíveis em ônibus utilizados no RJ e por funcionários da Metal Master.....	101
Tabela 9: Estimativa de combustíveis consumidos em carros utilizados no RJ e por funcionários da Metal Master.....	102
Tabela 10: Estimativa de combustíveis consumidos em motos utilizadas no RJ e por funcionários da Metal Master.....	102
Tabela 11: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em ônibus.....	103
Tabela 12: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em carro de terceiros.....	104
Tabela 13: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em carro de terceiros.....	105
Tabela 14: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de álcool em carro de terceiros.....	106
Tabela 15: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em carro de terceiros.....	107
Tabela 16: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em moto de terceiros.....	108
Tabela 17: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em barcas.....	109
Tabela 18: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de eletricidade em metrô.....	110

Tabela 19: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de eletricidade em trem.....	111
Tabela 20: Emissões per capita de gases do efeito estufa por consumo de combustíveis em veículos de terceiros utilizados por funcionários da Metal Master.....	113
Tabela 21: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em carro da Metal Master.....	114
Tabela 22: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de óleo diesel em caminhão na Metal Master.....	114
Tabela 23: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GLP em empilhadeira da Metal Master.....	115
Tabela 24: Emissões de gases do efeito estufa por consumo de combustíveis em veículos próprios.....	116
Tabela 25: Quantidade e natureza dos resíduos gerados diariamente pela Metal Master.....	117
Tabela 26: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de metais ferrosos e não-ferrosos.....	118
Tabela 27: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de resíduos orgânicos e não-recicláveis.....	119
Tabela 28: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de papel, papelão e plástico.....	119
Tabela 29: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de madeira.....	120
Tabela 30: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de resíduos que sofrem co-processamento.....	121
Tabela 31: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de lâmpadas.....	121
Tabela 32: Carbono organicamente degradável dos resíduos não-recicláveis da Metal Master.....	123
Tabela 33: Emissões de metano provenientes de decomposição de resíduos não-recicláveis em aterro sanitário.....	123
Tabela 34: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por combustão de resíduos co-processáveis.....	124
Tabela 35: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por deposição, transporte e co-processamento de resíduos orgânicos em aterro sanitário.....	124

Tabela 36: Efluentes atmosféricos gerados mensalmente por processos industriais internos e cozinha do restaurante.....	126
Tabela 37: Emissões anuais diretas de GEE's provenientes de processos industriais e cozinha do restaurante.....	126
Tabela 38: Gigagramas de CO <sub>2</sub> equivalente em função do potencial de aquecimento global (PAG) dos gases estufa emitidos anualmente.....	127
Tabela 39: Consumo mensal de energia elétrica em kWh na Metal Master.....	128
Tabela 40: Emissões de CO <sub>2</sub> provenientes do consumo de energia elétrica.....	129
Tabela 41: Geração de esgotos domésticos.....	129
Tabela 42: Emissões de metano provenientes de esgotos domésticos gerados.....	130
Tabela 43: Emissões totais de CO <sub>2</sub> (Gigagramas) na Metal Master.....	131
Tabela 44: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de álcool em carro da Metal Master.....	133
Tabela 45: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em carro da Metal Master.....	134
Tabela 46: Toneladas de CO <sub>2</sub> emitidas por combustíveis utilizados em carro.....	135
Tabela 47: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em caminhão na Metal Master.....	136
Tabela 48: Gigagramas de CO <sub>2</sub> emitidas por combustíveis utilizados em caminhão.....	137
Tabela 49: Combustíveis utilizáveis em empilhadeira.....	138
Tabela 50: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em empilhadeira da Metal Master.....	139
Tabela 51: Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de energia elétrica em empilhadeira na Metal Master.....	139
Tabela 52: Gigagramas de CO <sub>2</sub> emitidas por uso de empilhadeira.....	140
Tabela 53: Quantidade de carbono estocado em diferentes ecossistemas.....	146
Tabela 54: Neutralização compensatória de CO <sub>2</sub> através de florestamento e/ ou reflorestamento em hectares do bioma Mata Atlântica.....	148
Tabela 55: Fontes (controláveis e não controláveis) de emissões de CO <sub>2</sub> (Gigagramas) da Metal Master.....	149

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Instrumentos de regulação da poluição do ar.....	59
Quadro 2: Resoluções CONAMA referentes à qualidade do ar e mudanças climáticas.....	62
Quadro 3: Projetos de Lei referentes a mudanças climáticas.....	65
Quadro 4: Legislação referente à qualidade do ar e mudanças climáticas no Rio de Janeiro.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fontes naturais e antrópicas envolvidas no ciclo biogeoquímico do carbono.....	28
Figura 2: Fotossíntese e respiração.....	30
Figura 3: Camadas da atmosfera.....	37
Figura 4: Concentração atmosférica de dióxido de carbono em eras geológicas e últimos anos.....	46
Figura 5: Emissões anuais per capita de CO <sub>2</sub> por utilização de gasolina, diesel, álcool e GNV, em carros de terceiros, por funcionários da Metal Master.....	108
Figura 6: Emissões per capita anuais de CO <sub>2</sub> por veículos de terceiros.....	114
Figura 7: Emissões de CO <sub>2</sub> em toneladas por veículos da Metal Master.....	116
Figura 8: Emissões em toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> geradas por transporte e destinação final de resíduos.....	125
Figura 9: Emissões anuais de GEE'S provenientes de processos industriais internos e cozinha do restaurante.....	127
Figura 10: Emissões de CO <sub>2</sub> por tipo de combustível utilizado em carro (gasolina, álcool, GNV).....	135
Figura 11: Emissões de CO <sub>2</sub> por veículo fosse movido a GNV a óleo diesel.....	138
Figura 12: Quantidade de emissões de CO <sub>2</sub> por tipo de combustível utilizado na empilhadeira da Metal Master.....	141
Figura 13: Quantidade de carbono, em toneladas por hectare, estocado em diferentes tipos de ecossistemas (manguezal, floresta de terra firme, floresta alagável, cerrado e campos de várzea).....	147

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E FÓRMULAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BEN – Balanço Energético Nacional.

$C_6H_{12}O_6$  – Glicose.

$CaCO_3^-$  – Carbonato de Cálcio.

CB – Comitê Brasileiro.

CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos.

CFC – Clorofluorcarboneto.

$CH_4$  – Metano.

CIMGC – Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima.

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

$CO_2$  – Dióxido de carbono.

$CO_3^-$  – Carbonato.

COD – Carbono orgânico degradável.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

COP – Conferência das Partes Signatárias da Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas.

CQNUMC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima.

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DPO – Decaimento de Primeira Ordem.

DQO – Demanda Química de Oxigênio.

ECO 92 - Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

EPA – Environmental Protection Agency.

ETDI – Estação de Tratamento de Dejetos Industriais.

ETE's – Estações de Tratamento de Efluentes.

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente.

GANAA – Grupo de Apoio à Normalização Ambiental.

GEE's – Gases do Efeito Estufa.

GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes.

$H_2CO_3$  - Ácido carbônico.

$HCO_3^-$  - Bicarbonato.

HFC – Hidrofluorcarbono.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

ICN – Instituto Carbono Neutro.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas.

ISO – International Organization for Standardization.

kWh – Quilowatt hora.

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia.

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

MME – Ministério de Minas e Energia.

N<sub>2</sub>O – Óxido Nitroso.

NBR – Norma Brasileira.

O<sub>2</sub> – Oxigênio.

OIM – Organização Internacional de Meteorologia.

ONG – Organização Não-Governamental.

ONU – Organização Nações Unidas.

PAG – Potencial de Aquecimento Global

PCI – Poder Calorífico Inferior.

PCS – Poder Calorífico Superior.

PDCA – Plan, Do, Check and Act.

PFC – Perfluorcarbono.

PNMC – Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas.

PNUMA – Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente.

PROCONVE – Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores.

SERLA – Superintendência de Rios e Lagoas.

SF<sub>6</sub> – Hexafluoreto de Enxofre.

SGA – Sistema de Gestão Ambiental.

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente.

tC – Toneladas de Carbono.

TC – Technical Committee.

TJ – Terajoule.

Tep – Toneladas equivalentes em petróleo.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change.

WMO – World Meteorological Organization.

## **LISTA DE FLUXOGRAMAS**

Fluxograma 1: Tratamento de efluentes pelas ETE's Alegria e Penha (CEDAE).....83



## SUMÁRIO

### 1– INTRODUÇÃO

1.1 – Formulação da Situação Problema.....	21
1.2 – Objetivos da Pesquisa.....	22
1.2.1 – Objetivo Geral da Pesquisa.....	22
1.2.2 – Objetivos Específicos da Pesquisa.....	22
1.3 – Questões da Pesquisa.....	22
1.4 - Relevância e Justificativa.....	23
1.5 - Metodologia da Pesquisa.....	24
1.6 – Delimitação da Pesquisa.....	25
1.7 - Organização do Trabalho.....	26

### 2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Ciclo Biogeoquímico do Carbono (Arcabouço Ecológico).....	27
2.1.1 - Fotossíntese e Respiração – Reações de Consumo e de Produção de Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).....	29
2.1.2 - Troca de Dióxido de Carbono entre Atmosfera e Oceano.....	31
2.1.3 - Sedimentação de Carbonatos.....	32
2.1.4 - Interferência Antrópica no Ciclo Natural do Carbono.....	33
2.2 – Atmosfera.....	35
2.2.1 - Composição da Atmosfera.....	35
2.2.2 – Regiões da Atmosfera.....	36
2.2.2.1 – Troposfera.....	37
2.2.2.2 – Estratosfera.....	38
2.2.2.3 – Mesosfera.....	40
2.2.2.4 – Termosfera.....	40
2.2.2.5 – Gases Traço na Atmosfera.....	40
2.2.3 – Poluição Atmosférica.....	41
2.3 – O Efeito Estufa.....	43
2.3.1 – Os Gases do Efeito Estufa.....	44

2.3.2 – Consequências do Efeito Estufa Intensificado e do Aquecimento Global.....	47
2.4 – Aspectos Legais e Institucionais.....	50
2.4.1 – Histórico – Medidas Institucionais Sobre Mudanças Climáticas e Protocolo de Quioto.....	50
2.4.2 – Direito Ambiental Internacional.....	54
2.4.3 - A Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima.....	56
2.4.4 – Política Nacional Sobre Mudanças do Clima.....	57
2.4.4.1 - Plano Nacional Sobre Mudanças Climáticas.....	58
2.4.5 – Ordenamento Jurídico Brasileiro no Âmbito das Mudanças Climáticas.....	58
2.4.5.1 – O artigo 225 da Constituição Federal.....	59
2.4.5.2 – Política Nacional do Meio Ambiente .....	61
2.4.5.3 – Lei de Crimes Ambientais.....	61
2.4.5.4 – Legislações Específicas.....	62
2.5 – Gestão Ambiental.....	68
2.5.1 - A ISO 14001 e o Sistema de Gestão Ambiental.....	68
2.5.2- Norma Técnica Brasileira ISO 14064: 2007.....	73
2.6 – Neutralização Compensatória de Carbono.....	74
<b>3 - ESTUDO DE CASO - UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL-MECÂNICO</b>	
3.1 - Caracterização da Empresa em Estudo.....	77
3.1.1 - Questões Ambientais na Empresa em Estudo.....	77
3.1.2 - A Metal Master e as Mudanças Climáticas.....	78
3.1.2.1 – Fontes de Emissão de Gases do Efeito Estufa na Metal Master.....	79
3.1.2.2 - Combustíveis Utilizados em Processos Industriais, em Frota Interna e Frota de Terceiros.....	79
3.1.2.3 - Energia Elétrica Consumida.....	80
3.1.2.4 - Resíduos Gerados.....	81
3.1.2.5 - Efluentes Domésticos Gerados.....	82
3.1.2.6 - Efluentes Industriais Gerados.....	84
<b>4 - FERRAMENTAS METODOLÓGICAS PARA CÁLCULO DE EMISSÕES</b>	
4.1 - Metodologia <i>Top-Down</i> Para Cálculo de Emissões Provenientes do Consumo de Combustíveis.....	86
4.2 - Metodologia <i>Bottom-Up</i> para o Cálculo de Emissões de Gases do Efeito Estufa Provenientes do Consumo de Energia Elétrica.....	91

4.3 - Metodologia DPO para Cálculo de Emissões de Gases do Efeito Estufa para Resíduos Dispostos em Aterro Sanitário.....	92
4.4 - Metodologia para Cálculo de Emissões de Gases do Efeito Estufa de Esgotos Domésticos.....	94
4.5 - Metodologia para Cálculo de Emissões de Gases do Efeito Estufa de Efluentes Industriais.....	96

## **5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

5.1 - Fontes de Emissões de Gases do Efeito Estufa na Metal Master.....	97
5.2 – Utilização de Combustíveis por Frota Própria, de Terceiros e por Processos Industriais Internos.....	97
5.2.1 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Frota de Terceiros.....	100
5.2.1.1 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Ônibus.....	103
5.2.1.2 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Carros.....	104
5.2.1.3 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Motos.....	108
5.2.1.4 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Barcas.....	109
5.2.1.5 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Metrô.....	110
5.2.1.6 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Trem.....	111
5.2.2 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis por Frota Interna.....	113
5.2.2.1 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Gasolina em Carro da Metal Master.....	113
5.2.2.2 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Diesel em Caminhão.....	114
5.2.2.3 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Gás Liquefeito de Petróleo em Empilhadeira.....	115
5.3 – Geração de Resíduos.....	116
5.3.1 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis no Transporte de Resíduos (Emissões Diretas).....	117

5.3.2 – Emissões de GEE's Ocasionalmente Destinação Final de Resíduos (Emissões Indiretas).....	122
5.4 – Emissões de GEE's ocasionadas pelos Processos Produtivos/ Industriais da Metal Master (Diretas).....	125
5.5 – Energia Elétrica.....	128
5.5.1 – Emissões de CO <sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Energia Elétrica (Emissões Indiretas).....	129
5.6 – Geração de Esgotos Domésticos.....	129
5.6.1 – Emissões de CH <sub>4</sub> Ocasionalmente por Esgotos Domésticos (Emissões Indiretas).....	130
5.7 – Emissões de CH <sub>4</sub> Ocasionalmente por Efluentes Industriais (Emissões Indiretas)....	131
5.8 - Estratégia para o Controle de Emissões de CO <sub>2</sub> .....	131
5.8.1 - Controle de Emissões no Consumo de Combustíveis por Frota de Terceiros...132	
5.8.2 - Controle de Emissões no Consumo de Combustíveis por Frota Interna.....133	
5.8.3 - Controle de Emissões Ocasionalmente pelo Transporte de Resíduos Recicláveis e Co-Processáveis.....	141
5.8.4 - Controle de Emissões Ocasionalmente pela Disposição de Resíduos Orgânicos Não-Recicláveis em Aterro Sanitário.....	141
5.8.5 - Controle de Emissões Atmosféricas Diretas Ocasionalmente por Processos Industriais.....	142
5.8.6 - Controle de Emissões no Consumo de Energia Elétrica.....	142
5.8.7 - Controle de Emissões Ocasionalmente por Esgotos Domésticos Gerados.....	144
5.8.8 – Florestamento, Reflorestamento e Absorção de CO <sub>2</sub> por microalgas.....	145
<b>6 – CONCLUSÃO.....</b>	<b>151</b>
<b>7 - PESQUISAS FUTURAS.....</b>	<b>154</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>162</b>

## **1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1– Formulação da Situação Problema**

Com a Revolução Industrial, a sociedade passa a contemplar novos meios de produção, novas formas de se organizar e, conseqüentemente, novas opções de consumo. Tal consumo, até então, exercido em função das necessidades, cede lugar a um processo que envolve intensa exploração de recursos naturais, excessiva produção de bens materiais e grande quantidade de insumos que retornam ao ambiente em forma de resíduos. Este novo modo de vida, até então considerado por muitos, desenvolvido, acarretou à humanidade seu ônus em forma de problemas ambientais (BRAGA et. al, 2005).

Dentre tantas complicações ambientais, algumas podem até mesmo unir cidades, estados, nações, todo um continente (ou continentes) através da tênue camada que envolve os elementos bióticos e abióticos: a atmosfera. Esta mesma camada que permite aos seres a manutenção do equilíbrio, ao sofrer interferências causadas pelas ações antrópicas supracitadas, pode vir a acarretar intensos transtornos e impedimentos à manutenção da vida, conforme vem ocorrendo nos últimos anos, através da intensificação do efeito estufa e mudanças climáticas.

Assim, uma mudança de postura por parte da humanidade, que se manifesta através do poder público, ONG's, escolas, universidades, instituições particulares e também através de sua individualidade, pode vir a modificar o rumo de questões referentes ao clima do nosso planeta. Desta forma, a neutralização compensatória de carbono de uma instituição particular possibilita um passo perante os problemas climáticos que se tornam nítidos ao longo do tempo.

## **1.2– Objetivos da Pesquisa**

### **1.2.1– Objetivo Geral da Pesquisa**

Propor políticas e estratégias para neutralização das emissões de gases do efeito estufa por parte da empresa ***Metal Master*** (nome adotado neste trabalho de pesquisa).

### **1.2.2 – Objetivos Específicos da Pesquisa**

- Elaborar um diagnóstico quanto à contribuição da empresa Metal Master para emissão de gases do efeito estufa;
- Quantificar o nível de contribuição de emissões de gases estufa da empresa Metal Master para a atmosfera;
- Avaliar as possibilidades de neutralização da contribuição de gases estufa para a atmosfera;
- Propor ações viáveis relacionadas à Metal Master para neutralização das emissões de gases do efeito estufa.

## **1.3 – Questões da Pesquisa**

1 - Como a Metal Master pode contribuir para a mitigação da intensificação do efeito estufa?

2 - A utilização do reflorestamento como única ferramenta de neutralização compensatória de carbono pode ser considerada suficiente?

3 - A neutralização compensatória de carbono da Metal Master pode contribuir para a elaboração dos objetivos, metas e programas do Sistema de Gestão Ambiental da mesma de acordo com Norma Brasileira ISO 14001:2004 e outras normas internacionais, tais como a 14064:2007?

4 – As ações mitigadoras referentes a emissões de gases do efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas podem contribuir para a imagem da empresa?

#### **1.4 - Relevância e Justificativa**

Nas últimas décadas, a humanidade vem se deparando com as conseqüências de um aumento significativo das emissões de gases do efeito estufa na atmosfera. Se até poucos anos, o mundo recebia informações referentes às mudanças climáticas que surgiriam como fruto do modo de produção consolidado, atualmente, tais conseqüências são presenciadas no dia-a-dia da população. Tal comprovação se dá através de cenários trágicos tais como secas prolongadas, calor exagerado, derretimentos em regiões polares, o que nos informa, por meios dramáticos, que o “futuro distante” citado outrora, se faz presente.

Desta forma, o mundo encontra-se em um momento onde são debatidas várias formas de mitigação das mudanças climáticas, onde não somente ressaltam-se atitudes de longo e médio prazo, mas também ações imediatas. No entanto, mediante a situação atualmente vivenciada, se faz necessário que o campo dos debates e discussões dê lugar às ações práticas e uma nova postura frente à intensificação do efeito estufa e às mudanças climáticas. Trata-se não só de uma questão ética, mas também de uma questão moral que implicará na possibilidade de manutenção da vida no planeta.

Assim, neste contexto, este trabalho se justifica, porque vem mostrar que, através da inserção da variável ambiental no meio corporativo/ industrial, é possível planejar, além de estabelecer objetivos e metas de modo a permitir que os meios de produção não venham a contribuir para o agravamento das mudanças climáticas. Utiliza para isto os recursos disponíveis para avaliação das contribuições de emissão de gases estufa para a atmosfera. Ademais, este trabalho se torna relevante pelo fato de divulgar ferramentas para cálculo de emissões e neutralização compensatória de carbono de modo a permitir que modificações na rotina da empresa em estudo, Metal Master, venham a contribuir para a mitigação da intensificação do efeito estufa e mudanças climáticas.

## 1.5 - Metodologia da Pesquisa

A elaboração de uma estratégia de pesquisa exige um prévio preparo. Uma das maneiras que este preparo pode ser obtido se dá através da revisão da literatura existente sobre o tópico escolhido, o que representa um meio para se atingir uma finalidade (YIN, 2001). Assim, para elaboração deste trabalho, foi realizado levantamento bibliográfico, obtido através de artigos, inventários, livros, normas, páginas eletrônicas, teses e dissertações já desenvolvidas, incluídas nas referências, no intuito de proporcionar base teórica relativa ao efeito estufa, aquecimento global, mudanças climáticas, fontes de emissão de gases do efeito estufa e alternativas estratégicas para neutralização compensatória de carbono.

O procedimento metodológico escolhido para realização desta pesquisa foi o estudo de caso. De acordo com YIN (2001), os estudos de caso são utilizados quando são feitos questionamentos do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em eventos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real, especificamente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Em relação a estes estudos, o mesmo ocorre quando não é possível manipular comportamentos relevantes. Tais estudos podem ser exploratórios, explanatórios ou descritivos.

A presente pesquisa foi realizada em uma organização corporativa, especificamente em uma indústria do setor metal-mecânico. Foi feita uma coleta qualitativa e quantitativa de dados a fim de se delinear as fontes de emissão de gases do efeito estufa no estabelecimento assim como descobrir a quantidade de tais gases emitidos por cada fonte. De acordo com YIN (2001), o estudo de caso pode ser baseado em uma mescla de provas quantitativas e qualitativas.

O procedimento metodológico adotado na atual pesquisa pode contribuir para a compreensão de fenômenos organizacionais, políticos, sociais e individuais. Ele conta com muitas das técnicas utilizadas nas pesquisas históricas, mas acrescenta duas fontes de evidências que usualmente não são utilizadas por historiadores: observação direta e série sistemática de entrevistas. O poder diferenciador do estudo é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações (YIN, 2001).



Na fase inicial de definição de quais dados obter, foram então identificadas as fontes de emissão de gases do efeito estufa presentes no estabelecimento industrial. Tais fontes de emissão (diretas e indiretas) baseiam-se na quantidade de combustíveis utilizados por frota própria, por frota de terceiros, através de processos industriais internos, pelo total de energia elétrica consumida e em função de resíduos, efluentes domésticos e industriais gerados. Em seguida, foram feitas visitas à indústria pesquisada. Realizadas as visitas, houve o preparo de tabelas (Tabelas A1 a A5, conforme exposto a seguir) a serem respondidas por funcionário da indústria, responsável pelo setor de meio ambiente e qualidade. Estas tabelas estão incluídas no Anexo 1.

O segundo passo para a elaboração da pesquisa se deu através da quantificação de emissões em função das fontes previamente identificadas. O cálculo das emissões de gases do efeito estufa provenientes de diversos processos relacionados ao consumo de energia se deu através das metodologias *Top-down* e *Bottom-up*, desenvolvidas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Já o cálculo das emissões geradas por resíduos e efluentes se deu através de metodologias específicas para tais atividades, também desenvolvidas pelo IPCC. Estas metodologias encontram-se nas Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa de 2006, e são oficialmente adotadas pela Convenção do Clima. Depois de quantificadas as emissões, o terceiro passo do presente trabalho se deu através de pesquisa de propostas de neutralização compensatória de carbono.

Para a realização desse estudo de caso foi considerado um único elemento, no caso, a indústria pesquisada. O estudo de caso único é recomendável quando o acesso a múltiplos casos é difícil e o pesquisador tem a oportunidade de investigar detalhadamente um deles (YIN, 2001).

Na atual pesquisa, optou-se pelo estudo de caso do tipo exploratório, em função da busca em conhecer mais e melhor o problema identificado (TOGNETTI, 2006).

## **1.6 – Delimitação da Pesquisa**

Este trabalho foi realizado em uma indústria responsável pela produção de equipamentos para abastecimento de derivados do petróleo, situada no município do Rio de Janeiro.

No intuito de preservar sua identidade, a empresa será identificada por Metal Master, ao longo deste trabalho.

Para fins de desenvolvimento da atual pesquisa, os dados referentes às fontes de emissão de gases do efeito estufa da empresa foram obtidos através de informações coletadas no local com apoio do setor de meio ambiente e qualidade. Tais dados referem-se ao ano de 2008.

## **1.7 - Organização do Trabalho**

Este trabalho encontra-se organizado em 6 capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a Introdução, onde são expostos a situação-problema, objetivo geral, objetivos específicos, questões da pesquisa, metodologia, delimitação da pesquisa, relevância e justificativa; o capítulo 2 traz o Referencial Teórico, através do qual é obtida base teórica a respeito da pesquisa; no capítulo 3 é apresentado o Estudo de Caso, onde há caracterização da empresa em estudo assim como a correlação das fontes de emissão de gases do efeito estufa com suas respectivas metodologias de cálculo; no capítulo 4 encontram-se as ferramentas metodológicas para o cálculo de emissões (fórmulas e alternativas viáveis de aplicação), no capítulo 5 estão os Resultados e Discussão, onde estão os valores de gases de efeito estufa emitidos no ano de 2008 por parte da empresa Metal Master; enquanto o capítulo 6 traz as Conclusões da pesquisa.

A seguir, será apresentado o capítulo Referencial Teórico, através do qual foi obtida base teórica a respeito da pesquisa, conforme citado anteriormente.

## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 - Ciclo Biogeoquímico do Carbono (Arcabouço Ecológico)

O ciclo biogeoquímico do carbono é o nome dado ao conjunto de processos responsáveis por retirar carbono de um determinado reservatório, fazê-lo participar de compostos e reações em outros reservatórios e após algum tempo devolvê-lo ao reservatório de origem (PACHECO, 1990). Este ciclo está intimamente relacionado ao fluxo de energia através da biosfera, sendo sua força motriz proporcionada pelo Sol (RICKLEFS, 2003).

A maior parte do carbono na Terra está estocada nas camadas geológicas e nos sedimentos oceânicos e está sob a forma de carbonatos, de carvão e de petróleo. Porém, os três principais reservatórios de carbono capazes de fazer trocas entre si e que compõem o ciclo biogeoquímico do carbono são: atmosfera, oceanos e biosfera terrestre. Os fluxos de carbono ocorrem entre os três reservatórios principais, tendo a atmosfera um papel intermediário; em primeira aproximação, as trocas diretas entre biomassa continental e oceanos são negligenciáveis e todas as trocas entre esses dois reservatórios se produzem pelo intermédio da atmosfera (PACHECO, 1990)

Na Figura 1, a seguir, encontra-se uma representação simplificada do ciclo do carbono e as respectivas relações entre os diferentes compartimentos que compõem este ciclo.

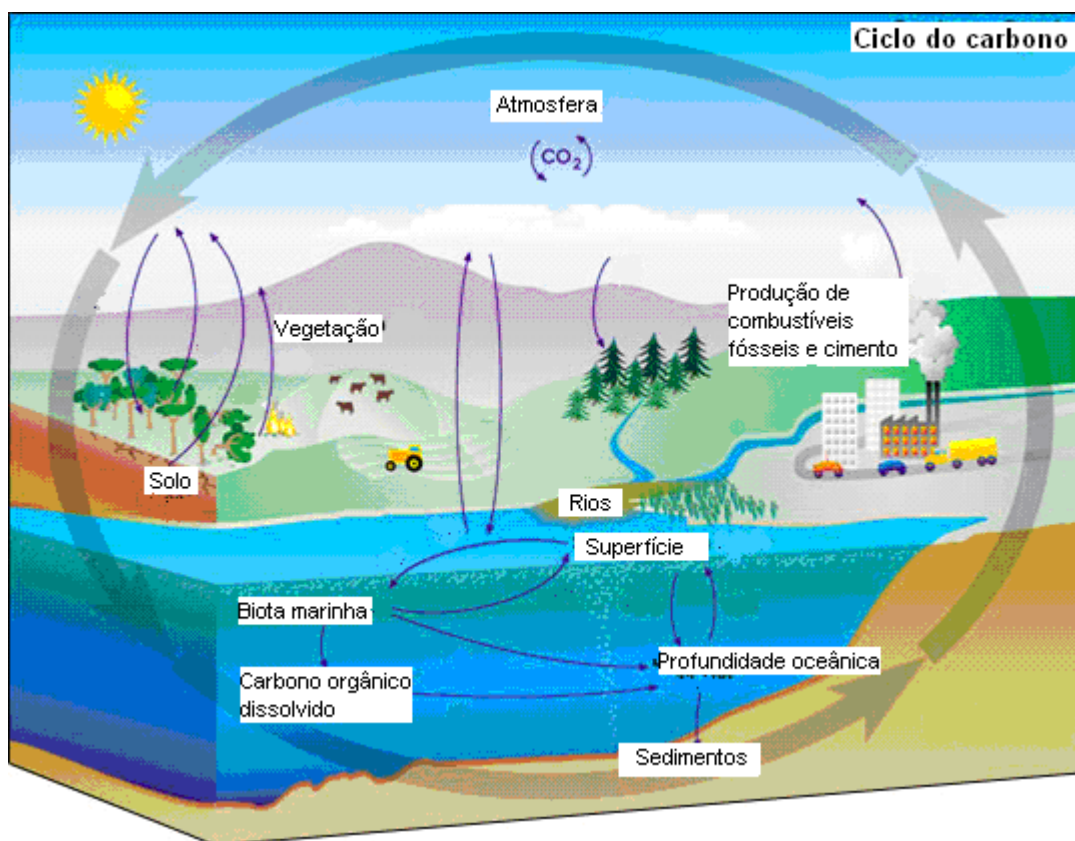


Figura 1: Fontes naturais e antrópicas envolvidas no ciclo biogeoquímico do carbono onte: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/55/Carbon\\_cyclecute\\_diagram.jpeg/400px-Carbon\\_cycle-cute\\_diagram.jpeg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/55/Carbon_cyclecute_diagram.jpeg/400px-Carbon_cycle-cute_diagram.jpeg) (adaptada)

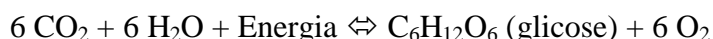
No ciclo biogeoquímico do carbono, o pool atmosférico é muito pequeno, comparado com o de carbono dos oceanos e dos combustíveis fósseis e de outros depósitos da crosta terrestre (ODUM, 1983). O carbono distribui-se na natureza da seguinte forma: 0,06% na atmosfera, oceanos, plantas e animais; e 99,94% nas rochas e sedimentos oceânicos. Em concentrações normais, longe de ser prejudicial, o  $\text{CO}_2$  atmosférico é fator primordial sob dois pontos de vista: metabolismo das plantas e equilíbrio climático global (RICKLEFS, 2003)

O ciclo natural do carbono, ou seja, aquele que não sofre interferências antrópicas, é um ciclo perfeito, uma vez que o carbono é devolvido ao meio à mesma taxa a que é sintetizado pelos produtores. Assim, o  $\text{CO}_2$ , liberado por todas as plantas, animais e outros organismos em seu processo vital de respiração celular, é totalmente reciclado em condições naturais (BRAGA et. al., 2005).

As fontes de carbono da atmosfera são bem conhecidas, como aquelas decorrentes das atividades humanas que queimam combustíveis fósseis e liberam bilhões de toneladas por ano para a atmosfera e aquelas naturais como o vulcanismo e o saldo das trocas da atmosfera com os biomas terrestres e com os oceanos. No entanto, o carbono estocado em combustíveis fósseis não é permutável naturalmente; o que ocorre apenas com a interferência humana (PACHECO, 1990).

Há três classes de processos naturais que fazem o carbono circular através dos ecossistemas aquáticos e terrestres, que estão relacionadas, respectivamente, com os principais reservatórios de carbono, conforme citados anteriormente: atmosfera, oceanos e biosfera (RICKLEFS, 2003). Tais processos consistem em:

- Reações de consumo e produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principalmente fotossíntese e respiração;



- Troca de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre atmosfera e oceanos;
- Sedimentação de carbonatos.

### **2.1.1 - Fotossíntese e Respiração – Reações de Consumo e de Produção de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

A fonte universal de energia da biosfera é o sol (KERBAUY, 2004). A radiação solar influi diretamente na vida do planeta, uma vez que é fonte de energia para a realização de todas as atividades básicas dos seres vivos (BRAGA et. al, 2005). Com exceção das bactérias quimioautotróficas, toda a vida em nosso planeta é direta ou indiretamente dependente da fotossíntese dos organismos clorofilados. Até mesmo as fontes de energia que movimentam as máquinas do nosso cotidiano, tais como o petróleo, o gás natural e o carvão mineral, são produtos da fotossíntese realizada por organismos que viveram milhões de anos atrás (KERBAUY, 2004).

A atividade fotossintética das plantas, das algas e de algumas bactérias promove a conversão e o armazenamento da energia solar, através dos cloroplastos, em moléculas orgânicas ricas em energia (carboidratos), a partir de moléculas inorgânicas simples, como o CO<sub>2</sub> e a H<sub>2</sub>O (KERBAUY, 2004). Durante este processo, o carbono ganha elétrons e é reduzido. Este ganho de elétrons é acompanhado por um ganho de energia

química. Somente esses organismos supracitados são capazes de transformar energia luminosa em energia química, aumentando assim a energia livre disponível para os seres vivos como um todo (KERBAUY, 2004). Tais organismos sintetizam compostos orgânicos de carbono, hidrogênio e oxigênio, como a glicose (BRAGA et. al., 2005).

Os vegetais terrestres constroem seus tecidos a partir do  $\text{CO}_2$  atmosférico captado pelas folhas, através dos estômatos (KERBAUY, 2004). O  $\text{CO}_2$  capturado pelo processo de fotossíntese já não se encontra livre para funcionar como um gás estufa, enquanto está armazenado na sua forma polimérica. O carbono que é aprisionado deste modo é denominado carbono fixado. Entretanto, a decomposição biológica desse material vegetal, que representa reversão total deste processo repõe o gás carbônico retirado. Sendo assim, este sumidouro de dióxido de carbono é apenas temporário (BAIRD, 2002).

Os vegetais liberam dióxido de carbono para a atmosfera em um processo chamado respiração. O grau de atividade vegetal depende notadamente da luminosidade, da temperatura, umidade e outras variáveis; as estações do ano caracterizam bem esta situação: a primavera e o verão, com climas mais quentes, são mais favoráveis à produção vegetal, ou seja, maior absorção de  $\text{CO}_2$ ; já no outono e inverno, com a morte de alguns vegetais e o ataque por bactérias, existe maior liberação de  $\text{CO}_2$  (PACHECO, 1990).

Na Figura 2, ambos os processos de fotossíntese e respiração são apresentados:

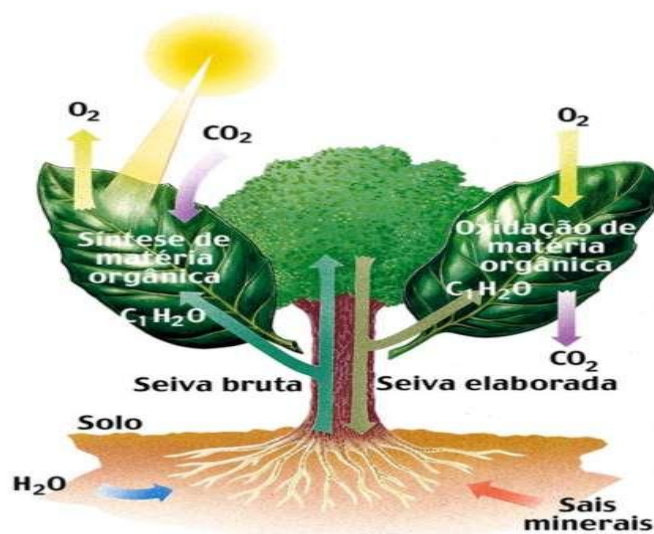


Figura 2: Fotossíntese e respiração

Fonte: <http://portalsaofrancisco.com.br/alfa/energia/imagens/fotossintese-e-energia.jpg>

No processo de respiração, uma quantidade de energia equivalente a que foi obtida durante o processo de fotossíntese, é liberada, o que resulta em uma perda de elétrons e em uma perda de energia química (RICKLEFS, 2003). Segundo Kerbaux (2004), os dois processos, fotossíntese e respiração, são complementares.

