



Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Mercado de Carbono: potencialidades e desafios para o Brasil

Daniele Pereira da Silva

Monografia em Engenharia Química

Orientadores

Prof. Maria José de O.C. Guimarães – D.Sc.

Prof. Pedro Antonio Peixoto Vieira – M.Sc.

Março de 2008.

**MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E
MERCADO DE CARBONO: POTENCIALIDADES E
DESAFIOS PARA O BRASIL**

Daniele Pereira da Silva

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheira Química.

Aprovado por:

Aline Sarmento Procópio, D.Sc.

Juacyara Carbonelli Campos, D.Sc.

Peter Seidl, Ph.D.

Orientado por:

Maria José de O.C. Guimarães, D.Sc.

Pedro Antonio Peixoto Vieira, M.Sc.

**Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Março de 2008.**

Ficha Catalográfica

Silva, Daniele Pereira da.

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Mercado de Carbono: Potencialidades e Desafios para o Brasil/ Daniele Pereira da Silva. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2008.

xiii , 73 p.; il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2008.

Orientadores: Maria José de O.C. Guimarães e Pedro Antonio Peixoto Vieira.

1. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo 2. Mercado de Carbono 3. Gases de efeito estufa 4. Monografia (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Maria José de O.C. Guimarães 6. Pedro Antonio Peixoto Vieira I. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Mercado de Carbono: Potencialidades e Desafios para o Brasil.

Dedico este trabalho a meus mestres.

“Os dogmas do passado silencioso são inadequados para o tempestuoso presente. O momento atual está repleto de dificuldades e precisamos acordar para esse momento. Assim como nosso caso é novo, devemos pensar e agir de uma maneira nova”. Abraham Lincoln

Agradecimentos

A meus pais, Sr. Firmino e Dona Lia, agradeço por todos os valores ensinados ao longo desses anos.

A minhas irmãs, pelos laços de amor e a química que nos unem.

A João Luís Faber Conti, pelo exemplo.

A Vinícius Dalto, muito grata pelo incentivo.

A meus amigos da EQ/UFRJ, obrigada por compartilharem seus anos de graduação.

A Fábio de Carvalho Jacoby, José Jorge Monteiro e Solange Correa, profissionais que contribuíram muito para minha formação profissional.

Ao Prof. Carlos Rielh (IQ/UFRJ), obrigada pelas horas de iniciação científica.

Aos professores da EQ/UFRJ, que durante estes anos, foram incentivadores e responsáveis pela minha formação.

Em especial a meus orientadores, Maria José e Pedro, sem vocês este trabalho não seria possível.

Muito grata pelas revisões, pelas discussões e principalmente pela paciência.

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheira Química.

MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E MERCADO DE CARBONO: POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA O BRASIL

Daniele Pereira da Silva

Orientadores: Prof. Maria José de O.C. Guimarães – D.Sc.
Prof. Pedro Antonio Peixoto Vieira – M.Sc.

O aquecimento global apresenta-se como um dos maiores desafios do século XXI. Tal situação fez surgir várias alternativas a fim de mitigar a emissão de gases de efeito estufa (GEE), dentre elas, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). As condições cada vez mais críticas impostas pelo aquecimento da terra tornam as potencialidades e desafios do MDL e do Mercado de Carbono um assunto de grande interesse e, por conseguinte, o objetivo central da presente monografia. Para maior entendimento, tornou-se necessário a avaliação do efeito estufa e dos gases que o compõe, e do Tratado de Quioto com seus principais artigos que deram origem ao MDL. Foram também analisadas as principais bolsas de vendas de certificações e reduções de emissão de GEE, isto é, os “créditos de carbono”. No panorama mundial, o Brasil assumiu posição de destaque no que diz respeito às parcerias e aos projetos de MDL. Atualmente, o país ocupa a 3ª posição no ranking mundial quanto ao número de projetos de MDL. Além de sua importante participação nos principais mercados internacionais de carbono, foi criada a primeira bolsa brasileira de carbono: Mercado de Carbono da Bolsa de Mercadorias & Futuros. Os desafios e perspectivas deste mercado tão recente são finalmente apresentados, de modo a permitir uma maior visão das oportunidades das empresas investirem em desenvolvimento social e ambiental sustentáveis.

ÍNDICE

Capítulo I -	Introdução e objetivos	1
Capítulo II-	Contextualização	5
II.1 -	O Efeito Estufa	5
II.2 -	Conseqüências do Aquecimento Global	7
II.3 -	Gases de Efeito Estufa	8
II.3.1 -	Dióxido de carbono	10
II.3.2-	Metano	12
II.3.3 -	Óxido Nitroso	15
II.3.4 -	Hexafluoreto de Enxofre	16
II.3.5 -	Hidrofluorcarbonos	17
II.3.6 -	Perfluorcarbonos	19
Capítulo III-	Tratado de Quioto	21
III.1.	Breve Histórico	21
III.2.	Compromissos Assumidos	25
III.3.	Os principais artigos	26
III.4.	Perspectivas	28
Capítulo IV-	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)	30
IV.1 -	Introdução ao MDL	30
IV.2 -	Roteiro Básico para Elaboração de um Projeto de MDL	31
IV.3 -	Alguns números sobre o MDL	34
IV.4.	Principais projetos de MDL no Brasil	38
IV.4.1 -	Projeto de Redução de Emissão de Dióxido de carbono	39
IV.4.1.1	Projetos Florestais de Pequena Escala	39
IV.4.1.2	Substituição de óleo combustível por gás natural	41
IV.4.2 -	Projeto de Redução de Emissão de Metano	43
IV.4.3 -	Projeto de Redução de Emissão de Óxido Nitroso	44
IV.4.4 -	Projeto de Redução de Emissão de Hexafluoreto de Enxofre	44
IV.4.5 -	Projeto de Redução de Emissão de Perfluorcarbonos	45
IV.4.6 -	Projeto de Redução de Emissão de Hidrofluorcarbonos	45
Capítulo V-	Mercado de Carbono	47
V.1 -	Mercado de Carbono e sua estrutura	47
V.2 -	Principais Bolsas de Créditos de Carbono	49
V.2.1 -	Mercado Quioto	49
V.2.1.1 -	European Climate Exchange	49
V.2.1.2 -	Bolsa de Mercadorias e Futuros	49
V.2.2.	Mercado Não-Quioto	50
V.2.2.1	Chicago Climate Exchange	50
V.2.3.	Outras Bolsas do Clima	52
Capítulo VI-	Análise do Mercado de Carbono	55

VI.1 -	Mercado de Carbono: oportunidades e perspectivas	55
VI.2 -	O Comportamento dos preços	56
VI.3 -	Perspectivas na Demanda de Mercado de Carbono	62
	Conclusão	64
apítulo VII-		
	Referências Bibliográficas	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1.	Formação do Efeito Estufa (Educar, 2008)	6
Figura II.2	Variação Global da temperatura na superfície terrestre dos anos 1860-2000 (Adaptado de IPCC,2001a)	8
Figura II.3	Indicadores de influência humana na atmosfera entre os anos 1000-2000 (Adaptado de IPCC,2001b)	9
Figura II.4	Distribuição das grandes fontes estacionárias de CO ₂ pelo mundo (Adaptado de IPCC,2001c)	10
Figura II.5	Ciclo do carbono (Adaptado de IPCC, 2001d)	12
Figura II.6	Emissões globais de metano (Ejournal, 2005)	13
Figura IV.1	Ciclo de atividade de um projeto de MDL (Instituto Gênese, 2008)	34
Figura IV.2	Número de atividades de projeto no sistema do MDL (MCT, 2007k)	35
Figura IV.3	Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de gás de efeito estufa (MCT, 2007k)	36
Figura IV.4	Porcentagem dos projetos brasileiros em larga e pequena escala. (MCT, 2007k)	37
Figura IV.5	Atividades de Projeto do MDL no Brasil (MCT, 2007k)	37
Figura IV.6	Equipamento para o arco de plasma (David, 2006)	46
Figura VI.1	Preços negociados na ECX referentes aos contratos até dezembro de 2008 a 2012 (Elaboração Própria com base nos dados disponíveis em ECX,2008)	57
Figura VI.2	Preços e Volumes negociados do <i>Vintage</i> 2003 (CCX,2008)	58
Figura VI.3	Preços e Volumes negociados do <i>Vintage</i> 2004 (CCX,2008)	58
Figura VI.4	Preços e Volumes negociados do <i>Vintage</i> 2005 (CCX,2008)	59
Figura VI.5	Preços e Volumes negociados do <i>Vintage</i> 2006 (CCX,2008)	59
Figura VI.6	Preços e Volumes negociados do <i>Vintage</i> 2007 (CCX,2008)	60
Figura VI.7	Preços e Volumes negociados do <i>Vintage</i> 2008 (CCX,2008)	60
Figura VI.8	Preços e Volumes negociados do <i>Vintage</i> 2009 (CCX,2008)	61
Figura VI.9	Preços e Volumes negociados do <i>Vintage</i> 2010 (CCX,2008)	61

ÍNDICE DE TABELA

Tabela II.1	Nome Comercial, Fórmula, Tempo de Vida e GWP de alguns HFCs (Elaboração Própria com dados disponíveis em IPCC,2001e).	17
Tabela IV.1	Distribuição das Atividades de Projeto no Brasil por tipo de projeto (MCT, 2007k)	36

NOMENCLATURA

AND	Autoridade Nacional Designada
BIRD	Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
BM&F	Bolsa de Mercadorias & Futuros
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BVRJ	Bolsa de Valores do Rio de Janeiro
CBOT	<i>Chicago Board of Trade</i>
CCFE™	<i>Chicago Climate Futures Exchange™</i> (Futuros do Clima de Chicago).
CCX	<i>Chicago Climate Exchange®</i> (Bolsa do Clima de Chicago)
CH ₄	Metano
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
CO ₂	Dióxido de Carbono
COP	Conferência das Partes
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
DCP	Documento de Concepção de Projeto
EB	<i>Executive Board</i> (Conselho Executivo)
ECX	European Climate Exchange
EEX	European Energy Exchange
EOD	Entidades Operacionais Designadas
EU-ETS	<i>European Union's Emissions Trading Scheme</i> (Esquema de Comércio de Emissões da União Européia)
EUA	Estados Unidos da América
FBDS	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
GEE	Gases de Efeito Estufa
Gg	Gigagrama (10 ⁶ g)
GWP	<i>Global Warming Potential</i> (Potencial de Aquecimento Global)
HFCs	Hidrofluorcarbonos
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM – <i>Clean Development Mechanism</i>)
N ₂ O	Óxido nitroso
ONU	Organização das Nações Unidas
PFCs	Perfluorocarbonos
PFPE	Projetos Florestais de Pequena Escala
RCE	Reduções Certificadas de Emissões
SF ₆	Hexafluoreto de Enxofre
t	toneladas
tCO ₂ e	Toneladas equivalentes de CO ₂

Tg Teragrama (10^{12} g)
UE União Européia
UNFCCC *United Nations Framework Convention on Climate Change* (ver CQNUMQ)

Capítulo I

Introdução e Objetivos

O aquecimento global é provavelmente um dos maiores problemas do século XXI. Ele pode gerar um aumento significativo do nível de água dos oceanos nas regiões litorâneas e terminar afetando diretamente toda a vida na superfície terrestre, incluindo a migração dos animais e até possível extinção de alguns deles. As empresas também poderão vir a ser afetadas, e como conseqüência terão maiores custos para cumprir as regulamentações ambientais cada vez mais rígidas. Mas o surgimento de problemas, como de hábito, traz consigo as oportunidades. Hoje é possível detectar o surgimento de várias alternativas de processos, produtos e serviços que contribuem pouco ou nada para o aquecimento global (MCT, 2007; IPCC, 2001; Leahy, 2007).

A maior relevância dada à problemática da degradação ambiental, tendo em vista o seu potencial de afetar negativamente o desenvolvimento econômico e social das nações, teve dois importantes efeitos. O primeiro foi o de trazer à cena, além das dimensões física e biológica, as variáveis econômicas e políticas. O segundo efeito foi de conscientizar os países que algo fosse feito e numa atuação pro-ativa conjunta enfrentassem a situação.

O Efeito Estufa, vale esclarecer, está longe de ser algo nocivo para a Terra. Na verdade, dentro de certos limites, ele é algo necessário, na medida que é a forma que a Terra tem de manter sua temperatura constante. A capacidade de

reter na Terra cerca de 65% da radiação que incide sobre o nosso planeta deve-se, principalmente, ao efeito sobre os raios infravermelhos de gases como o dióxido de carbono, metano e óxidos de nitrogênio presentes na atmosfera (totalizando menos de 1% desta). O excesso de tais gases é que é problemático, pois gera, como principal consequência, o chamado aquecimento global (Educar, 2008).

Como consequência do efeito estufa surgiram às alternativas de investimento comprometidas com a reversão deste quadro. O ponto de partida nesta trajetória foi o Protocolo de Quioto, realizado na cidade japonesa que lhe deu o nome, o qual estabeleceu metas de redução da emissão de gases de efeito estufa de acordo com a classificação do país quanto ao seu desenvolvimento econômico. O Protocolo foi assinado em 1997 por 141 países e propõe que os países industrializados, entre 2008 e 2012, reduzam e controlem as emissões de gases que causam o efeito estufa em aproximadamente 5% abaixo dos níveis registrados em 1990.

O trabalho decorrente do Tratado de Quioto resultou na criação de importantes ferramentas como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), a Implementação Conjunta e o Comércio de Emissões (todos regulados pelos Acordos de Marraqueche). Dentre estes mecanismos, o MDL é o único que permite a participação das Partes não-Anexo I, como o Brasil (MCT,2007b).

As regras definidas no Tratado de Quioto fazem com que o Brasil, embora estando entre os 10 maiores emissores de CO₂ do mundo, não seja obrigado a cumprir as metas de redução de emissões de gases do efeito estufa. Porém, a situação pode mudar após 2012, data em que expira a validade do Tratado de Quioto, quando estarão em discussão as regras válidas para o período entre 2013 e 2017. Dentre as novas metas e formas de reduzir a emissão de gases do efeito estufa destaca-se a inclusão de países em desenvolvimento, como a

China e a Índia, mas, nada impede, embora com chances bem mais remotas, que o Brasil também possa vir a ser incluído.