O processo respiratório ocorre em todas as células vivas, as quais possuem organelas especiais, as mitocôndrias, que funcionam como usinas de processamento e produção de compostos energéticos. Além de ser uma importante etapa na geração de energia, vários compostos intermediários da respiração podem ser desviados para vias de biossíntese, servindo de esqueletos carbônicos para polissacarídeos, ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas e compostos do metabolismo secundário (KERBAUY, 2004). Para Ricklefs (2003), a fotossíntese e a respiração são as grandes reações transformadoras de energia da vida. Segundo este autor, aproximadamente 85 bilhões de toneladas métricas de carbono entram nestas reações em todo o mundo a cada ano.

### **2.1.2 - Troca de Dióxido de Carbono entre Atmosfera e Oceano**

A troca oceano-atmosfera é um processo de reciclagem de carbono que envolve a troca física de  $\text{CO}_2$  entre a atmosfera e os oceanos, lagos e correntes d'água (RICKLEFS, 2003). A interação entre os reservatórios aquático e atmosférico ocorre por meio de uma reação química de difusão, cuja direção depende da maior ou menor concentração do gás (BRAGA et. al., 2005). De acordo com Ricklefs (2003) o  $\text{CO}_2$  se dissolve prontamente na água. O ácido carbônico resulta a partir desta dissolução e da decomposição da matéria orgânica na água. As águas naturais, mesmo as consideradas "puras", contêm quantidades significativas de dióxido de carbono dissolvido (sendo assim, consideradas levemente ácidas) e de seus ânions derivados, assim como cátions de cálcio (BAIRD, 2002). Esse  $\text{CO}_2$  combina-se com a água para produzir o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que, por sua vez, dissocia-se em um íon de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) e em um íon de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). O  $\text{HCO}_3^-$  dissocia-se em um íon carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ), mais um íon de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ). A reação é reversível e realiza-se no sentido da maior para a menor concentração (BRAGA et. al., 2005).

Segundo o Princípio de Le Châtelier, quando um sistema em equilíbrio é perturbado por uma variação na concentração dos componentes, o sistema deslocará sua posição de equilíbrio de tal forma a neutralizar o efeito do distúrbio (BROWN, 2005). Assim sendo, quando há aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, parte deste gás

é absorvida pelo oceano, ficando dissolvido na água (BRAGA et. al., 2005). Os oceanos contém cerca de 50 vezes mais CO<sub>2</sub> do que a atmosfera (RICKLEFS, 2003).

O oceano é um repositório importante para o CO<sub>2</sub> produzido pela queima de combustíveis fósseis. Conforme o conteúdo de CO<sub>2</sub> da atmosfera aumenta, a taxa de solução de CO<sub>2</sub> no oceano também aumenta, reduzindo assim a taxa de aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera. A troca ar-água conecta os ciclos de carbono dos ecossistemas terrestres e aquáticos (RICKLEFS, 2003). No entanto, a curto prazo, a capacidade das camadas superficiais dos oceanos absorver dióxido de carbono pode diminuir caso a água se aqueça de maneira relevante, dado que a solubilidade dos gases na água diminui com o aumento da temperatura. O aumento das temperaturas do ar também deve induzir a uma maior liberação de dióxido de carbono dos solos devido a um aumento na taxa de decomposição da matéria orgânica (BAIRD, 2002).

### **2.1.3 - Sedimentação de Carbonatos**

A terceira classe de processos de reciclagem de carbono ocorre somente em sistemas aquáticos. Ela envolve a dissolução de compostos carbonados na água e sua precipitação (deposição) como sedimentos, particularmente calcário. Numa escala global, a dissolução e a precipitação aproximadamente se equilibram entre si, embora certas condições que favoreçam a precipitação tenham levado à deposição de extensas camadas de sedimentos de carbonato de cálcio no passado. A dissolução e a deposição nos sistemas aquáticos ocorrem cerca de 100 vezes mais lentamente do que a assimilação e desassimilação por sistemas biológicos. Assim, a troca entre sedimentos e a coluna de água é relativamente menos importante para a reciclagem de curto prazo do carbono no ecossistema. Localmente, e por longos períodos, contudo, ela pode assumir uma importância muito maior; de fato, a maioria do carbono dos ecossistemas está aprisionada nas rochas sedimentares (RICKLEFS, 2003).

Para BAIRD (2002), o único sumidouro permanente para a deposição de carbono são as águas profundas dos oceanos e/ ou sua precipitação na forma de carbonato de cálcio insolúvel. Contudo, a camada superior de mares com centenas de metros de profundidade mistura-se lentamente com as camadas mais profundas; assim o dióxido de carbono recém-dissolvido em águas superficiais requer centenas de anos para penetrar nas profundezas oceânicas. Portanto, embora os oceanos vão dissolver



grande parte de CO<sub>2</sub> adicionado ao ar, a escala de tempo associada a este sumidouro permanente é muito longa.

As rochas calcáreas, que são constituídas em grande parte por carbonato de cálcio, são a fonte predominante de íon carbonato (BAIRD, 2002). O carbonato de cálcio tem baixa solubilidade sob a maioria das condições, e rapidamente se precipita da coluna de água para formar sedimentos. Esta sedimentação efetivamente remove carbono dos sistemas aquáticos, mas a taxa de remoção é menor do que 1% da reciclagem anual do carbono nestes ecossistemas, e essa quantidade é somada de volta pela entrada dos rios, que são naturalmente um tanto ácidos e tendem a dissolver os sedimentos calcários (carbonatos) (RICKLEFS, 2003).

A dissolução e a dissociação podem ser afetadas localmente pelas atividades dos organismos. No sistema marinho, sob condições de pH aproximadamente neutras, o carbonato e o bicarbonato estão em equilíbrio químico (RICKLEFS, 2003):



A assimilação de CO<sub>2</sub> via fotossíntese pelas algas e plantas aquáticas muda o equilíbrio para a esquerda, resultando na formação e precipitação de carbonato de cálcio. Muitas algas excretam este carbonato de cálcio para a água circundante, mas algas construtoras de recifes e algas coralinas o incorporam em suas estruturas corporais duras. No sistema como um todo, quando a fotossíntese excede a respiração (assim como faz durante alguns *blooms* algais), o cálcio tende a se precipitar para fora do sistema (RICKLEFS, 2003).

#### **2.1.4 - Interferência Antrópica no Ciclo Natural do Carbono**

O ciclo do carbono é muito vulnerável às perturbações antropogênicas, que, por sua vez, podem mudar a temperatura e o clima. Acredita-se que, até o início da idade industrial, os fluxos entre atmosfera, continentes e oceanos estavam equilibrados. (ODUM, 1983). No entanto, o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera pode prejudicar este equilíbrio (PACHECO, 1990).

De acordo com BRAGA (2005) nos processos de decaimento de plantas e animais que foram incorporados por processos geológicos na crosta terrestre, os organismos foram transformados em combustíveis fósseis e calcário, que ficam à

margem do ciclo principal. Os combustíveis fósseis são, portanto, energia solar armazenada na forma de moléculas orgânicas no interior da Terra.

A partir da Revolução Industrial, o homem passou a fazer uso da energia armazenada na forma de combustíveis fósseis e, no processo de queima, passou a devolver o CO<sub>2</sub> à atmosfera a uma taxa superior à capacidade assimiladora das plantas (pela fotossíntese) e dos oceanos (pela reação de difusão). Esse desequilíbrio do ciclo natural pode ter implicações na alteração do efeito estufa, com conseqüente aumento da temperatura global da Terra, pois, em geral, o CO<sub>2</sub> é capturado da atmosfera somente pelo processo de absorção por parte dos oceanos e biomassa (RICKLEFS, 2003).

Através deste consumo de combustíveis fósseis, o carbono armazenado é oxidado e liberado para a atmosfera em forma de CO<sub>2</sub>. Já na década de 1980, os combustíveis fósseis eram os responsáveis por cerca de 75% da energia primária mundial (PACHECO, 1990), na proporção de:

1. petróleo-32%
2. carvão-26%
3. gás - 17%

O restante da energia primária era obtida pela biomassa (14%), hidroeletricidade (6%) e fissão nuclear (5%).

Muito embora a vegetação fotossintética da Terra e o sistema de carbonatos do mar tendam a manter estável o teor de CO<sub>2</sub> atmosférico, o aumento acelerado do consumo de combustíveis fósseis, juntamente com a diminuição da capacidade das plantas verdes de retirarem o CO<sub>2</sub> da atmosfera, está começando a fugir do controle, de tal forma que o teor de CO<sub>2</sub> tem aumentado pouco a pouco (ODUM, 1983).

A pouco mais de uma década atrás, apenas teoricamente era possível afirmar que o planeta estava aquecendo em função de atividades humanas. O problema do aquecimento global, decorrente das emissões dos gases do efeito estufa provenientes das atividades humanas, passou a ser visto como uma grave ameaça ao sistema climático do planeta, a partir da década de 90, tornando-se particularmente preocupante após a divulgação do 2º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC – em 1995, que demonstrou à luz de evidências científicas que o aumento da temperatura do planeta, na velocidade e intensidade observadas desde a Revolução Industrial, é compatível com os longos períodos de tempo que regem tanto o acúmulo

desses gases na atmosfera como a resposta do sistema climático, em termos da adaptação natural dos ecossistemas a esses acúmulos (REIS, 2002).

A partir de então, as questões relativas a mudanças climáticas, aquecimento global e efeito estufa passaram a ocupar um lugar de destaque no rol das ameaças ambientais que mais colocam em risco a integridade do planeta. Desde então, a cada ano, evidências científicas cada vez mais fortes indicam que são as atividades humanas, decorrentes do modelo de produção em vigor, um dos fatores mais decisivos para o agravamento dessas ameaças (NISHI, 2003).

## 2.2 – Atmosfera

O compartimento atmosférico, em função de sua importância na intermediação na troca de carbono entre os demais compartimentos participantes deste ciclo (oceano e biosfera), será descrito em relação à sua composição, suas regiões, além de serem citadas as formas de poluição ocasionadas pela interferência antrópica na mesma.

### 2.2.1 - Composição da Atmosfera

A atmosfera é o envoltório gasoso que circunda a Terra (MATTOS, 2001). Este envoltório terrestre é composto por aproximadamente 78% de nitrogênio ( $N_2$ ), 21% de oxigênio ( $O_2$ ), 1% de argônio (Ar) e, atualmente, 0,04% de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), dentre outros gases (BAIRD, 2002), com uma quantidade variável de vapor d'água (0 a 2%), que é o grande responsável pelo efeito estufa natural (MATTOS, 2001). A Tabela 1 mostra a composição média do ar atmosférico seco:

Tabela 1: Composição média do ar atmosférico seco

Componente	Teor	
Nome	Fórmula	%
Nitrogênio	$N_2$	78
Oxigênio	$O_2$	21
Argônio	Ar	0,85

Tabela 1: Composição média do ar atmosférico seco

Componente		Teor
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0,03
Outros		0,1

Fonte: MANO et. al, 2005.

A atmosfera é um dos componentes do sistema climático mais sensíveis a modificações térmicas, respondendo rapidamente às alterações externas, tal como o aquecimento ao longo do dia e o resfriamento na parte da noite sofridos pelo sistema (IPCC, 2009).

De acordo com o IPCC (2009), diversos processos são considerados importantes para determinar o comportamento da região atmosférica do sistema climático. Tais processos referem-se às transferências de calor; quantidade de movimento e umidade na superfície da Terra, características da superfície (tipos de albedo) que determinam a relação entre a radiação solar incidente e a refletida, liberação de calor na condensação de vapor d'água, reflexão da radiação solar por parte das nuvens, o resfriamento e aquecimento radiativo da atmosfera devido ao CO<sub>2</sub>, o vapor d'água, o ozônio e outros gases de efeito estufa, e os aerossóis, os parâmetros orbitais, as cordilheiras e a distribuição terra-mar.

### 2.2.2 – Regiões da Atmosfera

A atmosfera é composta por quatro camadas superpostas, que se distinguem pela pressão, temperatura, composição química, dentre outras características. Tais camadas são: Troposfera, Estratosfera, Mesosfera e Termosfera, separadas respectivamente pela tropopausa, estratopausa e mesopausa (Figura 3), sendo o limite da última camada denominado termopausa. A partir desta, se estende a exosfera, que gradativamente se expande, integrando-se ao espaço sideral (MANO et. al, 2005).

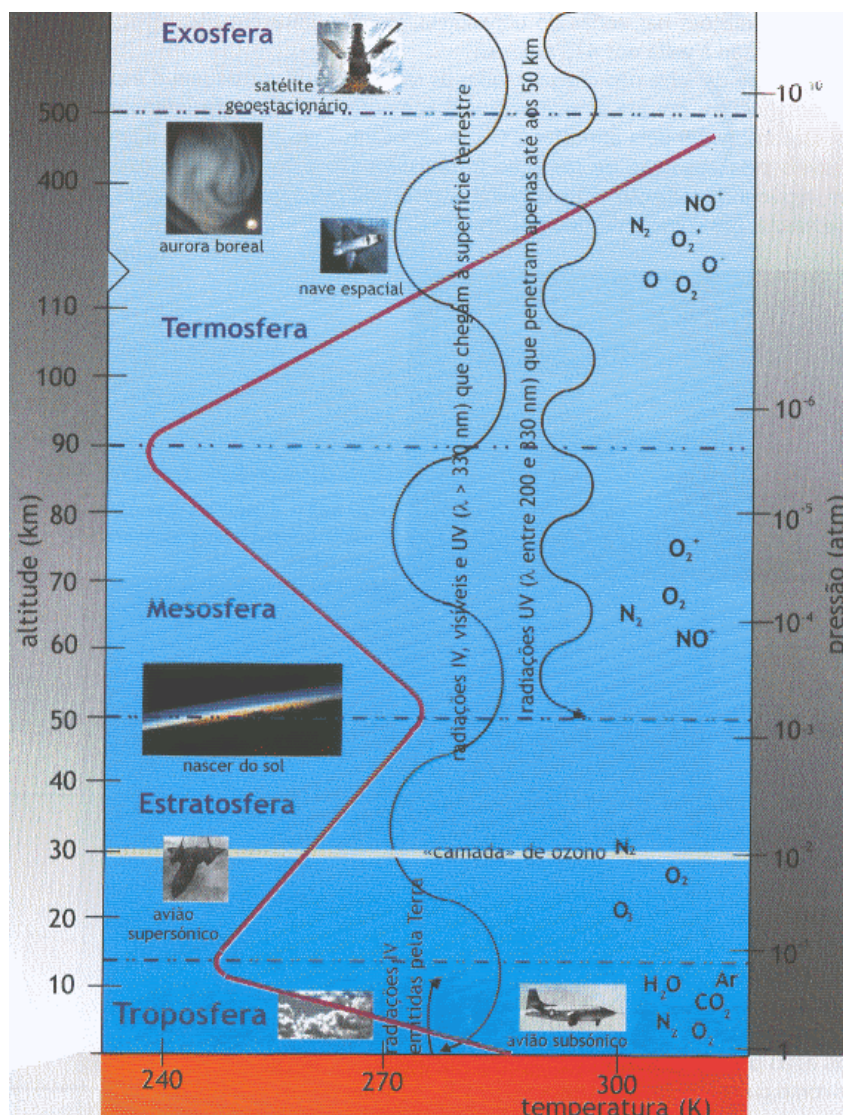


Figura 3: Camadas da Atmosfera

Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/>, acesso em julho de 2009.

### 2.2.2.1 – Troposfera

A Troposfera é a camada que fica em contato com a superfície terrestre (MANO et. al., 2005). Do ponto de vista climático essa camada possui importância fundamental, pois ela é responsável pela ocorrência das condições climáticas na Terra. É onde vivemos, e vivenciamos o clima e as condições meteorológicas (BAIRD, 2002). Esta camada possui espessura variável: cerca de 8 km nos pólos e 20 km no nível do Equador. Uma das características da troposfera é a diminuição da temperatura com o aumento da altitude até que em determinada altitude a temperatura passa a ser constante caracterizando a chamada tropopausa. A temperatura da troposfera varia na zona tropical, em valores médios, de 20° C na superfície terrestre a -55° C na parte mais

elevada. Os valores também são muito variáveis conforme a latitude: por exemplo, para altitudes equivalentes, é sempre mais quente ao nível do Equador do que ao nível das calotas polares (MANO et. al, 2005).

Um terço da troposfera, que forma a camada mais baixa (e que contém a metade de todos os gases da atmosfera), é a única parte respirável de toda a atmosfera. Nesta região, ocorre intensa movimentação dos componentes gasosos. Nela, o ar é vigorosamente misturado durante grande parte do tempo, e a maior parte das nuvens e dos aerossóis se encontram nessa região. É a única camada atmosférica que tem contato direto com os seres vivos, proporcionando o elemento básico para a sobrevivência dos organismos que utilizam oxigênio livre em sua respiração, além de ser fonte de nitrogênio e umidade, indispensáveis a todos os seres vivos (LIMA, 2009).

#### **2.2.2.2 - Estratosfera**

É a parte da atmosfera que corresponde a aproximadamente dos 15 até 50 km de altitude, encontrada acima da Troposfera. A temperatura da estratosfera tende a apresentar inversões; na camada inferior, a temperatura aumenta de acordo com o aumento da altitude. Na camada superior, a temperatura diminui à medida que a altura aumenta (BAIRD, 2002). A estratosfera apresenta camadas distintas pelo fato de não ser perturbada pelo ar quente ascendente, e ventos violentos que através dela circulam (LIMA, 2009).

Na estratosfera, o ar é rarefeito (MANO et. al., 2005). Em sua metade inferior é encontrada a camada de ozônio (ozonoesfera). Diferentemente do ozônio troposférico, prejudicial à saúde, o ozônio estratosférico possui um papel imprescindível para a humanidade e demais seres vivos. O ozônio é um gás cujas moléculas contêm três átomos de oxigênio ( $O_3$ ), ao invés da forma encontrada mais facilmente, a molécula diatômica ( $O_2$ ), utilizada no processo de respiração. O ozônio localizado na estratosfera entre as altitudes de 12 a 25 quilômetros exerce um papel importante na manutenção do equilíbrio na Terra, através da absorção da radiação ultravioleta (UV), com comprimentos de onda entre 240 a 320 nm (nanômetros), que são prejudiciais aos seres humanos e ao meio ambiente. Sem essa camada protetora de ozônio, os principais problemas que surgiriam seriam: eritema (queimadura solar) e câncer de pele, queratoconjuntivite (inflamação fotoquímica provocada pelos raios UV), catarata, fragilização

do sistema imunológico, redução das colheitas, degradação do ecossistema dos oceanos e redução da pesca (MATTOS, 2001).

A deterioração da camada de ozônio ocorre pela reação deste gás com CFC's (Clorofluorcarbonos), produzidos e utilizados pelo homem como gás refrigerante, agente produtor de espuma e propelente. Os CFC's alcançam a Estratosfera pelo fato de não serem destruídos na Troposfera através de reações com agentes oxidantes. Além dos CFC's, outras substâncias como o brometo de metila (gás utilizado para a fumigação de solos para eliminação de fungos, bactérias e agentes patogênicos), e halons (agentes de extintores de incêndio que possuem cloro e bromo na sua composição) também destroem o ozônio. Em 1987, quando da assinatura do Protocolo Montreal, 46 países se comprometeram a reduzir a produção e consumo CFC's em 50% até o ano de 2000 e terminar a produção e uso de halons até 1992. No ano de 1990 os países signatários do protocolo se comprometeram a banir completamente os CFC's até o ano 2000 e foi estabelecido um Fundo Multilateral para a Implementação do Protocolo de Montreal, que tinha como finalidade ajudar técnica e financeiramente os países em desenvolvimento. Em 1992 foi decidido que os países desenvolvidos iriam banir os HCFC's (substâncias que foram utilizadas para substituir os CFC's e são menos reativas ao ozônio) até 2030, o brometo de metila até 1995 e o banimento completo dos CFC's seria antecipado para 1996. Em 1994 foi banido o uso dos halons nos países desenvolvidos. Em 1997 os países industrializados acordaram em produzir ou utilizar o brometo de metila, até 2005. Os países em desenvolvimento vão realizar o mesmo até 2015. (MATTOS, 2001).

Calcula-se que sem o Protocolo de Montreal, em 2050 a destruição da camada de ozônio teria aumentado em pelo menos 50% no hemisfério norte e 70% no hemisfério sul, aproximadamente 10 vezes pior que os níveis atuais. Essa destruição teria como resultado o dobro da emissão de radiação UV na superfície terrestre no hemisfério norte e quatro vezes mais radiação no sul. Calcula-se que ocorreriam 19 milhões de casos de câncer não-melanoma, 1,5 milhão de casos de câncer melanoma e 130 milhões a mais de casos de catarata decorrentes do aumento da radiação sobre a população mundial (MATTOS, 2001).

### **2.2.2.3 – Mesosfera**

A terceira camada da atmosfera terrestre é denominada mesosfera, e vai de aproximadamente 70 km a 100 km de altitude. A temperatura cai de 0°C a -75°C, em razão da redução sensível da absorção radioativa da estratosfera (MANO et. al, 2005). Consiste na parte mais fria de toda a atmosfera. Nesta camada, a energia da luz solar não filtrada decompõe as moléculas do ar: o CO<sub>2</sub> divide-se em átomos de oxigênio e em monóxido de carbono; a água em átomos de hidrogênio e em radicais de hidroxilas; a moléculas de oxigênio em átomos de oxigênio (LIMA, 2009).

### **2.2.2.4 - Termosfera**

A termosfera é a última camada da atmosfera; atinge mais de 500 km de espessura. Tem início a aproximadamente 100 km e vai até 700 km de altitude. Entre 100 e 300 km encontra-se a ionosfera, com ar muito rarefeito. Dentro dessa subcamada, estão as faixas ionizadas, que refletem as ondas hertzianas<sup>1</sup>, utilizadas em comunicações de rádio e televisão. A temperatura começa próximo a -70°C e sobe vertiginosamente com a altitude, atingindo 1.500°C. A pressão criada pela ação da gravidade sobre os gases que rodeiam a Terra é a pressão atmosférica, que varia com a altitude e a temperatura. Além da atmosfera, acima de 700 km, existe a exosfera, com espessura estimada em 300 km, camada que precede o espaço sideral (MANO, 2005).

### **2.2.2.5 – Gases Traço na Atmosfera**

Regularmente, a atmosfera recebe vários gases de fontes naturais. Tais fontes podem ser biológicas ou vulcânicas. Alguns destes gases encontram-se parcialmente oxidados, como o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), e vários gases que são compostos de hidrogênio simples, cujos átomos se encontram em uma forma altamente reduzida (BAIRD, 2002). Alguns destes gases podem ser encontrados na Tabela 2, a seguir:

---

<sup>1</sup> Relativo à região de frequência das ondas eletromagnéticas de rádio e televisão.



Tabela 2: Gases emitidos para a atmosfera a partir de fontes naturais

Gases	Fonte natural
CH <sub>4</sub> (metano)	Decomposição biológica anaeróbia
NH <sub>3</sub> (amônia)	Decomposição biológica anaeróbia
H <sub>2</sub> S (sulfeto de hidrogênio)	Decomposição biológica anaeróbia
HCl (ácido clorídrico)	Decomposição biológica anaeróbia, vulcões
CH <sub>3</sub> Cl (cloreto de metila)	Oceanos
CH <sub>3</sub> Br (brometo de metila)	Oceanos
CH <sub>3</sub> I (iodeto de metila)	Oceanos
CO (monóxido de carbono)	CH <sub>4</sub> atmosférico, incêndios
SO <sub>2</sub> (dióxido de enxofre)	Vulcões
NO- (óxido nítrico)	Relâmpagos

Fonte: BAIRD, 2002.

### 2.2.3 – Poluição Atmosférica

A poluição do ar pode ter suas causas baseadas em fenômenos naturais, como tempestade de areia, atividade vulcânica, que libera cinzas e gases tóxicos na atmosfera, a fumaça resultante de incêndios em florestas, dentre outras. No entanto, em centros urbanos, as causas da poluição atmosférica são diferentes. Baseiam-se em escapamentos de carros, chaminés de fábricas, transporte e estocagem de solventes e combustíveis entre outros. Em suma, os poluentes atmosféricos podem ser emitidos para atmosfera por diferentes tipos de fontes de emissão (MATTOS, 2001):

- Fontes estacionárias: chaminés de fábricas, queima de óleo cru em indústrias, incineradores domésticos;
- Fontes móveis: meios de transporte, como caminhões, ônibus e automóveis;
- Fontes fugitivas: refino de óleo e gás, perdas na distribuição de gás natural.

De acordo com MATTOS (2001), poluição atmosférica pode ser definida como a emissão de gases, sólidos finamente divididos ou aerossóis líquidos finamente divididos em quantidades superiores à capacidade atmosférica de dissipação ou disposição através de incorporação em camadas sólidas e líquidas da biosfera,

resultando em danos aos seres humanos, a outros animais, vegetais ou materiais. Segundo a RESOLUÇÃO CONAMA 03/ 1990, poluente atmosférico deve ser definido conforme segue:

“qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, fauna e flora; prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade” (BRASIL, 1990).

Até poucas décadas atrás, a poluição do ar recebia pouca preocupação por parte da sociedade, sendo tratada como um tema pouco importante. Havia, inclusive, uma correlação entre progresso e poluição, sendo as chaminés os símbolos mais expressivos para caracterizar o progresso de uma região ou país. Para o ar “puro”, eram atribuídas conotações estéticas, com associações bucólicas. Por muito tempo acreditou-se que o aumento da altura das chaminés, favorecendo a dispersão da pluma, seria o suficiente para eliminar o problema da contaminação do ar. Acreditava-se que a atmosfera seria grande o suficiente para absorver e diluir toda a carga de poluentes que nela eram lançados. (VALLE, 2005).

Entretanto, o crescimento das taxas de poluição e a incidência de graves acidentes acabaram por causar doenças respiratórias devido às condições extremas de contaminação. O mais “famoso” episódio de poluição atmosférica aconteceu em Londres (Inglaterra), em 1952. Nesta ocasião, um conjunto de condições meteorológicas desfavoráveis contribuiu para o aumento da concentração de material particulado e de dióxido de enxofre onde as concentrações atingiram  $4,5 \text{ mg.m}^{-3}$  e 1,3 ppm respectivamente. A visibilidade era de apenas 22 jardas e a consequência deste conjunto de fatores desfavoráveis foi a morte de aproximadamente 4 mil pessoas. Este, assim como outros acidentes, acabaram por contribuir para o surgimento de uma preocupação voltada à poluição do ar e de um controle mais rigoroso referente ao lançamento de poluentes na atmosfera (VALLE, 2005, SEINFELD, 2006). Após este acidente e as medidas de prevenção na emissão dos poluentes, o mesmo conjunto de fatores meteorológicos desfavoráveis de 1952 se repetiu em 1956 e 1962. Mas como consequência das medidas tomadas para a redução e o controle das emissões atmosféricas o número de mortes foi bastante inferior quando comparado com 1952.

Dentre os poluentes do ar, podemos defini-los como poluentes primários e poluentes secundários. Os poluentes primários são aqueles lançados diretamente na

atmosfera por diferentes fontes, tais como: transportes, combustão e processos industriais, dentre fontes não naturais. Como exemplos de alguns poluentes primários estão NO<sub>x</sub>, hidrocarbonetos (dentre outros compostos orgânicos voláteis), material particulado, SO<sub>2</sub>, CO. A reação entre poluentes primários e os componentes da atmosfera resulta em diferentes compostos, tais como O<sub>3</sub> e HNO<sub>3</sub>, que são denominados poluentes secundários (BAIRD, 2002).

As condições climático-topográficas de uma região são muito importantes para facilitar ou dificultar a dispersão dos poluentes, aumentando ou diminuindo a sua concentração na atmosfera local. Em regiões de clima frio, as principais fontes de poluentes atmosféricos referem-se à calefação e incineradores domésticos. Já nos locais de clima tropical, as principais emissões referem-se aos lançamentos de fontes móveis. (MATTOS, 2001)

Para Valle (2005), as condições meteorológicas e a topografia exercem grande influência sobre a intensidade e as características da contaminação do ar. Velocidade e direção dos ventos, índices pluviométricos, variações de pressão e outros fatores podem contribuir para reduzir ou aumentar os efeitos da presença de contaminantes no ar em uma dada região.

A poluição atmosférica provoca problemas de saúde em grande número de pessoas e causa prejuízo econômico ao mercado de trabalho. Entretanto, não faz parte das estatísticas o motivo pelo qual poucas vezes consegue se estabelecer o nexo entre causa (a poluição atmosférica) e o efeito (danos à saúde). As pessoas mais frágeis, como crianças, idosos e doentes com problemas pulmonares e cardíacos, que podem morrer em consequência de doenças agravadas pela poluição, em geral, são as mais atingidas por este problema (MATTOS, 2001).

### **2.3 – O Efeito Estufa**

De toda energia recebida do Sol pelas camadas superiores da atmosfera, cerca de pouco mais que a metade é composta por radiação infravermelha (com comprimento de onda entre 0,8 a 3 μm), sendo o restante composto por luz visível. Da luz incidente total envolvendo todos os comprimentos de onda que chegam até a Terra, cerca de 50% alcança a superfície, onde é absorvida. Outros 20% da luz incidente são absorvidos por gases – a radiação ultravioleta pelo ozônio estratosférico e oxigênio diatômico, e a radiação infravermelha pelo vapor d'água e gases estufa naturalmente presentes na

troposfera; os 30% restantes são refletidos de volta para o espaço pelas nuvens, pelo gelo, pela neve, pela areia e por outros corpos refletores, sem que ocorra qualquer absorção (BAIRD, 2002).

Entretanto, alguns gases, denominados gases do efeito estufa (GEE's) presentes no ar podem absorver temporariamente a luz infravermelha térmica de comprimentos de onda específicos, sendo assim, nem toda radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e pela atmosfera escapa diretamente para o espaço. Logo após sua absorção por moléculas presentes no ar, como o CO<sub>2</sub>, a luz infravermelha é reemitida em todas as direções, de modo completamente aleatório. Deste modo, uma parte da radiação infravermelha térmica é direcionada de volta em direção à superfície, sendo reabsorvida, e conseqüentemente, provocando o aquecimento adicional tanto da superfície quanto do ar (BAIRD, 2002).

O fenômeno citado anteriormente, o efeito estufa, pode também ser definido como uma propriedade da atmosfera que permite a passagem das ondas curtas, provenientes do Sol, mas que aprisiona boa parte das ondas longas, emitidas pela superfície e pela atmosfera; graças a ele, a temperatura média global do ar, próxima à superfície, é de cerca de 15°C. Caso não existisse, ela seria de -18°C, ou seja, o efeito estufa é responsável por um aumento de 33°C (NISHI, 2003). Na realidade, o fato do planeta não estar totalmente coberto por uma espessa camada de gelo deve-se à atividade natural do efeito estufa. A atmosfera funciona do mesmo modo que um cobertor, que retém na região em sua proximidade, uma parte do calor liberado por um corpo, aumentando assim a temperatura local. (BAIRD, 2002). Portanto, este efeito é benéfico para o planeta, pois gera condições que permitem a existência da vida, como se a conhece (NISHI, 2003).

No entanto, as ações decorrentes das atividades econômicas e industriais têm provocado alterações na biosfera (NISHI, 2003). Desde o advento da Revolução Industrial, o crescimento e a intensificação das atividades humanas, em particular aquelas relacionadas com a produção e consumo de combustíveis fósseis vem aumentando a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (REIS, 2002).

### **2.3.1 – Os Gases do Efeito Estufa**

De acordo com o PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC, 2009), os gases causadores do efeito estufa são: dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e outros de origem industrial como hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), hidrofluorcarbono (HFC) e perfluorcarbono (PFC). Pelo fato de estes gases apresentarem um potencial de aquecimento global diferenciado, os mesmos podem ser considerados em “equivalentes de CO<sub>2</sub>”, conforme mostrado na Tabela 3:

Tabela 3 – Gases do efeito estufa e respectivo potencial de aquecimento global equivalente em CO<sub>2</sub>.

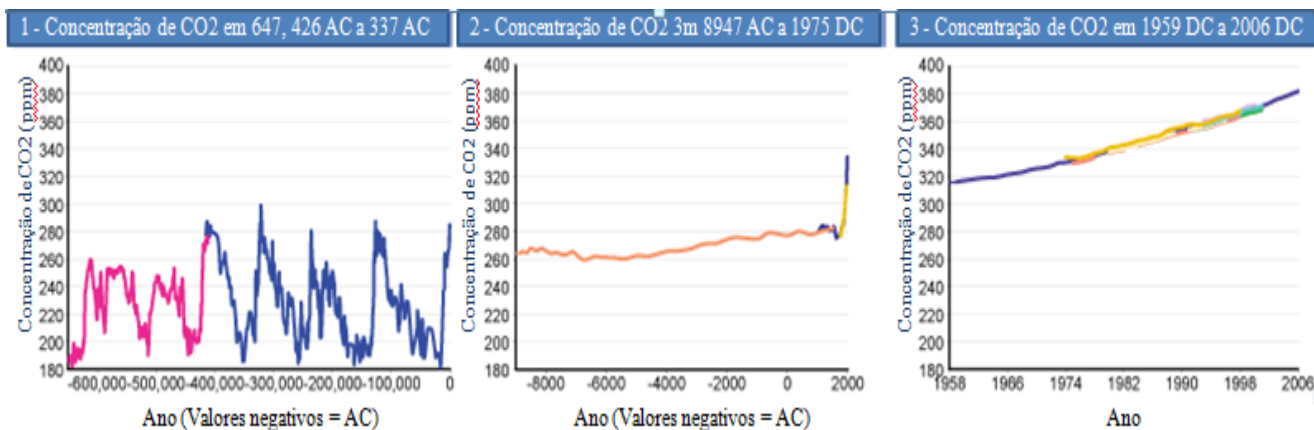
Gases	Equivalência em CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
SF <sub>6</sub>	23900
HFC	140 a 11700
PFC	6500 a 9200

Fonte: IPCC, 2009. Adaptado.

O CO<sub>2</sub> é um gás do efeito estufa que ocorre naturalmente na atmosfera, assim como o N<sub>2</sub>O e o CH<sub>4</sub>. Os outros gases relacionados a este efeito (SF<sub>6</sub>, HFC, PFC) são lançados somente através de processos industriais (EPA, 2009).

O dióxido de carbono é considerado o gás estufa dominante nas tendências de aumento de concentração durante o século XXI. Esta afirmação está apoiada no fato de este gás representar, em quantidade, mais da metade dos GEE's existentes na atmosfera além do tempo de sua permanência na atmosfera ser de, no mínimo, 10 décadas (NISHI, 2003).

Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono sofreram um aumento de aproximadamente 280 ppm na era pré-industrial para 382 ppm em 2006, o que representa um aumento de 36%. Quase todo esse aumento ocorreu graças às atividades humanas. A atual taxa de aumento nas concentrações de dióxido de carbono é de 1,9 ppmv/ ano. A presente concentração de dióxido de carbono é a maior em relação aos últimos 650.000 anos (IPCC, 2009). A figura 4 mostra as concentrações dos últimos 420.000 anos até o presente.



**Figura 4:** Concentração atmosférica de dióxido de carbono em eras geológicas e últimos anos.

**Fonte:** <http://www.epa.gov/climatechange/science/recentac.html>, 2009.

De acordo com a EPA (2009), a maior fonte global de emissões de dióxido de carbono é a utilização carvão, óleo e gás em grandes estabelecimentos, automóveis, produtos industriais, dentre outras fontes. É importante salientar que o número de produtos e processos produtivos especializados, como a produção mineral e o uso de produtos fabricados a partir do petróleo pode também contribuir para as emissões de dióxido de carbono.

Quando combustíveis fósseis são queimados para produção de energia, o carbono estocado nos mesmos é emitido praticamente em sua totalidade na forma de dióxido de carbono (EPA, 2009). Mesmo assim, atualmente, ainda prevalece uma forte estrutura de produção da energia baseada em combustíveis fósseis (REIS, 2002).