Com base na argumentação apresentada, a presente monografia tem como objetivo geral analisar as potencialidades e desafios do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e o Mercado de Carbono para o Brasil. Os objetivos específicos são: mostrar a importância das iniciativas de financiamento de projetos que reduzam a emissão de gases do efeito estufa e os reflexos na viabilidade de expansão do mercado de crédito de carbono, como também apresentar os aspectos legais e regulatórios que tangem as negociações de créditos de carbono no mercado internacional e nacional.

A monografia é composta de sete capítulos. No primeiro capítulo, foi apresentada uma visão geral do efeito estufa e MDL, além dos objetivos desta monografia. No segundo capítulo é encontrada uma descrição do efeito estufa e suas conseqüências, onde são apresentados os gases que intensificam o efeito estufa, as respectivas contribuições para o aquecimento global, suas utilizações e valores de emissões antropogênicas.

No terceiro capítulo é feita uma abordagem sobre o Tratado de Quioto envolvendo sua origem, os compromissos assumidos, os pontos críticos do tratado e perspectivas do mesmo. Os mecanismos de flexibilização do Tratado, evidenciando o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo são também abordados.

No quarto capítulo são mostrados os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e um roteiro básico para a elaboração de um projeto de MDL. Ainda neste capítulo é possível encontrar exemplos de metodologias de sucesso para projetos de MDL para cada tipo de gás de efeito estufa.

No quinto capítulo são abordados os mercados de carbono e a sua estruturação. No sexto são avaliadas as oportunidades e perspectivas do Mercado de

Carbono, assim como dados relativos à oscilação de preços, volumes negociados e projeções para os próximos anos. Por fim, o último capítulo apresenta a conclusão desta monografia.

Capítulo II

Contextualização

Este capítulo apresenta o efeito estufa e sua principal consequência na atmosfera, a variação global da temperatura na superfície terrestre. Tendo em vista o problema apresentado, ainda neste capítulo são apresentados os gases de efeito estufa, suas utilizações e respectiva contribuição para o efeito estufa.

II.1. O Efeito Estufa

O Efeito Estufa é um fenômeno que ocorre naturalmente, e que apenas vem se intensificando nos últimos tempos. O seu funcionamento resume-se ao fato da radiação solar que incide sobre a Terra trazer uma grande quantidade de energia, tanto na forma de radiação térmica como luminosa. Parte dessa radiação é refletida antes mesmo de entrar na atmosfera. Do restante que entra na atmosfera, parte é novamente refletida na superfície terrestre e nuvens, voltando para o espaço, e parte fica retida na forma de calor. Esse calor é absorvido tanto pela superfície terrestre como por alguns gases da atmosfera, conforme mostra a figura II.1. E é exatamente esse calor que permite a existência da vida na Terra, possibilitando o planeta ter uma temperatura média de 15°C (Souza, 2005).

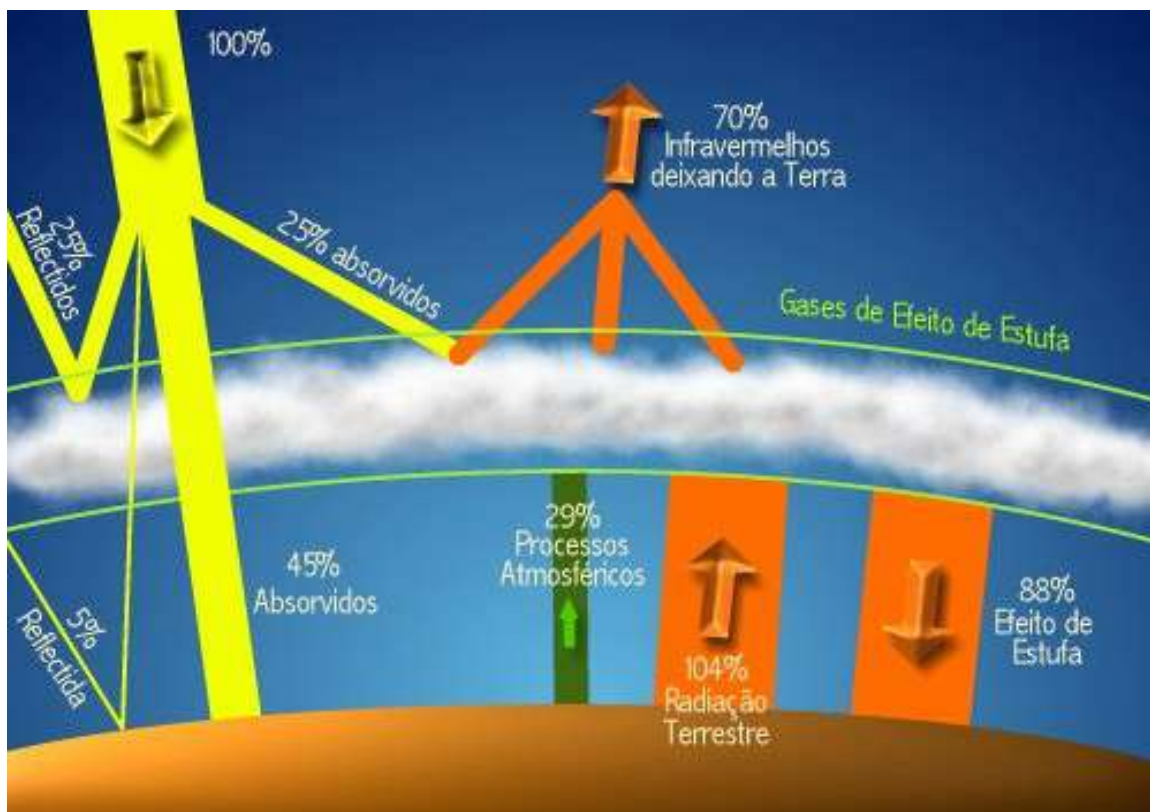


Figura II.1 – Formação do Efeito Estufa (Educar,2008).

A ação do ser humano na natureza tem aumentado a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, através dos desflorestamentos e das queimas intensas e descontroladas de combustíveis fósseis. A derrubada de árvores provoca o aumento da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera pela queima e também por decomposição natural. Além disso, as árvores absorvem dióxido de carbono e produzem oxigênio. Uma menor quantidade de árvores significa também menos dióxido de carbono sendo absorvido.

A incineração de resíduos e a deposição de resíduos sólidos na superfície constituem outras fontes de gases de efeito estufa. A utilização do gás natural em larga escala substituindo o óleo combustível eliminou a emissão de fuligem e a emissão de óxido de enxofre, além da considerável diminuição de dióxido de

carbono. Os outros poluentes inerentes à combustão, tais como os óxidos de nitrogênio continuam sendo emitidos da mesma forma (Efeito de estufa, 2008).

II.2. Conseqüências do Aquecimento Global

Durante o século XX, a temperatura média da superfície da Terra sofreu um acréscimo de cerca de 0,5°C. Este acréscimo foi creditado a um aumento das temperaturas mínimas diárias, superior ao correspondente aumento das temperaturas máximas, diminuindo desta forma a amplitude térmica diária da temperatura. Por outro lado, a extensão das calotas polares e dos glaciares sofreu uma diminuição, a qual foi acompanhada de um aumento do nível médio dos oceanos da ordem dos 10 a 25 cm. Esse aumento de temperatura vem sendo creditado ao aumento significativo nas concentrações dos gases de efeito estufa (Houghtoun, 1995).

Nas últimas três décadas, houve um aumento contínuo da temperatura média global, com agravante de que os 4 anos mais quentes de que há registro terem sido observados todos na última década, respectivamente 1990, 1995, 1997 e 1998. Pode-se observar na figura II.2 este aumento gradual na temperatura global e esta elevação acentuada de temperatura nos anos 90 (Dessai, 1999).

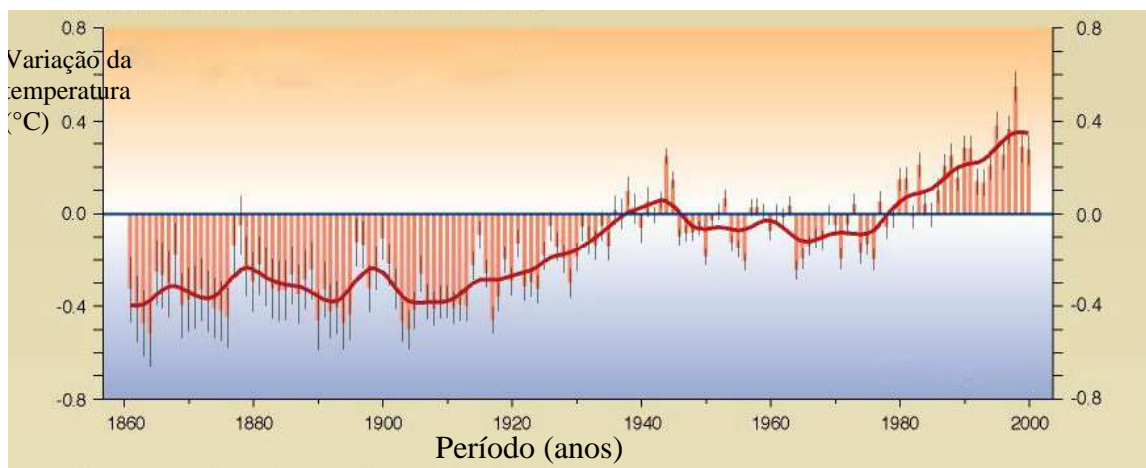


Figura II.2 – Variação Global da temperatura na superfície terrestre dos anos 1860-2000 (Adaptado de IPCC,2001a).

Com este aumento considerável da temperatura da superfície terrestre, fica claro que deveriam ser tomadas medidas urgentes para a solução deste problema. Antes da apresentação das soluções tomadas para este problema, torna-se necessária uma abordagem dos principais contribuintes para o efeito estufa, os gases de efeito estufa (GEE).

II.3. Gases de Efeito Estufa

Tendo em vista os problemas abordados anteriormente, é importante apresentar os gases de efeito estufa, suas utilizações e respectiva contribuição para o efeito estufa.

Os gases de efeito estufa (GEE) são constituintes gasosos da atmosfera, naturais ou antropogênicos, que absorvem e reemitem radiação infravermelha. Segundo o Anexo A do Tratado de Quioto, são eles: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), acompanhados por duas famílias de gases, hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorocarbonos (PFCs) (IPCC,2001f).

Ainda no Anexo A do Tratado de Quioto, os setores de fontes dos gases de efeito estufa são: energia, processos industriais, uso de solventes e outros produtos, agricultura e tratamento de resíduos.

Na figura II.3 é possível observar o aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera em mil anos.

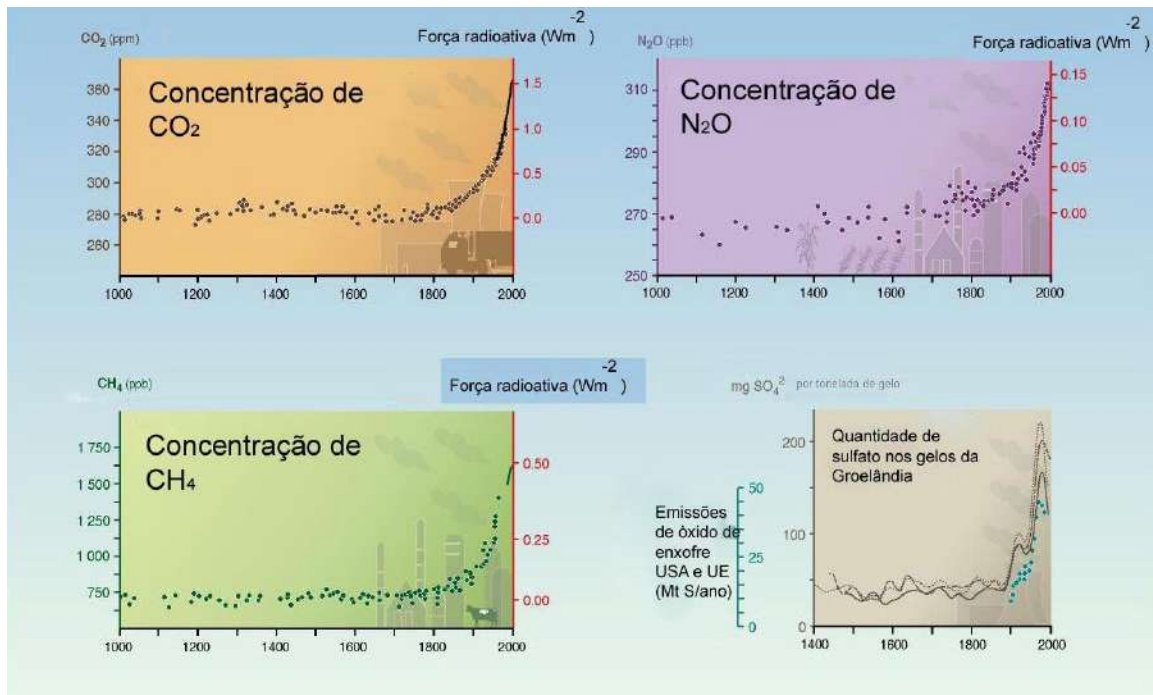


Figura II.3 – Indicadores da Influência humana na atmosfera entre os anos 1000-2000 (Adaptado de IPCC, 2001b).

Dentre os 23 processos industriais listados no IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), o dióxido de carbono está presente em 12 (produção de cimento, produção de cal, uso de pedra calcária, produção e uso do carbonato de sódio, amônia, carbonetos, produção de: aço, ferro, alumínio, magnésio), enquanto o CH₄ e o N₂O estão presentes em 7 e 6, respectivamente.