Outro gás intensificador do efeito estufa, o CH<sub>4</sub>, pode ser lançado na atmosfera através de diversas atividades, tais como fermentação entérica do gado, tratamento de efluentes líquidos, cultivos de arroz, gerenciamento de estrume do gado, aterros sanitários, queima de biomassa, mineração de carvão. Perdas de metano também podem ocorrer durante a produção, processamento, armazenamento, transporte e distribuição do gás natural. Em função deste gás ser normalmente encontrado junto ao petróleo, a produção, refino, transporte e estocagem do óleo cru é também uma fonte de emissões de metano (EPA, 2009).

O N<sub>2</sub>O, gás estufa 310 vezes mais agressivo do que o CO<sub>2</sub> pode ser lançado na atmosfera através do uso de fertilizantes orgânicos e químicos, queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa, produção de ácido nítrico, além da disposição de resíduos em aterros e lixões. (MATOS, 2001).

Já os gases com alto poder de aquecimento global, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, podem ser lançados à atmosfera pelas respectivas atividades industriais: utilização como líquido para refrigeração (HFC), produção de alumínio (PFC), isolamento elétrico em atividades de transmissão e distribuição de energia (SF<sub>6</sub>) (EPA, 2009).

### **2.3.2 – Consequências do Efeito Estufa Intensificado e do Aquecimento Global**

O fenômeno que preocupa os cientistas ambientais é que o aumento da concentração de gases traço no ar, que absorvem luz infravermelha térmica, resultaria no redirecionamento de uma maior quantidade de energia infravermelha refletida, o que poderia aumentar a temperatura média da superfície além da média. Esse fenômeno é denominado efeito estufa intensificado, para distinguir daquele que vem atuando naturalmente durante milênios (BAIRD, 2002).

De acordo com BAIRD (2002), se os modelos atuais da atmosfera estão corretos, um aquecimento global significativo ocorrerá nas próximas décadas. Assim, é importante que se compreenda os fatores que controlam o aumento global das temperaturas, de modo que se possa tomar medidas imediatas para evitar uma catástrofe causada por rápidas mudanças no futuro.

O padrão atual das emissões de gases de efeito estufa, tanto nos países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento, pode comprometer o ritmo da atividade econômica mundial na medida em que alterações no sistema climático, que serão percebidas num horizonte de tempo bem distante, poderão causar grandes impactos sobre a economia, em decorrência da adaptação do meio ambiente, diante do aquecimento do clima (MENDONÇA E GUTIEREZ, 2000).

De acordo com Odum (1983), se a concentração de dióxido de carbono chegar ao dobro do nível pré-industrial, é provável que ocorra um aquecimento do clima global, com aumento médio na temperatura de 1,5° C a 4,5° C, derretimento das calotas polares, mudanças nos padrões de precipitação e aumentos do nível médio do mar.

De acordo com Pacheco (1990), caso mudanças climáticas ocorram decorrentes do aumento de dióxido de carbono na atmosfera, ecossistemas terrestres serão afetados. Efeitos serão sentidos na distribuição e composição da fauna e flora dos ecossistemas, decorrentes de inúmeras variáveis que mantêm o atual equilíbrio biológico. Haverá mudanças na temperatura e conseqüentemente no regime das chuvas, no escoamento

das águas, na vazão dos rios, na umidade dos solos, na evapotranspiração, enfim, nas variáveis que participam das relações fundamentais da natureza.

Algumas constatações e previsões já são feitas em relação à modificação climática em função do aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico dentre outros gases do efeito estufa, tais como:

Próximo ao ano de 2035, a temperatura média do ar global será um 1° C mais alta do que em 1990. Em 2100, o aumento será de 2° C (BAIRD, 2002);

- Há previsões e constatações de derretimento de geleiras. As geleiras do Himalaia, no Planalto do Tibet, são as mais atingidas pelo aquecimento global. A cordilheira do Himalaia fornece mais da metade da água potável para 40 % da população mundial, por meio de sete sistemas fluviais asiáticos, todos com origem neste planalto (Rio Indo, Ganges, Brahmaputra, Salween, Yantsé, Mekong e Amarelo). Nos próximos 50 anos, esses 40% da população mundial devem enfrentar uma grave falta de água potável (GORE, 2005);
- Há previsão de aumento na quantidade total de chuvas globais, dado que mais água evaporará quando as temperaturas superficiais se elevarem (BAIRD, 2002); O aquecimento das águas aumenta o conteúdo das tempestades, e o aquecimento do ar retém mais umidade. Quando as condições favoráveis deflagram uma tempestade, uma maior parte desta precipita sob a forma de grandes chuvas e nevascas que desabam de uma só vez. Como resultado, o número de inundações vem aumentando década a década, em todos os continentes. Em 2005, enquanto os Estados Unidos terminavam uma série sem precedentes de furacões, a Europa sofria desastrosas inundações. Em Julho deste mesmo ano, Mumbai, na Índia, foi castigada por 93 cm de chuva em 24 horas. O nível das águas chegou a 2,10 m. O número de vítimas no Oeste da Índia chegou a 1000. Recentemente, ocorreram também na China, inundações imensas nas províncias de Sichuan e Shandong. (GORE, 2005)
- É previsto que a maior parte das áreas que sofrem secas se tornará ainda mais seca (BAIRD, 2002); Paradoxalmente, na China, enquanto ocorriam inundações nas províncias citadas anteriormente, a província de Anhui sofria uma imensa seca. Um dos motivos para este paradoxo é que, ao mesmo tempo em que provoca mais evaporação dos oceanos, elevando o nível de umidade na atmosfera, o aquecimento também suga mais umidade dos solos, o que contribui para a desertificação, que vem aumentando no mundo todo, década após década. (GORE, 2005)
- Calcula-se um aumento no nível do mar de aproximadamente meio metro perto de 2100 – além dos 10 a 25 centímetros já registrados nos últimos 100 anos – um efeito atribuído principalmente à expansão térmica da água do mar e à fusão de geleiras, (BAIRD, 2002);
- Recifes saudáveis e multicoloridos são transformados em esqueletos brancos ou cinzentos. Ocorre quando as zooxantelas – minúsculos organismos que vivem na membrana transparente externa do coral – sofrem a pressão do calor e de outros fatores, e são expelidos. Quando eles escapam, o revestimento fino e transparente dos corais – não mais preenchidos pelas zooxantelas de cores vivas, revelam o esqueleto incolor de



carbonato de cálcio que há por baixo. Essa aparência descorada em geral anuncia a morte iminente do coral. Em 2005, houve uma perda de recifes de coral em grande escala, incluindo alguns que eram saudáveis e abundantes tais quando Colombo chegou ao Caribe. Os corais, assim como muitas outras formas de vida marinha, estão ameaçados pelo aumento sem precedentes das emissões de dióxido de carbono no mundo todo, não só porque estes gases acumulam na atmosfera do planeta e aumentam a temperatura dos oceanos, mas também pelo fato de que até um terço de todas essas emissões acabam absorvidas pelos oceanos, aumentando a acidez das águas marinhas. O ácido carbônico resultante de todo esse dióxido de carbono modifica o pH das águas marinhas, e altera a proporção entre os íons de carbonato e bicarbonato. Isso, por sua vez, afeta os níveis de saturação de carbonato de cálcio como material básico para construir suas estruturas rígidas, como conchas e recifes para sua sobrevivência (GORE, 2005);

- A saúde dos animais também pode ser afetada, além de haver riscos de extinção de determinadas espécies devido às transformações em seu habitat. (BAIRD, 2002);
- Enquanto os oceanos ficam mais quentes, as tempestades ficam mais fortes. Novos estudos científicos confirmam que a água mais aquecida na camada superior do oceano gera mais energia de convecção, alimentando furacões mais poderosos. Em 2004, foi preciso reescrever os livros de ciência. Eles diziam: “É impossível haver furacões no Atlântico Sul”. Mas neste mesmo ano, pela primeira vez, um furacão atingiu o Brasil. Além disso, em 2005, houve uma quebra de recorde no número de furacões ocorridos na América do Norte. Alguns deles: Arlene, Bret, Cindy, Dennis, Emily, Franklin, Gert, Harvey, Irene, Jose, Katrina, Lee, Maria, Nate, Ophelia, Philipe, Stan, Tammy, Vince, Alpha, Beta, Delta, Epsilon, Gamma, Zeta. (GORE, 2005)

Em função de tais relatos e previsões, diversas discussões a respeito da intensificação do efeito estufa, aquecimento global, mudanças climáticas e suas conseqüências passaram a fazer parte de debates internacionais gerando medidas institucionais nas últimas décadas, conforme veremos no tópico a seguir.

## **2.4 – Aspectos Legais e Institucionais**

### **2.4.1 – Histórico – Medidas Institucionais Sobre Mudanças Climáticas e Protocolo de Quioto**

As discussões sobre o clima na Terra tiveram seu início no século XIX, em 1873, quando da criação da Organização Internacional de Meteorologia (OIM ou WMO). Em 1950, com a intenção de discutir questões referentes ao clima, a WMO já contava com 187 Estados membros, o que levou à criação da OMM (Organização Meteorológica Mundial) (DAMASCENO E NETO, 2007).

Em 1972, aconteceu a primeira Conferência Mundial sobre o meio ambiente, na Suécia: a Conferência de Estocolmo. Como resultado de tal conferência, houve a criação do PNUMA (Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente). Através da Declaração de Estocolmo, passou a ser reconhecido como um direito fundamental dos indivíduos, tanto para as gerações presentes quanto para as futuras, um meio ambiente equilibrado e sadio (NETO, 2007).

Em 1979, ocorreu a Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, momento durante o qual as mudanças climáticas foram reconhecidas como um grave problema de interesse global (NETO, 2007). Conseqüentemente, na década de 1980, houve uma conscientização por parte das nações de que as atividades antrópicas demonstram claro risco para a manutenção de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, e o mundo passou a debater as possibilidades e a metodologia para enfrentar os problemas decorrentes (SISTER, 2007).

Em 1988, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) criaram o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), autoridade científica internacional sobre o aquecimento global (NETO, 2007), de cujos estudos seriam extraídos o arcabouço teórico-científico para a elaboração da Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre a Mudança do Clima (CQNUMC) (DAMASCENO, 2007).

Vale salientar que o IPCC é a mais alta autoridade científica do mundo sobre aquecimento global. Nesta instituição são encontrados centenas de cientistas atmosféricos, oceanógrafos, especialistas em gelo, economistas, sociólogos e outros especialistas que avaliam e divulgam os principais dados sobre mudanças do clima. Ao longo de sua trajetória, foram publicados pelo IPCC quatro relatórios de avaliação,

sendo o quarto divulgado em 2 de fevereiro de 2007 e comprovou cientificamente que as ações antrópicas interferem diretamente no equilíbrio do sistema climático do Planeta Terra (DAMASCENO, 2007).

Em 1990, sob recomendação do IPCC, a Assembléia Geral da ONU iniciou suas negociações para a adoção da Convenção Sobre Mudanças Climáticas (NETO, 2007). Em 1992, no Rio de Janeiro, Brasil, foi realizada a maior conferência mundial sobre os problemas ambientais, a Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como ECO-92. Nesta conferência, foi adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC). O Brasil foi o primeiro a assiná-la, em 4 de junho de 1992, durante a ECO-92. Com o surgimento desta Convenção, seus países signatários periodicamente reúnem-se a fim e buscar soluções para a intensificação do efeito estufa e para as mudanças climáticas (DAMASCENO, 2007).

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC ou CQNUMC) foi o primeiro instrumento internacional a versar sobre as alterações no clima. Apesar de ter-se projetado durante a Cúpula da Terra, realizada, de 4 a 14 de junho de 1992, na cidade do Rio de Janeiro (ECO-92), a Convenção Quadro foi concebida em Nova York, em 9 de maio de 1992, recebendo até 19 de novembro de 2006, um total de 189 ratificações (SISTER, 2007). Neste momento, as autoridades responsáveis pelas ratificações reconheceram a necessidade de ações mais enérgicas no intuito de reduzir os malefícios ambientais causados pelas ações antrópicas (GAZONI, 2007).

Com a assinatura deste tratado, várias reuniões dos países participantes da Convenção-Quadro foram realizadas (SISTER, 2007). Intituladas Conferência das Partes Signatárias da Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas (COP's), os encontros realizados anualmente, servem como fórum de debate das questões climáticas que afetam a vida no planeta (SISTER, 2007).

Desde o início da vigência da Convenção-Quadro, foram realizados 15 encontros:

- (I) COP-1, realizada em 1995, em Berlim, Alemanha;
- (II) COP-2, realizada em 1996, em Genebra, Suíça;
- (III) COP-3, realizada em 1997, em Quioto, Japão;
- (IV) COP-4, realizada em 1998, em Buenos Aires, Argentina;

- (V) COP-5, realizada em 1990, em Bonn, Alemanha;
- (VI) COP-6, realizada em 2000, em Haia, Holanda;
- (VII) COP-6,5, realizada em 2001, em Bonn, Alemanha;
- (VIII) COP-7, realizada em 2001, em Marrakesh, Marrocos;
- (IX) COP-8, realizada em 2002, em Nova Deli, Índia;
- (X) COP-9, realizada em 2003, em Milão, Itália;
- (XI) COP-10, realizada em 2004, em Buenos Aires, Argentina;
- (XII) COP-11, realizada em 2005, em Montreal, Canadá;
- (XII) COP-12, realizada em 2006, em Nairóbi, Quênia;
- (XIII) COP-13, realizada em 2007, em Bali, Indonésia;
- (XIV) COP-14, realizada em 2008, em Póznan, Polônia;
- (XV) COP-15, realizada entre 7 e 18 de dezembro de 2009, em Copenhague, Dinamarca;
- (XVI) COP-16, a ser realizada em 2010, no México.

A primeira sessão do órgão supremo da Convenção, na Conferência das Partes (COP-1), ocorrida em Berlim, estabeleceu a primeira revisão da adequação dos compromissos relacionados aos países desenvolvidos, ou seja, aquele de reduzir a emissão de gases do efeito estufa presentes na atmosfera aos níveis de 1990 até o ano de 2000. Nesta, foi reconhecida a inadequação referente às metas preestabelecidas e foi decidido que deveria haver um comprometimento além desta meta em um prazo mais extenso (GAZONI, 2007).

Foi na segunda Conferência das Partes, em Genebra, que o Segundo Relatório de Avaliação do IPCC foi reconhecido como a avaliação mais abrangente e autorizada da ciência de mudança do clima da época e apoiou que o aumento de emissões de GEE's na atmosfera viria a representar uma interferência perigosa no sistema climático. No entanto, somente na terceira sessão da Conferência das Partes à CQNUMC, na cidade de Quioto, Japão, foi adotado o texto do Protocolo de Quioto (GAZONI, 2007). A COP 3, de 1997, é apontada como uma das mais importantes, pelo fato terem sido definidos os princípios e mecanismos que seriam consolidados neste documento. (SISTER, 2007).

Sua concepção tinha como principal objetivo diminuir as tendências de lançamento de gases estufa na atmosfera por parte dos países desenvolvidos, e assim, evitar os efeitos causados pelas mudanças do clima. (SISTER, 2007).

De acordo com o art 3º, parágrafo 1º do Protocolo de Quioto, os países do Anexo I ficam obrigados a promover reduções diferenciadas de suas emissões combinadas de gases causadores do efeito estufa, para que elas se tornem, ao menos, 5% inferiores em relação aos níveis de emissão de 1990, no período de 2008 a 2012. Neste período, todas as emissões reduzidas, resgatadas ou realizadas deverão ser expressas em carbono ou equivalente. Cada tonelada métrica de carbono representará uma unidade de redução de emissão (SISTER, 2007).

O Protocolo do Quioto reconhece a responsabilidade histórica dos países desenvolvidos e define as seguintes prerrogativas:

- Aumento da eficiência energética em setores relevantes da economia nacional;
- Proteção e aumento de sumidouros e reservatórios de gases do efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, levando em conta os compromissos assumidos em acordos nacionais e internacionais relevantes sobre o meio ambiente, a promoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, florestamento e reflorestamento;
- Promoção de formas sustentáveis de agricultura à luz das considerações sobre a mudança do clima;
- Pesquisa, promoção, desenvolvimento e o aumento do uso de formas novas e renováveis de energia, de tecnologias de seqüestro de CO<sub>2</sub> e de tecnologias ambientalmente seguras, que sejam avançadas e inovadoras;
- Redução gradual ou eliminação de imperfeições de mercado, de incentivos fiscais, de isenções tributárias e tarifárias e de subsídios para todos os setores emissores de gases do efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal;
- Medidas para limitar e reduzir as emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal no setor de transportes;
- Limitação ou redução de emissões de metano por meio de sua recuperação e utilização no tratamento de resíduos, bem como na produção, no transporte e na distribuição de energia (GAZONI, 2007).

Entretanto, o Protocolo só entraria em vigor no nonagésimo dia a partir da data em que pelo menos 55 Partes da Convenção, envolvendo as Partes incluídas no Anexo I, que contabilizam pelo menos 55% das emissões totais de CO<sub>2</sub> em 1990, ratificassem o documento (GAZONI, 2007).

Até 28 de setembro de 2006, haviam ratificado ou aderido ao Protocolo de Quioto 166 países, inclusive o Brasil. O Protocolo entrou em vigor em 2005 com a ratificação da Rússia, garantindo a condição de ratificação de pelo menos 55 países-partes da Convenção-Quadro sobre Mudança Climática e, também, por países que representam, pelo menos, 55% das emissões globais de dióxido de carbono em 1990 (SISTER, 2007).

No entanto, apesar das controvérsias que acabam por atrasar a ratificação do Protocolo de Quioto por determinados países, há iniciativas referentes a medidas que podem ser tomadas em relação ao aquecimento global, não aguardando pela ratificação por parte de alguns países. Assim, projetos relacionados à captura de carbono, por exemplo, e para emissão de gases do efeito estufa, nos níveis locais e regionais, têm recebido especial atenção (MATTOS, 2001). Neste contexto, fala-se em neutralização compensatória de carbono, onde instituições preocupadas com as questões ambientais e também com sua imagem perante a sociedade buscam neutralizar suas emissões de gases do efeito estufa através de iniciativas que visam à inserção de tal instituição em uma esfera ambientalmente correta.

#### **2.4.2 – Direito Ambiental Internacional**

O Direito Ambiental Internacional é dotado de particularidades em relação a alguns de seus tratados que fogem à nomenclatura tradicional. Uma destas normas é denominada “convenção-quadro”. Tais normas são criadas em momentos políticos oportunos, propícios para adoção de convenções internacionais complexas, repletas de tecnicidades. Neste contexto, são postergadas as negociações internacionais específicas sobre os assuntos nelas esboçados. Entretanto, tais negociações exigem a continuidade de um procedimento de negociação entre as partes, após sua entrada em vigor (DAMASCENO, 2007).

A CQNUMC é uma convenção inespecífica, que trata de vários assuntos concomitantemente, sem dispensar atenção especial a algum deles. Tal convenção não se trata de uma imposição, com normas e regras cogentes. Trata-se de uma lei não juridicamente veiculante, que não aplica sanções aos que não a cumprem. Por tais motivos, e por necessitar de outros meios de regulamentação, é que o Protocolo de Quioto veio regulamentar e especificar a Convenção. O Protocolo é um anexo à Convenção, com regras próprias, além das compartilhadas com a Convenção, que aplica sanções aos Membros que cometem infrações, proporcionando eficácia e efetividade à Convenção (DAMASCENO, 2007).

No Preâmbulo da CQNUMC, são reconhecidas as modificações do clima, decorrentes da introdução de GEE's na atmosfera através das atividades antrópicas. O Preâmbulo também ressalta as obrigações comuns, porém diferenciadas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento e destaca a necessidade de medidas

mitigadoras por parte dos membros, coordenadas entre os mesmos (DAMASCENO, 2007).

De acordo com o MCT (2009), os Governos que se tornaram Partes da Convenção tentarão atingir o objetivo final de estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica (provocada pelo homem) perigosa no sistema climático.

O artigo 3º deste Tratado Internacional define alguns princípios orientadores, que deverão ser seguidos com a adoção da Convenção: O Princípio da Responsabilidade Comum, porém diferenciada, o Princípio da Precaução, o Princípio da Equidade Intergeracional e o Princípio do Desenvolvimento Sustentável (DAMASCENO, 2007).

A Convenção enfatiza que os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelas emissões históricas e atuais, devendo tomar a iniciativa no combate à mudança do clima; que a prioridade primeira de países em desenvolvimento deve ser o seu próprio desenvolvimento social e econômico, e que a sua parcela de emissões globais totais deve aumentar à medida que eles se industrializam; que estados economicamente dependentes de carvão e petróleo enfrentarão dificuldades se a demanda de energia não mudar; e que países com ecossistemas frágeis, como pequenos países insulares e de terreno árido, são especialmente vulneráveis aos impactos previstos da mudança do clima (MCT, 2009).

Ao se tornarem Partes da Convenção, determinado número de compromissos foram assumidos tanto por países desenvolvidos quanto países em desenvolvimento (MCT, 2009). Tais compromissos são:

- Submeter para apreciação informações sobre as quantidades de gases de efeito estufa que eles emitem, por fontes, e sobre seus "sumidouros" nacionais (processos e atividades que absorvem gases de efeito estufa da atmosfera, em especial, florestas e oceanos);
- Buscar a estabilização na concentração de GEE's provenientes de fontes antrópicas, de modo a permitir a adaptação dos ecossistemas à mudança do clima, impedindo a interferência antrópica no sistema climático do planeta;
- Desenvolver pesquisas científicas e observações sistemáticas do sistema climático e promover o desenvolvimento e a difusão de tecnologias relevantes;
- Elaborar e executar programas educacionais e de conscientização pública sobre as mudanças climáticas e suas conseqüências.

### 2.4.3 - A Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima

Através do Decreto Presidencial de 7 de julho de 1999, foi criada a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC), no intuito de articular as ações de governo por parte da CQNUMC e seus instrumentos subsidiários de que o Brasil faça parte. O MCT foi designado a presidir a Comissão, através daquele decreto, assim como ao Ministro de Meio Ambiente foi designada a Vice-Presidência. A função de Secretaria Executiva também seria exercida pelo MCT (DAMASCENO, 2007).

Sob a coordenação do MCT, foi também estabelecida uma equipe atribuída a elaborar a Comunicação Nacional para envio ao Secretariado da Convenção. Em tal comunicação deveria constar um inventário de emissões dos principais GEE's em diversos setores, assim como um capítulo com a apresentação de providências estabelecidas ou previstas para implementação da Convenção no Brasil (DAMASCENO, 2007).

Os Ministérios de Minas e Energia, dos Transportes, do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio, da Agricultura e do Abastecimento, do Meio Ambiente (a quem coube a Vice-Presidência da Comissão), o Ministério Extraordinário de Projetos Especiais, o Ministério de Orçamento e Gestão, bem como a Casa Civil da Presidência da República e o Ministério das Relações Exteriores foram designados membros da CIMGC, de modo a contribuir para o controle sobre as emissões de GEE's pelas atividades antrópicas, em função de suas competências relativas à visão do Brasil em longo prazo e também pelas negociações internacionais exercidas (MCT, 2009).

Dentre suas atribuições, a CIMGC deverá (MCT, 2009):

- Emitir parecer, sempre que demandado, sobre propostas de políticas setoriais, instrumentos legais e normas que contenham componente relevante para a mitigação da mudança global do clima e para a adaptação do País aos seus impactos;
- Fornecer subsídios às posições do Governo nas negociações sob a égide da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e instrumentos subsidiários de que o Brasil seja parte;
- Definir critérios de elegibilidade adicionais aos considerados pelos Organismos da Convenção, encarregados do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo



(MDL), previsto no Artigo 12 do protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, conforme estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável;

- Apreciar pareceres sobre projetos que resultem em reduções de emissões e que sejam considerados elegíveis para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), e aprová-los, se for o caso.
- Realizar articulação com entidades representativas da sociedade civil, no sentido de promover as ações dos órgãos governamentais e privados, em cumprimento aos compromissos assumidos pelo Brasil perante a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e instrumentos subsidiários de que o Brasil seja parte.

#### **2.4.4 – Política Nacional Sobre Mudanças do Clima**

O documento que antecede a proposta de instituição da Política Nacional de Mudanças Climáticas, o Projeto de Lei nº 3535 de 1998, foi encaminhado ao Congresso Nacional pelo governo brasileiro em 5 de junho, Dia Mundial do Meio Ambiente.

Os compromissos assumidos pelo Brasil na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e no Protocolo de Quioto fazem parte das diretrizes da Política Nacional sobre Mudanças do Clima. É válido salientar que o Brasil se comprometeu a adotar uma política nacional e medidas correspondentes para mitigar a mudança climática durante a conferência da ONU no evento da ECO-92, quando assinou a CQNUMC (MCT, 2009).

Dentre os objetivos da Política Nacional sobre Mudanças do Clima, pode-se destacar: a redução das emissões por fontes antrópicas, o fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa no território nacional e a definição e implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima das comunidades locais, dos Municípios, Estados, regiões e de setores econômicos e sociais, em particular aqueles especialmente vulneráveis aos seus efeitos adversos (PNMC, 2008)

Dentre os princípios da Política Nacional sobre Mudanças do Clima, destacados no Artigo 4o, encontram-se:

- I - a proteção do sistema climático para as gerações presentes e futuras, contribuindo para o desenvolvimento sustentável;
- II - a prevenção da interferência antrópica perigosa no sistema climático;
- III - a precaução;
- IV - as responsabilidades comuns, porém diferenciadas, e respectivas capacidades dos países, como consagrado na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, levando em conta a contribuição histórica dos países para o aquecimento global;
- V - o reconhecimento das diversidades física, biótica, demográfica, econômica, social e cultural das regiões do País na identificação das vulnerabilidades à mudança do clima e na implementação de ações de mitigação e adaptação;
- VI - a garantia do direito à informação e da participação pública; e
- VII - o desenvolvimento sustentável, consagrado na Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que implica a integração equilibrada de seus três componentes, a saber, crescimento econômico, desenvolvimento social e proteção ao meio ambiente, como pilares interdependentes que se reforçam mutuamente.

#### **2.4.4.1 - Plano Nacional Sobre Mudanças Climáticas**

Conforme o Artigo 8º da Política Nacional sobre Mudanças do Clima, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa “fundamentar e orientar a implantação da Política Nacional por meio de ações e medidas que objetivem a mitigação da mudança do clima e a adaptação aos seus efeitos.” (PNMC, 2008).

Este plano possui como estratégia de elaboração a realização de consultas públicas para manifestação da sociedade, das instituições científicas e de todos os demais agentes interessados no tema, com a finalidade de promover a transparência do processo e a participação social na sua elaboração e na sua implantação. (PNMC, 2008).

O desenvolvimento e a realização de campanhas, programas e ações de educação ambiental, de acordo com a PNMC (2008), deverão ser desenvolvidos em parceria com a Política Nacional de Educação Ambiental, através de linguagem acessível e compatível com os diferentes públicos, de modo a esclarecer e conscientizar a população sobre os aspectos e os impactos decorrentes da mudança do clima e as alternativas, individuais e coletivas, de mitigação e fortalecimento do conceito de importância da preservação dos sumidouros de gases de efeito estufa, com a participação da sociedade civil organizada e instituições de ensino

#### **2.4.5 – Ordenamento Jurídico Brasileiro no Âmbito das Mudanças Climáticas**

A partir da década de 1970, foi intensificada a preocupação referente à poluição atmosférica no Brasil, em função de graves problemas relacionados à poluição do ar, ocorrido em algumas cidades do país, tal como São Paulo, Porto Alegre, Cubatão,

dentre outras. Tais problemas vieram a demandar a urgente adoção de medidas públicas para regulação da qualidade do ar. Assim sendo, o controle da poluição atmosférica passou a ser regulamentado pelos instrumentos, conforme citado (LIMA, 2009):

Quadro 1: Instrumentos de regulamentação da poluição do ar

Legislação	Disposição
Decreto-lei 1413/ 1975	Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.
Decreto 76389/ 1975	Dispõe sobre as medidas de prevenção e controle da poluição industrial, de que trata o Decreto Lei 1.413, de 14 de agosto de 1975, dá outras providências.
Portaria MINTER 231/ 1976	Estabeleceu padrões de qualidade do ar, em nível nacional, para quatro poluentes: partículas totais em suspensão, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos. Esta Portaria já previa o estabelecimento de novos padrões de qualidade do ar, quando houvesse informação científica a respeito.
Lei 6803/ 1980	Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências.

Fonte: Sites – [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br); [www.presidencia.gov.br](http://www.presidencia.gov.br).

Desde então, o regime jurídico brasileiro relacionado às questões ambientais passou a regulamentar tais questões através de outros instrumentos legais, conforme será exposto neste trabalho:

#### **2.4.5.1 – O artigo 225 da Constituição Federal**

A partir da promulgação da Constituição Federal, passou-se a tratar a questão ambiental inserindo-a na luta pela melhoria da qualidade de vida da população, uma vez que o Capítulo VI faz parte do Título VIII da Constituição, denominado “Da Ordem Social”. Mais importante que a existência desse capítulo é o fato de o meio ambiente, assim como a preservação adequada dos recursos naturais, estar contemplado ao longo de todo o texto constitucional, incluindo os vários setores do País (BRAGA, 2005).

O artigo 225 da Constituição, que trata especificamente do meio ambiente, é transcrito a seguir:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

§ 4º - A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5º - São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6º - As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas. (Constituição Federal, Artigo 225).

### **2.4.5.2 – Política Nacional do Meio Ambiente**

A Política Nacional do Meio Ambiente foi estabelecida pela Lei Federal nº 6938/ 81. Estabeleceu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Além disso, é reconhecida nesta lei a legitimidade do Ministério Público da União para propor ações de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente.

Pela Lei 6938/ 81, artigo 2º:

“A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.”

### **2.4.5.3 – Lei de Crimes Ambientais**

A Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente. Esta lei define os crimes ambientais relacionados à degradação do meio ambiente, as respectivas penas e critério para aplicação destas além de apresentar os conceitos relacionados à infração administrativa e à cooperação internacional para preservação do meio ambiente.

Um aspecto a ser destacado na Lei nº 9605/ 98 refere-se à responsabilidade pelos atos ou condutas lesivas ao meio ambiente, uma vez que, aquele que contribui para a prática dos crimes definidos, também responderá pelo crime na medida de sua culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro do conselho e do órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outros, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la.

A Lei nº 9605 foi regulamentada pelo Decreto nº 3179 de 21 de setembro de 1999, que dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, onde estão estabelecidas as multas e penalidades a serem aplicadas.

#### 2.4.5.4 – Legislações Específicas

Neste tópico serão destacadas as legislações referentes à qualidade do ar e mudanças climáticas.

No Quadro 2, são apresentadas as Resoluções CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) no que se refere ao controle da poluição causada por emissões veiculares e por fontes fixas, aos limites de emissões de poluentes, à proibição de substâncias que destroem a camada de ozônio, às etapas do PROCONVE, além de prazos para o cumprimento das exigências relacionadas à qualidade do ar.

Quadro 2: Resoluções CONAMA referentes à qualidade do ar e mudanças climáticas

Resolução CONAMA	Disposição
Nº 010/1984	"Dispõe sobre medidas destinadas ao controle da Poluição causada por Veículos Automotores"
Nº 018/1986	"Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE"
Nº 005/1989	"Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR"
Nº 003/1990	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.
Nº 008/1990	"Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR"
Nº 008/1993	"Complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados"

Resolução CONAMA	Disposição
Nº 016/1993	"Ratifica os limites de emissão, os prazos e demais exigências contidas na Resolução CONAMA nº 018/86, que institui o Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores - PROCONVE, complementada pelas Resoluções CONAMA nº 03/89, nº 004/89, nº 06/93, nº 07/93, nº 008/93 e pela Portaria IBAMA nº 1.937/90; torna obrigatório o licenciamento ambiental junto ao IBAMA para as especificações, fabricação, comercialização e distribuição de novos combustíveis e sua formulação final para uso em todo o país"
Nº 027/1994	"Fixa novos prazos para cumprimento de dispositivos da Resolução CONAMA nº 008/93, que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados"
Nº 015/1995	"Estabelece nova classificação de veículos automotores, para o controle de emissão veicular de gases, material particulado e evaporativa, considerando os veículos importados"
Nº 016/1995	"Complementa a Resolução CONAMA nº 008/93, que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados, determinando homologação e certificação de veículos novos do ciclo Diesel quanto ao índice de fumaça em aceleração livre"
Nº 226/1997	"Estabelece limites máximos de emissão de fuligem de veículos automotores"
Nº 242/1998	"Estabelece limites máximos de emissão de poluentes"

Resolução CONAMA	Disposição
Nº 251/1999	"Estabelece critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento para avaliação do estado de manutenção dos veículos automotores do ciclo Diesel"
Nº 267/2000	"Proibição de substâncias que destroem a camada de ozônio"
Nº 297/2002	"Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletos e veículos similares novos"
Nº 315/2002	"Dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões Veiculares-PROCONVE"
Nº 342/2003	"Estabelece novos limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletos e veículos similares novos, em observância à Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, e dá outras providências"
Nº 382/2006	"Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas"
Nº 403/2008	"Dispõe sobre a nova fase de exigência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE para veículos pesados novos (Fase P-7) e dá outras providências."

Fonte: Site do Ministério do Meio Ambiente [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br), acesso em julho de 2009.

A seguir, no Quadro 3, são elencados alguns Projetos de Lei referentes à instituição da Política Nacional sobre Mudança do Clima, aos incentivos fiscais a serem concedidos às pessoas físicas e jurídicas que invistam em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, da obrigatoriedade do balanço de GEE's (assimilação e produção) para fins de licenciamento, à obrigatoriedade da neutralização das emissões por parte da produção de insumos industriais, às remoções e reduções de gases do efeito estufa no país, dentre outras questões relacionadas à mitigação do efeito estufa intensificado, do aquecimento global e das mudanças climáticas.

É válido salientar que a carência de legislação e fiscalização pertinente às mudanças climáticas no país permite que as emissões de gases do efeito estufa



continuem ocorrendo demasiadamente, além de não estabelecer um caráter obrigatório às instituições no que se refere às reduções e remoções destes gases.

Quadro 3: Projetos de Lei referentes a Mudanças Climáticas

Proposição	Disposição	Data da apresentação
PL 3535/ 2008	Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências. Explicação: Visa reduzir as emissões antrópicas por fontes e fortalecer as remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa no território nacional.	10/06/2008
PL 2915/ 2008	Altera o art. 36 da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, para estabelecer diferenciação nos percentuais para o cálculo do montante de recursos que o empreendedor deve destinar à implantação e à manutenção de unidades de conservação, com base nas potenciais contribuições do empreendimento sobre as mudanças climáticas globais.	03/03/2008
PDC 11/ 2007	Estabelece diretrizes para a negociação de atos internacionais que regulem as obrigações brasileiras para redução de emissões de gases de efeito estufa e as ações cooperativas para enfrentar mudanças climáticas globais decorrentes da elevação da temperatura média no planeta.	06/03/2007

Proposição	Disposição	Data da apresentação
PL 1147/ 2007	Determina a obrigatoriedade, para o licenciamento de obra ou atividade utilizadora de recursos ambientais efetiva ou potencialmente poluidoras e empreendimentos capazes de causar degradação ambiental, da realização do balanço de emissões (assimilação e liberação) de gases do efeito-estufa.	23/05/2007
PL 494/ 2007	Dispõe sobre os incentivos fiscais a serem concedidos às pessoas físicas e jurídicas que invistam em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL que gerem Reduções Certificadas de Emissões - RCEs, autoriza a constituição de Fundos de Investimento em Projetos de MDL e dá outras providências.	20/03/2007
PL 4222/ 2008	Torna obrigatória a informação do total de gases causadores do efeito estufa emitidos em todas as etapas de produção de artigos de consumo industrializados e comercializados no Brasil.	04/11/2008
PL 3256/ 2008	Dispõe sobre a compensação pela eliminação de gases de efeito estufa por veículos automotores.	15/04/2008
PL 2843/ 2008	Torna obrigatória a informação sobre a neutralização da emissão de gases causadores de efeito estufa em produtos industrializados comercializados no Brasil. Explicação: Produto "limpo" ou "ecológico".	19/02/2008

Proposição	Disposição	Data da apresentação
PDC 2/ 2007	Dispõe sobre a criação de programa para neutralizar as emissões de carbono gerado pela Câmara dos Deputados. Explicação: Apoio ao Programa Carbono Neutro, através de uma Comissão Especial, com a participação do grupo ECO - Câmara.	06/02/2007

O Quadro 4, refere-se à legislação no estado do Rio de Janeiro, no que diz respeito ao controle da poluição, à obrigatoriedade da inclusão de inventários de emissão de gases do efeito estufa para fins de obtenção de licenças ambientais, além de instituir um mecanismo para o uso de energia renovável.

Quadro 4: Legislação referente à qualidade do ar e mudanças climáticas no estado do Rio de Janeiro

Lei	Disposição
Lei N° 855/ 1985	"Dispõe sobre a divulgação, pelo Poder Público Executivo, dos dados relativos ao controle da poluição no Estado do Rio de Janeiro".
Resolução Conjunta SEA/ FEEMA N°22/ 2007	"Determina às empresas a inclusão de inventário de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), nos procedimentos de licenciamento ambiental".
Decreto n° 41.318/08	"Institui o Mecanismo de Compensação Energética no Estado do Rio de Janeiro. Visa ampliar o uso de fontes de energia renovável, em especial para geração de energia elétrica, e promover a eficiência energética".

Fonte: Site do Inea: [www.inea.gov.br](http://www.inea.gov.br)

## 2.5 – Gestão Ambiental

Em função da inserção da variável ambiental nos ambientes corporativos através do Sistema de Gestão Ambiental e da Norma ISO 14001, os mesmos serão descritos a seguir.

### 2.5.1 - A ISO 14001 e o Sistema de Gestão Ambiental

A International Standardization for Organization (ISO), nome de uma organização privada e sem fins lucrativos, foi fundada em Genebra - na Suíça - em 1947, tendo como função básica de definir normas de homogeneização de procedimentos, medidas e materiais que reflitam o consenso internacional. O termo ISO não se dá por conta do nome da organização, mas sim por uma derivação *isos*, que significa igual. Desde a sua fundação, registra-se que a ISO já publicou mais de 11000 padrões internacionais (HGB, 2006).

Em março de 1993, a ISO estabeleceu um Comitê Técnico (TC 207), em decorrência das deliberações da chamada ECO-92, que consolidou o tema desenvolvimento sustentável. O Technical Committee 207 (TC 207) foi incumbido de elaborar normas internacionais que assegurassem uma abordagem sistêmica à gestão ambiental, possibilitando às organizações buscarem a certificação quanto a essa gestão.

Assim, a gestão ambiental pode ser entendida como a aplicação dos princípios de planejamento e controle na identificação, avaliação, controle, monitoramento e redução dos impactos ambientais a níveis predefinidos (EPELBAUM, 2006).

Assim, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), representante oficial do Brasil junto a ISO, criou em 1994 um Grupo de Apoio à Normalização Ambiental - GANA, com objetivo de acompanhar os trabalhos realizados pelo TC 207, composto de equipe multidisciplinar. O GANA, após os trabalhos do TC 207, transformou-se no Comitê Brasileiro (CB) 38 que acompanha e discute, até hoje, as normas que compõem a série ISO 14000, suas revisões, suas interpretações e propostas (HGB, 2006).

Em 1996, a ISO publicou as normas da série 14000, que tratam da administração ambiental, sendo a ISO 14001 a norma que trata do sistema de gestão ambiental, norma essa que é a única certificável desta série. Assim, a NBR ISO 14001 é a primeira da série que fixa as especificações de uso para a certificação de um Sistema de Gestão

Ambiental de uma organização (NBR ISO 14001:2004). Epelbaum (2006) adverte que o Sistema de Gestão Ambiental pode ser definido como a parte do sistema da gestão de uma organização utilizada para desenvolver e implantar sua política ambiental e para gerenciar seus aspectos ambientais.

A Norma ISO 14001 - Sistema de Gestão Ambiental - propõe um conjunto de orientações às empresas para a inserção da variável ambiental em seu sistema de gestão do negócio. Determina que a empresa tenha controle da sua interação com o meio ambiente e com relação à geração dos impactos ambientais significativos, reais ou potenciais existentes, através da inserção de mecanismos - de maneira integrada e sistemática - e da disseminação da responsabilidade ambiental por toda a organização, visando o controle e à melhoria contínua do desempenho ambiental (HGB, 2006).

Segundo Epelbaum (2006), as pressões por um ambiente mais limpo, atribuídas a várias partes como comunidades locais, organizações não-governamentais (ONG's) e órgãos fiscalizadores, somadas a requisitos legais crescentemente rigorosos, levaram a uma necessidade de resposta por parte das empresas – um dos maiores alvos das críticas quanto a posturas ambientais.

Porém, na visão de Borger (2006), o ambiente empresarial está cada vez mais complexo, pois vivemos numa sociedade culturalmente pluralista e globalizada, significando que os indivíduos ou grupos de um mesmo país ou região podem não concordar com o que constitui um comportamento socialmente responsável ou pelo que as empresas devem ser responsáveis. Ainda de acordo com a autora, a maior dificuldade dos modelos e padrões é incluir as perspectivas externas dos diversos grupos e agentes que interagem com as empresas, refletindo sobre as limitações dos padrões e indicadores de responsabilidade sócio-ambiental.

A ISO 14001 especifica os requisitos de um sistema de gestão ambiental. Foi redigida de forma a aplicar-se a todos os tipos e portes de organizações e para adequar-se a diferentes condições geográficas, culturais e sociais, o que, na concepção de Epelbaum (2006), pode ser aplicado em qualquer tipo de organização, de qualquer porte e em qualquer país. Não é restrita a uma única tipologia. Ainda de acordo com o autor, como premissas básicas do sistema, impõem-se o comprometimento com o cumprimento da legislação aplicável (como requisito mínimo de desempenho), com a melhoria contínua do desempenho ambiental e com a prevenção da poluição. Nesse sentido, não é um modelo de excelência ambiental, pois não exige os melhores padrões e tecnologias imediatamente, mas serve para demonstrar que uma organização tem sua

gestão ambiental organizada para obter esses resultados e que está melhorando os seus indicadores, de acordo com sua política, seus objetivos e suas metas ambientais.

De acordo com a norma, o sucesso do sistema depende do comprometimento de todos os níveis e funções, especialmente da alta administração. Este sistema permite a uma organização estabelecer e avaliar a eficácia dos procedimentos destinados a definir uma política e também os objetivos ambientais, atingir a conformidade com eles e demonstrá-la a terceiros. A finalidade desta norma é equilibrar a proteção ambiental e a prevenção da poluição com as necessidades sócio-econômicas.

A ISO não tem como proposta controlar a aplicação de suas normas o que é uma questão de entendimento entre fornecedores e seus clientes e/ ou exigência que alguns compradores fazem aos seus fornecedores, ou seja, nenhuma organização possui a obrigação de implantar um Sistema de Gestão Ambiental a fim de obter a certificação ISO 14001. Contudo, organizações certificadas na ISO 14001 possuem posição de destaque no mercado por possuírem um certificado internacionalmente aceito, o que assegura Epelbaum (2006). Borger (2006) entende que a responsabilidade socioambiental deve ser vista como parte da cultura, da visão e dos valores da empresa; requerendo uma filosofia e um compromisso articulados na afirmação da missão, nos códigos de conduta e nos processos organizacionais.

Para que uma instituição adquira a certificação ISO 14001, é necessário que o SGA atenda ao mínimo o que a norma exige. Logo, implantar o SGA não é sinônimo de certificar o SGA: a certificação é de caráter eminentemente voluntário, efetuada por empresas auditoras credenciadas pelos governos nacionais, com o intuito de prover credibilidade de que o SGA atende efetivamente a ISO 14001. Uma organização pode se limitar a implantar seu SGA, obtendo os benefícios específicos, e não solicitar esse credenciamento externo (EPELBAUM, 2006)

Após ser atendido o mínimo exigido pela norma, uma organização, ao ser submetida a uma auditoria ambiental, poderá conquistar o certificado. Após a certificação, a organização compromete-se com a melhoria contínua do SGA (NBR ISO 14001:2004). O simples fato de ser possível a certificação de uma organização, desde que a mesma atinja o mínimo exigido pela norma, comprova que ainda pode haver grandes modificações a serem realizadas para que, de fato, a empresa possa ser considerada sócia e ambientalmente correta.

Com relação à implantação do SGA, alguns dos principais requisitos da norma devem ser levados em consideração a fim de se obter a certificação ISO 14001, são eles;

- Requisitos do Sistema da Gestão ambiental
- Requisitos gerais
- Política ambiental
- Planejamento
- Aspectos ambientais;
- Requisitos ambientais legais e outros;
- Objetivos, metas e programas;
- Implantação e operação;
- Recursos, funções, responsabilidades e autoridades;
- Competência, treinamento e conscientização;
- Comunicação;
- Documentação;
- Controle de documentos;
- Controle operacional;
- Preparação e atendimento a emergências;
- Verificação;
- Monitoramento e medição;
- Avaliação do atendimento aos requisitos legais e outros;
- Não conformidade e ação corretiva e preventiva;
- Controle de Registros;
- Auditoria interna;
- Análise pela administração.

O sistema de gestão supracitado adota o método de aplicação denominado P. D. C. A. (*plan, do, check, act*). No entendimento de Epelbaum (2006), as etapas possuem as seguintes definições:

- Plan (planejar) – Consiste da identificação e avaliação dos aspectos ambientais (elementos das atividades, produtos e serviços que podem resultar em impacto ambiental), identificação dos requisitos legais e outros pertinentes, e definição de objetivos, metas e programas para melhoria ambiental;

- Do (executar) – Nesta etapa, devem ser definidas responsabilidades e autoridades; recursos e tecnologias devem ser provisionados; o pessoal próprio e o terceiro devem ser treinados e conscientizados, de modo a gerenciar adequadamente os aspectos ambientais, utilizando procedimentos de operação e manutenção, além de estar preparado para atuar em situações de emergência;
- Check (verificar) – Devem ser monitorados os resultados ambientais, avaliada a conformidade com os requisitos legais e outros, e realizadas auditorias internas;
- Action (agir) – A partir das informações verifica-se a necessidade de tomada de ações corretivas ou oportunidade de ações preventivas, tanto na média gerência como no âmbito mais amplo de alcance dos resultados definidos pela alta administração, consolidando o elemento ações (A) do sistema de gestão.

Para implantar um SGA, uma empresa necessitará seguir um roteiro indicado na própria norma, segundo os requisitos e especificações do sistema de gestão ambiental, compreendendo as seguintes etapas:

1ª etapa: “Formulação da Política Ambiental”. Define-se por política ambiental as “intenções e princípios gerais de uma organização/ empresa relacionado com o desempenho ambiental expressos formalmente pela alta administração”. A política ambiental provê uma estrutura de ação e definição de seus objetivos e metas.

2ª etapa: “Planejamento para Implantação”. Nesta fase, a organização se compromete a:

- Identificar os aspectos ambientais das atividades, produtos e serviços da organização que possam ser controlados. Determinar aqueles que estão associados com impactos ambientais significativos;
  - Identificar e manter acesso aos requisitos legais, legislação e outros aplicáveis aos aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços;
  - Estabelecer objetivos e metas ambientais compatíveis com a política ambiental;
- e,



- Estabelecer um programa de gestão ambiental para concretizar os objetivos e atingir as metas. Atribuir responsabilidades, definir meios e prazos para atingir as metas estabelecidas.

3ª etapa: “Implantação e Operação”: Nesta fase, alguns requisitos são necessários, como: estrutura e responsabilidade, treinamento, conscientização e competência, comunicação, documentação do sistema de gestão ambiental, controle de documentos e operacional, assim como a preparação e o atendimento de emergências.

4ª etapa: “Verificação e Ações Corretivas” (Nesta etapa, são realizadas medições, monitoramento e avaliação da performance ambiental). Aqui são estabelecidas ações preventivas e realizam-se ações corretivas, quando necessário. Deve ser feito um monitoramento para registrar as não conformidades que devem ser tratadas e investigadas, fazer a manutenção e descarte de registros ambientais, além da execução de uma auditoria do sistema de gestão ambiental.

5ª etapa: “Revisão ou Análise Crítica” (É indispensável para a avaliação permanente da política estabelecida e para implantar o conceito de melhoria contínua. Nesta etapa deve ser realizada uma revisão periódica, avaliar possíveis ajustes na política, nos objetivos e metas, verificar o comprometimento com a gestão ambiental e avaliar o desempenho ambiental).

As etapas de uma SGA repetem-se a intervalos sucessivos, anualmente, por exemplo, formando ciclos dinâmicos com a reavaliação permanente do SGA e buscando a melhoria contínua dos resultados ambientais da organização (HGB, 2006).

### **2.5.2- Norma Técnica Brasileira ISO 14064: 2007**

A ABNT NBR ISO 14064: 2007, assim como a Norma ISO 14001, pertence à série ISO 14000, série esta que engloba normas referentes às questões ambientais. No entanto, a NBR ISO 14064, ao contrário da ISO 14001, é uma norma não certificável, porém, uma diretriz referente às emissões, reduções e remoções de gases do efeito estufa na atmosfera. Trata-se de uma norma que pode ser adotada internacionalmente

para o desenvolvimento de projetos e controle de emissão gases do efeito estufa na atmosfera. Tal norma é dividida em três partes, a constar:

- Gases de Efeito Estufa – Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa;
- Gases de Efeito Estufa – Parte 2: Especificação e orientação a projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissões ou da melhoria das remoções de gases de efeito estufa;
- Gases de Efeito Estufa – Parte 3: Especificação e orientação para a validação e verificação de declarações relativas a gases de efeito estufa.

## **2.6 – Neutralização Compensatória de Carbono**

Em função de sua responsabilidade frente às questões ambientais, algumas empresas vêm implantando projetos de carbono, onde se destacam os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os projetos de neutralização compensatória de carbono, popularmente conhecidos como “Carbono Zero” ou “Carbono Neutro”.

O que diferencia os projetos de neutralização compensatória de carbono do cenário do MDL é, primeiramente, o fato de todo e qualquer projeto MDL prender-se a um arcabouço jurídico próprio, de natureza mandatória, decorrendo então a iniciativa de aplicação do MDL de uma necessidade de cumprimento de obrigação, e não de uma iniciativa voluntária, como é o caso dos projetos de neutralização compensatória de carbono. (NETO, 2007a)

A neutralização compensatória de carbono é um processo no qual, primeiramente, são identificadas as fontes de emissão de gases do efeito estufa de determinado estabelecimento; tais fontes referem-se à geração de resíduos, utilização de combustíveis em frota própria e de terceiros, consumo de energia elétrica, geração de efluentes líquidos, dentre outras; em seguida são realizados cálculos de gases do efeito estufa lançados na atmosfera em função de tais fontes; por fim, são aplicadas as

propostas de captura e/ ou diminuição de GEE's emitidos, tais como plantio de árvores e produção mais limpa. A respeito disto Barontini (2006) escreve:

“O controle da emissão de gases do efeito estufa é questão estratégica, que repercute na perpetuidade da empresa e na sua capacidade de assegurar competitividade ao longo prazo, constituindo só, um fragmento das políticas corporativas de sustentabilidade. A internalização dos valores sócio-ambientais, no planejamento estratégico empresarial, é vetor de agregação de valor, fator de administração do risco, elemento de melhoria do desempenho e instrumento de valorização dos ativos intangíveis corporativos. Um projeto de carbono que se atrela a esta dimensão estratégica, proporciona benefícios efetivos à sociedade, ao meio ambiente, aos acionistas, e às demais partes interessadas (BARONTINI, 2006).”

Atualmente, a maior parte das empresas não ignora o fato de que as mudanças climáticas as levam a uma revisão dos conceitos de produção, no intuito de diminuir a contribuição da emissão de gases do efeito estufa através de atividades humanas. (NETO, 2007a).

Dentre as empresas que realizam neutralização compensatória de carbono, é possível citar: Irani Celulose, Coca Cola, Fundação SOS Mata Atlântica, Bayer S.A, Cia. Ipiranga de Petróleo, Metalúrgica Krabbe Ltda, Banco Real, O Boticário, dentre outras (PAIVA, 2009). Para Neto, W. (2007), a neutralização compensatória de carbono ou carboneutralização é uma proposta ligada à ética ambiental pura.

De acordo com Paiva (2009), empresas que realizam projetos de neutralização compensatória de carbono podem tornar-se mais eficientes, em especial no que se refere ao uso da água, controle do desperdício de energia elétrica, vapor, combustíveis fósseis, distribuição de produtos e deslocamentos de funcionários, entre outras medidas. Estas empresas passam a ter uma grande vantagem em relação a seus concorrentes além de um menor custo de operação. Para Vernet (2009), realizar um inventário de carbono proporciona às empresas oportunidades de redução de despesas, máquinas e equipamentos mais eficientes e um produto que agride menos o ambiente ecológico, social e econômico.

De acordo com o Instituto Carbono Neutro (2009), existem vários benefícios oriundos da neutralização compensatória de carbono, dentre eles:

- Gerar percepção positiva como Empresa Cidadã, com boa governança corporativa, e contribuir para o desenvolvimento sustentável;

- Ganhar em competitividade, pelo reconhecimento de seus clientes e consumidores, em razão de sua postura de respeito ambiental;
- Melhorar o balanço social, o respectivo valor da empresa e suas ações em Bolsa;
- Gerar positivismo interno, respeito pela liderança corporativa e sentimento coletivo de contribuição para uma causa de grande relevância.

A cada dia fica mais evidente que a política do CO<sub>2</sub> não trata apenas das mudanças climáticas e sim de um novo modelo de políticas sociais e econômicas. Os impactos de uma política de baixo carbono serão sentidos pela população, mais pelo efeito do que de fato pela percepção, isto porque o maior controle sobre as emissões de CO<sub>2</sub> proporciona empresas mais seguras e ecoeficientes, além de abrir novas janelas de investimentos e gerar novos empregos e um novo impulso para uma economia global em recuperação (PAIVA, 2009).

### **3 - ESTUDO DE CASO - UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL-MECÂNICO**

#### **3.1 - Caracterização da Empresa em Estudo**

A presente pesquisa foi realizada em uma indústria de médio porte do setor metal-mecânico, responsável pela produção e distribuição de equipamentos para abastecimento de derivados do petróleo. A chegada da Metal Master ao Brasil está diretamente ligada a um momento de grande desenvolvimento industrial, na década de 1930. Trata-se de uma indústria multinacional, localizada no Estado do Rio de Janeiro, a qual se destaca no mercado nacional, com posição marcante nas exportações atendendo a mais de oitenta países da América Latina, África, Oriente Médio e Ásia.

A Metal Master possui área total de 11.375 m<sup>2</sup> e área construída de 10.295 m<sup>2</sup>. A empresa é limitada ao Norte com um supermercado, ao Sul por uma indústria de cosméticos e a Leste e Oeste com residências locais. O total de funcionários refere-se a 319, onde 256 são diretos e 63 são indiretos.

##### **3.1.1 - Questões Ambientais na Empresa em Estudo**

Até poucas décadas, as questões ambientais não eram levadas em consideração em inúmeros ambientes corporativos e/ ou industriais. Tais questões eram vistas como dispendiosas e, a falta de fiscalização e legislação ambiental correlata possibilitou que, por muito tempo, tal situação fosse mantida. No entanto, nos últimos anos, o poder público, ONG's, o mercado financeiro, instituições públicas e privadas, assim como a sociedade em geral, vêm exigindo, por parte das instituições, que a variável ambiental seja inserida em seus processos produtivos.

Neste contexto, as preocupações relacionadas às questões ambientais levaram a empresa Metal Master a investir em prevenção, eliminação e minimização de riscos nas instalações da fábrica através da implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), certificado de acordo com a NBR ABNT ISO 14001 no ano de 2003, que é mantido até a presente data. A implantação do SGA foi baseada na norma ISO 14001 de 1996 e atualizada de acordo com sua revisão de 2004. Tal implantação buscou o atendimento da legislação ambiental pertinente, a prevenção da poluição através de seus processos administrativos e operacionais, assim como a melhoria contínua do sistema, dos serviços, produtos e também do ambiente de trabalho.

Na Metal Master, a proposta de se criar um sistema de gestão ambiental e posterior certificação do mesmo foi determinada pela alta administração, em 2002. Foi formada, então, uma equipe multidisciplinar, onde a todos os gerentes e supervisores da fábrica foram dadas responsabilidades ambientais referentes aos seus respectivos setores.

A elaboração da Política Ambiental da empresa, assim como o Manual do SGA, foi realizada de acordo com levantamentos de políticas ambientais e manuais de empresas já certificadas na referida norma, com posterior adequação dos dados obtidos à realidade da Metal Master. Tal processo foi concluído com a aprovação da política ambiental da empresa pela presidência.

Após aprovação da Política Ambiental, foi dado prosseguimento às atividades para implantação do SGA, de acordo com o ciclo característico de gestão PDCA (*PLAN, DO, CHECK AND ACT*), o que acabou por resultar na certificação do sistema, após auditoria por órgão competente, em 28 de setembro de 2006.

### **3.1.2 - A Metal Master e as Mudanças Climáticas**

Visto que a Metal Master preocupa-se com as questões pertinentes ao meio ambiente através de um SGA certificado de acordo com a ISO 14001 e mantido até a presente data, a empresa deve garantir a melhoria contínua de seu sistema por motivos diversos. Dentre os quais está a preocupação com uma gestão de qualidade e respeito ao meio ambiente, compromisso com a sociedade, competitividade de mercado, melhoria da imagem, redução no custo de seguros, contribuição para uma boa gestão e para fins de manutenção de seu certificado.

Assim, a cada auditoria de manutenção do sistema, a empresa deve demonstrar melhoria de sua gestão, em comparação à situação encontrada no momento da auditoria anterior. Desta forma, no intuito de manter sua cultura de compromisso e respeito com o meio ambiente e melhoria contínua do SGA, a Metal Master, vem se preocupando também com sua postura frente ao aquecimento global intensificado e as conseqüentes mudanças climáticas.

A pressão que as indústrias e empresas acarretam ao meio ambiente, através de suas fontes de gases do efeito estufa, contribui para a intensificação deste efeito natural fazendo com que tais estabelecimentos tenham maior responsabilidade perante a sociedade. Tal comprometimento se dá pelo fato do controle destas fontes de poluição

ser necessário para manutenção da vida na Terra. Para Fujihara (2007), buscar a neutralização compensatória de carbono é um modo direto de assumir sua parcela de responsabilidade pelo efeito estufa e buscar efetivamente uma melhoria da situação.

Assim, a Metal Master possibilitou o acesso aos dados referentes a fontes de emissão de gases do efeito estufa gerados na empresa. Estes dados foram coletados nas visitas locais, em parceria com a administração, principalmente pela área de meio ambiente e qualidade. O acesso se deu para fins de estudos e pesquisas relacionados a alternativas estratégicas de neutralização destes gases. Através de tais estudos e pesquisas, optou-se por utilizar as ferramentas de cálculo desenvolvidas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) dispostas no IPCC Guidelines de 2006. A escolha por tais metodologias de cálculo se deu em função do IPCC se tratar da mais alta autoridade científica internacional sobre o aquecimento global (IPCC, 2009). Assim, tais metodologias foram aplicadas, conforme denota o item 3.1.3.

É de extrema relevância destacar, que tais estudos podem vir a servir de base para a criação de novos objetivos, metas e programas inseridos no Sistema de Gestão Ambiental pré-estabelecido, possibilitando, assim, uma ferramenta para a melhoria contínua de tal sistema.

### **3.1.2.1 – Fontes de Emissão de Gases do Efeito Estufa na Metal Master**

Dentre as fontes de emissão de gases de efeito estufa da Metal Master encontram-se o consumo de combustíveis em processos industriais, por frota interna e de terceiros, consumo de energia elétrica, produção de resíduos e geração de efluentes líquidos domésticos e industriais. Estas fontes serão descritas nos itens a seguir.

### **3.1.2.2 - Combustíveis Utilizados em Processos Industriais, em Frota Interna e Frota de Terceiros**

Nos processos industriais internos da empresa Metal Master, o combustível utilizado é o gás natural. Já os combustíveis utilizados pela frota da empresa são: gasolina em carro, diesel em caminhão e GLP em empilhadeira.

Em relação à frota de terceiros, tais como carros e motos particulares, ônibus, metrô, trem e barcas são utilizados combustíveis diversos. Nos carros são utilizados diesel, gasolina, gás natural e álcool. Em motos é utilizada gasolina. Nos ônibus é

utilizado óleo diesel. No metrô e trem é utilizada energia elétrica. Enquanto nas barcas utiliza-se diesel.

Assim, em função de todos os processos listados anteriormente ocorrerem através de combustão, foi utilizada a metodologia *Top-down*, descrita no Capítulo 4, para o cálculo de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

A *Top-down* leva em conta apenas as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir dos dados de produção e consumo de energia, sem detalhamento de como essa energia é consumida. A vantagem desta metodologia baseia-se na confiabilidade dos dados, uma vez que a metodologia *Top-down* possui uma grande quantidade de informações disponíveis sobre suprimento de combustíveis (MATTOS, 2001).

Esta metodologia foi também aplicada para o cálculo de emissões de CO<sub>2</sub> por parte do co-processamento de resíduos perigosos assim como para o transporte dos resíduos totais produzidos pela Metal Master, o que é detalhado no item Resíduos.

Assim, os valores de CO<sub>2</sub> emitidos por processos industriais internos, por combustão em veículos próprios e de terceiros e co-processamento estão dispostos no capítulo referente a Resultados e Discussão.

### **3.1.2.3 - Energia Elétrica Consumida**

A concessionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica para a empresa Metal Master é a Light Serviços de Eletricidade S.A. O consumo mensal, em média, é de 176.375 kWh. Este consumo se dá em função dos processos industriais internos, além de outras atividades, tais como consumo de energia em escritórios, lavabos e refeitório. No entanto, o consumo no aquecimento de chuveiros não se dá através da energia elétrica, uma vez que é utilizado aquecimento da água com energia solar, o que equivale a uma potência de 1000 W para cada chuveiro, em um total de 10 chuveiros.

Para o cálculo de emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da utilização de energia elétrica, foi utilizada a metodologia *Bottom-up*. A metodologia *Bottom-up*, utilizada para cálculos de emissões de CO<sub>2</sub> no setor energético, é uma metodologia elaborada pelo IPCC, através da qual é possível realizar a identificação e quantificação das emissões de gases do efeito estufa separadamente, ou seja, os cálculos de emissões de gases do efeito estufa podem ser baseados nos fatores de emissão referentes não somente ao CO<sub>2</sub>, mas também em relação a outros gases causadores de tal efeito, como CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O



(ÁLVARES et. al, 2001). Contudo, os fatores de emissão referentes a estes gases, além de serem extremamente reduzidos, quando comparados ao CO<sub>2</sub>, variam muito de acordo com a tecnologia, com o país e são desenvolvidos com base em informações amostrais e conhecimentos de engenharia sobre as diferentes tecnologias (MATTOS, 2001).

Em geral, o IPCC recomenda esta metodologia nos casos em que haja dados locais confiáveis sobre o consumo, fatores de emissão levantados em laboratórios locais, estado de manutenção de equipamentos utilizados durante a obtenção de energia e seus respectivos rendimentos. Segundo MATTOS (2001), a metodologia *Bottom-up* necessita de informações detalhadas que muitas vezes não estão disponíveis.

Conforme explicitado no Capítulo 4 (Ferramentas Metodológicas para o Cálculo de Emissões), o fator de emissão de CO<sub>2</sub> referente ao ano de 2008 para energia elétrica foi fornecido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (2009), diferentemente dos demais fatores de emissão que foram fornecidos pelo IPCC. A utilização do fator de emissão diferenciado para energia elétrica se deu em função da metodologia *Bottom-up* exigir dados locais e também em função do fator de emissão fornecido pelo MCT estar de acordo com a matriz energética brasileira. O valor das emissões de CO<sub>2</sub> é apresentado no Capítulo 5 (Resultados e Discussão).

#### **3.1.2.4 - Resíduos Gerados**

Resíduos sólidos urbanos dispostos em aterro sanitário liberam metano (CH<sub>4</sub>) uma vez que são acondicionados em meio anaeróbico. A quantidade deste gás liberada depende do volume de lixo produzido, do conteúdo de matéria orgânica em sua composição e das condições de anaerobiose de sua disposição (LA ROVERE, 2005).

As emissões de CO<sub>2</sub> provenientes de resíduos sólidos dispostos em aterro não são consideradas em inventários em função das mesmas serem de origem biogênica. Em relação às emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) provenientes da disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário, não há metodologia para cálculo, pelo fato das mesmas não serem consideradas significativas (IPCC, 2006).

Na Metal Master, são gerados resíduos recicláveis (papel, papelão, madeira, vidro, plástico, lâmpadas de mercúrio, isopor, metais), não-recicláveis (lixo de varrição, restos alimentares) e resíduos que são enviados para co-processamento (substâncias sólidas, óleo solúvel, solvente de tinta, resina acrílica e lama proveniente de estação de tratamento de efluentes industriais).

Para todos estes resíduos foram calculadas, através da metodologia *Top-down*, as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do transporte dos mesmos até seu local de destinação final. Em relação aos resíduos recicláveis, não foram calculadas as emissões por parte dos mesmos uma vez que eles não sofrem o processo de decomposição ao qual são submetidos os resíduos enviados para aterro. Em relação aos resíduos enviados ao co-processamento, foram contabilizadas as emissões de CO<sub>2</sub> com auxílio da metodologia *Top-down*, uma vez que este processo envolve combustão. Para os resíduos não-recicláveis dispostos em aterro, foram calculadas as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) através do método de Decaimento de Primeira Ordem (DPO).

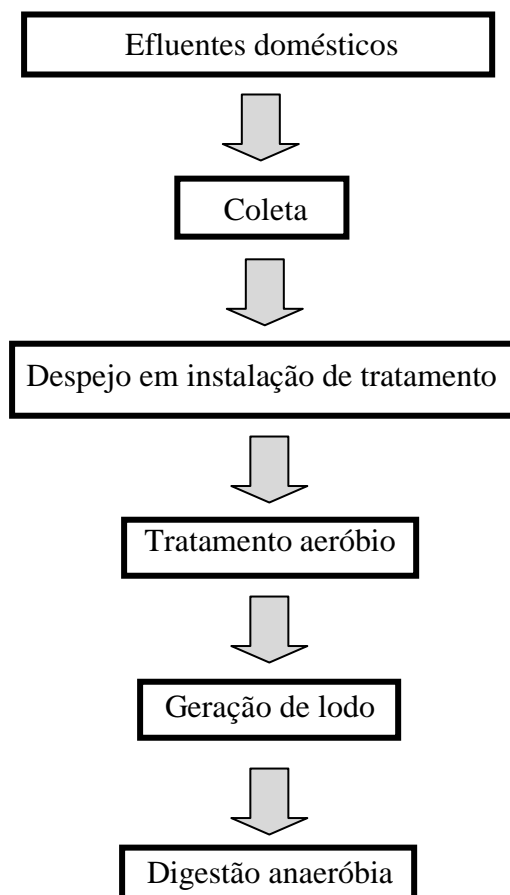
No capítulo Resultados e Discussão, estão os valores obtidos pelo cálculo de emissões de gases do efeito estufa pelos resíduos gerados.

### **3.1.2.5 - Efluentes Domésticos Gerados**

Os efluentes podem ser uma fonte de metano (CH<sub>4</sub>), quando tratados ou dispostos anaerobiamente, e também fonte de emissão de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de efluentes não são consideradas pelo IPCC GUIDELINES (2006) por serem de origem biogênica. Efluentes são gerados por diversas fontes domésticas, industriais e comerciais. Geralmente são tratados localmente (sem coleta), despejados em planta centralizada ou dispostos sem tratamento nas proximidades (IPCC, 2006).

Na empresa Metal Master, os efluentes domésticos gerados passam por uma caixa de gordura e posteriormente por um sistema de fossa aberta. A lama resultante é retirada a cada 6 meses e enviada para a ETE Alegria. O sobrenadante é transferido para a rede coletora estadual, com destino a ETE Penha.

O tratamento de efluentes que ocorre nas Estações da CEDAE, citadas anteriormente, obedece ao Fluxograma 1, a seguir:



Fluxograma 1: Tratamento de efluentes pelas ETE's Alegria e Penha (CEDAE)

Durante os tratamentos primário, secundário e terciário do efluente, é produzida lama (CEDAE, 2009). Os efluentes, assim como a lama gerada durante o tratamento dos mesmos geram metano se degradados anaerobiamente. Alguns fatores podem influenciar as emissões de metano. Tais fatores referem-se à composição orgânica do efluente, temperatura e tipo de tratamento aplicado. Assim, quanto mais elevada a temperatura, a DBO<sup>2</sup> e/ ou a DQO<sup>3</sup> do efluente, maior será a produção de metano (IPCC, 2006).

Em relação ao óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), o mesmo está associado à degradação de componentes nitrogenados do efluente (uréia, nitrato, proteína). Emissões diretas de

---

<sup>2</sup> DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio. É utilizada para medir a quantidade de carbono biodegradável existente no efluente.

<sup>3</sup> DQO – Demanda Química de Oxigênio. É utilizada para medir a quantidade de carbono biodegradável e não-biodegradável no efluente.

óxido nitroso podem ser geradas durante o processo de nitrificação<sup>4</sup> e denitrificação<sup>5</sup> do nitrogênio presente. Ambos os processos podem ocorrer nas instalações de tratamento assim como nos corpos d'água que recebem o efluente. Óxido Nitroso pode ser um produto intermediário de ambas as reações, mas geralmente está associado à denitrificação (IPCC, 2006).

Conforme apresentado no Fluxograma 1, o tratamento de efluentes ocorrido pelas ETE's Penha e Alegria se dá através de tratamento aeróbio, com posterior digestão anaeróbia da lama (CEDAE, 2009). De acordo com IPCC GUIDELINES (2006), a digestão anaeróbia de lama em instalações de tratamento aeróbio de efluentes pode representar uma fonte significativa de metano, caso o mesmo não seja recuperado e queimado. Entretanto, neste tipo de tratamento, não há emissões de óxido nitroso.

Segundo o IPCC Guidelines (2006), a capacidade de gerar metano por parte da lama e dos efluentes com compostos orgânicos dissolvidos é praticamente a mesma, e equações separadas para o cálculo de emissões não são necessárias.

Consideradas as características e condições nas quais são realizadas as etapas de tratamento dos efluentes domésticos, foi aplicada a metodologia fornecida pelo IPCC para cálculo de emissões de metano através da digestão anaeróbia de lama em instalações de tratamento aeróbio de efluentes. Os valores obtidos estão apresentados no capítulo 5 (Resultados e Discussão).

### **3.1.2.6 - Efluentes Industriais Gerados**

De acordo com o IPCC Guidelines (2006), as emissões de metano produzidas por efluentes industriais são baseadas na concentração de matéria orgânica degradável no efluente, no volume e se o mesmo é tratado anaerobiamente. Em função disto, os principais tipos de efluentes industriais com alto potencial de produção de metano são identificados a seguir, dentre os quais a empresa Metal Master não se enquadra:

- Fabricação de celulose e papel;
- Processamento de carnes (matadouros);

---

<sup>4</sup> Nitrificação – Processo aeróbio de conversão de amônia e outros compostos nitrogenados em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

<sup>5</sup> Denitrificação – Processo que ocorre em condições anaeróbias onde ocorre a conversão biológica do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em nitrogênio gasoso ( $\text{N}_2$ ).

- Produção de álcool, cerveja e amido;
- Produção de produtos químicos orgânicos;
- Processamento de alimentos e bebidas (leite e derivados, óleos vegetais, frutas e legumes, sucos.)