Além das emissões de CO₂ relativas à queima de combustíveis fósseis, existem emissões fugitivas que são intencionais ou não. Estas emissões aparecem na produção, processamento, transmissão, estocagem e uso dos combustíveis,

como, por exemplo, queima de gases nas plantas de óleo e gás. Neste caso, o CO₂ tem emissões nas torres de queima (*flares*) dos rejeitos gasosos dos processos energéticos.

II.3.1. Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono (CO₂) é o principal responsável pelo efeito estufa, fenômeno que causa o aquecimento global. O CO₂ é responsável por cerca de 64% do efeito estufa. Diariamente são enviados cerca de 6 bilhões de toneladas de CO₂ para a atmosfera. Na figura II.4 nota-se a distribuição das grandes fontes estacionárias de CO₂ pelo mundo (IPCC,2001f).

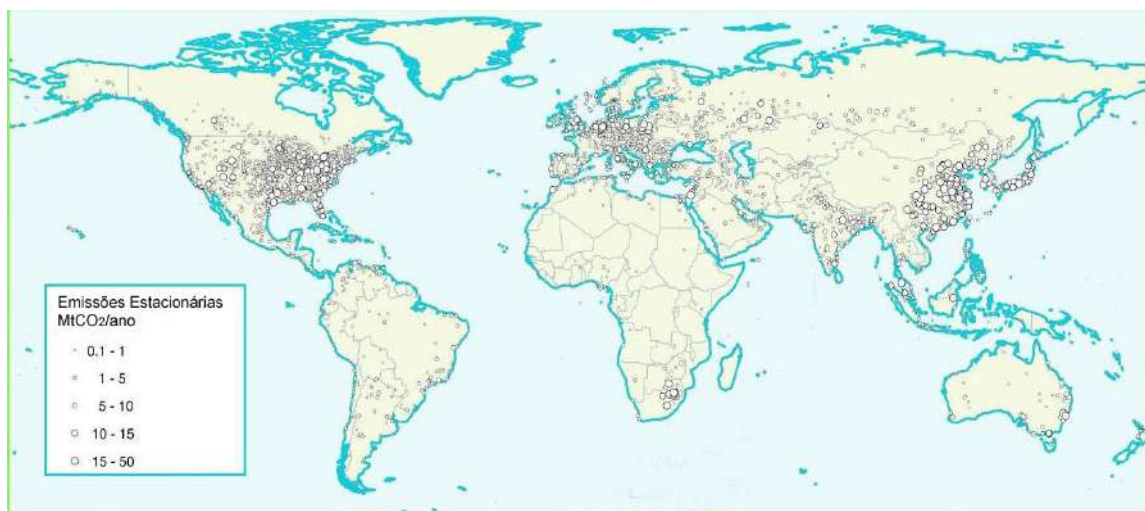


Figura II.4 – Distribuição das grandes fontes estacionárias de CO₂ pelo mundo (Adaptado de IPCC,2001c).

Segundo os testemunhos de gelo durante os últimos 425.000 anos, a concentração de CO₂ variou entre 180 e 280 partes por milhão (ppm). Quando a concentração estava no seu nível mais alto, o mundo estava mais quente. O núcleo do gelo da Antártica, comumente chamado de testemunho de gelo, que forneceu evidência de temperaturas antigas também continha pequenas bolhas de ar que ficaram presas, à medida que a neve se acumulava. Essas bolhas foram analisadas e fornecem um registro da concentração de CO₂ com o tempo,

mostrando assim, a existência de uma estreita relação entre a temperatura global média e a concentração de CO₂ (Schlumberger, 2008).

O ciclo biogeoquímico é a forma com que se dá a transferência e armazenamento de certas substâncias na natureza. Durante esse ciclo, o fluxo de substâncias passa por uma série de processos e reservatórios. Reservatórios são locais onde as substâncias são armazenadas e processos são as formas em que as substâncias passam de um reservatório para outro. O ciclo do carbono é um ciclo biogeoquímico do carbono, considerando suas diferentes formas (CO₂, CH₄, CaCO₃, etc), reservatórios e processos. Na figura II.5 é possível verificar o ciclo de carbono (Tonello, 2007).

O CO₂ é capaz de permanecer na atmosfera durante 50-200 anos, dependendo da forma como é reciclado novamente pela terra ou pelos oceanos. Em países industrializados, o CO₂ representa mais de 80% das emissões de gases de efeito de estufa (MCT,2007d; CE, 2008).

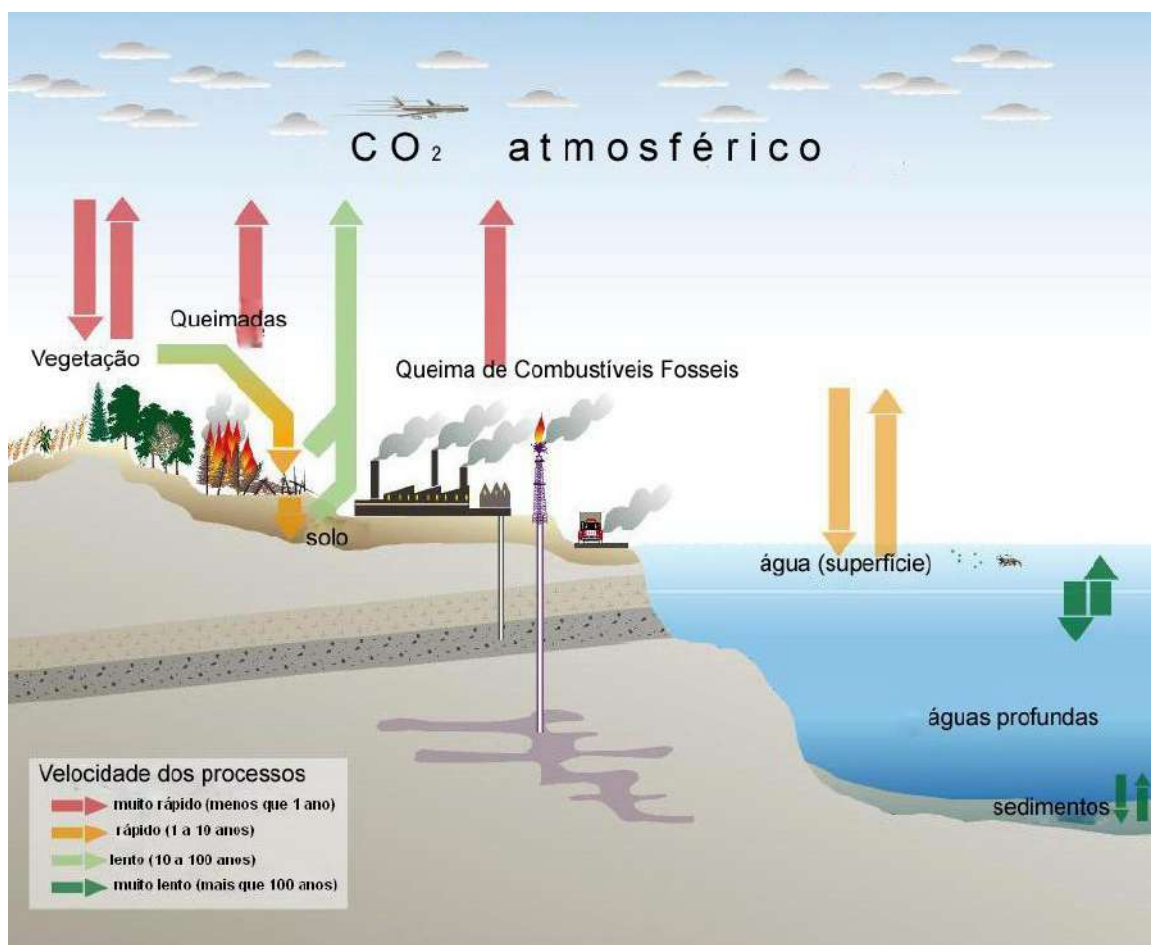


Figura II.5 – Ciclo do Carbono (Adaptado de IPCC, 2001d).

II.3.2. Metano

O metano (CH₄) é o segundo gás mais importante que contribui para o aumento do efeito estufa. Desde o início da Revolução Industrial, as concentrações de metano na atmosfera duplicaram e contribuíram em cerca de 20% para a ampliação do efeito de estufa. Nos países industrializados, o metano é geralmente responsável por 15% das emissões de gases de efeito de estufa (CE,2008).

As fontes naturais desse gás incluem os pântanos e oceanos. As fontes antropogênicas incluem a atividade mineira, a queima de combustíveis fósseis, agropecuária (os animais ingerem plantas que fermentam nos seus estômagos,

exalando metano que é depois expelido através do estrume e no arrote), plantações de arroz (campos de cultivo alagados produzem metano, uma vez que a matéria orgânica no solo se decompõe sem ter oxigênio suficiente) e os aterros (igualmente devido à matéria orgânica no solo que se decompõe sem ter oxigênio suficiente). A distribuição das fontes de emissão de metano pode ser verificada na figura II.6.



Figura II.6 – Emissões Globais de Metano (eJournal USA, 2005).

Na atmosfera, o metano captura calor, possui potencial de aquecimento global (*Global Warming Potencial – GWP*) 23 vezes maior que o CO₂. Porém, o seu tempo de vida é mais reduzido, entre 10 e 15 anos. O GWP permite comparar o impacto dos vários gases estufa no aquecimento global normalmente calculado para 100 anos na atmosfera. Este cálculo é feito por combinação do período de vida atmosférica estimado para o gás estufa e sua respectiva capacidade de absorção de infravermelhos.

A concentração atmosférica de metano aumentou cerca de 1060 ppb (partes por bilhão), o que equivale ao aumento de 151% desde 1750 e continua a aumentar. Mais da metade das emissões correntes de CH₄ são antropogênicas. As emissões fugitivas de metano provenientes das atividades que envolvem petróleo e gás natural giram em torno de 30 a 60 Tg/ano. As concentrações das

emissões são medidas normalmente na unidade de teragrama (Tg), 10^{12} g, equivalentes a 10^6 toneladas métricas (IPCC,2001f).

As emissões de metano nos processos industriais provêm, principalmente, de produtos minerais, de petroquímicos, da produção de ferro e aço, da produção de alumínio e outros metais. Apesar da maioria das fontes industriais do metano, contribuirão individualmente pouco para as emissões globais, coletivamente podem ser significativas.

A China, a Índia, os Estados Unidos, o Brasil, a Rússia e outros países euro-asiáticos respondem por quase metade de todas as emissões antropogênicas de metano. Entretanto, as principais fontes de emissão de metano variam entre os países. Por exemplo, as duas principais fontes de emissão de metano na China são a mineração de carvão e a produção de arroz. A maior parte das emissões de metano na Rússia provém dos sistemas de gás natural e petróleo; na Índia, as principais fontes são a produção de arroz e a criação de rebanho e, nos Estados Unidos, os aterros são a principal fonte de emissões de metano (EJournal, 2005).

Aproximadamente, 5-20% do CH_4 antropogênico anual global emitido na atmosfera é produto da decomposição anaeróbica de resíduos sólidos. As duas principais fontes são os resíduos sólidos e tratamento de resíduos líquidos. A produção de metano proveniente do tratamento de resíduos líquidos sob condições anaeróbicas é estimada entre 30 e 40 Tg por ano. Isto representa de 8 a 11% das emissões antropogênicas globais desse gás. O setor industrial seria responsável por 26 a 40 Tg por ano, enquanto que o setor comercial e residencial seria responsável por cerca de 2 Tg por ano. A incineração de resíduos é considerada como uma fonte menos representativa de metano (IPCC,2001f).

II.3.3. Óxido Nitroso

O óxido nitroso (N_2O) possui potencial de aquecimento global 296 vezes maior que o CO_2 . Sendo liberado de forma natural pelos oceanos e florestas tropicais, e também pelas bactérias existentes nos solos. As principais fontes industriais de N_2O antropogênico são as produções de ácido adípico e ácido nítrico. Também emitem N_2O os seguintes setores industriais: uréia, caprolactama e outros petroquímicos. Outras fontes de emissão desse gás são, a combustão de combustíveis fósseis e a produção química industrial que recorre ao nitrogênio, como por exemplo, as estações de tratamento de esgotos.

A concentração atmosférica de óxido nitroso aumentou cerca de 46 ppb, o que equivale ao aumento de 17% desde 1750 e continua a aumentar. Cerca de um terço das emissões de óxido nitroso são antropogênicas. Desde 1993, a taxa de crescimento da concentração de N_2O aproximou-se das observadas na década de 80. Algumas causas possíveis são: o decréscimo no uso de fertilizantes baseados em nitrogênio e emissões biogênicas menores (IPCC,2001f).

Nos países industrializados, o N_2O é responsável por cerca de 6% das emissões de gases de efeito de estufa. Tal como o CO_2 e o metano, o óxido nitroso é um gás de efeito de estufa cujas moléculas absorvem o calor que tenta escapar para o espaço. Desde o início da Revolução Industrial, as concentrações de óxido nitroso na atmosfera aumentaram cerca de 16% e contribuíram entre 4 a 6% para a ampliação do efeito estufa (CE, 2008).

Este poluente pode se difundir com muita facilidade e quando inalado, atinge as porções mais periféricas do pulmão devido à sua baixa solubilidade. Seu efeito tóxico está relacionado ao fato de ser um agente oxidante. A contribuição da combustão e das emissões fugitivas para as emissões globais de óxido nitroso é pequena quando comparada ao CO_2 .

II.3.4. Hexafluoreto de Enxofre

O hexafluoreto de enxofre (SF_6) está presente na atmosfera em uma quantidade muito menor em relação ao CO_2 , porém o potencial de dano global deste gás é 22.000 vezes maior que o dióxido de carbono. O hexafluoreto de enxofre normalmente é utilizado como isolante térmico, condutor de calor ou agente refrigerante (IPCC,2001f).

À temperatura ambiente e pressão atmosférica, o hexafluoreto de enxofre é um gás não inflamável, não tóxico, incolor, inodoro e insípido. Possui alta resistência dielétrica e grande estabilidade térmica. Sendo cerca de cinco vezes mais denso que o ar atmosférico, tende a acumular-se em locais baixos.