Na Metal Master, é efetuado o tratamento dos efluentes industriais gerados por seus respectivos processos. Estes efluentes são gerados pela linha de fosfatização, linha de impregnação e pintura líquida.

A linha de fosfatização possui três tanques de armazenamento, enquanto a linha de impregnação possui quatro tanques e a linha de pintura líquida possui um tanque. Os efluentes provenientes da pintura líquida, impregnação e fosfatização, após terem sido armazenados em seus tanques, são encaminhados para a Estação de Tratamento de Dejetos Industriais da empresa, onde passam por um tratamento físico-químico, no qual ocorre o ajuste do pH, floculação e decantação. A lama gerada após a decantação (lama de hidróxidos de metais pesados) é direcionada para co-processamento, enquanto o sobrenadante é encaminhado para um rio local de acordo com Outorga expedida pelo INEA (SERLA) e Norma Técnica respectiva. As emissões relacionadas ao tratamento de dejetos industriais estão disponíveis no capítulo Resultados e Discussão.

## 4 - FERRAMENTAS METODOLÓGICAS PARA CÁLCULO DE EMISSÕES

A seguir, as metodologias para cálculo de emissões de gases do efeito estufa relacionadas às atividades da empresa Metal Master serão descritas. É válido salientar que as respectivas metodologias referem-se à Tier 1 (Nível 1), por utilizar valores de referência nacionais e internacionais (valores “default”) fornecidos pelo IPCC e pelo MCT, ou seja, por permitir a conclusão dos cálculos mesmo na ausência de fatores de emissão, parâmetros e estatísticas locais (IPCC, 2009).

### 4.1 - Metodologia *Top-Down* Para Cálculo de Emissões Provenientes do Consumo de Combustíveis

A contabilização das emissões de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis pode ser feita através da metodologia *Top-down*, que leva em conta apenas as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir dos dados de produção e consumo de energia, sem detalhamento de como essa energia é consumida (LA ROVERE, 2005). Uma das características desta metodologia baseia-se na confiabilidade dos dados, uma vez que a *Top-down* possui uma grande quantidade de informações disponíveis sobre suprimento de combustíveis (MATTOS, 2001). De acordo com Álvares et. al, (2001), a escolha da metodologia depende da qualidade dos dados primários locais existentes.

De acordo com o IPCC (2009), o CO<sub>2</sub> é responsável por mais de 97% das emissões totais de GEE's devido aos processos de combustão. A incerteza dos cálculos para este gás é da ordem de 5%, oriunda principalmente da operação, mais do que das imprecisões dos fatores de emissão. Por sua vez, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> contribuem com cerca de até 3% e 1%, e as incertezas são de 50 e 40%, respectivamente, devidas principalmente aos fatores de emissão (IPCC, 2009). Dessa forma, pela predominância de CO<sub>2</sub>, pela simplicidade e relativa confiabilidade do método *Top-down* e, em muitos casos, pela inexistência de fatores de emissão precisos para N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> dentre outros gases causadores do efeito estufa, considera-se como boa prática na elaboração de inventários destes gases, a estimativa das emissões baseada somente nos dados relativos a CO<sub>2</sub>. (MATTOS, 2001).

Assim, a escolha pela metodologia denominada *Top-down* no cálculo para fontes nas quais ocorre combustão se deu pelo fato de a mesma levar em conta uma grande quantidade de informações sobre suprimento de combustíveis e por apresentar alto grau

de confiança, enquanto outras opções metodológicas necessitam de informações detalhadas que muitas vezes não estão disponíveis, tais como emissões de todos os gases, o tipo de equipamento empregado e respectivos rendimentos (LA ROVERE, 2005).

As equações utilizadas, referentes à metodologia *Top-down*, são:

Equação 1:

$$CC = CA \times F_{Conv} \times 45,2 \times 10^{-3} \times F_{corr}$$

Onde,

CC = Consumo de Energia (TJ)

CA = Consumo Aparente do Combustível (Unidade Física, por exemplo, m<sup>3</sup>, L, t, etc.)

1 tep (Brasil) = 45,2 x 10<sup>-3</sup> TJ (tera-joule = 1012 J);

FConv = Fator de Conversão (tep/ Unidade Física) da Unidade Física para tep médio.

Fcorr = fator de correção de poder calorífico superior (PCS)<sup>6</sup> para Poder calorífico inferior (PCI). No BEN, o conteúdo energético tem como base o PCS, mas para o IPCC, a conversão para unidade comum de energia deve ser feita pela multiplicação do consumo pelo PCI. Para combustíveis sólidos e líquidos o Fcorr = 0,95 e para combustíveis gasosos, o Fcorr = 0,90, conforme Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. (ÁLVARES et.al, 2001).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2009), para expressar a energia consumida deve-se adotar uma única unidade de medida na agregação das suas

---

<sup>6</sup> Entende-se por PCS a quantidade de calor produzida por 1 kg de combustível, quando este entra em combustão, em excesso de ar, e os gases da descarga são resfriados de modo que o vapor de água neles contido seja condensado. Já o PCI corresponde a quantidade de calor que pode produzir 1 kg de combustível, quando este entra em combustão com excesso de ar, e os gases de descarga são resfriados até o ponto de ebulição da água, evitando assim que a água contida na combustão seja condensada. Como a temperatura dos gases de combustão é muito elevada nos motores endotérmicos, a água contida neles se encontra sempre no estado de vapor, portanto, para saber a quantidade de energia interna contida no combustível, considera-se o poder calorífico inferior e não o superior (MME, 2009).

diversas variáveis. A unidade básica adotada na composição do Balanço Energético Nacional é a “tonelada equivalente de petróleo – tep”, uma vez que a mesma está relacionada diretamente com um energético importante e expressa um valor físico.

Cada combustível possui um conteúdo energético diferente, portanto o primeiro passo da metodologia é a conversão do consumo aparente (CA) de cada combustível, medido na sua unidade original, para uma unidade comum de energia. Esta conversão é efetuada multiplicando o consumo do combustível pelo fator de conversão em tep por unidade do combustível (tep/ unidade). Depois a quantidade de energia é transformada em tep para o terajoule (TJ), conforme estabelece a metodologia citada (LA ROVERE, 2005). Os fatores de conversão foram obtidos no Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008 (MME, 2009).

A Tabela 4 mostra os fatores de conversão para tep médio, de acordo com a publicação referente ao Sumário Executivo do Balanço Energético Nacional de 2008.

Tabela 4: Fatores de conversão para tep médio

Fontes	Unidade	tep
Gasolina Automotiva	m <sup>3</sup>	0,77
Óleo Diesel	m <sup>3</sup>	0,848
Álcool Etílico Hidratado	m <sup>3</sup>	0,51
Gás Natural Seco	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	0,88
Eletricidade/ Hidráulica	MWh	0,086

Fonte: Sumário Executivo do Balanço Energético Nacional, 2008. Adaptado.

Entretanto, para Mattos (2001), esses valores em tep não podem ser convertidos diretamente em terajoules (TJ), pois no Balanço Energético Nacional o conteúdo energético dos combustíveis tem como base seu poder calorífico superior (PCS). Para o IPCC, a conversão para uma unidade comum de energia deve ser feita multiplicando-se o consumo de combustível pelo seu poder calorífico inferior (PCI). A justificativa é que os fatores de emissão de carbono recomendados pelo IPCC (2006), em quantidade de carbono por unidade de energia, são definidos com base na energia efetivamente aproveitável do combustível. Os fatores de correção para transformar o PCS em PCI,



usados pela Comunicação Nacional, são 0,95 para os combustíveis sólidos e líquidos e 0,90 para os combustíveis gasosos.

No entanto, a partir da edição de 2003, o BEN passou a adotar os critérios internacionais mais usuais para a conversão das unidades comerciais de energia em uma unidade comum de referência. Assim, todos os fatores de conversões passam a ser determinados com base nos poderes caloríficos inferiores das fontes de energia (MME, 2009). Desta forma, não mais se utiliza o fator de correção proposto anteriormente, de modo que a equação 1 pode ser representada da seguinte forma:

Equação 1a:

$$CC = CA \times F_{Conv} \times 45,2 \times 10^{-3}$$

Assim como o conteúdo energético, os combustíveis possuem diferentes quantidades de carbono (MATTOS, 2001). Os fatores de emissão ( $F_{emiss}$ ) utilizados neste trabalho foram fornecidos pelo IPCC, exceto para energia hidráulica/ energia elétrica, que foram obtidos através do Ministério de Ciência e Tecnologia. Na ausência de fatores de emissão locais, aqueles recomendados no IPCC (2006) podem ser utilizados como referência (ÁLVARES et. al, 2001).

Dando continuidade à aplicação de fórmulas referentes à metodologia *Top-down*, a quantidade de carbono emitida na queima do combustível deve ser calculada conforme a equação 2:

$$QC = CC \times F_{emiss} \times 10^{-3}$$

Onde,

QC = Quantidade de carbono (GgC)

CC = Consumo de energia (TJ)

$F_{emiss}$  = Fator de emissão de carbono (tC/ TJ).

$10^{-3}$  = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).

Na Tabela 5 podem ser observados os fatores de emissão de dióxido de carbono por tipo de combustível. Tais fatores de emissão foram adaptados a partir de dados do

Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006). Conforme explicitado, o maior fator de emissão de dióxido de carbono, na Tabela 5, pertence ao óleo diesel.

Tabela 5: Fatores de emissão de dióxido de carbono por combustíveis

Combustível	Fator de emissão de carbono (tC/ TJ)
Gasolina	18,9
Álcool	16,8
Óleo Diesel	20,2
Gás natural	15,3

Fonte: IPCC, 2006 (Adaptado).

Em alguns combustíveis, parte do carbono fica estocada, fixada, o que se denomina fração de carbono aprisionada. Ou seja, nem toda a quantidade de carbono acaba sendo emitida para a atmosfera. Em determinados procedimentos metodológicos, esta fração de carbono fixada é considerada, o que resulta em uma parcela menor de carbono emitido. Contudo, na presente pesquisa, foi considerado todo o conteúdo de carbono dos combustíveis, uma vez que, em média, 99% do carbono contido nos combustíveis é oxidado durante o processo de combustão (MATTOS, 2001).

Assim, o conteúdo de carbono obtido através da equação 2 foi considerado como emissão de carbono na Equação 3, conforme segue:

$$ECO_2 \text{ (Gg)} = EC \text{ (Gg)} \times 44/12$$

Onde,

$ECO_2$  = emissão de  $CO_2$ ;

EC = emissão de C.

Em função dos respectivos pesos moleculares, 44 t de  $CO_2$  corresponde a 12 t de C ou  $1 \text{ t } CO_2 = 3,666 \text{ t C}$ .

A metodologia *Top-down* foi utilizada para a contabilização de emissões de GEE's provenientes nas seguintes atividades: combustão de gás natural para geração de

energia nos processos industriais internos, consumo de combustíveis na frota da indústria, consumo de combustíveis no transporte de resíduos, consumo de combustíveis na frota utilizada pelos funcionários (trajeto casa-indústria/ indústria-casa) e co-processamento de resíduos.

#### **4.2 - Metodologia *Bottom-Up* para o Cálculo de Emissões de Gases do Efeito Estufa Provenientes do Consumo de Energia Elétrica**

A utilização da metodologia *Bottom-up* elaborada pelo IPCC permite quantificar e identificar os gases de efeito estufa desagregadamente. Para a utilização deste método devem ser utilizados fatores de emissão específicos para a fonte analisada (LA ROVERE, 2005).

A metodologia *Bottom-up*, foi utilizada no cálculo das emissões provenientes do consumo de energia elétrica na Metal Master. Dados referentes à conversão do consumo aparente de energia elétrica/ hidráulica para tep são fornecidos pela publicação do BEN de 2008, pelo Ministério de Minas e Energia, conforme encontrado na Tabela 4. De acordo com La Rovere (2005), os fatores de emissão utilizados na metodologia *Bottom-up* variam amplamente de acordo com o país e com a tecnologia do processo em análise. As características industriais, econômicas e socioculturais devem ser levadas em consideração para a realização do cálculo do fator de emissão. Desta forma, para o cálculo das emissões provenientes da utilização de energia elétrica, foi utilizado o fator de emissão de CO<sub>2</sub> fornecido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia referente ao ano de 2008.

A Equação 4 é utilizada para o cálculo das emissões de gases do efeito estufa em função do consumo de energia elétrica:

Equação 4:

$$\text{Emissões (CO}_2\text{)} = \text{Fator de emissão (CO}_2\text{)} \times \text{Consumo de energia (tep)}$$

Onde,

Emissões (CO<sub>2</sub>) = Emissões de dióxido de carbono;

Fator de emissão = Fator de emissão para dióxido de carbono fornecido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (2009);

Consumo de energia = Energia consumida mensalmente (em tep).

#### **4.3 - Metodologia DPO para Cálculo de Emissões de Gases do Efeito Estufa para Resíduos Dispostos em Aterro Sanitário**

Resíduos sólidos urbanos dispostos em aterro sanitário liberam metano (CH<sub>4</sub>) uma vez que são acondicionados anaerobiamente. A quantidade liberada deste gás depende do volume de lixo, do conteúdo de matéria orgânica em sua composição e das condições de anaerobiose de sua disposição (LA ROVERE, 2005).

A metodologia desenvolvida pelo IPCC (2009) para estimar as emissões de metano pela disposição de resíduos sólidos em aterro é baseada no método de Decaimento de Primeira Ordem (DPO). Este método considera que o componente orgânico degradável (carbono orgânico degradável – COD) nos resíduos decai lentamente ao longo de algumas décadas, durante as quais o metano (CH<sub>4</sub>) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) são produzidos. Se as condições são constantes, a taxa de produção de metano ocorre somente em função da quantidade de carbono remanescente do resíduo. Assim, as emissões provenientes da disposição de resíduos em aterro sanitário são maiores nos primeiros anos e, então, declinam gradualmente enquanto o carbono degradável no resíduo é consumido pelas bactérias responsáveis pelo decaimento (IPCC, 2006).

A Equação 5 é utilizada pelo IPCC para cálculo de emissões de metano por parte de resíduos urbanos dispostos em aterro sanitário, em 1000 toneladas por ano:

Equação 5:

$$\text{Emissões de metano} = \sum(\text{RSUD} \times \text{FCM} \times \text{CODR} \times \text{FEM} \times 16/12 - R) (1-\text{OX})$$

Onde,

RSUD = Quantidade total anual de Resíduos Sólidos Urbanos Dispostos em aterro sanitário, expresso em milhares de toneladas por ano;

FCM = Fator de Correção do Metano. No caso de aterros sanitário, este fator é igual a 1;

COD = Carbono Organicamente Degradável. Este fator refere-se ao teor de carbono de cada componente degradado, como papel e papelão, folhas, madeira e matéria orgânica total.

CODR = Fração do COD que realmente degrada. Devido ao fato do processo de degradação anaeróbia ser incompleto, parte do carbono potencialmente degradável não se degrada. O valor sugerido pelo IPCC é de 23% de carbono não emitido. (LA ROVERE, 2005)

FEM = Fração de Carbono Emitida como Metano. De acordo com o IPCC, 50% do biogás é composto por metano.

16/12 = Taxa de conversão, de acordo com o peso molecular do carbono e do metano.

R = Metano Recuperado. Este fator refere-se à parcela de metano recuperada, queimada ou utilizada para geração de energia no local da disposição dos resíduos.

OX = Fator de oxidação. Este fator refere-se aos resíduos sólidos e ao gás que sofre queimas espontâneas no aterro (incêndios), não gerando metano. Considerando a não-ocorrência de incêndios, o valor do fator é igual a 0 (zero).

Os resíduos sólidos urbanos gerados pela Metal Master são dispostos no Aterro Sanitário de Nova Iguaçu. Nos aterros sanitários, ocorre a disposição planejada de resíduos. Assim, considera-se que 100% dos resíduos são dispostos em condições de anaerobiose (LA ROVERE, 2005).

Para determinação do COD é aplicado o fator correspondente à participação percentual do peso de cada componente do lixo, conforme a equação 6:

Equação 6:

$$\text{COD} = (0,4 \times \% \text{ do peso de papel e papelão}) + (0,17 \times \% \text{ do peso de folhas}) + (0,15 \times \% \text{ do peso de restos alimentares}) + (0,3 \times \% \text{ do peso de madeira})$$

Assim, a metodologia citada foi utilizada para o cálculo das emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos da empresa Metal Master no aterro sanitário de Nova Iguaçu.

#### **4.4 - Metodologia para Cálculo de Emissões de Gases do Efeito Estufa de Esgotos Domésticos**

Para a realização do cálculo de emissões de CH<sub>4</sub> provenientes da geração de esgotos na Metal Master, foi utilizada metodologia específica relacionada a esta fonte. De acordo com LA ROVERE (2005), as equações utilizadas pelo IPCC para o cálculo de emissões anuais provenientes de efluentes domésticos são:

Equação 7:

$$COT = Pop \times COD \times 265 \times I$$

Onde,

COT = Carga orgânica total (kgDBO/ ano);

Pop = População (número de pessoas, habitantes);

COD = Componente orgânico de degradação (gDBO/ hab.dia);

0,001 = Conversão de gramas de DBO para quilogramas de DBO.

I = Fator de correção para a DBO adicional proveniente de indústrias despejada no sistema de coleta. Tal fator refere-se à presença de restaurantes (por exemplo) no ambiente industrial, cujos efluentes são lançados juntamente com os efluentes domésticos.

265 = Dias trabalhados na Metal Master no ano de 2008.

Equação 8:

$$FE = B0 \times MCF$$

Onde,

FE = Fator de emissão (kg CH<sub>4</sub>/ kg DBO);

B<sub>0</sub> = Capacidade máxima de produção de metano (kg CH<sub>4</sub>/ kg DBO);

MCF = Fator de correção do metano (adimensional). Indica a extensão em que a capacidade de produção de metano é liberada por tipo de tratamento. Ou seja, é um indicador do grau de anaerobiose do sistema.

Equação 9:

$$EmCH_4 = COT \times FE$$

EmCH<sub>4</sub> = Produção de metano (kgCH<sub>4</sub>/ kg DBO);

COT = Carga orgânica total (kgDBO/ dia);

FE = Fator de emissão (kgCH<sub>4</sub>/ kgDBO).

Equação 10:

$$ELM = EmCH_4 - MR$$

Onde,

ELM = Emissões líquidas de metano;

EmCH<sub>4</sub> = Produção de metano (kgCH<sub>4</sub>);

MR = Metano recuperado

Assim, através das equações supracitadas, as emissões de metano da empresa Metal Master foram calculadas.

#### **4.5 - Metodologia para Cálculo de Emissões de Gases do Efeito Estufa de Efluentes Industriais**

Visto que todo o processo de tratamento de dejetos industriais da Metal Master ocorre aerobiamente, não há produção de metano. Segundo o IPCC Guidelines (2006), o fator de emissão para instalações de tratamento aeróbio é igual a zero. No entanto, os resíduos produzidos ao longo dos processos citados anteriormente, tais como lama ETDI (lama de hidróxidos de metais pesados), solvente de tinta e resina acrílica, geram dióxido de carbono uma vez que são enviados para co-processamento, onde, conseqüentemente, ocorre combustão.

Assim sendo, as emissões de gases do efeito estufa provenientes da Estação de Tratamento de Dejetos Industriais são calculadas com auxílio da metodologia *Top-down* em função dos resíduos co-processáveis gerados através deste processo.



## **5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 - Fontes de Emissões de Gases do Efeito Estufa na Metal Master**

Para quantificar as emissões de gases do efeito estufa da Metal Master, primeiramente, foi necessário identificar as fontes de emissão destes gases. O levantamento de tais fontes indicou as seguintes:

- Utilização de combustíveis por frota própria e frota de terceiros (emissões diretas);
- Utilização de combustíveis durante o transporte de resíduos (emissões diretas);
- Geração de resíduos orgânicos não-recicláveis enviados para aterro sanitário (emissões indiretas);
- Geração de resíduos enviados ao co-processamento (emissões indiretas);
- Geração de efluentes atmosféricos por processos industriais (emissões diretas);
- Utilização de energia elétrica (emissões indiretas);
- Geração de esgotos domésticos (emissões indiretas);
- Geração de efluentes industriais (emissões indiretas).

A seguir, serão exibidas as tabelas referentes ao levantamento das fontes de emissão de gases do efeito estufa da empresa Metal Master assim como as tabelas e valores referentes à quantificação de emissões.

### **5.2 – Utilização de Combustíveis por Frota Própria, de Terceiros e por Processos Industriais Internos**

Os dados referentes à utilização de combustíveis pela frota da Metal Master e por processos industriais internos são apresentados na Tabela 6. Foram levantados dados a respeito do consumo de gasolina, gás natural, óleo diesel, álcool e gás liquefeito de petróleo (GLP), dentre outros combustíveis. Entretanto, na Metal Master, somente gasolina, óleo diesel e GLP são utilizados em veículos, além de gás natural que é consumido em processos industriais internos.

Tabela 6: Quantidade de combustível utilizado e distância percorrida pela frota própria e processos internos por dia

Natureza do combustível	Procedência	Quantidade de combustível utilizada diariamente	Distância percorrida em km diariamente
Gasolina	Carro	2 L	16 Km
Gás natural (veicular)	—	—	—
Diesel	Caminhão	50 L	230 Km
Álcool	—	—	—
GLP	Empilhadeira	0,05 m <sup>3</sup>	—
Gás natural	Cozinha e processos industriais internos	314,45 m <sup>3</sup>	—
Outros	—	—	—

Conforme observado na Tabela 6, gasolina é consumida por carro pertencente à empresa, que consome, diariamente, 2 litros deste combustível e percorre aproximadamente 16 km. O óleo diesel é utilizado em caminhão, em uma quantidade de 50 litros por dia. Ele percorre, em média, 230 km por dia. Em relação ao gás liquefeito de petróleo (utilizado por empilhadeira), há um consumo diário de 0,05 m<sup>3</sup>. Já o consumo diário de gás natural em processos industriais internos refere-se a 314,45 m<sup>3</sup>.

Os combustíveis utilizados pela frota de terceiros, ou seja, pelos veículos utilizados por funcionários da Metal Master em seu trajeto casa-empresa, empresa-casa, são apresentados na Tabela 7. Estes veículos são: carro, ônibus, moto, barca, trem e metrô. Para cada tipo de veículo foi contabilizado o número de trajetos realizados pelos funcionários que os utilizam, assim como o somatório destes trajetos (ida e volta).

Tabela 7: Conduções utilizadas pelos funcionários em seu deslocamento diário no trajeto casa-indústria/ indústria-casa

Grupo de Funcionários	Número de funcionários e percentual	Tipo de conduções utilizadas (trajeto casa-indústria/ indústria-casa)	Número de conduções utilizadas no trajeto casa-indústria	Número de conduções utilizadas no trajeto casa-indústria/ indústria-casa
Funcionários diretos	256 (80,25%)	Carro	45	90
		Ônibus	380	760
		Trem	28	56
		Metrô	4	8

Tabela 7: Conduções utilizadas pelos funcionários em seu deslocamento diário no trajeto casa-indústria/ indústria-casa

Grupo de Funcionários	Número de funcionários e percentual	Tipo de conduções utilizadas (trajeto casa-indústria/ indústria-casa)	Número de conduções utilizadas no trajeto casa-indústria	Número de conduções utilizadas no trajeto casa-indústria/ indústria-casa
Funcionários indiretos	63 (19,75%)	Barca	2	4
		Motocicleta	4	8
		Carro	5	10
		Ônibus	104	208
		Trem	16	32
		Metrô	0	0
		Barca	0	0
		Motocicleta	0	0
		Carro	50	100
		Ônibus	484	968
Total de funcionários	319 (100%)	Trem	44	88
		Metrô	4	8
		Barca	2	4
		Motocicleta	4	8

De acordo com a Tabela 7, em um total de 319 funcionários, são realizados, por dia, 100 trajetos de carro, 968 através de ônibus, 88 através de trem, oito através de metrô, quatro através de barca e oito através de motocicleta. Além destes números, 42 funcionários não utilizam meios de transporte, pois moram na comunidade próxima.

A distância média percorrida pelos funcionários que utilizam conduções para chegar à empresa é de 50 km. Porém, não é possível calcular em cada caso, qual é a distância exata percorrida por cada meio de transporte. Foi considerado, então, que cada **condução** percorre 50 km. Esta consideração gera uma distância total percorrida de 58.800 km por dia (ida e volta), se somados o total de meios de transporte utilizados (1176 conduções).

Entretanto, considerando que dos 319 funcionários da empresa 42 não utilizam meios de transporte, o número de pessoas que utilizam estes meios diminui para 277 (ou seja, 319 – 42). Se a distância média dos funcionários que utilizam meios de transporte é igual a 50 km, a **real** distância total percorrida por estes será igual a 27.700 km (ida e volta).

Logo, após os cálculos das emissões de CO<sub>2</sub>, que serão exibidos neste capítulo, foi multiplicado o valor final por um fator de correção igual a 0,47 (27700/ 58800), para

que não fossem calculadas de forma superestimada as emissões de gases de efeito estufa.

### **5.2.1 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionadas por Utilização de Combustíveis em Frota de Terceiros**

O cálculo de emissões de gases do efeito estufa oriundas do consumo de combustíveis por frota de terceiros necessita de um prévio conhecimento do tipo de combustível utilizado (gasolina, diesel, álcool, gás natural veicular, energia elétrica, dentre outros). Tal informação é imprescindível em função de tornar possível a pesquisa dos fatores de conversão para tep – toneladas equivalentes de petróleo - assim como os fatores de emissão dos gases de efeito estufa considerados.

Assim, para fins de definição dos combustíveis consumidos por veículos de terceiros utilizados por funcionários da Metal Master foi realizada uma estimativa de tais combustíveis e de seu respectivo consumo. Foram considerados os veículos freqüentados pelos funcionários da Metal Master e também dados referentes ao setor de transportes no estado do Rio de Janeiro obtidos através do GEIPOT (2000).

Em função do percentual de combustíveis em veículos do estado do Rio de Janeiro, foi estimado o número de veículos (por tipo de combustível) utilizados por funcionários da Metal Master. Na Tabela 8, a seguir, é apresentado o número de ônibus do estado do Rio de Janeiro e o percentual dos combustíveis utilizados nos mesmos. Em função do percentual obtido, foi feita uma estimativa dos combustíveis utilizados pelos ônibus freqüentados pelos funcionários da Metal Master. O rendimento dos combustíveis foi obtido através do IPCC (2009) e INMETRO (2009). Tais dados e estimativa podem ser encontrados nas Tabelas 8, 9 e 10, referentes a ônibus, carros e motocicletas, respectivamente:

Tabela 8: Estimativa de combustíveis em ônibus utilizados no RJ e por funcionários da Metal Master

Combustível em transporte coletivo (ônibus) no Rio de Janeiro	Nº de ônibus no Rio de Janeiro	Percentual de ônibus no RJ	Nº de ônibus utilizadas diariamente por funcionários da Metal Master em função do percentual no RJ	Rendimento do combustível (km l <sup>-1</sup> )	Rendimento do combustível (km m <sup>-3</sup> )
Gasolina	588	1,33	6,42	4,4	—
Álcool	20	0,05	0,22	—	—
Diesel	43.456	97,99	474,29	3,3	—
GNV (outros)	282	0,64	3,08	—	3,6
Total	44.346	100	484	—	—

**Fonte: Anuário estatístico dos transportes do estado do Rio de Janeiro, GEIPOT, 2000. IPCC, 2009**

Como é possível observar na Tabela 8, a maior parte dos ônibus no estado do Rio de Janeiro é movida a óleo diesel (97,99%), seguida por gasolina (1,33%), GNV (0,64%) e álcool (0,05%). O percentual referente a óleo diesel multiplicado pelo número de funcionários que utilizam tal transporte coletivo (484 funcionários) resultou em um valor de aproximadamente 474 funcionários.

Em função da maior parte dos ônibus no estado do Rio de Janeiro (97,99%) e pelo fato do número de ônibus movidos a outro tipo de combustível não ser significativo, os cálculos, nesta pesquisa, referentes a emissões de gases do efeito estufa foram realizados somente em relação a este tipo de combustível, considerando o total de 484 funcionários. Como o percentual de biodiesel misturado ao diesel é relativamente pequeno no Brasil (em média 3%), tal valor não foi considerado significativo nesta pesquisa.

A Tabela 9, a seguir, apresenta o número total de carros no estado do Rio de Janeiro em função dos combustíveis utilizados. Assim como na Tabela 8, referente a ônibus, foi realizada uma estimativa do número de carros na Metal Master por tipo de combustível em função do percentual utilizado em carros no estado do RJ. Como pode ser observado na Tabela 9, a maior parte dos carros no estado do RJ é movida a gasolina (79,48%). O segundo maior consumo refere-se ao álcool (18,06%), seguido por óleo diesel (1,35%) e GNV (1,11%).

Tabela 9: Estimativa de combustíveis consumidos em carros utilizados no RJ e por funcionários da Metal Master

Combustível em veículos leves no Rio de Janeiro	Nº de carros de passeio no Rio de Janeiro	Nº de veículos comerciais leves no Rio de Janeiro	Somatório dos veículos leves no RJ	Porcentagem de carros no Rio de Janeiro	Nº de carros na empresa em função da porcentagem no RJ	Rendimento do combustível (km l <sup>-1</sup> )	Rendimento do combustível (km m <sup>-3</sup> )
Gasolina	1.933.045	163.343	2096388	79,48	39,74	12,3	—
Álcool	450.013	26.255	476268	18,06	9,03	9,07	—
Diesel GNV (outros)	4.759	30.818	35577	1,35	0,67	13,7	—
	18.797	10.589	29386	1,11	0,56	—	14,9
Total	2.406.614	231.005	2637619	100	50	—	—

Fonte: Anuário estatístico dos transportes do estado do Rio de Janeiro, GEIPOT, 2000; IPCC, 2009; Inmetro 2009.

Na Tabela 10 é apresentado o número de motos do estado do Rio de Janeiro e o percentual das mesmas em função do tipo de combustível utilizado. Semelhante às tabelas anteriores, através do percentual obtido, foi feita uma estimativa dos combustíveis utilizados pelas motos de funcionários da Metal Master.

Conforme a Tabela 10, a maior parte das motos no estado do Rio de Janeiro é movida a gasolina (99,88%). O percentual referente à gasolina foi multiplicado pelo número de funcionários que utilizam tal transporte na empresa (4 funcionários). Assim, em função da maior parte das motocicletas no estado do Rio de Janeiro ser movida a gasolina e pelo fato de o número de motocicletas movidas a outro tipo de combustível não ser significativo, os cálculos referentes a emissões de gases do efeito estufa foram realizados somente em relação a este tipo de combustível, considerando o total de quatro funcionários.

Tabela 10: Estimativa de combustíveis consumidos em motos utilizados no RJ e por funcionários da Metal Master

Combustível em MOTOS	Nº de motos	Porcentagem	Nº de motos na empresa em função da porcentagem de combustíveis no RJ	Rendimento (km l <sup>-1</sup> )
Gasolina	212.415	99,881	3,995	41,7
Álcool	213	0,1	0,004	—

Tabela 10: Estimativa de combustíveis consumidos em motos utilizados no RJ e por funcionários da Metal Master

Combustível em MOTOS	Nº de motos	Porcentagem	Nº de motos na empresa em função da porcentagem de combustíveis no RJ	Rendimento (km l <sup>-1</sup> )
Diesel	34	0,016	0,001	—
GNV (outros)	6	0,003	0	—
Total	212.668	100	4	—

Fonte: Anuário estatístico dos transportes do estado do Rio de Janeiro, GEIPOT, 2000

Os cálculos das emissões de CO<sub>2</sub> oriundas do consumo de combustíveis em veículos de terceiros utilizados por funcionários da Metal Master foram realizados de acordo com a metodologia *Top-down*, descrita anteriormente. Para efeito de cálculo, conforme citado, o percurso médio considerado, por dia, por **funcionários** da Metal Master, referente ao trajeto casa-empresa/ empresa-casa, é de 50 km.

Os fatores de emissão utilizados nos cálculos a seguir foram obtidos através do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2009) e do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, 2009) e os fatores de conversão para tep foram obtidos através da publicação do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008 - Ministério de Minas e Energia (MME).

### 5.2.1.1 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionadas por Utilização de Combustíveis em Ônibus

A Tabela 11 apresenta as emissões de CO<sub>2</sub> anuais ocorridas em função do consumo de óleo diesel em ônibus utilizados pelos funcionários da Metal Master. O fator de emissão para este tipo de combustível é de 20,2 (IPCC, 2009) e o fator de conversão para tep é de 0,848 (BEN, 2008). Em relação ao rendimento do óleo diesel em ônibus, o valor considerado refere-se a 3300 km m<sup>-3</sup>, conforme pode ser observado na Tabela 8 (IPCC, 2009).

Tabela 11: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em ônibus

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> ) (ida e volta - 2 viagens)	0,01515
Fconv (para Tep)	0,848

Tabela 11: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em ônibus

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00058
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,001</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00058
Femiss (tC/TJ)	20,2
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	1,17E-05
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	1,17E-05
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	4,30E-05
Emissão de CO <sub>2</sub> (ônibus a diesel) por dia (Considerando 484 funcionários da Metal Master e 43 assentos)	4,84E-04
Emissão de CO <sub>2</sub> (ônibus a diesel) por 265 dias (Gg)	1,28E-01
Fator de correção	0,47
Valor final	6,03E-02

A quantidade de CO<sub>2</sub> emitida no ano de 2008, considerando 265 dias úteis, resultou em  $6,03 \times 10^{-2}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

### 5.2.1.2 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Carros

Na Tabela 12 são apresentadas as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da combustão de gasolina em carros utilizados por funcionários da Metal Master. O fator de conversão de gasolina automotiva para tep foi de 0,770 (BEN, 2008), enquanto o fator de emissão de CO<sub>2</sub> refere-se a 18,9 (IPCC, 2009). O rendimento para este combustível, de acordo com o IPCC, é de 12300 km m<sup>-3</sup>, conforme pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 12: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em carro de terceiros

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,00407
Fconv (para Tep)	0,77
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00014



Tabela 12: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em carro de terceiros

<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,001</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00014
Femiss (tC/TJ)	18,9
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	2,67E-06
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	2,67E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> por carro) (Gg)	9,80E-06
Emissão de CO <sub>2</sub> (carros a gasolina)/ dia (Gg) (considerando 39 funcionários da Metal Master)	3,82E-04
Emissão de CO <sub>2</sub> (carros a gasolina) em 265 dias	1,01E-01
Fator de correção	0,47
Valor final	4,76E-02

Considerando os 39 funcionários que utilizam os carros como meio de transporte, as emissões foram  $4,76 \times 10^{-2}$  Gg de CO<sub>2</sub> em 2008.

O rendimento médio para o diesel, quando utilizado em carros é  $13700 \text{ km m}^{-3}$  (IPCC, 2009), conforme pode ser observado na Tabela 9. Para a realização dos cálculos referentes à emissão de CO<sub>2</sub> por veículo movido a diesel, foi considerado o fator de conversão para tep de 0,848 (BEN, 2008). O valor para o fator de emissão foi de 20,2 (IPCC, 2009).

Tabela 13: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em carro de terceiros

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,00365
Fconv (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00014
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,001</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00014
Femiss (tC/TJ)	20,2
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	2,83E-06

Tabela 13: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em carro de terceiros

<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	2,83E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	1,04E-05
Emissão de CO <sub>2</sub> (carros a diesel)/ dia (Gg) (considerando 1 funcionário da Metal Master)	1,04E-05
Emissão de CO <sub>2</sub> (carros a diesel) em 265 dias (Gg)	2,75E-03
Fator de correção	0,47
Valor final	1,29E-03

O valor de CO<sub>2</sub> emitido por ano foi de  $2,75 \times 10^{-3}$  Gg.

Como apresentado na Tabela 9, para o álcool, foi considerado um rendimento de 9070 km m<sup>-3</sup> (IPCC, 2009). O fator de conversão para tep foi de 0,51 (BEN, 2008) e o fator de emissão foi de 21,7 (IPCC, 2009).