O hexafluoreto de enxofre é particularmente adequado para utilização como agente dielétrico em disjuntores de média e alta voltagem bem como em cabos de alta voltagem, transformadores, transdutores, acelerador de partículas, raios x e equipamentos de UHF. Tem sido muito utilizado, misturado com argônio ou nitrogênio, para desgaseificação de alumínio e suas ligas durante o processo de fundição, evitando porosidades indesejadas nos produtos finais. Recentemente tem sido utilizado nas misturas gasosas dos ressonadores dos lasers com o objetivo de fornecer flúor para o sistema.

Embora não seja tóxico, pode quando no estado gasoso, agir como asfixiante simples ao deslocar o ar atmosférico e reduzir a concentração de oxigênio abaixo dos níveis mínimos para sustentação de vida. No Brasil, o anexo 11 da norma regulamentadora n.º 15 (NR-15) não impõe um limite de exposição máximo. Já na forma líquida é perigoso uma vez que pode causar queimaduras por frio devido à sua rápida evaporação e conseqüente resfriamento.

Trata-se de um produto muito estável à temperatura ambiente, porém, sofre decomposição térmica em temperaturas elevadas. Como resultado de sua decomposição, desprende gases extremamente tóxicos e corrosivos. Por esta

razão, ainda que esse gás não seja inflamável, é proibido expor o produto a altas temperaturas durante operação, uma vez que, ele pode decompor-se liberando os gases tóxicos mencionados (Gamagas,2007).

II.3.5. Hidrofluorcarbonos

Os hidrofluorcarbonos (HFCs) foram desenvolvidos nos anos 80 e 90 como substâncias alternativas aos CFCs e HCFCs. Os HFCs não contêm cloro e desta forma não destroem a camada de ozônio, mas contribuem para o aquecimento global. Há uma vasta lista de gases que são hidroclorofluorcarbonos, dentre eles, CHF₃, CH₂F₂, CHF₂CF₃, CH₂FCF₃ e CH₃CF₃ (PNUD Brasil, 2007).

Os hidrofluorcarbonos (HFCs) estão pouco presentes na atmosfera; no entanto, possui altos valores de GWP (*Global Warming Potential*), conforme pode ser averiguado na tabela II.1.

Tabela II.1 – Nome Comercial, Fórmula, Tempo de Vida e GWP de alguns HFCs (Elaboração Própria com dados disponíveis em IPCC,2001e).

Nome Comercial	Fórmula	Tempo de Vida (anos)	GWP (100 anos)
HFC-23	CHF ₃	260	12.000
HFC-32	CH ₂ F ₂	5	550
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	29	3.400
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	13,8	1.300
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	52	4.300

Do HFC 125 para cima todos possuem aplicação comercial por si só. Estes compostos têm estruturas moleculares extremamente estáveis e são largamente imunes aos processos químicos que decompõem a maioria dos poluentes. Quando atingem a mesosfera (cerca de 60 km acima da Terra) é que são destruídos pelos raios ultravioleta de alta energia originários do Sol. Este mecanismo de remoção é extremamente lento e, como resultado, os HFCs acumulam-se na atmosfera onde permanecem por longos períodos (International Aluminium Institute,2008).

Um dos HFC's mais usados atualmente em refrigeradores no lugar dos HCFC's é o de fórmula CH_2FCF_3 (nome comercial deste HFC é R134a), e uma molécula deste HFC tem o mesmo impacto que 3.400 moléculas de CO_2 . Estima-se que no ano 2010 as emissões de HFC –R134a serão da ordem de 148 mil toneladas, o que terá um impacto semelhante a todo combustível fóssil queimado no Reino Unido naquele ano (FIESP, 2007).

Em refrigeração e condicionamento de ar, HFCs estão sendo utilizados como uma das principais alternativas, junto com outros fluidos refrigerantes. Os HCFCs estão sendo usados em algumas aplicações, mas apenas como “substâncias de transição”, uma vez que deverão ser finalmente eliminados devido ao seu potencial de destruição de ozônio.

Na indústria de fabricação de espumas plásticas, os CFCs têm sido usados como agentes de expansão tanto para espumas rígidas (isolamento) quanto para espumas flexíveis (estruturais). Vários agentes de expansão alternativos estão agora em amplo uso, incluindo HCFCs, hidrocarbonetos, HFCs, cloreto de metileno, dióxido de carbono e água (Ambiente SP, 2007a).

HFCs e PFCs têm sido utilizados como substituição aos halons para o combate ao fogo, mas representam uma pequena parcela das substâncias alternativas em uso. Na maioria das aplicações, halons têm sido substituídos por espuma, dióxido de carbono ou até mesmo água. Novas névoas de água em alta pressão estão sendo desenvolvidas para o combate a incêndios com óleos e gasolina. Gases inertes, tais como argônio e nitrogênio, são alternativas para aplicações em que as outras soluções têm sérias desvantagens. Os halons existentes em equipamentos de combate ao fogo estão sendo recolhidos e estocados em bancos de halons para impedir emissões para a atmosfera e para estarem disponíveis para “usos essenciais”, como decidido no Protocolo de Montreal. Em termos globais, mas considerando fundamentalmente os países desenvolvidos, apenas 20% das aplicações de halons foram substituídas por HFCs e menos de

1% por PFCs. Essas proporções podem ser menores em determinados países, dependendo do tipo de uso e dos riscos a serem protegidos (MCT, 2007d).

Emissões de HFCs ocorrem por fugas durante o processo de produção, por fugas durante a utilização de equipamentos contendo esses gases, bem como durante a manutenção desses equipamentos. Emissões de HFCs ocorrem também como efeito secundário do processo produtivo de HCFCs.

No Brasil não existe produção de HFCs, ocorrendo emissões de HFC-23 como subproduto da produção de HCFC-22. Os HFCs estão começando a ser utilizados em substituição aos CFCs, banidos pelo Protocolo de Montreal, mas a importação desses gases é registrada apenas a partir de 1994 (MCT, 2007d).

II.3.6. Perfluorcarbonos

Os perfluorcarbonos (PFCs) são gases artificiais criados como alternativa aos produtos químicos prejudiciais à camada de ozônio. Há uma vasta lista de gases que são perfluorcarbonos, dentre eles, CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , C_4F_{10} , C_5F_{12} e C_6F_{14} (IPCC,2001f; MCT,2007).

Os PFCs são potentes gases de estufas que, devido à sua enorme estabilidade molecular, permanecem na atmosfera por períodos estimados em 50.000 anos (CF_4) e 10.000 anos (C_2F_6) respectivamente, e o seu “potencial global de aquecimento” (*Global Warming Potential* - GWP) é um dos mais altos dentre os gases de estufa conhecidos, podendo variar de 5.700 (CF_4) a 11.900 anos (C_2F_6) (IPCC,2001f).

A produção primária de alumínio é identificada como a maior fonte antropogênica da emissão de dois potentes perfluorcarbonos (PFCs): tetrafluormetano (CF_4) e o hexafluoretano (C_2F_6). Quando o conteúdo de

alumina (Al_2O_3) no interior do banho eletrolítico cai abaixo de certos níveis críticos, ocorrem rápidas subidas de voltagem usualmente chamadas de “efeitos de anodo”. Durante um efeito de anodo, o carbono do ânodo e o flúor emanado da criolite em fusão no banho eletrolítico combinam-se dando origem à produção de tetrafluormetano (CF_4) e o hexafluoretano (C_2F_6). Estes gases são emitidos a partir do sistema de condutas de escape ou de outros circuitos ligados a potes de fundição (por exemplo, a cobertura dos potes). Para um dado nível de produção de alumínio, a magnitude das emissões de PFCs depende da frequência e duração dos efeitos de anodo. Estes gases estufa são muito mais potentes que o CO_2 igualmente emitidos pelas alumineiras e têm períodos de vida mais longos. Estima-se que o potencial de aquecimento global destes dois PFCs seja 6.500 e 9.200 vezes superior ao do CO_2 , respectivamente (International Aluminium Institute, 2007).

Capítulo III

O Tratado de Quioto

Este capítulo aborda um breve histórico, compromissos assumidos, principais artigos e perspectivas do Tratado de Quioto. Mostra a importância desse Tratado para o estabelecimento de medidas quanto à emissão de gases de efeito estufa.

III.1 Breve Histórico

A Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, iniciou um período em direção às melhorias ambientais. Como resultado desse panorama deu-se início a uma série de conferências internacionais, cujo intuito era criar um tratado mundial para se enfrentar o problema das mudanças climáticas e principalmente das emissões de gases de efeito estufa (MCT, 2007; Godoy, 2007).

Em 1990, a Assembléia Geral das Nações Unidas respondeu a esses apelos estabelecendo o Comitê Intergovernamental de Negociação responsável pela redação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQNUMC (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC). Autoridades de 154 países, além da Comunidade Européia, assinaram a Convenção, que entrou em vigor a partir de 21 de março de 1994. Até meados de 2004, 189 países já tinham ratificado a Convenção,

comprometendo-se assim com seus termos, e reconhecendo a mudança do clima como uma preocupação comum da humanidade (Cenamo, 2004).

A Convenção foi o grande marco para o desenvolvimento de soluções para combater a deteriorização do meio ambiente causado pela emissão dos gases de efeito estufa. Mobilizou-se um número muito grande de interessados em soluções, incluindo não somente ecologistas e pessoas preocupadas com a natureza de maneira geral, mas também governantes de países desenvolvidos preocupados com os problemas que estas mudanças climáticas poderiam causar às suas economias (Godoy, 2007).

Como consequência da Convenção, os países membros foram separados em dois grupos: os listados no seu Anexo I (conhecidos como "Partes do Anexo I"), e os que não são listados nesse anexo ("Partes não-Anexo I"). As Partes do Anexo I são basicamente os países industrializados, que são os que mais contribuíram no decorrer da história para as mudanças no clima durante os últimos anos. Além de suas emissões per capita serem mais elevadas do que as da maioria dos países em desenvolvimento, contam também com maior capacidade financeira e institucional para tratar do problema (Godoy, 2007; IPCC, 2001).

Em 2004, na 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas realizada no Japão com representantes de 166 países para discutir providências em relação ao aquecimento global, 84 países assinaram o Tratado de Quioto, um acordo internacional para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, visando garantir um modelo de desenvolvimento limpo. O documento prevê que entre 2008 e 2012, os países desenvolvidos reduzam suas emissões em 5%, em relação aos níveis medidos em 1990 (MCT, 2007).

A condição necessária para vigência do Protocolo foi a ratificação por, no mínimo, 55 partes, que correspondessem a, pelo menos, 55% do total de emissões de gases de efeito estufa dos países do Anexo I da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), considerando o ano base de 1990. Em novembro de 2004, 132 partes haviam ratificado o Protocolo, incluindo 37 partes do Anexo I, que representavam 61,6% das emissões de gases de efeito estufa das partes do Anexo I, no ano base de 1990. Atingida a percentagem necessária para entrar em vigor, o Protocolo tornou-se efetivo em 16 de fevereiro de 2005 e passou-se a chamar Tratado de Quioto (MCT,2007b; IPCC,2001).

As obrigações que os países desenvolvidos devem cumprir são, portanto, o foco principal da Convenção. Como clara evidência desta maior responsabilidade das economias desenvolvidas está o fato de que elas devem prover recursos financeiros novos e adicionais aos países em desenvolvimento para auxiliá-los a tratar da mudança do clima, bem como facilitar a transferência de tecnologias que não causem impactos adversos sobre o clima.

O documento estabelece a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂), que responde por 76% do total das emissões relacionadas ao aquecimento global, e outros gases do efeito estufa, nos países industrializados. Com o compromisso de reduzir a emissão de poluentes em 5% em relação aos níveis de 1990. A redução seria feita em cotas diferenciadas de até 8%, entre 2008 e 2012, pelos países listados no Anexo I (MCT, 2007b).

Para maior facilidade de medição, cada um dos seis gases de efeito estufa tem um potencial de aquecimento global (GWP) internacionalmente acordado. Esses fatores são utilizados para converter toneladas de cada um dos cinco gases que não são CO₂ em toneladas equivalentes de CO₂ (t CO₂e), que é a medida padrão de negociação (Carbono Brasil, 2007).

Sendo que, o cálculo de toneladas equivalentes de CO₂ (tCO₂e) é feito da seguinte forma:

$$TgCO_2 = (Gg \text{ de gás}) * \frac{\text{Potencial de aquecimento global (GWP)}}{1000Gg} * \frac{Tg}{1000Gg}$$

onde TgCO₂e é teragramas de CO₂ equivalentes. Para converter para toneladas, basta lembrar que 1 teragrama equivale a 10⁶ toneladas métricas. (IPCC, 2001f).

Um aspecto importante do Tratado é que apenas os países ricos, do chamado Anexo I, são obrigados a reduzir suas emissões. Países em desenvolvimento, como Brasil, China e Índia, grandes emissores de poluentes, podem participar do acordo, mas não possuem obrigações. O conceito básico acertado para Quioto é o da responsabilidade comum, porém diferenciada - o que significa que todos os países têm responsabilidade no combate ao aquecimento global, porém aqueles que mais contribuíram historicamente para o acúmulo de gases na atmosfera (ou seja, os países industrializados) têm obrigação maior de reduzir suas emissões (MCT, 2007b).

Os Estados Unidos, um dos países que mais emitem gases de efeito estufa, se negaram a assiná-lo, alegando que o pacto era caro demais e excluía de maneira injusta os países em desenvolvimento. O país emite nada menos que 36% dos gases que criam o efeito estufa. Só nos últimos dez anos, a emissão de gases por parte dos Estados Unidos aumentou 10% e, segundo o Tratado, a emissão de gás carbônico deve dar um salto de 43% até 2020. Em vez de reduzir emissões, os EUA preferiram apostar no desenvolvimento de tecnologias menos poluentes (Souza, 2004).

III.2. Compromissos Assumidos

Todos os países que assinaram a Convenção tiveram que assumir um grande número de compromissos. Dentre eles destacam-se:

- a) desenvolver programas nacionais para a mitigação da mudança do clima e adaptação a seus efeitos, submetendo para apreciação informações sobre as quantidades de gases de efeito estufa que eles emitem, por fontes, e sobre seus sumidouros nacionais;
- b) fortalecer a pesquisa científica e tecnológica e a observação sistemática do sistema climático, e promover o desenvolvimento e a difusão de tecnologias relevantes;
- c) promover programas educativos e de conscientização pública sobre mudança do clima e seus efeitos prováveis (MCT, 2007j).

Depois dos compromissos em relação à redução de gases de efeito estufa terem sido determinados na Convenção do Clima, os países membros deveriam refletir sobre as determinações da Convenção, criando novos objetivos e revisando os anteriores. Para tanto, era necessário estabelecer um processo permanente e periódico de discussão, com troca de informações sobre o desenvolvimento científico, progresso tecnológico e as disposições políticas dos países. Foi, então, criada a Conferência das Partes (COP), que é o órgão supremo da Convenção, a autoridade mais alta para tomada de decisões, cujas reuniões ocorrem anualmente desde 1995 (MCT, 2007; Godoy, 2007).

O Tratado define os gases considerados de efeito estufa e os setores da economia responsáveis por essas emissões. Para a mitigação do efeito estufa propõe três mecanismos de flexibilização, sendo eles: Implementação Conjunta (JI - *Joint Implementation*), Comércio de Emissões (ET - *Emissions Trade*) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (CDM - *Clean Development Mechanism*).

Os dois primeiros programas apontados acima foram elaborados de modo a serem utilizados entre países industrializados que possuem metas de redução, e objetivam a contabilização de diminuições líquidas de emissões de gases com execução de projetos em outros países. O mecanismo de Implementação Conjunta possibilita negociações entre dois países desenvolvidos, segundo as quais um país pode adquirir unidades de redução de emissão, decorrentes de projetos que levaram a diminuição de emissões de outro país desenvolvido (IPCC, 2007; UNFCCC,2007a).

O Comércio de Emissões, por sua vez, trata de políticas baseadas em mercados de licenças negociáveis para emitir gases de efeito estufa. Esse mecanismo permite que os países membros negociem entre si as quotas de emissão autorizadas pelo Tratado, ou seja, um país pode comprar permissões para emitir gases poluidores (*allowances*) de outro país desde que esse último tenha reduzido sua emissão acima da cota determinada conseguindo assim atingir suas metas de redução da poluição.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é o instrumento que mais afeta os países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. Ele foi desenvolvido a partir de uma proposta da delegação brasileira que primeiramente previa a constituição de um Fundo de Desenvolvimento Limpo. Segundo a proposta original, esse Fundo seria constituído por aporte financeiro dos grandes países emissores no caso de não atingirem metas de redução consentidas entre as nações, seguindo o princípio do poluidor-pagador (MCT, 2007).

III.3. Os principais artigos

O Tratado foi dividido em 28 Artigos além de dois Anexos, A e B. O Anexo A apresenta a identificação dos gases considerados pelo Tratado como de efeito estufa, além dos setores e categorias das respectivas fontes geradoras. Já no Anexo B, estão apresentados todos os países com suas respectivas metas

percentuais de redução de emissões dos gases de efeito estufa em relação ao ano de 1990. Existem 39 países no Anexo B, que são os mesmos do Anexo I da Convenção-Quadro do Clima com exceção da Turquia e da Bielorrússia.

O artigo 3 define as metas de redução das emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, a serem verificadas durante o período de compromisso, entre 2008 e 2012.

Os potenciais de aquecimento global utilizados para calcular a equivalência em dióxido de carbono devem ser aceitos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, e estes devem ser revistos durante as Conferências das Partes, conforme define o artigo 5.

O artigo 10 estabelece ainda que cada Parte tem a obrigação de preparar e atualizar periodicamente os inventários nacionais de emissões de todos os gases de efeito estufa determinados neste Tratado e todas as metodologias empregadas com a finalidade de redução devem ser acordadas pela Conferência das Partes.

O artigo 12 define Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que seria um dos três Mecanismos de Flexibilização apontado no Tratado. Para que isto se torne viável, também define a criação de órgãos necessários para o bom andamento da implementação do MDL, como, por exemplo, a criação das Entidades Operacionais Designadas (EOD). Cabe a elas a certificação dos projetos de MDL, sob uma supervisão rigorosa, e com uma forte auditoria acompanhando todo o processo. Os projetos de MDL devem apresentar uma série de requisitos para serem enquadrados tais como:

- a) a participação no projeto deve ser voluntária e aprovada por cada país envolvido;
- b) os benefícios a serem conseguidos em virtude da implementação do projeto devem ser mensuráveis e de longo prazo;

c) as reduções de emissões que se busca auferir com a implementação do projeto devem ser adicionais, ou seja, não ocorreriam caso não houvesse a implementação deste novo projeto.

O artigo 13 define as funções e determinações das Conferências das Partes da Conveção-Quadro (órgão supremo da Convenção) na qualidade de reunião das Partes do Tratado. Cabe a estas conferências examinar periodicamente as obrigações dos países enquadrados neste Tratado, além de promover e facilitar o intercâmbio de informações sobre as medidas adotadas pelos países membros para enfrentarem a mudança do clima e seus efeitos. Caso haja necessidade deve-se buscar e utilizar, conforme o caso, os serviços e a cooperação das organizações internacionais e dos organismos intergovernamentais e não-governamentais competentes, bem como as informações por eles fornecidas.

Os artigos 6 e 17 tratam dos outros dois mecanismo de flexibilização, Implementação Conjunta e o Comércio de Emissões, respectivamente. A Implementação Conjunta de projetos de redução de emissões entre os países membros permite que um país possa investir em projetos de redução em outros países membros (Anexo I), e negociar a compra de cotas de redução para benefício próprio de contabilização de sua meta de diminuição. O Comércio de Emissões, mostra a possibilidade dada aos países membros de comercializarem entre si suas reduções que excedessem às metas compromissadas (MCT, 2007b).

III.4. Perspectivas

Depois do primeiro período de compromisso do Tratado, entre 2008 a 2012, torna-se necessário o estabelecimento de novas metas de redução pós-2012 das emissões de gases de efeito estufa para os países desenvolvidos. Deve ser elaborado um cenário de planejamento mais longo, a fim de reduzir as emissões globais em cerca de 60% até meados do século XXI (Filho, 2005).

Quanto aos países em desenvolvimento, deve ser analisada a possibilidade de estipular metas. Mas para o Brasil isto não é interessante economicamente, tendo em vista que diminuiria os ganhos com a venda de certificados de emissões (Rocha, 2008; Santos, 2008).

Capítulo IV

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

IV.1. Introdução ao MDL

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) estabelecido no artigo 12 do Tratado de Quioto, que entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, é um instrumento que busca a redução de gases causadores do efeito estufa responsáveis pelo aquecimento global da terra, e a contribuição para o desenvolvimento sustentável de países em desenvolvimento (Ambiente SP, 2007b).

O objetivo do MDL é assistir às Partes Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3 do Tratado e assistir também aos países não-Anexo I para que estes atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo de redução das emissões de GEE. Além disso, cabe ressaltar que o processo do MDL cria a possibilidade das nações em desenvolvimento receberem recursos financeiros por meio da venda das chamadas reduções certificadas de emissões (RCE). Ou seja, um país que possui meta de redução pode adquirir cotas de redução de países em desenvolvimento (MCT, 2007b).

IV.2. Roteiro Básico para elaboração de um projeto de MDL

Este roteiro apresenta, de modo geral e simplificado, a seqüência básica dos passos ou itens que devem ser observados e considerados pela empresa ou instituição interessada em desenvolver um projeto de MDL.

A elaboração do Documento de Concepção de Projeto (DCP) é a primeira etapa do ciclo de um projeto de MDL. Esse documento deverá incluir, entre outras coisas, a descrição das atividades de projeto; os participantes da atividade de projeto; a metodologia da linha de base; as metodologias para cálculo da redução de emissões de gases de efeito estufa e para o estabelecimento dos limites da atividade de projeto e das fugas; e do plano de monitoramento. Deve conter, ainda, a definição do período de obtenção de créditos, a justificativa para adicionalidade da atividade de projeto, o relatório de impactos ambientais, os comentários dos atores e informações quanto à utilização de fontes adicionais de financiamento. Os responsáveis por essa etapa do processo são os participantes do projeto. Modelos de DCP podem ser obtidos no site do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2007).

A validação é o segundo passo e corresponde ao processo de avaliação independente de uma atividade de projeto por uma Entidade Operacional Designada (EOD), aos requisitos do MDL, com base no Documento de Concepção de Projeto (DCP). A aprovação, por sua vez, é o processo pelo qual a Autoridade Nacional Designada (AND) das Partes envolvidas confirmam a participação voluntária e a AND do país onde são implementadas as atividades de projeto do MDL atesta que tal atividade contribui para o desenvolvimento sustentável do país. No caso do Brasil, os projetos são analisados pelos integrantes da Comissão Interministerial, que avaliam o relatório de validação e a contribuição da atividade de projeto para o desenvolvimento sustentável do país, segundo cinco critérios básicos: distribuição de renda, sustentabilidade ambiental local, desenvolvimento das condições de trabalho e geração líquida

de emprego, capacitação e desenvolvimento tecnológico, e integração regional e articulação com outros setores.

A terceira etapa de um projeto de MDL é o registro, que é aceitação formal, pelo Conselho Executivo, de um projeto validado como atividade de projeto do MDL. A aprovação de projetos no Conselho Executivo do MDL é subsequente à aprovação pela Autoridade Nacional Designada. A aprovação pela Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC) é necessária para a continuidade dos projetos, mas não é suficiente para sua aprovação pelo Conselho Executivo, que analisa também a metodologia escolhida, a adicionalidade do projeto, entre outros aspectos. O registro é o pré-requisito para o monitoramento, a verificação/certificação e emissão das RCEs relativas à atividade de projeto no âmbito do MDL (Observatório do Clima, 2007; MCT,2007).

A quarta etapa consiste no monitoramento. O processo de monitoramento da atividade de projeto inclui o recolhimento e armazenamento de todos os dados necessários para calcular a redução das emissões de gases de efeito estufa, de acordo com a metodologia de linha de base estabelecida no Documento de Concepção de Projeto (DCP), que tenham ocorrido dentro dos limites da atividade de projeto e dentro do período de obtenção de créditos. Os participantes do projeto serão os responsáveis pelo processo de monitoramento.

A quinta etapa é a verificação/certificação. Verificação é o processo de auditoria periódico e independente para revisar os cálculos acerca da redução de emissões de gases de efeito estufa que foram enviados ao Conselho Executivo por meio do Documento de Concepção de Projeto (DCP). Esse processo é feito com o intuito de verificar a redução de emissões que efetivamente ocorreu. Após a verificação, o Conselho Executivo certifica o nível de redução de emissões de gases de efeito estufa durante um período de tempo específico.

A etapa final é quando o Conselho Executivo certifica de que todas as etapas foram cumpridas, as reduções de emissões de gases de efeito estufa decorrentes das atividades de projeto são possíveis, mensuráveis e de longo prazo. As certificações são emitidas pelo Conselho Executivo e creditadas aos participantes de uma atividade de projeto na proporção por eles definida e, dependendo do caso, podendo ser utilizadas como forma de cumprimento parcial das metas de redução de emissão de gases de efeito estufa (Juras, 2008; Observatório do Clima, 2007; MCT, 2007).

A condição para a manutenção dos certificados é o acompanhamento das emissões (monitoramento), realizado anualmente por uma Entidade Operacional Designada (EOD) credenciada pelo Comitê Executivo da ONU - *Executive Board* – EB. O esquema simplificado do ciclo de um projeto de MDL pode ser visto na figura IV.1 (Observatório do Clima, 2007).

A aprovação de um projeto e sua metodologia são demorados, durando em média 4 anos para obtenção da certificação (MCT, 2007).

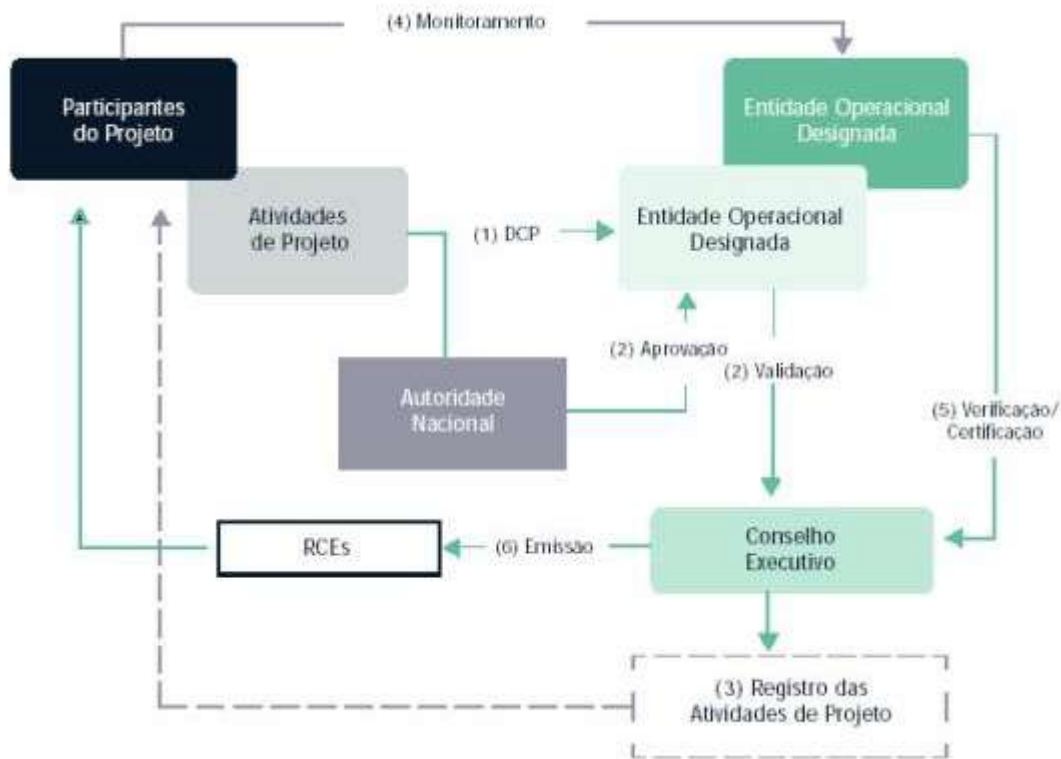


Figura IV.1 – Ciclo de atividade de um projeto de MDL (Instituto Gênesis, 2008).