Tabela 14: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de álcool em carro de terceiros

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,00551
Fconv (para Tep)	0,51
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00013
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,001</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00013
Femiss (tC/TJ)	21,7
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	2,76E-06
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	2,76E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	1,01E-05
Emissão de CO <sub>2</sub> (carros a álcool)/ dia (Gg) (considerando 9 funcionários da Metal Master)	9,10E-05
Emissão de CO <sub>2</sub> (carros a álcool) em 265 dias (Gg)	2,41E-02
Fator de correção	0,47
Valor final	1,13E-02

A emissão anual de CO<sub>2</sub> por essa fonte foi de 1,13 x 10<sup>-2</sup> Gg. Entretanto, considerando que se trata de um combustível renovável e que, durante o crescimento da biomassa que o originou, ocorreu absorção de CO<sub>2</sub> através do processo de fotossíntese, é possível afirmar que a emissão por utilização de álcool é igual a zero.

Para o cálculo da quantidade de CO<sub>2</sub> emitido para a atmosfera através da combustão de gás natural veicular, foi utilizado o fator de conversão para tep de 0,88 (BEN, 2008) e o fator de emissão de CO<sub>2</sub> foi de 15,3. O rendimento para esse combustível foi de 14,9 km m<sup>-3</sup> (IPCC, 2009). O valor obtido de emissão de CO<sub>2</sub> foi de 9,33 x 10<sup>-4</sup> Gg de CO<sub>2</sub>, conforme pode ser observado na Tabela 15.

Tabela 15: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em carro de terceiros

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	0,00336
Fconv (para Tep)	0,88
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00013
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00013
Femiss (tC/TJ)	15,3
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	2,04E-06
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	2,04E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	7,49E-06
Emissão de CO <sub>2</sub> (carros a GNV)/ dia (Gg) (considerando 1 funcionário da Metal Master)	7,49E-06
Emissão de CO <sub>2</sub> (carros a GNV) em 265 dias (Gg)	1,98E-03
Fator de correção	0,47
Valor final	9,33E-04

Na Figura 5 é feita uma comparação das emissões anuais per capita, em toneladas de CO<sub>2</sub>, lançadas pelos carros utilizados por funcionários da Metal Master. Conforme pode ser observado, as emissões ocasionadas por consumo de óleo diesel nestes carros são maiores em relação aos outros combustíveis.

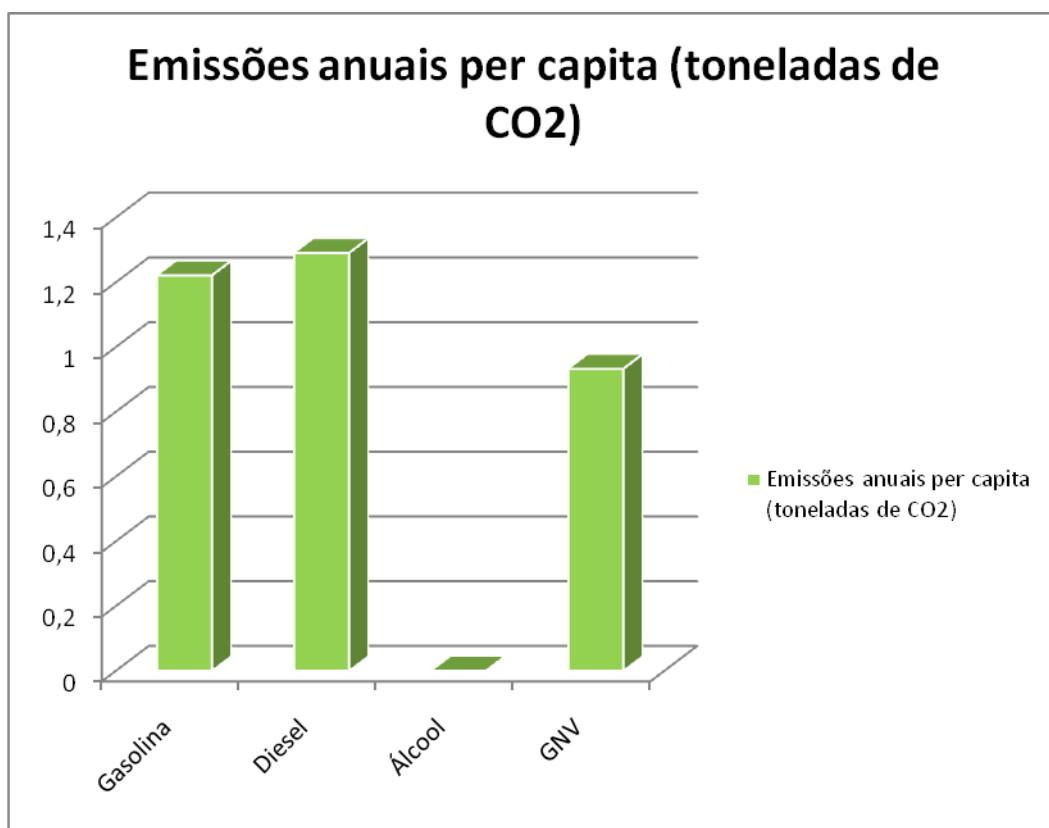


Figura 5: Emissões anuais per capita de CO<sub>2</sub> por utilização de gasolina, diesel, álcool e GNV, em carros de terceiros, por funcionários da Metal Master.

### 5.2.1.3 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionadas por Utilização de Combustíveis em Motos

Em função de 99,88% das motos utilizadas no estado do Rio de Janeiro serem movidas a gasolina, somente este combustível foi considerado nos cálculos de emissões referentes a este meio de transporte. Conforme observado na Tabela 16, o fator de conversão para tep foi de 0,77 (BEN, 2008) e o fator de emissão de CO<sub>2</sub> de 18,9 (IPCC, 2009). O rendimento considerado foi de 41700 km m<sup>-3</sup>(IPCC, 2009), conforme observado na Tabela 10.

Tabela 16: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em moto de terceiros

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,00120
Fconv (para Tep)	0,77

Tabela 16: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em moto de terceiros

Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00004
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00004
Femiss (tC/TJ)	18,9
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	7,89E-07
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	7,89E-07
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	2,89E-06
Emissão de CO <sub>2</sub> (motos a gasolina)/ dia (Gg) (Considerando 4 funcionários da Metal Master)	1,16E-05
Emissão de CO <sub>2</sub> (motos a gasolina) em 265 dias	3,07E-03
Fator de correção	0,47
Valor final	1,44E-03

O valor anual para estas emissões foi de  $1,44 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

#### 5.2.1.4 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Barcas

A utilização de barcas, por funcionário da Metal Master, refere-se à travessia Niterói- Rio de Janeiro/ Rio de Janeiro – Niterói. Durante esta travessia de 5 km o volume de óleo diesel consumido é de 135,11 litros (PINTO, 2004).

Tabela 17: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em barcas

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,27022
Fconv (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,01036
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,01036
Femiss (tC/TJ)	20,2

Tabela 17: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em barcas

0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	2,09E-04
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	2,09E-04
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	7,67E-04
Emissão barcas por dia (Considerando 2 funcionários da Metal Master e 1300 passageiros por viagem) (2 viagens)	5,90E-07
Emissão barcas por 265 dias	1,56E-04
Fator de correção	0,47
Valor final	7,35E-05

Considerando tal consumo, o traslado de ida e volta e dos dois funcionários que utilizam este meio de transporte, obteve-se o valor de  $7,35 \times 10^{-5}$  Gg de CO<sub>2</sub> anualmente conforme apresentado na Tabela 17.

### 5.2.1.5 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionadas por Utilização de Combustíveis em Metrô

Na Tabela 18 é mostrado o cálculo de emissões de CO<sub>2</sub> por parte da utilização do metrô como meio de transporte. É válido salientar que, para realização destes cálculos, diferentemente dos cálculos até então realizados, utilizou-se um fator de emissão obtido através do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, 2009). Este fator de emissão corresponde a 0,0484, enquanto o fator de conversão para tep corresponde a 0,086. O valor médio de consumo de energia elétrica por km corresponde a 0,7575 MWh (FLUMITRENS, 2009).

Tabela 18: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de eletricidade em metrô

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	37,875
Fconv (para Tep)	0,086
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,14723
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,14723

Tabela 18: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de eletricidade em metrô

Femiss (tC/TJ)	0,0484
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	7,13E-06
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	7,13E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	2,61E-05
Emissão viagens metrô por dia (considerando 4 funcionários da Metal Master e 1500 passageiros por viagem) (3000 em 2 viagens)	3,48E-08
Emissão viagens metrô 265 dias	9,23E-06
Fator de correção	0,47
Valor final	4,34E-06

Considerando as emissões ocorridas por ano, foi obtido o valor de  $4,34 \times 10^{-6}$  de CO<sub>2</sub>.

#### 5.2.1.6 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Combustíveis em Trem

De modo semelhante aos cálculos feitos para metrô, foram realizados os cálculos para trem. Neste caso, foram considerados 44 funcionários da Metal Master que utilizam tal meio de transporte, conforme a Tabela 19.

O valor médio de consumo de energia elétrica por km corresponde a 0,7575 MWh (FLUMITRENS, 2009). Nestes cálculos também foi considerado o fator de emissão para dióxido de carbono fornecido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, 2009), que é de 0,0484, assim como nos cálculos referentes ao metrô. O fator de conversão foi de 0,086.

Tabela 19: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de eletricidade em trem

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (MWh)	37,87500
Fconv (para Tep)	0,086
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,14723

$$QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01$$

Tabela 19: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de eletricidade em trem

CC (Consumo de energia) (TJ)	0,14723
Femiss (tC/TJ)	0,0484
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	7,13E-06
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	7,13E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	2,61E-05
Emissão viagens de trem por dia (considerando 44 funcionários da Metal Master e 1800 passageiros por viagem) (3600 em 2 viagens)	3,19E-07
Emissão viagens de trem por 265 dias	8,46E-05
Fator de correção	0,47
Valor final	3,98E-05

Ao longo de um ano, as emissões correspondem a  $3,98 \times 10^{-5}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

Na Tabela 20 é feita uma relação da quantidade de emissões ocasionadas pelo consumo de combustíveis em veículos de terceiros utilizados por funcionários da Metal Master, em Gg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 20: Emissões per capita de gases do efeito estufa por consumo de combustíveis em veículos de terceiros utilizados por funcionários da Metal Master

<b>Atividade</b>	<b>Emissões anuais (toneladas de CO<sub>2</sub>)</b>
Consumo de diesel em ônibus	0,1246
Consumo de gasolina em carros	1,2212
Consumo de diesel em carros	1,2905
Consumo de álcool em carros	0
Consumo de GNV em carros	0,9326
Consumo de gasolina em motos	0,3602
Consumo de diesel nas barcas	0,0367
Consumo de energia elétrica em metrô	0,0011
Consumo de energia elétrica em trem	0,0009
<b>Total</b>	<b>5,2271</b>

Na Figura 6, a seguir, é possível realizar uma comparação destas emissões, em toneladas de CO<sub>2</sub>.



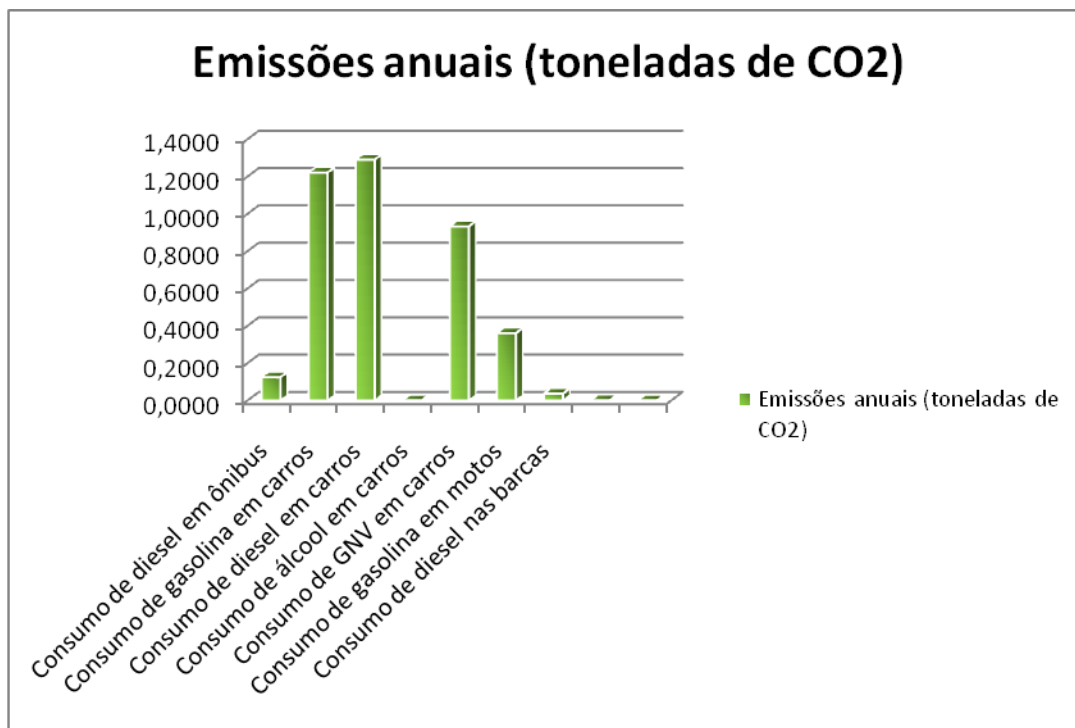


Figura 6: Emissões per capita anuais de CO<sub>2</sub> por veículos de terceiros.

## 5.2.2 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionadas por Utilização de Combustíveis por Frota Interna

### 5.2.2.1 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionadas por Utilização de Gasolina em Carro da Metal Master

A Metal Master possui um carro que consome aproximadamente 2 litros de gasolina ao percorrer, em média, 16 km por dia. Conforme pode ser observado na Tabela 21, as emissões diárias provenientes deste veículo correspondem a  $4,8 \times 10^{-6}$  Gg de CO<sub>2</sub>. Ao longo de um ano, o consumo deste veículo emitiu  $1,28 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub> para atmosfera.

Tabela 21: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em carro da Metal Master

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,002
Fconv (para Tep)	0,77
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00007

$$QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01$$

Tabela 21: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de gasolina em carro da Metal Master

CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00007
Femiss (tC/TJ)	18,9
0,01 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	1,32E-06

$$ECO_2 = EC \times 44/12$$

EC = emissão de C	1,32E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> ) (Gg)	4,82E-06
Emissão carro por dia	4,82E-06
Emissão carro por 265 dias	1,28E-03

### 5.2.2.2 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionadas por Utilização de Diesel em Caminhão

Na Tabela 22 são mostrados os cálculos referentes às emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do consumo de óleo diesel pelo caminhão da empresa. O consumo diário deste combustível é de 50 litros. Depois de realizados os cálculos, foi obtido o valor de  $1,4 \times 10^{-4}$  Gg de CO<sub>2</sub> por dia e  $3,8 \times 10^{-2}$  Gg de CO<sub>2</sub> ao longo de um ano.

Tabela 22: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de óleo diesel em caminhão na Metal Master

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,05
Fconv (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00192
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00192
Femiss (tC/TJ)	20,2
0,01 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	3,87E-05

$$ECO_2 = EC \times 44/12$$

Tabela 22: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de óleo diesel em caminhão na Metal Master

EC = emissão de C 44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,87E-05 3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> ) (Gg CO <sub>2</sub> )	0,00014
Emissão caminhão por dia	0,00014
Emissão caminhão por 265 dias	0,03762

### 5.2.2.3 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Gás Liquefeito de Petróleo em Empilhadeira

A Tabela 23 mostra os cálculos referentes à utilização de GLP consumido por empilhadeira utilizada durante os processos produtivos da Metal Master. O consumo diário de combustível pela empilhadeira é de 50 litros. Os fatores de conversão para tep e de emissão utilizados foram, respectivamente, 0,611 (BEN, 2008) e 17,2 (IPCC, 2009).

Realizados os cálculos, foi obtido um valor de  $8,7086 \times 10^{-5}$  Gg de CO<sub>2</sub> por dia. No ano de 2008, as emissões devidas ao uso da empilhadeira foram de  $2,30 \times 10^{-2}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 23: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GLP em empilhadeira da Metal Master

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	5,0E-02
Fconv (para Tep)	6,1E-01
Conversão de Tep para TJ	4,5E-02
CC (Consumo de energia em TJ)	1,4E-03
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	1,4E-03
Femiss (tC/TJ)	1,7E+01
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	1,0E-03
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	2,4E-05
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	2,4E-05
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,7E+00
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> ) (Gg)	8,7E-05
Emissão empilhadeira por dia	8,7E-05
Emissão empilhadeira por 265 dias	2,3E-02

Na Tabela 24 é apresentada as emissões de gases do efeito estufa emitidas pelo consumo de combustíveis em veículos próprios da Metal Master.

Tabela 24: Emissões de gases do efeito estufa por consumo de combustíveis em veículos próprios

Atividade	Emissões anuais (gigagramas de CO <sub>2</sub> )
Gasolina em carro	0,001
Diesel em caminhão	0,038
GLP em empilhadeira	0,023
Total	0,062

A Figura 7 compara o valor das emissões de CO<sub>2</sub>, em toneladas. Conforme pode ser observado, o maior volume de emissões corresponde à queima de óleo diesel utilizado em caminhão.

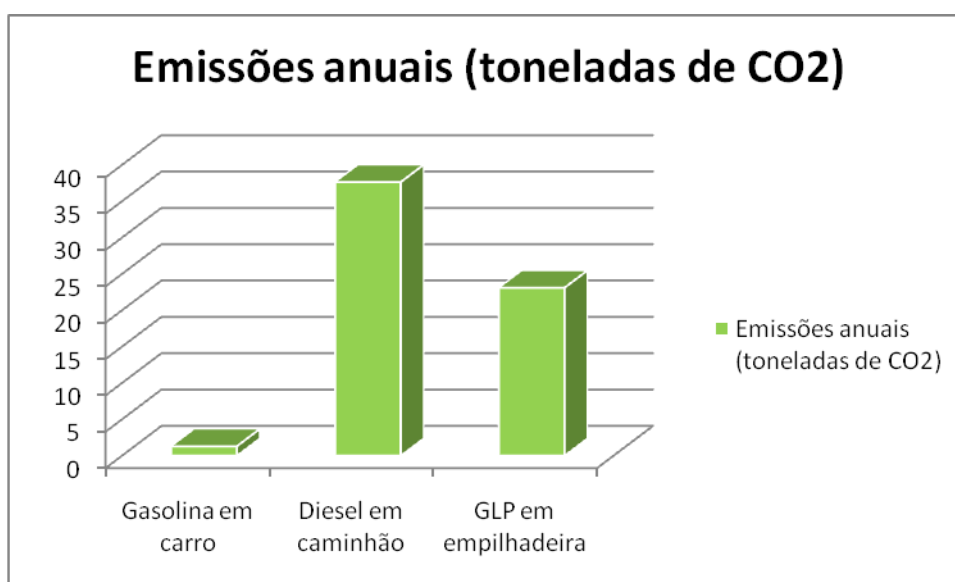


Figura 7: Emissões de CO<sub>2</sub> em toneladas por veículos da Metal Master.

### 5.3 – Geração de Resíduos

A Tabela 25, a seguir, mostra os resíduos gerados na Metal Master. Dentre estes resíduos estão: papel, papelão, isopor, madeira, plástico, vidro, metais, lâmpadas de mercúrio (que são enviados à reciclagem) e resíduos industriais, como substâncias sólidas perigosas (estopa/ panos e serragem embebidos em óleo ou solventes, óleo

solúvel, solvente de tinta, borra de resina acrílica, lama de estação de tratamento de efluentes industriais). Estes resíduos industriais são enviados ao co-processamento. O lixo de varrição (fábrica e cozinha) é enviado para o aterro sanitário de Nova Iguaçu.

Tabela 25: Quantidade e natureza dos resíduos gerados diariamente pela Metal Master

Natureza do resíduo	Estado físico	Condicionamento	Procedência	Tratamento/disposição	Quantidade de resíduo gerado diariamente
Papel	Sólido	Granel	Fábrica/Adm	Reciclagem	70 kg
Papelão	Sólido	Granel	Fábrica	Reciclagem	180 kg
Isopor	Sólido	Granel	Fábrica	Reciclagem	0,5 kg
Madeira	Sólido	Granel	Fábrica	Reciclagem	20 kg
Plástico	Sólido	Granel	Fábrica/Adm	Reciclagem	80 kg
Vidro	Sólido	Granel	Fábrica	Reciclagem	0,5 kg
Metais	Sólido	Caçamba de 15 t	Fábrica	Reciclagem	1,2 t
Lixo de varrição (orgânicos não-recicláveis)	Sólido	Caçamba	Fábrica e cozinha	Aterro sanitário	0,12 t
Subst. Sólidas	Sólido	Tambor 200L	Fábrica	Co-processamento	25 kg
Óleo solúvel	Líquido	Tambor 200L	Fábrica	Co-processamento	100 kg
Solvente tinta	Líquido	Tambor 200L	Fábrica	Co-processamento	0,9 kg
Resina acrílica	Pastoso	Tambor 200L	Fábrica	Co-processamento	100 g
Lama ETDI	Pastoso	Tambor 200L	Fábrica	Co-processamento	100 g
Lâmpadas hg	Sólido/gás	Contêiner próprio	Fábrica/Adm	Trat. químico	01 unidade

### 5.3.1 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionadas por Utilização de Combustíveis no Transporte de Resíduos (Emissões Diretas)

Para quantificar o CO<sub>2</sub> emitido durante o transporte foi também utilizada a metodologia *Top-down*. Os fatores de emissão e de conversão de diesel, utilizado no transporte dos resíduos, para tep, são os mesmos considerados para o caminhão da empresa. Os cálculos realizados para a disposição dos resíduos em aterro sanitário

foram obtidos através de metodologia específica para tal processo elaborada pelo IPCC (2009).

Na Tabela 26 é apresentado o consumo de óleo diesel durante o transporte de metais ferrosos e não ferrosos até a empresa de reciclagem, que consome 12 litros de diesel por viagem. A destinação de metais ferrosos e não-ferrosos ocorre semanalmente, o que resulta em  $3,41 \times 10^{-5}$  Gg em emissões de CO<sub>2</sub>. Considerando o número de semanas do ano de 2008 (53 semanas), foi obtido um valor de  $1,81 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 26: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de metais ferrosos e não-ferrosos

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,012
Fconv (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00046
QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00046
Femiss (tC/TJ)	20,2
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	
	0,001
<b>QC (Quantidade de Carbono) (GgC)</b>	
ECO <sub>2</sub> = EC x 44/12	
EC = emissão de C	9,29E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
<b>ECO<sub>2</sub> (emissão de CO<sub>2</sub>)</b>	
Emissão por semana	3,41E-05
Emissão por ano (53 semanas)	0,00181

Para o transporte de resíduos orgânicos e não-recicláveis, o consumo de óleo diesel é de 28 litros. Este transporte ocorre diariamente, resultando em emissões de  $7,95 \times 10^{-5}$  Gg de CO<sub>2</sub>. Assim, para o cálculo das emissões anuais, foram considerados os 265 dias trabalhados, o que resultou em  $2,1 \times 10^{-2}$  Gg emitidas de CO<sub>2</sub>.

Tabela 27: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de resíduos orgânicos e não-recicláveis

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,028
Fconv (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00107
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00107
Femiss (tC/TJ)	20,2
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	
	0,001
<b>QC (Quantidade de Carbono) (GgC)</b>	
ECO <sub>2</sub> = EC x 44/12	
EC = emissão de C	2,17E-05
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	7,95E-05
Emissão por dia	7,95E-05
Emissão por ano	0,02106

Para o transporte de papel, papelão e plástico até a empresa de reciclagem, foram gastos 12 litros de óleo diesel. Tais resíduos são enviados para a reciclagem duas vezes a cada semana. Este transporte ocorre semanalmente, emitindo  $6,81 \times 10^{-5}$  Gg de CO<sub>2</sub>. Considerando o período de um ano, foram emitidos  $3,61 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 28: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de papel, papelão e plástico

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,012
Fconv (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00046
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00046
Femiss (tC/TJ)	20,2

Tabela 28: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de papel, papelão e plástico

0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	9,29E-06

$$ECO_2 = EC \times 44/12$$

EC = emissão de C	9,29E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	3,41E-05
Emissão por semana (2x na semana)	6,81E-05
Emissão por ano (53 semanas)	0,00361

Durante o transporte de madeira por caminhão, são consumidos 12 litros de óleo diesel. Este tipo de transporte ocorre duas vezes por semana, o que resulta em  $6,81 \times 10^{-5}$  Gg em emissões de CO<sub>2</sub>. Assim, ao longo de um ano, considerando 265 dias trabalhados, foram emitidos  $3,61 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub>, conforme observado na Tabela 29.

Tabela 29: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de madeira

$$CC(TJ) = CA \times F_{conv} \times 0,0452$$

CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,012
F <sub>conv</sub> (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00046

$$QC (GgC) = CC \times F_{emiss} \times 0,01$$

CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00046
F <sub>emiss</sub> (tC/TJ)	20,2

0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	9,29E-06

$$ECO_2 = EC \times 44/12$$

EC = emissão de C	9,29E-06
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	3,41E-05
Emissão por semana (2x na semana)	6,81E-05
Emissão por ano (53 semanas)	3,61E-03



Em relação ao transporte de resíduos destinados ao co-processamento, o consumo de óleo diesel é de 44 litros por mês, o que resultou em  $1,2 \times 10^{-4}$  Gg emitidas de CO<sub>2</sub>. Estes resíduos são enviados ao co-processamento uma vez a cada mês. Assim, considerando um ano, foram emitidos  $1,5 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 30: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de resíduos que sofrem co-processamento

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,044
Fconv (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00169
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00169
Femiss (tC/TJ)	20,2
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	3,41E-05
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	3,41E-05
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	1,25E-04
Emissão por mês	1,25E-04
Emissão por ano (12 meses)	1,50E-03

Em relação ao transporte de lâmpadas que sofrem tratamento químico (reciclagem), são utilizados 80 litros de diesel por viagem, a cada dois meses, o que ocasiona na emissão de  $2,27 \times 10^{-4}$  Gg de CO<sub>2</sub>. Anualmente, as emissões resultam em  $1,36 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 31: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de lâmpadas

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,08
Fconv (para Tep)	0,848
Conversão de Tep para TJ	0,0452

Tabela 31: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de diesel em caminhão para transporte de lâmpadas

CC (Consumo de energia em TJ)	0,00307
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00307
Femiss (tC/TJ)	20,2
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	6,19E-05
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	6,19E-05
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	2,27E-04
Emissão a cada dois meses	2,27E-04
Emissão por ano (12 meses)	1,36E-03

### 5.3.2 – Emissões de GEE's Ocasionadas Destinação Final de Resíduos (Emissões Indiretas)

Os resíduos orgânicos não-recicláveis gerados na Metal Master são depositados no Aterro Sanitário de Nova Iguaçu. Suas emissões são consideradas indiretas uma vez que elas não ocorrem no momento em que os insumos são utilizados, mas no momento em que os mesmos são depositados em aterro e sofrem decomposição.

Tais emissões foram contabilizadas conforme a metodologia do IPCC, descrita anteriormente (Decaimento de Primeira Ordem).

Foi considerada a geração de  $1,2 \times 10^{-4}$  Gg de resíduos sólidos não-recicláveis por dia, o que corresponde a  $3,18 \times 10^{-2}$  Gg por ano. A composição deste resíduo é de basicamente restos alimentares e folhas de árvores.

Considerando que o peso de folhas é de 200 gramas por dia, foi estabelecido o percentual de composição dos resíduos orgânicos não-recicláveis: 0,06% de folhas e 99,84% de restos alimentares. Outros tipos de resíduos, tais como madeira, papel, papelão, dentre outros, não foram englobados neste cálculo uma vez que a Metal Master realiza a reciclagem de tais resíduos.

Assim, em função de tal composição, o cálculo do valor de Carbono Organicamente Degradável (COD) pode ser observado na Tabela 32.

Tabela 32: Carbono organicamente degradável dos resíduos não-recicláveis da Metal Master

Composição do resíduo gerado pela Metal Master	%	Teor de carbono	COD parcial
Folhas	0,0006	0,17	0,000102
Restos alimentares	0,9984	0,15	0,14976
COD total			0,149862

Uma vez calculado do COD, as emissões de metano foram obtidas de acordo com a Tabela 33.

Tabela 33: Emissões de metano provenientes de decomposição de resíduos não-recicláveis em aterro sanitário.

Emissões de metano = $\sum(\text{RSUD} \times \text{FCM} \times \text{COD} \times \text{CODr} \times \text{FEM} \times 16/12 - \text{R}) (1 - \text{OX})$	
RSUD	0,0318
FCM	1
COD	0,149862
CODr	0,11539374
FEM	0,5
16/12	1,33
R	0,000310843
OX	0
Emissões anuais de metano (Gg)	5,48547E-05
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> equivalente	0,001151949

De acordo com a Tabela 33, são emitidos anualmente 5,48 Gigagramas de CH<sub>4</sub> anualmente pela deposição de resíduos não-recicláveis em aterro sanitário, gerados pela Metal Master. Considerando que o potencial de aquecimento global do metano é 21 vezes mais efetivo que o CO<sub>2</sub>, o valor de emissões anuais de CO<sub>2</sub> equivalente refere-se a 0,0011 Gg.

Em relação aos resíduos enviados para a reciclagem pela Metal Master, não foram contabilizadas suas emissões, pois quando reciclados serão utilizados novamente e assim não serão dispostos de modo a gerar gases do efeito estufa (em aterros ou lixões). Para tais resíduos foram contempladas somente as emissões provenientes do transporte dos mesmos até o local de reciclagem.

Para os resíduos co-processáveis, os cálculos foram realizados através da metodologia *Top-down*, conforme citado anteriormente. Tais cálculos podem ser observados na Tabela 34.

Tabela 34: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por combustão de resíduos co-processáveis

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (t)	0,1261
Fconv (para Tep)	0,256
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00146
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00146
Femiss (tC/TJ)	39
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	5,7E-05
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	5,7E-05
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,6667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	0,00021
Emissões de CO <sub>2</sub> por ano (265 dias)	0,05529

Conforme a Tabela 34, as emissões de CO<sub>2</sub> em função do co-processamento de resíduos industriais emite referem-se a 0,553 Gg ou 553 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Na Tabela 35, são mostradas as emissões, em toneladas, de CO<sub>2</sub> ocorridas durante o transporte de todos os resíduos gerados na Metal Master e as emissões ocasionadas pela deposição dos não-recicláveis em aterro sanitário.

Tabela 35: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por deposição, transporte e co-processamento de resíduos orgânicos em aterro sanitário

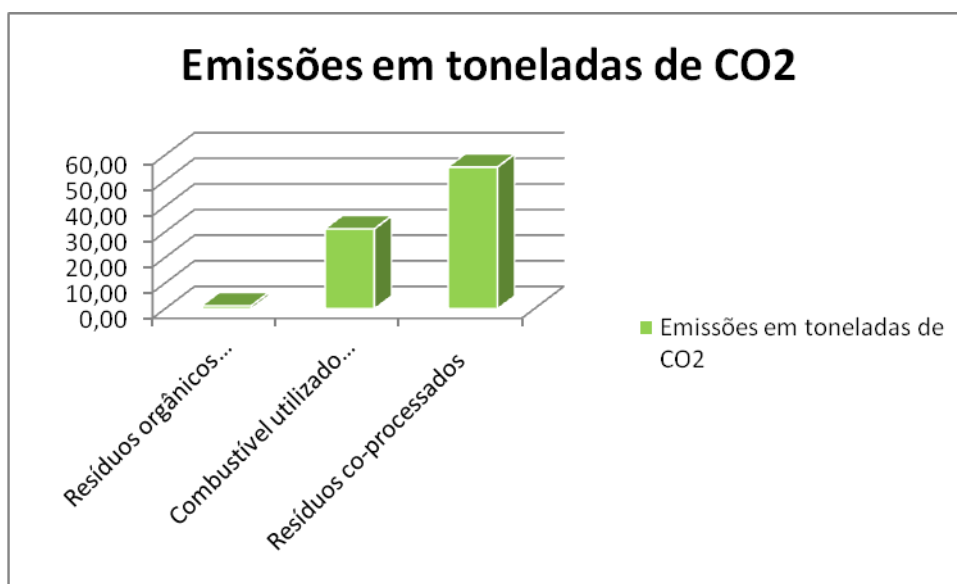
Atividade	Emissões em toneladas de CO <sub>2</sub>
Resíduos orgânicos depositados em aterro sanitário	1,15

Tabela 35: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por deposição, transporte e co-processamento de resíduos orgânicos em aterro sanitário

Combustível utilizado no transporte do resíduo	31,16
Resíduos co-processados	55,3

Na Figura 8, é feita a comparação destas emissões, mostrando que as ocasionadas pelo co-processamento de resíduos perigosos é maior do que as emissões ocasionadas por resíduos não-recicláveis dispostos em aterro sanitário e transporte de todos os resíduos.

Figura 8: Emissões em toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> geradas por transporte e destinação final de resíduos.



#### 5.4 – Emissões de GEE's ocasionadas pelos Processos Produtivos/ Industriais da Metal Master (Diretas)

Conforme pode ser observado, na Tabela 36, são mostrados os gases do efeito estufa emitidos diretamente para a atmosfera pela Metal Master. A procedência destes gases refere-se à fosfatização, serigrafia, cabine de pintura líquida e cozinha do restaurante. Nesta Tabela são mostradas as emissões de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso que ocorrem como consequência de processos industriais. Tais processos industriais, assim como a combustão ocorrida na cozinha do restaurante da empresa, utilizam gás natural.

Tabela 36: Efluentes atmosféricos gerados mensalmente por processos industriais internos e cozinha do restaurante

Gases	Procedência	Quantidade de emissões atmosféricas lançadas/ mês (ton)
CO <sub>2</sub>	Fosfatização , Serigrafia, Cabine de Pintura Líquida e cozinha do restaurante	12,23
CH <sub>4</sub>	Fosfatização , Serigrafia, Cabine de Pintura Líquida e cozinha do restaurante	0,00022
N <sub>2</sub> O	Fosfatização , Serigrafia e Cabine de Pintura Líquida	0,00022
SF <sub>6</sub>	—	—
PFC	—	—
HFC	—	—

Na Tabela 37 pode ser observado que anualmente são emitidas 146,86 toneladas de CO<sub>2</sub>, de 2,6 x 10<sup>-3</sup> toneladas de CH<sub>4</sub> e 2,6 x 10<sup>-3</sup> toneladas de N<sub>2</sub>O.

Tabela 37: Emissões anuais diretas de GEE's provenientes de processos industriais e cozinha do restaurante.

Gás de efeito estufa	Emissões mensais (toneladas)	Emissões anuais (toneladas)
CO <sub>2</sub>	12,23	146,86
CH <sub>4</sub>	0,00022	0,0026
N <sub>2</sub> O	0,00022	0,0026

No entanto, conforme citado anteriormente, estes gases do efeito estufa possuem um potencial de aquecimento global (PAG) diferenciado (IPCC, 2009). O CO<sub>2</sub> é tomado como referência e possui um PAG igual a 1. O CH<sub>4</sub> possui um PAG igual a 21. E o N<sub>2</sub>O possui um PAG igual a 310.