IV.3. Alguns Números sobre o MDL

Para mostrar a importância do Brasil no contexto mundial torna-se necessário apresentar alguns números sobre MDL.

Atualmente, o MDL assume dimensões globais, envolvendo a participação de 59 nações, estimando-se a redução de emissões da ordem de 3,7 bilhões de toneladas de CO₂ e com a participação de quase 3.000 projetos. A China ocupa o primeiro lugar em número de atividades de projeto com 975 projetos, a Índia na segunda posição com 834 projetos e o Brasil ocupa o 3º lugar, com 264 projetos (9%), conforme é mostrado na figura IV.2 (MCT, 2007k).

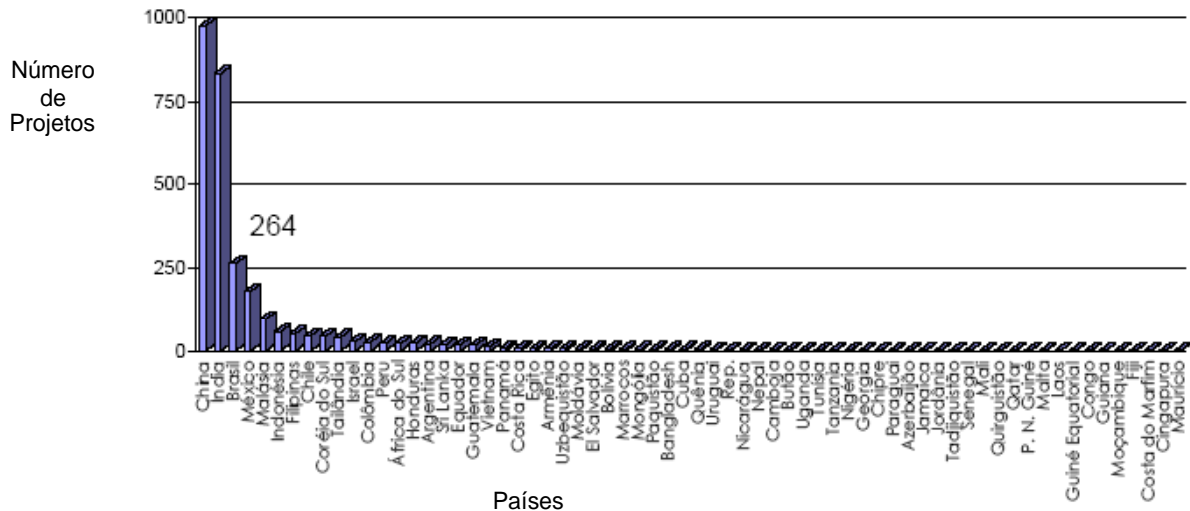


Figura IV.2 – Número de atividades de projeto no sistema do MDL (MCT, 2007k).

Segundo o inventário brasileiro (ano base de 1994), o Brasil emitiu cerca de um bilhão de toneladas de CO₂. Dessa quantia, 75% das emissões foram provenientes de mudanças na cobertura vegetal e uso da terra, caracterizadas principalmente pela conversão de áreas florestais em agricultura, localizadas em sua maioria na Amazônia. Os 25% restantes das emissões foram provenientes da queima de combustíveis fósseis para gerar energia e transporte.

A China, segundo seu inventário, emitiu, para o ano-base de 1994, cerca de 3 bilhões de toneladas de CO₂ provenientes do setor de energia e industrial, porém as atividades e mudanças no uso da terra apresentaram uma remoção de cerca de 407 milhões de toneladas de CO₂, resultando em um balanço geral de emissão de aproximadamente 2,6 bilhões de toneladas de CO₂. Pelos dados apresentados, a China apresenta um grande potencial de geração de créditos de carbono através de atividades que visam reduzir suas emissões de CO₂ no setor de energia e industrial. O Brasil por sua vez, por apresentar uma matriz energética relativamente limpa, quanto a distribuição da geração elétrica para uso doméstico, possui grandes possibilidades nas atividades de reflorestamento e florestamento (MCT, 2007).

Dentre os Projetos em Validação/Aprovação no Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) nota-se que a predominância de projetos está no setor energético mais especificamente na geração de energia elétrica, por ser responsável por grande quantidade de CO₂ emitida pelo Brasil, conforme mostrado na Tabela IV.1.

Tabela IV.1 - Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de projeto.
Fonte: (MCT, 2007k).

Projetos em Validação/Aprovação	Número de projetos	Redução anual de emissão	Redução de emissão no 1º período de obtenção de crédito	Número de projetos	Redução anual de emissão	Redução de emissão no 1º período de obtenção de crédito
Geração elétrica	166	17.651.183	126.335.332	63%	48%	46%
Suínocultura	40	2.035.369	19.859.509	15%	6%	7%
Aterro Sanitário	28	8.788.633	66.079.247	11%	24%	24%
Indústria Manufatureira	12	1.861.603	14.205.216	5%	5%	5%
Eficiência Energética	10	68.730	548.526	4%	0%	0%
Manejo e Tratamento de Resíduos (outros)	2	82.300	576.100	1%	0%	0%
N2O	4	6.315.167	44.206.169	2%	17%	16%
Indústria Química	1	17.137	119.960	0%	0%	0%
Produção de metal	1	80.286	802.862	0%	0%	0%
Total	264	36.900.408	272.732.921	100%	100%	100%

A Figura IV.3 apresenta a contribuição global dos gases de efeito estufa reduzidos pelas atividades de projeto no âmbito do MDL desenvolvidas no Brasil. Nota-se que o gás carbônico (CO₂) é atualmente o mais relevante, seguido pelo metano (CH₄) e pelo óxido nitroso (N₂O), respectivamente. Como a maior parte das atividades de projeto desenvolvidas no Brasil está no setor energético, o que explica a predominância do CO₂ na balança de reduções de emissões brasileiras.

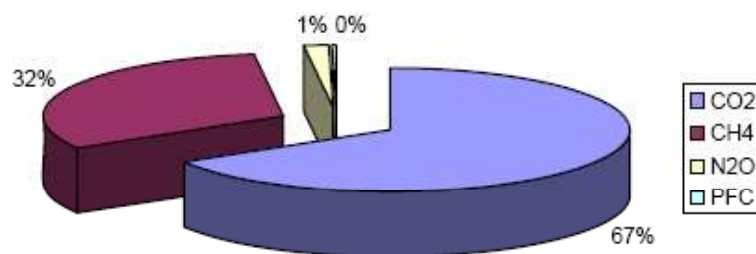


Figura IV.3 – Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de gás de efeito estufa (MCT, 2007k).

A distribuição dos projetos brasileiros por tipo de metodologia, como pode ser observado na figura IV.4, indica que a maioria das atividades de projeto desenvolvidas no Brasil é de larga escala.

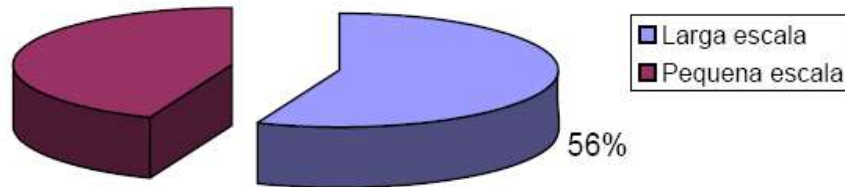


Figura IV.4 – Porcentagem dos projetos brasileiros em larga e pequena escala (MCT, 2007k).

A figura IV.5 apresenta a curva de crescimento do número de atividades de projeto no âmbito do MDL no Brasil, tanto dos projetos que estão em validação ou passaram pela etapa de validação como dos projetos registrados.

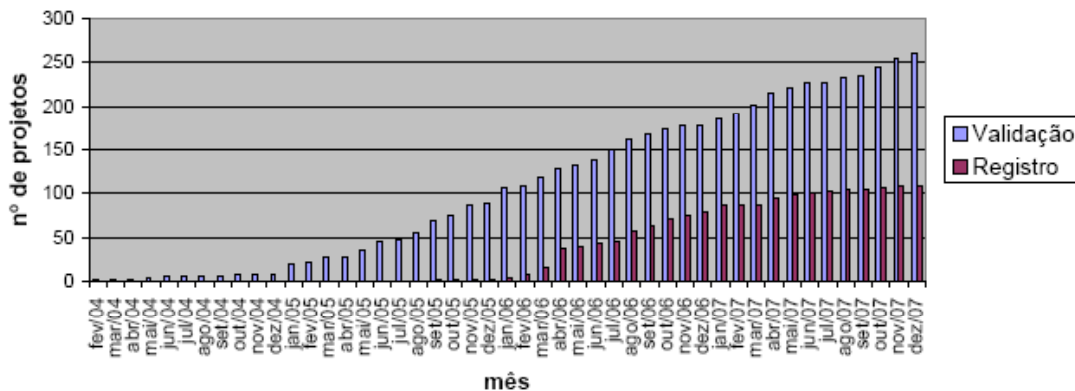


Figura IV.5 – Atividades de Projeto do MDL no Brasil (MCT, 2007k).

O rápido crescimento de projetos MDL é razão de preocupação para diversos especialistas que consideram haver déficit de supervisão por parte da ONU, necessária para evitar conflitos de interesse no cumprimento dos princípios fundadores da Convenção Quadro, oportunismos ou abusos, e garantir a efetividade de todos os projetos.

IV.4. Principais projetos de MDL no Brasil

Antes de apresentar os tipos de projetos de MDL no Brasil é importante atentar para o termo característico do MDL, a *baseline*.

A Linha de base (*baseline*) é um certo nível de emissões utilizado como parâmetro, sendo utilizadas como comparativo entre as emissões que ocorreriam sem a intervenção de qualquer política e a instalação de alguma política climática. Existem diferentes graus de agregação para as linhas de base:

- Nacional: importante para se definir as emissões da nação;
- Setorial: importante para a distribuição das licenças de emissão entre companhias;
- Projeto: importante para o cálculo de reduções de emissão conforme os mecanismos de Quioto.

Duas linhas de projetos (ações ou iniciativas) são consideradas “elegíveis” como medidas de redução do efeito estufa:

a) Redução de emissões, através do aumento da eficiência energética e do abastecimento e/ou aumento da oferta de energia, por meio do uso de fontes e combustíveis renováveis, da adoção de tecnologias e/ou sistemas de abastecimento de menor potencial de emissão, como a substituição do uso de óleo combustível por gás natural, de melhores tecnologias e soluções para o setor de transportes e no processo produtivo de um modo geral.

b) Resgate de emissões, através de sumidouros e da estocagem dos gases de efeito estufa retirados da atmosfera, como: captura e armazenamento em poços de petróleo (como, por exemplo, Mar do Norte); atividades relacionadas ao uso da terra, definidas como aflorestamento; e reflorestamento, em áreas que, no ano-referência de 1989, se apresentavam sem cobertura florestal (conhecidas, no processo de negociação do Tratado de Quioto, como Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (*Land Use and Land Use Change and Forest - LULUCF*)).

De acordo com a resolução da Conferência das Partes, algumas categorias de projetos de pequena escala já estão definidas e deverão ter sistemas facilitados de aprovação pelo *Executive Board*. São eles:

- Projetos de produção de energia renovável com capacidade máxima de até 15 megawatts ou equivalente.
- Projetos de redução de consumo energético equivalentes a até 15 gigawatts hora/ano.
- Projetos de atividades que reduzam as emissões em até 15 toneladas/ano de CO₂.

No Brasil, a maioria dos projetos de MDL é referente ao dióxido de carbono e metano, por serem os gases que o país mais emite para a atmosfera. No primeiro ano de funcionamento oficial do MDL, o total de reduções de gases de efeito estufa de projetos brasileiros validados, equivale a um total de aproximadamente, 180 milhões de toneladas de CO₂ em dez anos. Esse número representa quase 10% das emissões de GEE no país em 1990. Ou seja, enquanto a maioria dos países desenvolvidos queixa-se das dificuldades em reduzir cerca de 5% das suas emissões, de 1990 para o primeiro período de compromisso (2008-2012), o Brasil voluntariamente alcançará o dobro desse percentual de redução (MCT, 2007).

IV.4.1. Projetos de Redução de Emissão de Dióxido de Carbono

Como o CO₂ é o GEE que o Brasil mais lança na atmosfera, será abordado com maior atenção nesta seção. Há várias soluções encontradas para evitar ou reduzir a emissão deste gás na atmosfera, tais como, projetos florestais e de substituição de matriz energética.

IV.4.1.1. Projetos Florestais de Pequena Escala

Os Projetos Florestais de Pequena Escala (PFPE) são basicamente caracterizados como atividades de reflorestamento que absorvam até 8.000 toneladas de CO₂equivalente/ano e cujas atividades sejam desenvolvidas e

implementadas por comunidades e indivíduos de baixa renda, assim classificados pelo governo do país hospedeiro. Possuem as metodologias de linha de base e monitoramento simplificadas com o objetivo de reduzir os custos de implantação para pequenos projetos, tornando viável a participação dos participantes que possuem baixa renda.

Os Projetos Florestais de Pequena Escala do MDL, já definidos durante a Conferência das Partes - COP 9, se caracterizam basicamente por serem desenvolvidos e implementados por comunidades e indivíduos de baixa renda e que não ultrapassem a captação ou “seqüestro” anual de 8.000 toneladas de CO₂ equivalente.