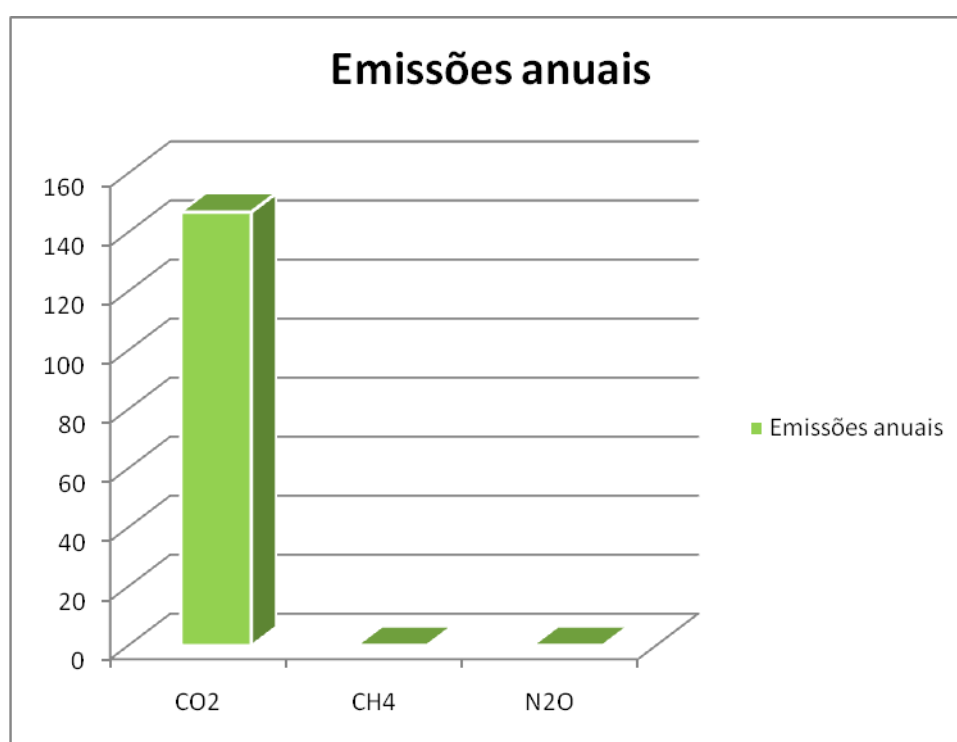
Assim, considerando tais valores de potencial de aquecimento global, é possível calcular as toneladas equivalentes em CO<sub>2</sub>, conforme pode ser observado na Tabela 38

Tabela 38: Gigagramas de CO<sub>2</sub> equivalente em função do potencial de aquecimento global (PAG) dos gases estufa emitidos anualmente.

GEE	Emissões anuais	PAG	Equivalente em gigagramas de CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub>	0,14686	1	$1,47 \times 10^{-1}$
CH <sub>4</sub>	$2,62 \times 10^{-6}$	21	$5,51 \times 10^{-5}$
N <sub>2</sub> O	$2,62 \times 10^{-6}$	310	$8,13 \times 10^{-4}$

A figura 9 demonstra a quantidade de emissões de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso lançadas para a atmosfera anualmente em função de processos industriais internos e cozinha do restaurante.

Figura 9: Emissões anuais de GEE'S provenientes de processos industriais internos e cozinha do restaurante.



Apesar de haver emissões de  $\text{NO}_x$  por parte da Metal Master, o mesmo não é transformado estequiometricamente em  $\text{N}_2\text{O}$ . De acordo com Seinfeld,  $\text{NO}_x$  refere-se a 2 óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ ). Os produtos da oxidação atmosférica destes óxidos referem-se ao ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), ácido nitroso ( $\text{HONO}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3$ ), pentóxido de dinitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ), ácido peroxinítrico ( $\text{HNO}_4$ ), peroxiacetil nitrato (PAN) ( $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OONO}_2$ ), nitratos alquilados ( $\text{RONO}_2$ ) e peroxialquil nitrato ( $\text{ROONO}_2$ ). Neste contexto, óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ) não são considerados como compostos nitrogenados reativos. Ozônio ( $\text{O}_3$ ) também pode ser formado a partir de  $\text{NO}_x$ . No entanto, apesar do ozônio ser um gás de efeito estufa na troposfera, o mesmo não é considerado pelo Protocolo de Quioto uma vez que é considerado pelo Protocolo de Montreal.

### 5.5 – Energia Elétrica

Na Tabela 39 pode ser observado que o consumo de energia fornecida pela concessionária Light é de 176.375 kWh por mês na Metal Master. Além deste tipo de fornecimento, a energia é obtida através de outra fonte, a energia solar para aquecimento direto, utilizada em chuveiros da Metal Master. O consumo de energia equivale a 10 chuveiros elétricos com 1 kW de potência. É válido salientar que a utilização do aquecimento da água através de energia solar não emite gases do efeito estufa, ou seja, é uma fonte de energia limpa.

Tabela 39: Consumo mensal de energia elétrica em kWh na Metal Master

	Fonte energética	Consumo mensal de energia elétrica em kWh
Fornecimento pela concessionária responsável	Light	176.375



### 5.5.1 – Emissões de CO<sub>2</sub> Ocasionalmente por Utilização de Energia Elétrica (Emissões Indiretas)

Na Tabela 40 são denotadas as emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de energia elétrica. Tais emissões são consideradas indiretas pelo fato de não serem emitidas no momento em que a energia elétrica é utilizada, mas no momento em que a mesma é produzida. Ao longo de um ano, as emissões referentes a este uso são de  $8,8 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 40: Emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do consumo de energia elétrica

---


$$\text{Emissões (CO}_2\text{)} = \text{Fator de emissão (CO}_2\text{)} \times \text{Consumo de energia} \times 12$$


---

Fator de emissão (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,0484
Consumo de energia (tep)	15,17
12 (número de meses)	12
Emissões (tCO <sub>2</sub> )	8,810736
Emissões (GgCO <sub>2</sub> )	0,008810736

---

### 5.6 – Geração de Esgotos Domésticos

Na Tabela 41, podem ser observados dados referentes à geração de esgotos domésticos. O volume de água fornecida pela CEDAE é de 1800 m<sup>3</sup> por mês, enquanto os efluentes líquidos gerados diariamente pelos funcionários da Metal Master é de 2,5 m<sup>3</sup>/ dia.

Tabela 41: Geração de esgotos domésticos

---

Número de funcionários	319
Água fornecida pela CEDAE (m <sup>3</sup> /mês)	1800
Efluente líquido (m <sup>3</sup> / dia) (Procon Água)	2,5

---

### 5.6.1 – Emissões de CH<sub>4</sub> Ocasionadas por Esgotos Domésticos (Emissões Indiretas)

As emissões de CH<sub>4</sub> ocasionadas pelos esgotos gerados na Metal Master podem ser observadas na Tabela 42:

Tabela 42: Emissões de metano provenientes de esgotos domésticos gerados

<b>COT = Pop x COD x 365</b>	
Pop	319
COD (g.DBO/hab.dia)	50
0,001 (conversão de g.DBO para Kg.DBO)	0,001
265 (Dias úteis em 2008 na Metal Master)	265
I (Fator de correção para DBO industrial adicional)	1,25
<b>COT</b>	<b>5283,4375</b>
<b>FE = B0 x MCF</b>	
B0 (quantidade máxima de metano produzida)	0,6
MCF	0,8
<b>FE</b>	<b>0,02</b>
<b>EmCH<sub>4</sub> = COT x FE</b>	
COT	5283,4375
FE	0,02
<b>EmCH<sub>4</sub></b>	<b>105,66875</b>
<b>ELM = EmCH<sub>4</sub> – MR</b>	
EmCH <sub>4</sub>	105,66875
MR	0
Emissões líquidas (CH <sub>4</sub> ) (kg)	105,66875
Emissões líquidas (CH <sub>4</sub> ) (Gg)	0,000105669
<b>Emissões (CO<sub>2</sub>) (Gg)</b>	<b>0,002219044</b>

Conforme a Tabela 42, as emissões anuais de CH<sub>4</sub> são de  $1,0 \times 10^{-4}$  Gg. Multiplicando este valor pelo potencial de aquecimento global do CH<sub>4</sub>, obtém-se o valor de  $2,2 \times 10^{-3}$  Gg de CO<sub>2</sub> equivalente.

### 5.7– Emissões de CH<sub>4</sub> Ocasionadas por Efluentes Industriais (Emissões Indiretas)

Como citado no capítulo Estudo de Caso, o tratamento de efluentes industriais da Metal Master ocorre aerobiamente, não gerando CH<sub>4</sub>. No entanto, as emissões de CO<sub>2</sub> foram consideradas em função dos resíduos co-processáveis gerados, uma vez que ocorre combustão na destinação final destes resíduos. Tais emissões estão apresentadas neste capítulo, no item referente a resíduos.

### 5.8 - Estratégia para o Controle de Emissões de CO<sub>2</sub>

Do somatório das emissões ocasionadas pela Metal Master no ano de 2008, foi obtido o valor de  $3,78 \times 10^{-1}$  Gg de CO<sub>2</sub> ou 378 toneladas de CO<sub>2</sub>, conforme pode ser observado na tabela 43:

Tabela 43: Emissões totais de CO<sub>2</sub> (Gigagramas) na Metal Master

Atividade	Emissões em gigagramas de CO <sub>2</sub>
Emissões por consumo de diesel em ônibus	6,03E-02
Emissões por consumo de gasolina em carros	4,76E-02
Emissões por consumo de diesel em carros	1,29E-03
Emissões por consumo de álcool em carros	0
Emissões por consumo de GNV em carros	9,33E-04
Emissões por consumo de gasolina em motos	1,44E-03
Emissões por consumo de diesel em barcas	7,35E-05
Emissões por consumo de energia elétrica em metrô	4,34E-06
Emissões por consumo de energia elétrica em trem	3,98E-05
Emissões por consumo de gasolina em carro da Metal Master	1,28E-03
Emissões por consumo de diesel em caminhão da Metal Master	3,76E-02
Emissões por consumo de GLP empilhadeira da Metal Master	2,31E-02
Emissões por consumo de diesel em transporte de metais ferrosos e não-ferrosos	1,81E-03
Emissões por consumo de diesel em transporte de orgânicos e não-recicláveis	2,11E-02
Emissões por consumo de diesel em caminhão para transporte de papel, papelão e plástico.	3,61E-03
Emissões por consumo de diesel em caminhão para o transporte de madeira	3,61E-03
Emissões por consumo de diesel em caminhão para o transporte de resíduos que sofrem co-processamento	1,50E-03
Emissões por consumo de diesel em caminhão no transporte de lâmpadas	1,36E-03
Emissões por co-processamento de resíduos industriais	0,0553

Tabela 43: Emissões totais de CO<sub>2</sub> (Gigagramas) na Metal Master

Atividade	Emissões em gigagramas de CO <sub>2</sub>
Emissões diretas CO <sub>2</sub> por processos industriais	1,47E-01
Emissões em equivalentes de CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> ) por processos industriais	5,51E-05
Emissões em equivalentes de CO <sub>2</sub> (N <sub>2</sub> O) por processos industriais	8,13E-04
Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de energia elétrica	8,81E-03
Emissões em equivalentes de carbono por CH <sub>4</sub> produzido por resíduos em aterro	1,15E-03
Emissões em equivalente de CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> ) por esgotos gerados	2,22E-03
Somatório de emissões (Gigagramas de CO <sub>2</sub> )	4,22E-01

No próximo tópico serão abordadas ações que podem minimizar e/ ou neutralizar as emissões de gases do efeito estufa lançadas na atmosfera pela Metal Master. Para as fontes sob o controle da empresa foram propostas alternativas a fim de alcançar os objetivos supracitados.

### 5.8.1 - Controle de Emissões no Consumo de Combustíveis por Frota de Terceiros

A escolha pelo combustível utilizado em frota de terceiros independe de atitudes por parte de Metal Master. Entretanto, apesar da Metal Master não poder controlar tal questão, ela pode gerar certa influência em determinados aspectos.

De acordo com este ponto de vista, a Metal Master pode adotar políticas para favorecer a contratação de funcionários da comunidade onde atua e/ ou contratação de funcionários que residam próximo à empresa. Desta forma, com o percurso reduzido no trajeto casa-empresa/ empresa-casa, uma quantidade menor de combustíveis na frota de terceiros poderia ser utilizada, reduzindo o número de emissões, assim como alguns funcionários poderiam se direcionar até a fábrica sem utilizar nenhum tipo de meio de transporte ou através de outras opções não-poluentes como, por exemplo, de bicicleta. Conforme citado anteriormente, 42 funcionários, dentre o total de 319, não utilizam meios de transporte em seu percurso até a empresa, pois moram na comunidade próxima à fábrica.

### 5.8.2 - Controle de Emissões no Consumo de Combustíveis por Frota Interna

Em relação às emissões de CO<sub>2</sub> por parte do consumo de combustíveis por frota interna, as mesmas podem ser reduzidas através da substituição do combustível utilizado.

Uma das decisões no combate ao efeito estufa intensificado e às mudanças climáticas refere-se ao fato de que os esforços devem ser centrados em diminuir as emissões de carbono por parte do setor de transportes ou do setor de energia. De acordo com Flannery (2009), ideal seria diminuir as emissões de carbono em ambos os setores, caso houvesse tempo e recursos. Mas, quando a realidade do grande esforço necessário para deter as emissões em ambos os setores é encarada, diminuir as emissões de carbono na rede de energia vence, pois, se isto for conseguido, será possível utilizar a energia renovável, assim gerada, para diminuir as emissões de carbono no setor de transportes.

No que se refere ao carro utilizado na Metal Master, a gasolina poderia ser substituída por outro combustível que contribua menos para o efeito estufa, tal como o álcool ou o gás natural.

Conforme calculado anteriormente, as emissões anuais de CO<sub>2</sub> ocasionadas por combustão de gasolina no carro da Metal Master são de  $1,28 \times 10^{-3}$  Gg. Caso fosse utilizado álcool ou gás natural neste veículo, considerando as mesmas condições de uso, as emissões seriam de respectivamente  $8,57 \times 10^{-4}$  Gg de CO<sub>2</sub> e  $6,35 \times 10^{-4}$  Gg de CO<sub>2</sub>, conforme apresentado nas Tabelas 44 e 45. No entanto, conforme já citado, considera-se que as emissões por utilização de álcool são nulas em função da procedência deste combustível.

Tabela 44: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de álcool em carro da Metal Master

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (m <sup>3</sup> )	0,001764057
Fconv (para Tep)	0,51
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	4,07E-05
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	4,07E-05
Femiss (tC/TJ)	21,7

Tabela 44: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de álcool em carro da Metal Master

0,01 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	8,82E-07
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	8,82E-07
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66666667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> ) (Gg)	3,24E-06
Emissão carro por dia	3,24E-06
Emissão carro por 265 dias	8,57E-04

Tabela 45: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em carro da Metal Master

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	0,00107
Fconv (para Tep)	0,88
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	4,27E-05
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	4,27E-05
Femiss (tC/TJ)	15,3
0,01 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	6,54E-07
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	6,54E-07
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> ) (Gg)	2,40E-06
Emissão carro por dia	2,40E-06
Emissão carro por 265 dias	6,35E-04

O valor calculado na Tabelas 45 mostra que as emissões de CO<sub>2</sub>, ao ser utilizado GNV, são menores em 49,7%, enquanto a utilização de álcool é capaz de reduzir as emissões anuais em 100%. Na tabela 46 é feita a comparação dos valores das emissões de CO<sub>2</sub>, em gigagramas, pelo uso de gasolina, álcool e GNV em carro.

Tabela 46: Toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por combustíveis utilizados em carro

Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub> (toneladas)	Redução	Redução (%)
Gasolina	1,28E-03	—	—
Álcool	8,57E-04	4,21E-04	100
GNV	6,35E-04	6,43E-04	49,7

A Figura 10 compara a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> por tipo de combustível utilizado em carro (gasolina, álcool, GNV).

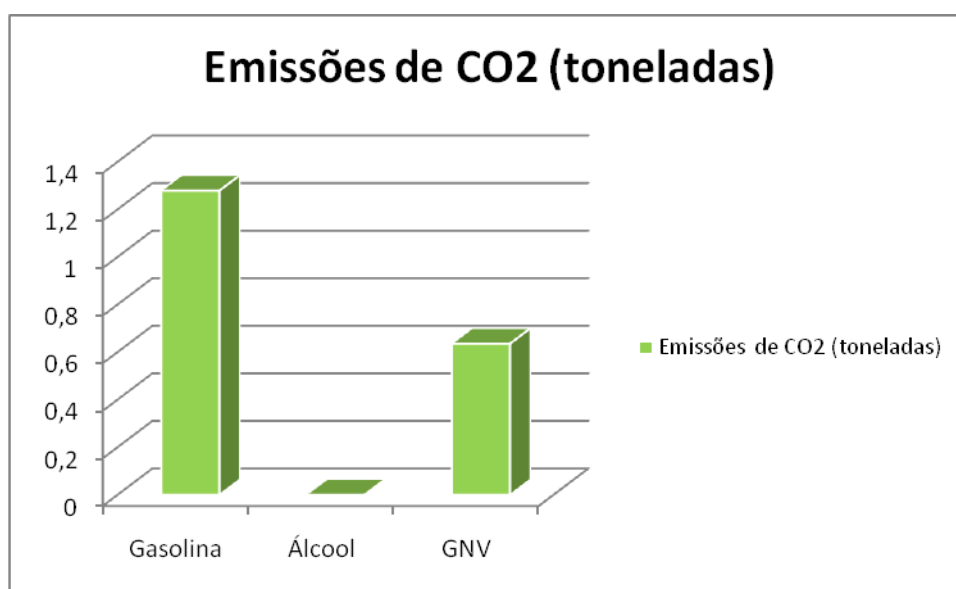


Figura 10: Emissões de CO<sub>2</sub> por tipo de combustível utilizado em carro (gasolina, álcool, GNV)

Conforme apresentado no gráfico acima, as emissões de CO<sub>2</sub> são menores quando são utilizados álcool ou GNV ao invés de gasolina. No entanto, é válido refletir a respeito das fontes geradoras destes combustíveis, ou seja, suas origens.

O gás natural pode ser obtido de duas formas: encontrado em depósitos subterrâneos como combustível fóssil, produzido por microorganismos anaeróbios sob pressão e temperatura elevadas ao longo de milhões de anos ou produzido através da transformação da matéria orgânica da superfície por microorganismos anaeróbios em período curto de tempo (MANO, et. al, 2005). Considerando a primeira opção, trata-se de um combustível não renovável. Assim, a combustão do mesmo lança na atmosfera o carbono que outrora pertencia à matéria orgânica que, ao longo de milhões de anos foi

transformada em combustível fóssil. Entretanto, se considerarmos as emissões provenientes da combustão do gás natural produzido em superfície por microorganismos anaeróbios é possível afirmar que este carbono, em algum momento, foi absorvido da atmosfera por organismo fotossintetizante. Semelhante afirmação pode ser feita em relação ao álcool, pelo fato do mesmo ser produzido por vegetais que, em um relativo curto espaço de tempo, estocou carbono em suas estruturas celulares ao seqüestrá-lo da atmosfera através do processo de fotossíntese. Tal reflexão auxilia a escolha pelo combustível a ser utilizado, uma vez que as opções renováveis contribuem menos para a intensificação do efeito estufa.

No que se refere ao caminhão da Metal Master, a escolha relacionada ao combustível poderia se dar através da substituição do óleo diesel por GNV. Graças à possibilidade de conversão de caminhões a diesel, tais veículos abastecidos com gás natural veicular já circulam em várias cidades do país (GASNET, 2009). O rendimento de GNV nestes caminhões é de 3,6 km/ m<sup>3</sup> (IPCC, 2009). É válido salientar que em um cilindro de 100 litros a 25° C, cabem, aproximadamente, 24 m<sup>3</sup> de GNV.

A Tabela 47 quantifica as emissões de CO<sub>2</sub> que seriam ocasionadas caso fosse utilizado GNV no caminhão da Metal Master. Nestes cálculos foram considerados os 230 km percorridos diariamente pelo caminhão, e um rendimento de 3,6 km/ m<sup>3</sup> (IPCC, 2009). Os valores calculados mostram que as emissões de CO<sub>2</sub>, ao ser utilizado GNV, são menores. O resultado obtido foi de 0,038 Gg de CO<sub>2</sub> emitidos anualmente, como apresentado na Tabela 50.

Tabela 47: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em caminhão na Metal Master

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	0,06389
Fconv (para Tep)	0,88
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00254
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00254
Femiss (tC/TJ)	15,3
0,01 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	3,89E-05



Tabela 47: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em caminhão na Metal Master

<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	3,89E-05
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> ) (Gg CO <sub>2</sub> )	1,43E-04
Emissão caminhão por dia	1,43E-04
Emissão caminhão por 265 dias	3,78E-02

Outra opção de combustível a ser considerada em relação ao caminhão da empresa seria a substituição do diesel por biodiesel. A utilização do biodiesel, de modo semelhante ao diesel, também emitiria gases de efeito estufa para a atmosfera; Entretanto, por se tratar de um combustível de origem vegetal (ou seja, renovável), suas emissões já foram compensadas no processo de fotossíntese ocorrido ao longo do desenvolvimento da biomassa que originou este fluido. Assim, é possível considerar que as emissões pela utilização de biodiesel seria igual a zero.

Na Tabela 48 são comparados os valores das emissões de CO<sub>2</sub>, em gigagramas, pelo uso de óleo diesel e GNV no caminhão da Metal Master. Como pode ser observado, a redução anual de CO<sub>2</sub> com o uso de GNV seria de 30,74%.

Tabela 48: Gigagramas de CO<sub>2</sub> emitidas por combustíveis utilizados em caminhão

Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub> (gigagramas)	Redução	Redução (%)
Diesel	5,24E-02	—	—
GNV	3,78E-02	1,47E-02	30,74
Biodiesel	0	5,24E-02	100

A Figura 11 mostra um cenário hipotético onde são comparadas as quantidades de CO<sub>2</sub> que seriam emitidas caso este veículo fosse movido a GNV com as emissões originadas na queima do seu combustível atual, o óleo diesel.

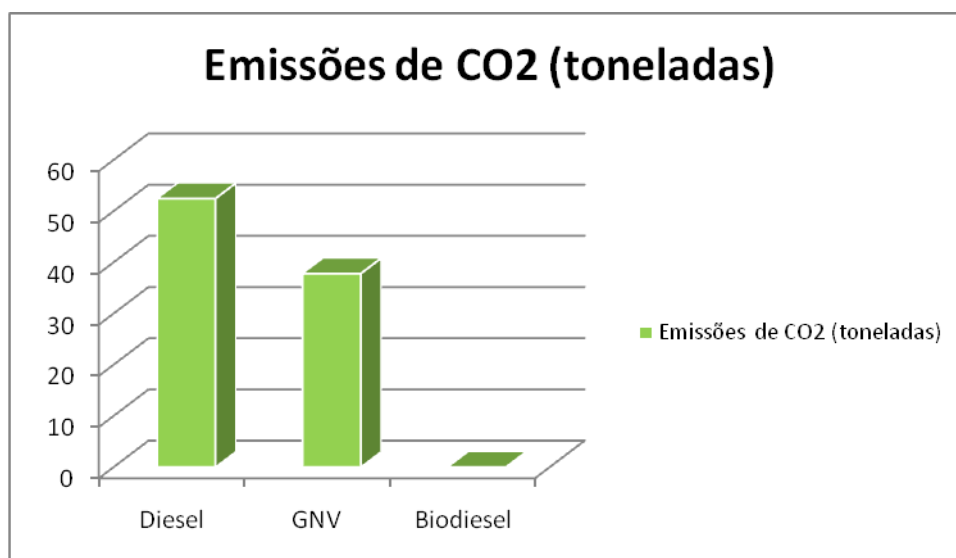


Figura 11: Emissões de CO<sub>2</sub> por veículo movido a GNV a óleo diesel.

A empilhadeira existente na Metal Master é do tipo retrátil e possui uma capacidade para 2.500 kg. Para esta empilhadeira, poderia ser utilizado outro tipo de combustível menos poluente que o GLP, tal como o GNV, ou então, a empilhadeira poderia ser substituída por modelo elétrico.

De acordo com os cálculos mostrados anteriormente, o uso da empilhadeira na Metal Master, emite anualmente  $2,31 \times 10^{-2}$  Gg de CO<sub>2</sub>, por consumir 0,05 m<sup>3</sup> de GLP diariamente. Considerando que tal empilhadeira funciona, em média, 9 horas por dia, obtém-se o valor de 0,0056 m<sup>3</sup> de GLP consumido por hora de funcionamento. Segundo pesquisas realizadas pela Metal Part's (2009), o consumo de uma empilhadeira a GNV é de 2,5 kg h<sup>-1</sup>, o que corresponde a 4,16 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, considerando a massa específica do GNV=0,6 kg m<sup>-3</sup> (CETESB, 2009). Estes dados referentes ao GLP e GNV podem ser encontrados na Tabela 49.

Tabela 49: Combustíveis utilizáveis em empilhadeira

Combustível	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Volume consumido por hora (m <sup>3</sup> /h)
GLP	1,8	0,0056
GNV	0,63	4,16

Fonte: CETESB, 2009 (adaptado)

Assim, considerando o consumo diário de 4,16 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> de GNV (2,5 kg h<sup>-1</sup>) e o funcionamento da empilhadeira na Metal Master de 9 horas diárias, obtém-se um valor

de 37,44 m<sup>3</sup> por dia. Caso fosse realizada a conversão da empilhadeira a GLP da Metal Master para GNV, as emissões seriam de 2,19 x 10<sup>-2</sup> Gg de CO<sub>2</sub>, conforme observado na Tabela 50.

Tabela 50: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de GNV em empilhadeira da Metal Master

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	0,037
Fconv (para Tep)	0,88
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,00147
<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,01</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,00147
Femiss (tC/TJ)	15,3
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	2,25E-05
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	2,25E-05
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> ) (Gg)	8,26E-05
Emissão empilhadeira por dia	8,26E-05
Emissão empilhadeira por 265 dias	2,19E-02

Uma empilhadeira elétrica consome, em média, 26 kW por hora (METAL PART'S, 2009). Considerando as 9 horas de funcionamento diário da empilhadeira da Metal Master, é obtido o valor de 234 kWh. Assim, considerando tal consumo, a utilização de empilhadeira movida à energia elétrica resultaria em 4,28 x 10<sup>-5</sup> Gg (ou 4,28 x 10<sup>-2</sup> kg) de CO<sub>2</sub> emitidos anualmente, conforme mostrado na Tabela 51:

Tabela 51: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de energia elétrica em empilhadeira na Metal Master

<b>CC(TJ) = CA X Fconv X 0,0452</b>	
CA (Consumo Aparente) (MWh)	0,234
Fconv (para Tep)	0,086
Conversão de Tep para TJ	0,0452
CC (Consumo de energia em TJ)	0,000909605

Tabela 51: Emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas por consumo de energia elétrica em empilhadeira na Metal Master

<b>QC (GgC) = CC X Femiss X 0,001</b>	
CC (Consumo de energia) (TJ)	0,000909605
Femiss (tC/TJ)	0,0484
0,001 = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).	0,001
QC (Quantidade de Carbono) (GgC)	4,40E-08
<b>ECO<sub>2</sub> = EC x 44/12</b>	
EC = emissão de C	4,40E-08
44/12 (em função dos pesos moleculares)	3,66666667
ECO <sub>2</sub> (emissão de CO <sub>2</sub> )	1,61E-07
Emissão por ano	4,28E-05

Na Tabela 52 é feita a comparação dos valores das emissões de CO<sub>2</sub>, em gigagramas, pelo uso de GLP, GNV e energia elétrica em empilhadeira. É possível observar que a utilização de GNV representa uma redução de 5,2% das emissões de CO<sub>2</sub> anuais, e a utilização de empilhadeira a energia elétrica representa uma redução anual de 99,81% das emissões de CO<sub>2</sub> além de reduzir o custo do seguro.

Tabela 52: Gigagramas de CO<sub>2</sub> emitidas por uso de empilhadeira

Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub> (gigagramas)	Redução	Redução (%)
GLP	2,31E-02	—	—
GNV	2,19E-02	1,20E-03	5,20
Energia elétrica	4,30E-05	2,30E-02	99,81

A Figura 12 mostra a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> por tipo de combustível utilizado na empilhadeira da Metal Master.

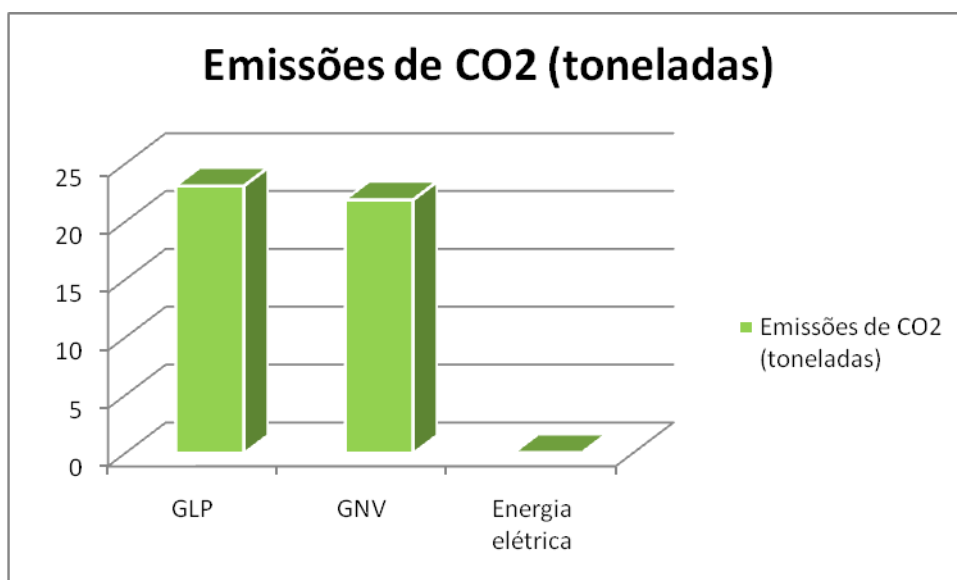


Figura 12: Quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> por tipo de combustível utilizado na empilhadeira da Metal Master.

### 5.8.3 - Controle de Emissões Ocasionadas pelo Transporte de Resíduos Recicláveis e Co-Processáveis

Em relação às emissões ocasionadas pela utilização de diesel nos caminhões que realizam o transporte dos resíduos com destino às empresas de reciclagem e co-processamento e com destino aos aterros sanitários, é possível afirmar que as mesmas encontram-se além do controle e influência que podem ser exercidos pela Metal Master. Assim sendo, tais emissões de GEE's, assim como as emissões de GEE's provenientes de outros processos, podem ser compensadas de outras formas: florestamento e reflorestamento, que serão citadas posteriormente.

### 5.8.4 - Controle de Emissões Ocasionadas pela Disposição de Resíduos Orgânicos Não-Recicláveis em Aterro Sanitário

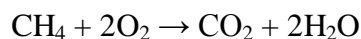
O controle de emissões ocasionadas pela disposição de resíduos orgânicos não-recicláveis em aterros sanitários pode se dar através do processo de queima/ reutilização do biogás produzido pela decomposição destes resíduos, uma vez que, através deste processo, o CH<sub>4</sub>, após a combustão, seria transformado em CO<sub>2</sub>, reduzindo a quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente emitidos. É importante ressaltar que, pela biomassa

gerada se tratar de material renovável, é possível considerar que o CO<sub>2</sub> liberado pela mesma fora assimilado em algum momento pelo processo de fotossíntese.

É imprescindível ressaltar que a proposta de queima/reutilização de 100% do biogás estaria além do controle e influência da Metal Master a partir do momento que estes resíduos fossem entregues ao aterro sanitário.

### **5.8.5 - Controle de Emissões Atmosféricas Diretas Ocasionadas por Processos Industriais**

As emissões atmosféricas diretas ocasionadas por processos industriais na Metal Master referem-se a CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Como o CH<sub>4</sub> possui um potencial de aquecimento global 21 vezes maior do que o potencial do CO<sub>2</sub> (IPCC, 2009), é válido realizar a combustão do metano a fim de emitir somente CO<sub>2</sub>. Esta queima pode se dar através de equipamentos denominados “flares” (MARCHESI, 2009). A reação que ocorre é a seguinte:



Conforme pode ser observado nesta reação, 1 mol de CH<sub>4</sub> equivale a 1 mol de CO<sub>2</sub>. Entretanto, o CH<sub>4</sub> contribui 21 vezes mais para o efeito estufa do que o CO<sub>2</sub> resultando em 5,51 x 10<sup>-2</sup> toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> emitidas anualmente. Desta forma, caso o “flare” seja utilizado, seriam emitidas para a atmosfera 2,62 x 10<sup>-3</sup> toneladas de CO<sub>2</sub>. Tal fato ocasionaria em uma redução de 5,245 x 10<sup>-2</sup> toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes emitidos para a atmosfera.

Assim, as emissões de CO<sub>2</sub> lançadas à atmosfera pelos *flares* podem ser compensadas através de florestamento e reflorestamento.

### **5.8.6 - Controle de Emissões no Consumo de Energia Elétrica**

Para o controle das emissões de CO<sub>2</sub> ocasionadas pelo consumo de energia elétrica, a fonte energética da Metal Master pode ser substituída por fonte solar fotovoltaica. Com o uso de painéis fotovoltaicos, uma instituição pode produzir sua própria energia. Estes painéis vêm com uma garantia de 25 anos e têm boa probabilidade de durar mais de 40 anos. No verão, quando a intensidade da luz solar

incidente é maior, as células fotovoltaicas funcionam melhor, produzindo mais energia. Em alguns países, inclusive no Brasil, este excedente de energia pode ser vendido (FLANNERY, 2007).

Atualmente, existem vários tipos de células fotovoltaicas no mercado, com diferentes tecnologias. Entretanto todas funcionam através do uso da luz solar que incide sobre as mesmas gerando eletricidade. De acordo com Flannery (2007), uma residência média precisa de 1,4 kW (1400 watts) de energia para suas necessidades, e os painéis de tamanho médio geram de 80 a 160 Watts.

Em 2003, nos países do norte, a energia solar fotovoltaica era em torno de oito vezes mais cara que a convencional; na Austrália, até quatro vezes (FLANNERY, 2007). De acordo com Sarruf (2006), o preço da energia solar no Brasil, em 2005, era de 5,5 vezes mais cara do que o fornecimento tradicional, considerando um tempo de vida útil das placas igual a 20 anos e 0,50 centavos pelo kWh. No entanto, o custo das células fotovoltaicas está baixando tão rapidamente que a eletricidade gerada por este meio deve se tornar viável já em 2010 (FLANNERY, 2007).

Mesmo considerando o alto custo atual deste tipo de energia, é imprescindível ressaltar que se trata de um valor mensurável, tangível. Entretanto, há outros valores embutidos nesta fonte de energia; valores tais que podem ser considerados intangíveis, não-mensuráveis, no que se refere aos benefícios socioambientais alcançáveis através do uso desta fonte. A energia solar fotovoltaica trata-se de uma fonte limpa, renovável, que não emite gases causadores do efeito estufa, além de permitir que uma instituição seja capaz de produzir sua própria energia.

A energia solar soma características vantajosamente positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão, irradia na Terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia. Além disso, a média anual da energia solar incidente no Brasil é de 1500 a 2300 kW por hora por metro quadrado ao ano. Em termos comparativos, é possível afirmar, inclusive, que o Brasil encontra-se em posição privilegiada, uma vez que a radiação solar na região mais ensolarada da Alemanha, onde a fonte de energia fotovoltaica é largamente utilizada, é 40% menor do que na região menos ensolarada do Brasil (CARBONO BRASIL, 2009).

### 5.8.7 - Controle de Emissões Ocasionadas por Esgotos Domésticos Gerados

As emissões de GEE's provenientes dos esgotos domésticos da Metal Master podem ser reduzidas através do tratamento anaeróbio destes efluentes por meio de biodigestores. Biodigestores são estruturas hermeticamente fechadas nas quais podem ser acumuladas grandes quantidades de dejetos orgânicos que, por digestão anaeróbia, produzem biogás. De acordo com Villela Junior (2003), qualquer material orgânico submetido a um processo de biodigestão anaeróbia, com auxílio de um biodigestor, produz biogás, que possui o metano como seu principal componente energético. Após ser purificado, esse gás pode ser utilizado para aquecimento e sistemas de geração de energia elétrica (RIBEIRO LIMA, 2009).

O tratamento de dejetos por digestão anaeróbia possui várias vantagens, tais como:

- Destruir organismos patogênicos e parasitas;
- Utilização do metano como uma fonte de energia;
- Produção de baixa biomassa (o que determina menor volume de dejetos e menor custo);
- Capacidade de estabilizar grandes volumes de dejetos orgânicos diluídos a baixo custo.

Tais fatores podem contribuir para a eliminação de um efluente menos agressivo ao meio ambiente.

De acordo com Ribeiro Lima (2009), os sistemas de produção de biogás, além de produzirem energia necessária para atividades locais, podem gerar um excedente energético. Quando se opta por sistemas de co-geração, parte da energia elétrica pode ser utilizada nas próprias instalações onde o biodigestor foi instalado e parte pode ser comercializada. A co-geração pode ser definida como a produção combinada de calor e eletricidade.

Os sólidos voláteis, que são biodegradados por bactérias anaeróbias, são os responsáveis diretos pela produção de biogás. Quanto maior for a concentração de sólidos voláteis na alimentação diária do biodigestor, maior será a produção de energia (RIBEIRO LIMA, 2009).



Através deste processo, o gás eliminado após a biodigestão dos compostos orgânicos, pode ser captado e utilizado na cozinha do restaurante da empresa, assim como nos processos internos industriais, reduzindo não só os impactos ambientais referentes ao efeito estufa, mas minimizando também os custos financeiros que seriam ocasionados na compra de gás natural.

#### **5.8.8 – Florestamento, Reflorestamento e absorção de CO<sub>2</sub> por microalgas**

Conforme citado anteriormente, através do processo de fotossíntese, o CO<sub>2</sub> pode ser capturado/ seqüestrado e utilizado por organismos na construção de suas estruturas celulares e/ ou tecidos, representando, assim, estes organismos fotossintetizantes, sumidouros temporários de carbono. De acordo com Ditt et. al, (2007) o desenvolvimento de projetos de remoção de carbono representa uma estratégia para enfrentar desafios socioambientais.

Entre as soluções que têm sido propostas para a diminuição de CO<sub>2</sub> da atmosfera, a promoção do “seqüestro de carbono” tem tido bastante ênfase por se basear no incentivo da atividade fotossintética da vegetação, isto é, um mecanismo natural de altíssima eficiência e de baixo custo. Nos ecossistemas terrestres, o aumento do seqüestro de carbono pode ser alcançado por meio da elevação de carbono alocada para troncos e galhos grossos ou mediante o aumento do tempo de vida da árvore. O carbono alocado nas folhas finas e raízes finas é reciclado para a atmosfera muito rapidamente para ser considerada fonte efetiva de seqüestro de carbono (DIAS-FILHO, 2007).

A quantificação do carbono efetivamente seqüestrado se dá através da estimativa da biomassa da planta acima e abaixo do solo, pelo cálculo de carbono estocado nos produtos madeireiros e pela quantidade absorvida no processo de fotossíntese (DIAS-FILHO, 2007).

De acordo com Dias-Filho (2007), a preservação de florestas naturais não foi contemplada pelo Protocolo de Quioto. Dentre as atividades que contribuem para o sequestro de CO<sub>2</sub> na atmosfera, aceitas pelo protocolo, estão: recuperação de áreas degradadas, manejo dos estoques de carbono nos solos, florestas e outros tipos de vegetação e o plantio de florestas e sistemas agroflorestais.

Para que possa ser feita uma avaliação dos benefícios da mitigação dos impactos sobre o clima proporcionados pelos projetos de remoção de carbono, faz-se necessária uma comparação dos cenários futuros esperados para a região de desenvolvimento do

projeto com cenários esperados caso os projetos não se concretizem. A diferença na quantidade de carbono removido da atmosfera que se armazenaria por conta da diferença do tipo de ocupação do solo entre os dois cenários é denominada adicionalidade (DITT et al, 2007).

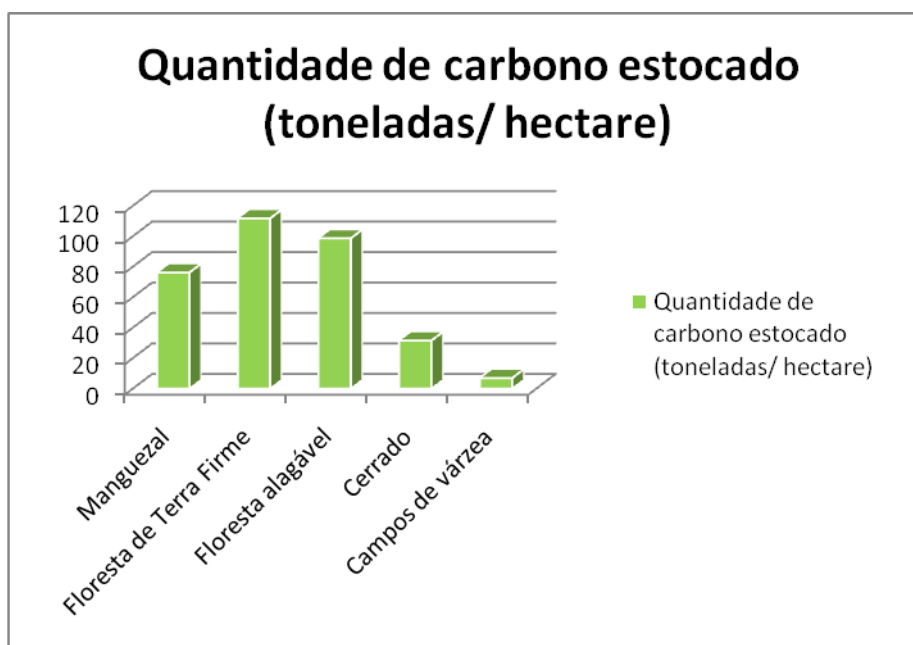
Segundo Carvalho (2006), a quantidade em toneladas de carbono que pode ser armazenada por hectare nos diferentes biomas é mostrada na Tabela 53:

Tabela 53: Quantidade de carbono estocado em diferentes ecossistemas

Ecossistema	Quantidade de carbono estocado (toneladas/ hectare)
Manguezal	76,09
Floresta de Terra Firme	111,65
Floresta alagável	98,58
Cerrado	31,46
Campos de várzea	6,84

Fonte: Carvalho, 2006

Na Figura 13 é possível observar uma comparação da quantidade de carbono, em toneladas por hectare, que pode ser estocado em diferentes tipos de ecossistemas (manguezal, floresta de terra firme, floresta alagável, cerrado e campos de várzea (CARVALHO, 2006).



**Figura 13: Quantidade de carbono, em toneladas por hectare, estocado em diferentes tipos de ecossistemas (manguezal, floresta de terra firme, floresta alagável, cerrado e campos de várzea).**

De acordo com Ditt et. al (2007), com base na coleta de dados referentes à altura, circunferência e densidade das árvores no bioma Mata Atlântica (com diâmetro superior a 10 cm), é estimada a biomassa da parte aérea das árvores que formam o dossel da floresta, o que corresponde a 133,4 toneladas de biomassa por hectare. Considera-se que metade deste valor corresponda ao carbono estocado nas árvores, 66,7 toneladas por hectare. Assim, a estimativa de carbono estocado, ao final de 30 anos (em média), considerando tanto o dossel da floresta, o sub-bosque e as raízes, é de 86,4 toneladas por hectare, que corresponde a 317,24 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare.

Em função do bioma Mata Atlântica, terceiro maior em extensão territorial do Brasil, “predominar” no Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2009), os dados referentes à quantidade de carbono estocado e CO<sub>2</sub> sequestrado por hectare foi considerado em relação a este bioma. Assim, em relação às emissões de CO<sub>2</sub> da Metal Master, uma das alternativas de sequestro de carbono proposta é o florestamento e o reflorestamento a fim de capturar tal quantidade de CO<sub>2</sub> emitidas no ano de 2008.

A Tabela 54 apresenta a estimativa do número de hectares para reflorestamento do Bioma Mata Atlântica necessário para a neutralização compensatória de carbono da Metal Master.

Tabela 54: Neutralização compensatória de CO<sub>2</sub> através de florestamento e/ ou reflorestamento em hectares do bioma Mata Atlântica

Somatório de emissões geradas pela Metal Master em 2008 (Gigagramas de CO <sub>2</sub> )	Somatório de emissões geradas pela Metal Master em 2008 (Toneladas de CO <sub>2</sub> )	Toneladas de CO <sub>2</sub> sequestrado por hectare no bioma Mata Atlântica	Número de hectares para neutralização de emissões
0,422	422	317,24	1,33

De acordo com esta tabela, são necessários o plantio e conservação, ao longo de 30 anos, de 1,33 hectares do bioma Mata Atlântica para neutralizar todas as emissões de gases do efeito estufa emitidos na atmosfera no ano de 2008 pela Metal Master.

É válido salientar que o número de hectares poderá ser reduzido caso as ações para redução de emissão de GEE's propostas anteriormente sejam colocadas em prática. Caso as ações para redução de emissão de GEE's propostas sejam aplicadas, o número de emissões cairia de 0,422 Gigagramas de CO<sub>2</sub> para 0,349 gigagramas de CO<sub>2</sub>, o que corresponde a uma redução de 17,29% das emissões. Assim, seria necessário um número menor de hectares plantados do bioma Mata Atlântica para a neutralização compensatória do CO<sub>2</sub>, que cairia de 1,33 hectares para 1,10 hectares.

Outra opção de neutralização compensatória de carbono pode se dar por captura de CO<sub>2</sub> através de microorganismos (microalgas e cianobactérias). Atualmente, muitas empresas e instituições de pesquisa vêm buscando a viabilidade técnica e financeira do uso de microalgas para fins de absorção de CO<sub>2</sub>, de modo a contribuir para a mitigação do efeito estufa (DIAS, 2009). Assim como os vegetais, estes microorganismos também realizam fotossíntese, ou seja, utilizam o CO<sub>2</sub> atmosférico na produção de carboidratos.

As microalgas possuem capacidade de absorver uma quantidade maior de CO<sub>2</sub> do que os vegetais (DIAS, 2009). De acordo com Moraes e Costa (2008), a microalga *Scenedesmus obliquus*, quando cultivada em fotobiorreatores com KNO<sub>3</sub> e CO<sub>2</sub> atmosférico, podem apresentar uma taxa de remoção de CO<sub>2</sub> igual a 22,97%.

A utilização de microalgas pode apresentar também outros benefícios, tal como a produção de biocombustível, como o biodiesel e o etanol, a partir da biomassa produzida ao longo do cultivo. Além disso, as culturas podem ser enriquecidas com efluentes domésticos, uma vez que estes apresentam alto teor de Nitrogênio e Fósforo, que são nutrientes essenciais para os organismos. Dentre algumas espécies de microalgas que tem sido estudadas para a obtenção de biodiesel, estão: *Scenedesmus*

*obliquos, Scenedesmus dimorphus, Chlorella vulgaris, Euglena gracilis, Spirulina platensis, Porphyridium cruentum* (DIAS, 2009).

As técnicas atualmente utilizadas na produção em larga escala de microalgas são os sistemas abertos e os sistemas fechados. Os sistemas abertos são vantajosos em função de terem um menor custo e por suportarem grande volume de cultura (até bilhões de litros), No entanto, suas desvantagens estão relacionadas à baixa produtividade e dificuldade de controle das condições operacionais devido a exposição a agentes externos (demais microorganismos e clima, por exemplo). Já os sistemas fechados (fotobiorreatores) apresentam vantagens quanto ao controle operacional e contaminação biológica, além de serem sistemas compactos, ou seja, que não necessitam de grande área para funcionamento. (DIAS, 2009).

Tanto o reflorestamento quanto a absorção de CO<sub>2</sub> podem ser considerados pela Metal Master para que suas emissões de gases de efeito estufa possam ser neutralizadas.

É importante ressaltar que as fontes de emissão de GEE's da Metal Master que podem ser controladas ou influenciadas pela mesma, referem-se a apenas 6 dentre as 26 fontes encontradas na Metal Master, conforme pode ser observado na Tabela 55.

Tabela 55: Fontes (controláveis e não controláveis) de emissões de CO<sub>2</sub> (Gigagramas) da Metal Master

Atividade	Emissões em gigagramas de CO <sub>2</sub>
Emissões por consumo de diesel em ônibus	6,03E-02
Emissões por consumo de gasolina em carros	4,76E-02
Emissões por consumo de diesel em carros	1,29E-03
Emissões por consumo de álcool em carros	0
Emissões por consumo de GNV em carros	9,33E-04
Emissões por consumo de gasolina em motos	1,44E-03
Emissões por consumo de diesel em barcas	7,35E-05
Emissões por consumo de energia elétrica em metrô	4,34E-06
Emissões por consumo de energia elétrica em trem	3,98E-05
Emissões após substituição de gasolina por álcool em carro Metal Master	0
Emissões após substituição de diesel por biodiesel em caminhão Metal Master	0
Emissões após substituição de GLP por energia elétrica em empilhadeira Metal Master	4,28E-05
Emissões por consumo de diesel em transporte de metais ferrosos e não-ferrosos	1,81E-03

Tabela 55: Fontes (controláveis e não controláveis) de emissões de CO<sub>2</sub> (Gigagramas) da Metal Master

Atividade	Emissões em gigagramas de CO <sub>2</sub>
Emissões por consumo de diesel em transporte de orgânicos e não-recicláveis	2,11E-02
Emissões por consumo de diesel em caminhão para transporte de papel, papelão e plástico.	3,61E-03
Emissões por consumo de diesel em caminhão para o transporte de madeira	3,61E-03
Emissões por consumo de diesel em caminhão para o transporte de resíduos que sofrem co-processamento	1,50E-03
Emissões por consumo de diesel em caminhão no transporte de lâmpadas	1,36E-03
Emissões por co-processamento de resíduos industriais	0,0553
Emissões diretas CO <sub>2</sub> por processos industriais	1,47E-01
Emissões em equivalentes de CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> ) por processos industriais (queima do CH <sub>4</sub> através de "flare")	2,62E-06
Emissões em equivalentes de CO <sub>2</sub> (N <sub>2</sub> O) por processos industriais	8,13E-04
Emissões de CO <sub>2</sub> ocasionadas por consumo de energia elétrica fotovoltaica (solar)	0
Emissões em equivalentes de carbono por CH <sub>4</sub> produzido por resíduos em aterro	1,15E-03
Emissões em equivalente de CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> ) por esgotos gerados com tratamento através de biodigestor	0
Somatório de emissões (Gigagramas de CO <sub>2</sub> )	3,49E-01

Dentre as três fontes que mais contribuem para a emissão de gases do efeito estufa na Metal Master estão, em ordem decrescente: emissões diretas CO<sub>2</sub> por processos industriais, emissões por consumo de diesel em ônibus e emissões por consumo de gasolina em carros

Desta forma, é possível afirmar que as fontes de emissões de GEE's por parte da Metal Master que mais contribuem para a intensificação do efeito estufa, com exceção das emissões diretas de CO<sub>2</sub> provenientes de processos industriais internos, estão além do controle da Metal Master.

## 6 - CONCLUSÃO

Em relação às emissões de gases do efeito estufa lançados à atmosfera pela Metal Master, é possível afirmar que esta empresa é capaz de reduzi-las de modo significativo, a ponto de neutralizá-las. Esta redução pode se dar através de medidas mitigadoras tais como as estratégias de controle específicas para a Metal Master, que evitariam as emissões, e também através de reflorestamento, que possibilitaria o seqüestro do CO<sub>2</sub> emitido. Entretanto, caso a empresa decida por não adotar as estratégias de controle específicas citadas anteriormente, é possível neutralizar suas emissões referentes ao ano de 2008, apenas com o reflorestamento.

A utilização do reflorestamento como única ferramenta de neutralização compensatória de carbono pode se mostrar vantajosa a curto prazo por não acarretar maiores modificações na rotina dos processos industriais. No entanto, caso a Metal Master opte apenas pelo reflorestamento e mantenha o padrão de emissões semelhante ao ano de 2008, ao longo dos anos, será necessária uma vasta extensão de território reflorestado em relação aos níveis pré-definidos. Este fato denota a importância de modificações no ambiente industrial, de modo a permitir a neutralização a longo prazo.

Caso as medidas mitigadoras específicas para a Metal Master fossem adotadas, em um ano, seria desnecessário o reflorestamento de 0,23 hectare (de 1,33 hectares) de Bioma Mata Atlântica. Se considerados 50 ou 100 anos, nestas condições, a redução da extensão a ser reflorestada corresponderia, respectivamente, a 11,5 e 23 hectares. Se as empresas que, futuramente, decidirem por neutralizar suas emissões, também optarem apenas pelo reflorestamento, o somatório da extensão a ser reflorestada seria maior do que os valores pré-estabelecidos.

Além do reflorestamento, a empresa pode também optar por projetos de captura de CO<sub>2</sub> através de microorganismos, o que representaria uma alternativa em relação aos projetos de florestamento e reflorestamento.

A neutralização compensatória de carbono representa uma melhoria nas questões ambientais das instituições e, conseqüentemente, uma contribuição para a melhoria contínua daquelas que possuem um sistema de gestão ambiental. Assim, as ações e medidas que podem ser tomadas para neutralizar as emissões de gases do efeito estufa na Metal Master podem ser incorporadas em seus objetivos, metas e programas a fim de garantir a sua busca pela melhoria contínua da gestão ambiental.

A quantidade de emissões lançadas pela Metal Master pode diminuir em 73 toneladas equivalentes em CO<sub>2</sub>, no período de um ano, caso sejam adotadas as medidas mitigadoras apontadas, tais como substituição dos combustíveis em veículos próprios por outros que contribuam menos para o efeito estufa, implantação de sistema de biodigestão de efluentes domésticos, substituição da fonte tradicional de energia elétrica por células fotovoltaicas (energia solar) e queima do metano emitido através de processos industriais.

Determinadas fontes de emissões de gases do efeito estufa relacionadas às atividades da Metal Master, tais como consumo de combustíveis por frota de terceiros, consumo de combustíveis durante o transporte de resíduos recicláveis e co-processáveis, destinação de resíduos orgânicos e não-recicláveis, dentre outras impõem obstáculos à empresa no que se refere à tentativa de diminuição de emissões por se tratarem de fontes que estão além do controle e/ ou influência desta empresa. Assim, é imprescindível salientar que pesquisas futuras relacionadas à neutralização compensatória de carbono em outros setores, principalmente no setor de transportes, podem contribuir para a redução de emissões da Metal Master assim como de outras empresas, diminuindo os efeitos negativos ocasionados pelo setor industrial.

Com base nestas constatações, é recomendado que a Metal Master considere as ferramentas para cálculo divulgadas neste trabalho. Assim, a empresa poderá estudar a viabilidade da aplicação das medidas mitigadoras apresentadas, de modo a manter a neutralização compensatória de carbono não só no ano de 2008, mas também nos anos seguintes. Com esta atitude, a empresa estará demonstrando à sociedade sua responsabilidade e postura ética frente à intensificação do efeito estufa e em relação às mudanças climáticas. É válido salientar que o Protocolo de Quioto exige dos países desenvolvidos uma redução de 5,2% das emissões de GEE's no período de 2008 a 2012, em relação aos padrões de 1990 e que apenas com as medidas mitigadoras apontadas neste trabalho, a Metal Master poderia reduzir suas emissões de 2008 em 17,29%.

Neutralizar suas emissões de gases do efeito estufa poderá demonstrar que a Metal Master faz parte de um grupo de empresas que não só incluem a variável ambiental em suas atividades, serviços e processos, mas que busca efetivamente resultados significativos frente à mudança do clima.

Os resultados obtidos neste trabalho, somados a futuras pesquisas em outros setores, que não o industrial, tais como os setores de transporte e saneamento poderão diminuir os efeitos negativos das atividades da Metal Master e de outras indústrias. A



aplicação de pesquisas semelhantes em instituições diversas poderá acarretar em benefícios em relação à mitigação da intensificação do efeito estufa uma vez que o somatório das emissões evitadas poderá ser elevado. Através destas mudanças em diferentes setores, será possível, em um futuro próximo, estabelecer uma economia de baixo carbono.

## **7 - PESQUISAS FUTURAS**

A aplicação de pesquisas semelhantes em instituições diversas poderá acarretar em benefícios em relação à mitigação da intensificação do efeito estufa uma vez que o somatório das emissões evitadas poderá ser significativo. Através destas mudanças em diferentes setores, será possível, em um futuro próximo, estabelecer uma economia de baixo carbono.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ÁLVARES Jr. O.M, LINKE R.R.A. *Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil*. São Paulo. Cetesb, 2009. Acesso em: Junho de 2009. Disponível em: [http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/PDF/inventario\\_efeitoestufa.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/PDF/inventario_efeitoestufa.pdf)
2. BAIRD, Colin. *Química Ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2002.
3. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – *Sumário Executivo de 2008*. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2009. Acesso em 30 de julho de 2009. Disponível em: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br).
4. BARONTINI, G. *Projeto de carbono como ferramenta de agregação de valor e vetor das políticas de sustentabilidade*. Publicado em Carbono: Desenvolvimento Tecnológico, Aplicação e Mercado Global/ Carlos Roberto Sanquetta, Marco Aurélio Busch Ziliotto e Ana Paula Dalla Corte, editores. Curitiba, Brasil: 2006
5. BORGER, F.G. *Responsabilidade corporativa: A dimensão ética, social e ambiental na gestão das organizações*. In: Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental, desafios e perspectivas para as organizações. JÚNIOR, Vilela, DEMAJOROVIC, Jacques et al, São Paulo: Senac, São Paulo, 2006.
6. BRAGA, B. et. al. *Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
7. BRASIL. Constituição Federal. Brasília: Congresso Nacional, 1988.
8. BRASIL. Lei nº 6938. Brasília: Congresso Nacional, 1981.
9. BRASIL. Resolução CONAMA nº 03. Brasília: Congresso Nacional, 1990.
10. BROW. *Química – A Ciência Central*. 9ª Edição. Rio de Janeiro: Pearson Prentice Hall, 2005.
11. CARBONO BRASIL. Diversos documentos. Instituto Carbono Brasil; Acesso em novembro de 2007. Disponível em: <http://www.carbonobrasil.com>.

12. CARBONO NEUTRO. Diversos documentos. Instituto Carbono Neutro; Acesso em: novembro de 2007. Disponível em: <http://www.carbononeutro.com.br>.
13. CARVALHO, L. C. *Quantificação da biomassa e do carbono em Rizophora mangle, Avicennia shaueriana e Laguncularia racemosa no manguezal da laguna de Itaipu, Niterói- RJ*. Publicado em Carbono: Desenvolvimento Tecnológico, Aplicação e Mercado Global/ Carlos Roberto Sanquetta, Marco Aurélio Busch Ziliotto e Ana Paula Dalla Corte, editores. Curitiba, Brasil: 2006.
14. CETESB. *Acidentes Ambientais*. São Paulo: Cetesb; Acesso em 2009. Disponível em [www.cetesb.gov.br](http://www.cetesb.gov.br),
15. CHANG. *Perspectivas dos Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Setor Florestal e Sua Contribuição para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. Publicado em: Quanto mais quente melhor? Desafiando a sociedade civil a entender as mudanças climáticas. Coordenação: Carlos Klink. 1ª edição. São Paulo: Peirópolis; Brasília, DF: IEB – Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2007.
16. DAMASCENO, M. *A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima*. Publicado no segundo Volume da Coleção Jurídica: Aquecimento Global e Créditos de Carbono: Aspectos Jurídicos e Técnicos. LEXNET. Coordenação: SOUZA, R. P. 1ª ed. São Paulo: Quartier Latin do Brasil, 2007.
17. DIAS. *Avaliação técnica-econômica da fixação de CO<sub>2</sub> de fontes estacionárias por microalgas – estudo de caso da usina termelétrica Barbosa Lima Sobrinho*. Em publicação. Rio de Janeiro, 2009.
18. DIAS-FILHO. *Fotossíntese: A Porta de Entrada do Carbono nos Ecossistemas*. Publicado em: Quanto mais quente melhor? Desafiando a sociedade civil a entender as mudanças climáticas. Coordenação: Carlos Klink. 1ª edição. São Paulo: Peirópolis; Brasília, DF: IEB – Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2007.
19. DITT et. al. *Estudos de Viabilidade de Projetos de Carbono para Mitigação Climática, Redução da Pobreza e Conservação da Biodiversidade no Pontal do Paranapanema, São Paulo*. Publicado em: Quanto mais quente melhor? Desafiando a sociedade civil a entender as mudanças climáticas. Coordenação:

- Carlos Klink. 1ª edição. São Paulo: Peirópolis: IEB – Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2007.
20. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Diversos documentos. Acesso em de Fevereiro de 2009. Disponível em [www.epa.com](http://www.epa.com).
21. EPELBAUM, M. *Sistemas de Gestão Ambiental*. JÚNIOR, Vilela, DEMAJOROVIC, Jacques, São Paulo: Senac São Paulo, 2006.
22. FEEMA, Norma Técnica 202. *Critérios e Padrões para lançamento de efluentes líquidos*. Rio de Janeiro, 1986.
23. FLANNERY, T. F. *Os Senhores do Clima*. Rio de Janeiro: Record, 2007.
24. FLUMITRENS. Acesso em julho de 2009. Disponível em: [www.transportes.gov.br/.../flumitrens/inf-feflu.htm](http://www.transportes.gov.br/.../flumitrens/inf-feflu.htm).
25. FUJIHARA, M. A. *Como se tornar uma empresa carbono zero*. Acesso em novembro de 2007. Disponível em: [http://www.balcaodeeventos.com/programa\\_carbono.pdf](http://www.balcaodeeventos.com/programa_carbono.pdf).
26. GASNET. *Caminhões abastecidos com gás natural veicular já circulam em várias cidades do país*. Disponível em <http://www.gasnet.com.br/conteudos.asp?cod=6786&tipo=Novidades&categoria=5>. Acesso em setembro de 2009.
27. GASPAR, A. *São Paulo quer atrair indústria de energia fotovoltaica*. Acesso em setembro de 2009. Disponível em [www.invertia.terra.com.br](http://www.invertia.terra.com.br).
28. GAZONI, A. C. *O Protocolo de Quioto e o estabelecimento de metas de redução de gases do efeito estufa*. Publicado no segundo Volume da Coleção Jurídica: Aquecimento Global e Créditos de Carbono: Aspectos Jurídicos e Técnicos. LEXNET. Coordenação: SOUZA, R. P. 1ª ed. São Paulo: Quartier Latin do Brasil, 2007.
29. GEIPOT . *Anuário estatístico de transportes – 2000*. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes.

30. GORE, Al. *Uma Verdade Inconveniente: o que devemos saber...* Barueri, SP: Manole, 2007.
31. GOUVEA, A. J.; *A Matemática – dos Números Alarmantes – da Degradação do Meio Ambiente*. Acesso em: setembro de 2009. Disponível em <http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/meioambiente/0009.html>.
32. HGB CONSULTORIA E GESTÃO. *Interpretação da NBR ISO 14001: 2004*. HGB, Rio de Janeiro, 2006.
33. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE lança o Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil em comemoração ao Dia Mundial da Biodiversidade*. Acesso em setembro de 2009. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).
34. INSTITUTO CARBONO NEUTRO. Diversos documentos. Acesso em julho de 2009. Disponível em [www.carbononeutro.com.br](http://www.carbononeutro.com.br).
35. INMETRO. Diversos documentos. Acesso em junho de 2009. Disponível em [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br).
36. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Diversos documentos. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acesso em novembro de 2007.
37. IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Acesso em 2009. Disponível em [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
38. IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Reporting Instructions, 2006*. Acesso em janeiro de 2009. Disponível em: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
39. KERBAUY, G. B. *Fisiologia Vegetal*. 1ª Edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
40. LA ROVERE. *Aterros Sanitários no Brasil e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Oportunidades de Promoção de Desenvolvimento Sócio-Ambiental*. Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE – Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas do Instituto de

- Pesquisa e Pós Graduação em Engenharia. Acesso em agosto de 2005. Disponível em <http://www.web-resol.org/textos/28-La%20Rovere%20E.pdf>.
41. LA ROVERE. *Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa da cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2000.
42. LA ROVERE. *Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa da cidade de São Paulo*. São Paulo, 2005.
43. LIMA, A; VERNET, E. *Inventário de Carbono: Desempenho ambiental na estratégia de desenvolvimento*. Acesso em agosto de 2009. Disponível em: <http://www.carbonobrasil.com/?id=722480>.
44. MANO, E. B. et. Al. *Meio ambiente, poluição e reciclagem*. 1ª Edição, Rio de Janeiro: Blucher, 2005
45. MARCHESI. *Uso do mecanismo de desenvolvimento limpo: uma visão de negócios para projetos ambientais*. Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente – LATEC, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009
46. MATTOS, L. B. *A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa – O caso do município do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2001.
47. MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. Diversos documentos. Acesso em 2009. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/clima>.
48. MEDINA, B. M. O. *Ecologia Hoje*. Acesso em outubro de 2008. Disponível em: <http://www.biologo.com.br/ecologia/ecologia8.htm>.
49. MENDONÇA, M. J. C, GUTIEREZ, M. B. S. *O Efeito Estufa e o Setor Energético Brasileiro*. Rio de Janeiro 2000. IPEA, 200. ISSN 1415-4765.
50. METAL PART'S. *O que garante mais rendimento: empilhadeira elétrica ou a combustão?* Acesso em setembro de 2009. Disponível em <http://www.metaljr.com.br/empresa.asp>.
51. MME – Ministério de Minas e Energia. Diversos documentos. Acesso em junho de 2009. Disponível em [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br).

52. MORAIS, M. G; COSTA, J.A.V. *Bioprocessos para remoção de dióxido de carbono e óxido de nitrogênio por micro-algas visando a utilização de gases gerados durante a combustão do carvão*. Química Nova, São Paulo, volume 31 no5, 2008.
53. NBR ISO 14.001: *Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso*. Rio de Janeiro, 2004.
54. NETO, A. D. *Desenvolvimento sustentável e aquecimento global*. Publicado no segundo Volume da Coleção Jurídica: Aquecimento Global e Créditos de Carbono: Aspectos Jurídicos e Técnicos. LEXNET. Coordenação: SOUZA, R. P. 1ª ed. São Paulo: Quartier Latin do Brasil, 2007.
55. NISHI, M. H. *O MDL e o atendimento aos critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade por diferentes atividades florestais*. Viçosa, 2003. 80 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.
56. NOGUEIRA JR, M. P. *Energia Solar Fotovoltaica*. Acesso em setembro de 2009. Disponível em: <http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto02.htm>.
57. ODUM, E. P. *Ecologia*. 3ª Edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.
58. PACHECO, M. R. *Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO<sub>2</sub>*. Estudos Avançados vol. 4 no. 9 Agosto, 1990
59. PAINEL INTERGOVERNMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Acesso em: 09 de novembro de 2007. Disponível em: [http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/clima/greenpeacebr\\_070403\\_clima\\_relatorio\\_IPCC\\_avalicao\\_mudancas\\_climaticas\\_port\\_v1.pdf](http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/clima/greenpeacebr_070403_clima_relatorio_IPCC_avalicao_mudancas_climaticas_port_v1.pdf).
60. PAIVA, L. *As Empresas Brasileiras estão preparadas para uma economia de baixo carbono?* Acesso em agosto de 2009. Disponível em <http://www.carbonobrasil.com/?id=722589>.
61. PALUMBO, A.V. Et al. *Prospects for enhancing carbon sequestration and reclamation of degraded lands with fossil-fuel combustion by-products*. Advances in Environmental Research, Março 2004, p. 425 – 438.
62. PINTO, F. C. V; SANTOS, R. N. *Redução de dióxido de carbono através da maior utilização da modalidade hidroviária no transporte de passageiros: Um estudo de caso da ligação Rio – Niterói*. Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE – Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro, 2004.
63. PNMC – *Plano Nacional sobre Mudança Climática*. Versão para consulta pública. Governo Federal: Comitê Interministerial sobre Mudança Global do Clima, 2008.



64. PORTAL AMBIENTE BRASIL. Acesso em 10 de outubro de 2008. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br>.
65. REIS, T. V. M. *Emissões de Gases de efeito estufa no sistema interligado nacional. Metodologia para definição da linha de base e avaliação do potencial de redução das emissões do PROINFA*. Salvador, 2002. 254 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) – Universidade Salvador – UNIFACS, Salvador, 2002.
66. RIBEIRO, L. *Biogás na suinocultura: Uma importante fonte de geração de energia*. Acesso em setembro de 2009. Disponível em: [http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara/internet/publicacoes/estnott/ec/tema16/2007\\_11958.pdf](http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara/internet/publicacoes/estnott/ec/tema16/2007_11958.pdf).
67. RICKLEFS, R. E. *A Economia da Natureza*. 5ª Edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
68. ROSSO, D., STRENTROM, M. K. *The carbon-sequestration potencial of municipal wastewater treatment*. Chemosphere, Outubro 2007.
69. SALAMONI, I. T. *Método para Cálculo de Geração de Energia Fotovoltaica em Áreas Urbanas*. Acesso em setembro de 2009. Disponível em [www.labee.ufsc.br/linhas.../energia.../DEFESAMestrado\\_Isabel.ppt](http://www.labee.ufsc.br/linhas.../energia.../DEFESAMestrado_Isabel.ppt).
70. SEINFELD, J. H, PANDIS, S. N, *Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change*. Segunda edição, Wiley-Interscience, USA, 2006
71. SISTER, G. Mercado de Carbono e o Protocolo de Quioto: *Aspectos Negociais e Tributação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
72. VALLE, C. E. *Qualidade Ambiental: ISO 14000*. 5ª edição. São Paulo: Senac, 2005.
73. VILLELA JUNIOR, L. V. E., ARAUJO, J. A. C., FACTOR, T. L.. *Estudo da utilização do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro*. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2003, vol.7, n.1, pp. 72-79. ISSN 1415-4366. doi: 10.1590/S1415-43662003000100012.
74. YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3ª edição. Porto Alegre: Brookman, 2001.

**ANEXO 1**

Tabela A1: Levantamento dados relacionados às fontes de emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera através de processos industriais internos da Metal Master.

Gases	Procedência	Tratamento/ disposição	Quantidade de emissões atmosféricas lançadas/ mês (kg)
CO <sub>2</sub>			
CH <sub>4</sub>			
N <sub>2</sub> O			
SF <sub>6</sub>			
PFC			
HFC			

Tabela A2: Levantamento dados relacionados às fontes de emissão de gases do efeito estufa para atmosfera através de consumo de combustíveis por frota interna e consumo por processos industriais internos da Metal Master.

Natureza do combustível	Procedência	Quantidade de combustível utilizada diariamente	Distância percorrida em km diariamente
Gasolina			
Gás natural (veicular)			
Diesel			
Álcool			
GLP			
Gás natural (cozinha e processos industriais internos)			
Outros			

Tabela A3: Levantamento de dados relacionados às fontes de emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera através do consumo de combustíveis por veículos da frota de terceiros utilizada por funcionários da indústria Metal Master.

	Número de funcionários	Tipo de conduções utilizadas (trajeto casa-indústria/ indústria-casa)	Número de conduções utilizadas no trajeto casa-indústria	Número de conduções utilizadas no trajeto casa-indústria/ indústria-casa
Funcionários diretos				
Funcionários indiretos				
Total de funcionários				

Tabela A4: Levantamento de dados relacionados às fontes de emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera através do consumo de energia elétrica na indústria Metal Master.

	Fonte energética	Consumo mensal de energia elétrica em kWh

<b>Fornecimento pela concessionária responsável</b>		
<b>Fornecimento através de outras fontes</b>		

Tabela A5: Levantamento de dados relacionados à emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera através da geração de resíduos na indústria Metal Master.

Natureza do resíduo	Estado físico	Condicionamento	Procedência	Tratamento/disposição	Quantidade de resíduo gerado diariamente
Papel					
Papelão					
Isopor					
Madeira					
Plástico					
Vidro					
Metais					
Lixo de varrição (orgânicos não-recicláveis)					
Subst. Sólidas					
Óleo solúvel					
Resina acrílica					
Lama ETDI					
Lâmpadas Hg					