Durante a COP 10 foi adotado um pacote de regras que busca reduzir os custos operacionais e transacionais destes projetos, podendo viabilizar sua implantação em pequenas áreas. O documento que estabelece tais regras foi encaminhado à Junta Executiva do MDL, que deverá criar padrões e metodologias simplificadas para serem aplicados nos projetos. Esse tipo de projeto de reflorestamento é de grande importância para o Brasil, dada a vasta extensão e a grande quantidade de áreas desmatadas em nosso território, geralmente associadas a uma problemática social e ambiental. Se for considerado que tais projetos de carbono apresentam diversos benefícios ambientais e sociais associados a suas atividades, fica evidente a grande contribuição dos mesmos para o desenvolvimento sustentável do país. Entre as atividades de projetos que poderiam ser incentivados com a venda dos créditos de carbono, estão: recuperação de áreas degradadas; produção de alimento e produtos não-madeireiros através de sistemas agroflorestais; plantios homogêneos e heterogêneos para produção florestal madeireira, entre outros.

Em janeiro de 2007, a Klabin, empresa brasileira produtora e exportadora de papéis, iniciou a venda de créditos de carbono na *Chicago Climate Exchange*® (CCX®). O projeto apresentado à CCX contempla 32 mil hectares de florestas

plantadas de eucalipto. Cada hectare comporta, em média, até duas mil árvores, ou seja, esta área é capaz de neutralizar até 400 toneladas de carbono. O carbono seqüestrado, elegível segundo as regras, representa em torno de 25 toneladas de CO₂ por hectare ao ano de créditos de carbono. No caso da Klabin, o potencial de venda equivale a 50 mil toneladas de CO₂, no período entre 2003 e 2005, e, segundo a empresa, vem crescendo ao longo do tempo (Bracelpa, 2007).

Um problema decorrente deste tipo de projeto é o fato de ao se plantar uma árvore agora e daqui a alguns anos ela for queimada ou cortada, os países que investiram terão direito ao dinheiro de volta. Existem ainda muitas questões a serem discutidas quanto a esse tipo de projeto. Neste sentido, os projetos de reflorestamento são os mais polêmicos no MDL. As dificuldades para aceitar este tipo de projetos incluem a definição de floresta, da quantificação do número de toneladas de carbono fixado, do tempo que o carbono permanece preso e às reações das florestas às mudanças climáticas. O tipo de vegetação, o clima na região e demais variáveis são extremamente importantes para a quantificação de CO₂ capturado. Ainda, há a problemática que o reflorestamento deverá ser feito com árvores nativas para evitar a mudança na fauna local. Como exemplo, tem-se que manguezais absorvem menos CO₂ que as florestas de eucalipto (Mattar, 2003).

IV.4.1.2. Substituição de óleo combustível por gás natural

Uma solução para as indústrias que ainda utilizam óleo combustível é substituí-lo por gás natural em caldeiras ou em alto-forno. O gás natural além de reduzir as emissões dos principais poluentes atmosféricos de efeito local, especialmente de material particulado, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono, também contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, pois seu fator de emissão de CO₂ é menor que o de outros combustíveis fósseis, como o óleo combustível. Além disso, o transporte de gás natural para o

local é mais seguro e mais ambientalmente amigável do que o de óleo combustível, pois evita o transporte rodoviário do mesmo por caminhões.

As reduções de emissão do projeto são normalmente calculadas pela metodologia aprovada AM0008. De acordo com a metodologia, as emissões do projeto são as emissões de CO₂, N₂O e CH₄ provenientes da queima de gás natural. As fugas são as emissões de CH₄ e CO₂ na produção e transporte do gás natural. As emissões de linha de base são as emissões de CO₂, N₂O e CH₄ provenientes do uso continuado do óleo combustível. Porém, existem barreiras enfrentadas para o desenvolvimento dos mercados de gás natural no Brasil:

a) Competição entre gás natural e óleo combustível: o menor preço do óleo combustível, especialmente dos óleos mais pesados, pode representar uma barreira para a introdução do gás natural, pois os dois combustíveis competem entre si.

b) A Petrobrás, a empresa que historicamente detém o monopólio de produção de óleo e gás no Brasil, é a maior operadora do setor. Em suas decisões estratégicas a empresa procura preservar seus mercados, comprometendo o desenvolvimento de outros participantes e empresas, e o estabelecimento de um mercado livre. É legalmente impossível desmembrar a Petrobrás ou obrigá-la a vender sua participação em outras empresas.

c) Impostos sobre o gás natural: a existência de impostos que são aplicados sucessivamente nos diversos estágios da cadeia de gás natural, além dos impostos diferentes aplicados nos diversos estados pelos quais passa a tubulação de gás natural, representa outro problema para o mercado.

Para que seja viável a substituição do óleo por gás natural é necessário que haja alterações de concepção de projeto, incluindo: alteração no projeto do forno em razão da substituição por gás natural, adição de equipamentos auxiliares de gás natural e adição da atualização das caldeiras e fornos ao escopo do projeto.

A indústria Solvay tem projeto de substituição de óleo combustível por gás natural em duas caldeiras a vapor e em três fornos de processo na Solvay Indupa do Brasil S.A (chamada de Solvay), na expansão da planta de monômero de cloreto de vinila (MCV) no sítio Elclor, na cidade de Santo André, SP, Brasil. No cenário de linha de base o combustível usado durante o período de crédito seria o óleo combustível.

Outro projeto aprovado nos Termos da Resolução Nº1 no MCT é a substituição de óleo combustível por gás natural no secador de escória de alto-forno da Votorantim Cimentos na planta de Cubatão, São Paulo, Brasil, que produz cimento. No cenário de linha de base o óleo combustível continuaria a ser usado da mesma forma durante o período de crédito (MCT, 2007f,g,h, i).

IV.4.2. Projetos de Redução de Emissão de Metano

O primeiro projeto de MDL aprovado pela ONU foi o Nova Gerar, um aterro sanitário, em Nova Iguaçu (RJ), que usa o gás metano liberado na decomposição do lixo para produzir energia. Há estimativas de reduções das emissões na ordem de 30 milhões de toneladas, podendo representar no mercado de crédito de carbono um valor de US\$ 150 milhões, para os projetos de Nova Iguaçu (RJ) e de Salvador (BA), ambos relacionados a aterro.

O NovaGerar é uma *joint venture* entre a EcoSecurities, empresa financeira inglesa especializada em projetos de MDL e créditos de carbono e, a S.A. Paulista que atua no segmento de construção e gerencia a maior estação de transferência do lixo doméstico da América do Sul. O projeto contempla o Aterro Sanitário de Adrianópolis e o Lixão de Marambaia, situados no município de Nova Iguaçu, RJ.

O biogás gerado em aterros é rico em metano (aproximadamente 50%). O NovaGerar tem como objetivo a redução da emissão do metano, um dos gases do efeito estufa o qual recebe um tratamento, para que não se misture ao

oxigênio e torne-se um biogás. A canalização do biogás constitui-se de fonte renovável de matéria-prima na geração de energia.

Os valores estimados para o cenário de linha de base, sem a implantação do projeto, se constituem da emissão de 19.510.119 toneladas de CO₂ sendo 17.910.109 ton relativas a liberação de metano e 1.600.010 ton relativas a operação do sistema elétrico. O NovaGerar promove as reduções dos GEEs nas formas de incineração do metano gerado nos aterros e na geração de energia, a partir de uma fonte renovável. Com a implantação o projeto prevê a redução de 16.610.999 toneladas de CO₂equivalentes em 21 anos (MCT, 2007).

IV.4.3. Projetos de Redução de Emissão de Óxido Nitroso

As principais oportunidades de MDL para a redução de N₂O concentram-se nas indústrias químicas, como a destruição catalítica do N₂O na produção dos ácidos nítrico e adípico e da caprolactama. É possível obter uma redução de até 85% das emissões de N₂O. As emissões provenientes de atividades agropecuárias possuem menor concentração de N₂O não justificando a implantação do MDL para sua mitigação. Nestes casos os projetos ideais envolvem a redução das emissões de metano.

Dos Projetos junto ao Conselho Executivo do MDL, apenas 8 Projetos Registrados eram referentes a N₂O: Brasil, China, Coréia, África do Sul, Egito e Paquistão. Além destes, 2 Projetos solicitaram Registro perante o Conselho Executivo do MDL, estes projetos deverão ser implementados no Brasil e na China.

IV.4.4. Projetos de Redução de Emissão de Hexafluoreto de enxofre

Não foi encontrado nenhum projeto Aprovado nos Termos da Resolução N^o1 - no Ministério da Ciência e Tecnologia para este gás de efeito estufa.

IV.4.5. Projetos de Redução de Emissão de Perfluorcarbonos

Como dito anteriormente, a Indústria do alumínio primário é a principal fonte de emissão do PFC. Segundo o International Aluminium Institute (IAI – 2004), 86 milhões de tCO₂e foram emitidos em 1990; 35 milhões de tCO₂e emitidos em 2004, sendo prevista uma meta para 2010 de aproximadamente 17 milhões tCO₂e (International Aluminium Institute, 2008).

O Brasil até a presente data, não elaborou projetos de MDL para este gás registrado e Aprovado nos Termos da Resolução N^o1 - no Ministério da Ciência e Tecnologia, mas devido a existência de indústrias de beneficiamento de alumínio, há oportunidade para projetos nesta área.

IV.4.6. Projetos de Redução de Emissão de Hidroclorofluorcarbonos

Devido ao alto valor do GWP, diversas empresas européias estão substituindo os HFC's por hidrocarbonetos de baixo potencial de efeito estufa, em especial o ciclopentano e o isobutano, o que requer adaptações nos refrigeradores.

Um exemplo de sucesso dessa substituição foi o da empresa BSH Continental Eletrodomésticos, que implantou a substituição do gás refrigerante R-134a pelo R600a (isobutano). Com esta medida a empresa obteve uma economia energética de 3,0% ao ano, reduzindo quase totalmente a emissão anual de HFC's e ao mesmo tempo fez o lançamento de um produto mais ecológico. Este investimento custou aproximadamente R\$ 1,5 milhão para a empresa e lhe rendeu o Prêmio FIESP Mérito Ambiental FHK 2007. Na Europa, 80% dos refrigeradores já funcionam com o R600a (FIESP, 2007).

O principal meio de redução das emissões é a captura e decomposição do HFC 23. Um exemplo de projeto de redução de emissão de HCF é o Projeto de Quimobásicos – Monterrey, México. Decomposição térmica (ou incineração) do

HFC 23 através da tecnologia de “Arco de Plasma Argônio”. O arco de plasma pode chegar a 3.000° Celsius, decompondo o HFC 23. Um exemplo deste equipamento pode ser visto na figura IV.6 (UNFCCC,2008b; David, 2006).

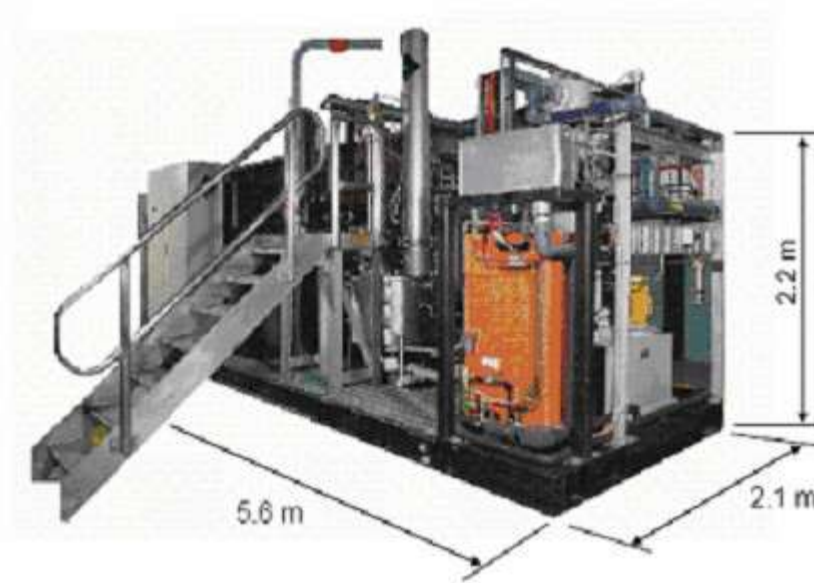


Figura IV.6 – Equipamento para o arco de plasma (David, 2006).

Até junho de 2007, havia apenas 7 Projetos de MDL Registrados em 4 países:

- Índia: 4 projetos
- China, Coréia e México: 1 projeto por país

No Brasil praticamente não existem oportunidades de projetos de MDL que envolvam a redução de emissões de HFC (UNFCCC, 2008).

Capítulo V

Mercado de Carbono

Após a apresentação dos projetos de MDL, torna-se necessário conhecer o mercado de carbono e sua estrutura, como também, as principais bolsas Quioto e não-Quioto com suas características particulares e membros participantes. Tal tarefa, todavia, terá alcance limitado, uma vez que o mercado é bastante recente e sua expansão ainda bastante incipiente.

V.1. Mercado de Carbono e sua estrutura

Mercado de carbono é o termo popular utilizado para designar os sistemas de negociação de unidades de redução de emissões de gases de efeito estufa, sejam negociadas por mercados Quioto, que seguem o Tratado, ou não-Quioto, mercados voluntários que visam a redução voluntária das emissões.

O mercado de carbono, apesar de florescente, já vem gerando negócios para as mais diversas áreas, como escritórios de advocacia, consultorias e empresas de reflorestamento, que já movimentam recursos nesse nicho há algum tempo. A parcela de mercado envolvendo empresas industriais, entretanto, só aconteceu um pouco mais tarde (Consultor Jurídico,2008).

A quantificação deste mercado é feita com base nas quantidades de toneladas de CO₂ equivalentes economizadas ou seqüestradas da atmosfera que são calculadas por empresas especializadas de acordo com determinações de órgãos técnicos da ONU. Uma tonelada de óleo diesel trocado por biodiesel, por

exemplo, gera o direito a 3,5 toneladas de créditos. Um hectare de floresta de eucalipto absorve por hectare, por ano, 12 toneladas de gás carbônico. Um grande aterro sanitário que capte o metano e o transforme em eletricidade, pode ter o direito a milhões de toneladas de créditos por ano (Carbono Brasil, 2007).

Em 2006, foram aprovadas centenas de projetos no montante de bilhões de dólares. Segundo o Banco Mundial, o comércio mundial de carbono atingiu cerca de US\$ 30 bilhões em 2006, quase o triplo do seu volume em 2005. Só o banco de investimento norte-americano Morgan Stanley declarou que investirá US\$ 3 bilhões no mercado do carbono ao longo dos próximos cinco anos (Financial Times, 2008).

O maior dos mercados do carbono atualmente, do ponto de vista geográfico, é o mercado Europeu, onde existem seis plataformas de transação que dão conta de metade do atual comércio de licenças de emissão. Entre estas, encontram-se: a *European Climate Exchange* (ECX), sediada em Londres, que representa cerca de três quartos do mercado Europeu. Algumas plataformas do setor elétrico, principalmente a *European Energy Exchange* (EEX) na Alemanha e a NordPool na Noruega, negociam também licenças de emissão de carbono (CCX, 2008).

Na sua primeira fase, de janeiro de 2005 a dezembro de 2007, o EU-ETS (*European Union's Emissions Trading Scheme* - Esquema de Comércio de Emissões da União Européia) regulava as emissões de CO₂ de grandes instalações industriais (sobretudo produções elétrica e térmica, e também produtos minerais metálicos e não metálicos, e hidrocarbonetos) que representam cerca de 40% do total de emissões no espaço da União Européia (Rosa, 2007).

Os principais compradores de licenças são agentes governamentais comprometidos com Quioto e agentes privados interessados no esquema

européu. Existe também um número crescente de corretores tradicionais e emergentes para atuarem no EU-ETS. Grandes bancos de investimento, fundos e outras instituições financeiras tornaram-se figuras importantes nas transações de carbono.

V.2. Principais Bolsas de Créditos de Carbono

V.2.1. Mercado Quioto

V.2.1.1. European Climate Exchange

A Bolsa do Clima Européia (*European Climate Exchange*® - ECX®), lançada em 2005, é uma plataforma de negociação de créditos de carbono. O grupo está listado no mercado internacional da Bolsa de Valores de Londres, e integra também as Bolsas do Clima de Chicago (CCX) e de Futuros do Clima de Chicago (CCFE).

Os contratos da ECX são negociados com exclusividade na ICE Futures Europe, a antiga Bolsa Internacional de Petróleo, que atualmente é líder nas negociações de energia futuras e opções, sendo a maior bolsa eletrônica de energia futura do mundo (ECX, 2008; Carbono Brasil, 2007).

V.2.1.2. Bolsa de Mercadorias & Futuros

A Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F - Brasil) é uma entidade de direito privado, regulada pela Comissão de Valores Mobiliários e pelo Banco Central do Brasil. Oferece ao mercado, ambiente equitativo e organizado, para a negociação de mercadorias, ativos e instrumentos derivativos destinados à proteção de risco de entidades financeiras e agroindustriais. Situa-se entre as maiores bolsas de futuros do mundo, de acordo com a Futures Industry Association (FIA).

Os projetos a serem oferecidos, devem ser primeiramente cadastrados no sistema da Bolsa via internet e, somente após a aprovação do cadastro, ocorrerá o preenchimento e a submissão dos formulários eletrônicos para registro de projeto, os quais serão então oferecidos no site da BM&F (Bolsa de Valores do Rio de Janeiro). No caso do projeto ser validado nos termos do Protocolo de Quioto, este deverá ser submetido, com o referido formulário, o respectivo Documento de Concepção do Projeto e o Relatório de Validação.

A BM&F realizou no dia 26 de setembro de 2007, o primeiro leilão de venda de reduções certificadas de emissão (créditos de carbono), de titularidade da Prefeitura Municipal de São Paulo. Foi a primeira experiência mundial de um leilão de certificações de reduções de gases de efeito estufa no mercado promovida por uma bolsa regulada, representando importante etapa do processo de organização e desenvolvimento do mercado de certificados ambientais. Todos os dados correspondentes ao leilão se encontram disponíveis no site da Bolsa de Valores do Rio de Janeiro (BM&F, 2008).

V.2.2. Mercados Não-Quioto

Os Mercados Não-Quioto são comumente chamados de Mercados Voluntários. As principais bolsas de crédito de carbono pertencentes ao Mercado não-Quioto atualmente são: Chicago Climate Exchange (CCX), UK Emissions Trading Scheme e Australia New South Wales Greenhouse Gas Abatement Scheme.

V.2.2.1. Chicago Climate Exchange

A Bolsa do Clima de Chicago (*Chicago Climate Exchange*® - CCX®), com sede na cidade de Chicago (Estados Unidos da América), é uma Bolsa auto-reguladora que administra o primeiro mercado multinacional e multissetorial do mundo para reduzir e negociar gases de efeito estufa na atmosfera.

As empresas participantes da bolsa de Chicago comprometeram-se a reduzir suas emissões gradualmente, em 1% em 2003, 2% em 2004, 3% em 2005 e 4% em 2006. Além disso, a Bolsa CCX possui as seguintes características:

- Ser um mecanismo voluntário entre empresas privadas, independente de qualquer tipo de aprovação governamental;
- A burocracia da bolsa CCX é bastante reduzida, o que significa um processo muito ágil (cerca de 90 dias, entre a data de contratação da FBDS e a aprovação final do projeto pelo CCX);
- Aceita a inclusão de projetos já implantados, desde que as áreas florestais tenham sido implantadas após 1990 (em áreas não florestadas anteriormente) e ainda estejam em fase de crescimento.

A Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) é a representante do CCX no Brasil e a única instituição credenciada a apresentar projetos brasileiros (FBDS, 2008).

Os projetos não precisam atender aos rígidos requisitos do MDL para serem aceitos nesse mercado. A sistemática para apresentação dos projetos, até a comercialização dos créditos de carbono, prevê as seguintes etapas neste mercado:

- Contratação da FBDS para elaboração do projeto.
- Apresentação do relatório preliminar ao CCX, no prazo de até 60 dias após a contratação.
- Apresentação do relatório final ao CCX, no prazo de até 30 dias após a apresentação do relatório preliminar. Nessa ocasião, a empresa torna-se participante do CCX.
- Credenciamento do verificador (*verifier*) junto ao CCX. Esse verificador será o auditor do projeto e atestará, ano a ano, que as estimativas de absorção de carbono realizadas pela FBDS estão sendo efetivamente cumpridas.

- Venda dos créditos de carbono, a exclusivo critério da empresa proponente (FBS, 2008).

A Bolsa CCX representou o primeiro comprometimento legal de um grupo representativo de corporações norte-americanas, municipalidades e outras instituições que visam estabelecer regras básicas para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. A Bolsa permite aos seus membros receber créditos para a redução, bem como comprar e vender créditos de forma a alcançar os melhores custos para a redução das emissões. É acompanhada e auditada pelos mesmos organismos e autoridades que realizam essas tarefas no mercado financeiro americano, incluindo a *New York Stock Exchange* e a *Chicago Board of Trade* (CBOT).

Quando entrou em operação, a CCX possuía 13 membros: American Electric Power, Baxter International Inc., City of Chicago, DuPont, Ford Motor Co., International Paper, Manitoba Hydro Corp., MeadWestvaco Corp., Motorola Inc., STMicroelectronics, Stora Enso North America, Temple-Inland Inc. e Waste Management Inc. Atualmente conta com mais de 80 membros, que representam cerca de 4% do total de emissões dos Estados Unidos e existe ainda a perspectiva de contínuo crescimento de adesões (CCX, 2008).

Em 2006, a Petroflex Ind. e Com. S/A tornou-se a primeira petroquímica da América Latina a ingressar na Chicago Climate Exchange (CCX) para comercializar créditos de carbono (Petroflex, 2007).

V.2.3. Outras bolsas de clima

Em 2005, a CCX lançou a *Chicago Climate Futures Exchange*[™] (CCFE[™]), que atualmente oferece contratos futuros padronizados e opções sobre direitos de emissão e outros produtos ambientais (CCFE, 2008).

A Montréal Climate Exchange™ (MCeX™) é uma *joint-venture* com a Chicago Climate Exchange, com o objetivo de estabelecer a liderança no mercado para certificações negociadas no Canadá.

Estão em fase de desenvolvimento as bolsas California Climate Exchange™ (CaCX™), New York Climate Exchange™ (NYCX™) and Northeast Climate Exchange™ (NECX™) e India Climate Exchange™ (ICX™). As filiais da bolsa de Chicago (CCX) na Califórnia e em Montreal, apresentam ainda com movimentações inexpressivas (CCX, 2008).

Além das bolsas, foram criadas também parcerias, que buscam amenizar o efeito estufa, tais como, a Parceria Metano para Mercados (*Methane to Markets Partnership*). Esta parceria é uma iniciativa internacional que promove a recuperação de metano a curto prazo e a baixo custo, assim como seu uso como fonte de energia limpa. O objetivo desta parceria é reduzir as emissões globais de metano a fim de incentivar o crescimento econômico, fortalecer a segurança energética, melhorar a qualidade do ar e a segurança industrial e diminuir as emissões de gases de efeito estufa. O Brasil aderiu a esta parceira junto com outros países, como, Alemanha, Argentina, Austrália, Canadá, China, Colômbia, Equador, Estados Unidos, Índia, Itália, Japão, México, Nigéria, Reino Unido, República da Coreia, Rússia e Ucrânia (Pellerin, 2008).

A Parceria Metano para Mercados atualmente tem como foco quatro fontes de emissão de metano: agricultura (manejo de dejetos animais), minas de carvão, aterros sanitários e sistemas de petróleo e gás. O Brasil já possui bastante experiência em projetos que reduzem as emissões de metano gerado pelos aterros, através de coleta e queima ou de utilização do gás produzido. As tecnologias de utilização do gás proveniente dos aterros concentram-se na geração de eletricidade e uso direto do gás. Para a geração de eletricidade, é preciso canalizar o metano para os motores e turbinas.

Governos, entidades do setor privado, bancos de desenvolvimento, organizações não-governamentais, especialistas em finanças e outras partes interessadas, são incentivados a juntar-se à Parceria e a colaborar no desenvolvimento da captura de metano e a implementar os projetos em âmbito internacional (Methane to Markets, 2008).

Capítulo VI

Análise do Mercado de carbono

VI.1. Mercado de Carbono: oportunidades e perspectivas

Ainda não é possível estimar com segurança o volume total do mercado de carbono, tanto formal quanto o informal. Segundo cálculos do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), o MDL absorverá até 2008 investimentos na ordem de US\$ 2 bilhões ao ano, dos quais 80% destinados à Índia, China e ao Brasil.

Na verdade, existem inúmeras dificuldades para os agentes econômicos que queiram operar seguindo as regras estabelecidas pelo Tratado de Quioto, geradas pelos problemas oriundos dos complicados requerimentos para que uma operação de compra e venda de créditos de carbono seja considerada válida.

Além disso, o mercado de carbono é afetado pelo fato do MDL requerer sofisticados estudos e complexa regulamentação sobre linhas de base e outros aspectos técnicos que acabam aumentando consideravelmente os custos de transação e, com isso, terminam inviabilizando projetos de pequeno e médio porte. A constatação deste fato pode ser verificada pelo fato de 55% dos projetos serem empreendimentos de grande porte (MCT, 2007).

No cenário internacional, todavia, a situação aponta para o crescimento do mercado. A bolsa europeia (ECX), por exemplo, negociou em 2005 o volume total de 94.348.000 ton de CO₂. Já em 2006 quase quintuplicou seu volume com 452.774.000 ton negociadas e em 2007 fechou com 980.780.000 ton de CO₂. Em 2008, nos primeiros 10 dias de funcionamento, foram negociadas 41.018.000 ton de CO₂, enquanto que no mesmo período a bolsa em 2007 negociou apenas 29.887.000 t, um aumento de 137,24%. O que demonstra que o mercado encontra-se em franca expansão (ECX, 2008).

A Bolsa de Futuros do Clima de Chicago (CCFE™) anunciou um aumento de 881% no volume de contratos comercializados em 2007 com relação ao ano anterior. Segundo a CCFE, sediada em Chicago (EUA), em 2007 foram negociados 283.756 contratos contra 28.924 em 2006.

A CCFE tem percebido um crescente interesse sobre os produtos lançados em 2007, com níveis recordes sobre os contratos futuros do *Carbon Financial Instrument*® (CFI™, 1.975 contratos) e sobre o *IFEXTM Catastrophic Wind Event Linked Futures* (ELF, 2.109 contratos). Os contratos CFI™ são emitidos pela Bolsa do Clima de Chicago (CCX) e correspondem a 100 toneladas de CO₂ equivalentes (CCFE, 2008).

VI.2. O comportamento dos Preços

Uma primeira observação relevante é a de que o comércio de emissões da União Europeia é extremamente sensível a situações que apontem para recessão como um abrandamento da atividade econômica, cortes de produção e redução da poluição. A oscilação de preços da bolsa europeia pode ser observada na figura VI.1.



Figura VI.1 – Preços negociados na ECX referentes aos contratos até dezembro de 2008 a 2012 (Elaboração Própria com base nos dados disponíveis em ECX,2008).

Uma outra observação importante sobre preço, está associada ao fato de que a negociação de seus créditos é feita com valor bem inferior a ECX, conforme as figuras VI.2 a VI.8. Até a data presente, o valor máximo que a CCX atingiu no fechamento foi US\$ 5,65 por tonelada de CO₂ que ocorreu em 11 de março de 2008, já o valor mais baixo de fechamento foi de US\$0,73 que ocorreu em maio de 2004. Em 2007, o valor máximo que a CCX atingiu no fechamento foi US\$ 4,20 por tonelada de CO₂ que ocorreu em janeiro, já o valor mais baixo de fechamento foi de US\$1,70 que ocorreu em novembro (CCX, 2008). Uma segunda observação sobre os preços praticados no mercado de carbono é que não existe nenhuma relação com os volumes negociados e os preços, conforme pode ser verificado nas figuras VI.2 a VI.9 (CCX, 2008).

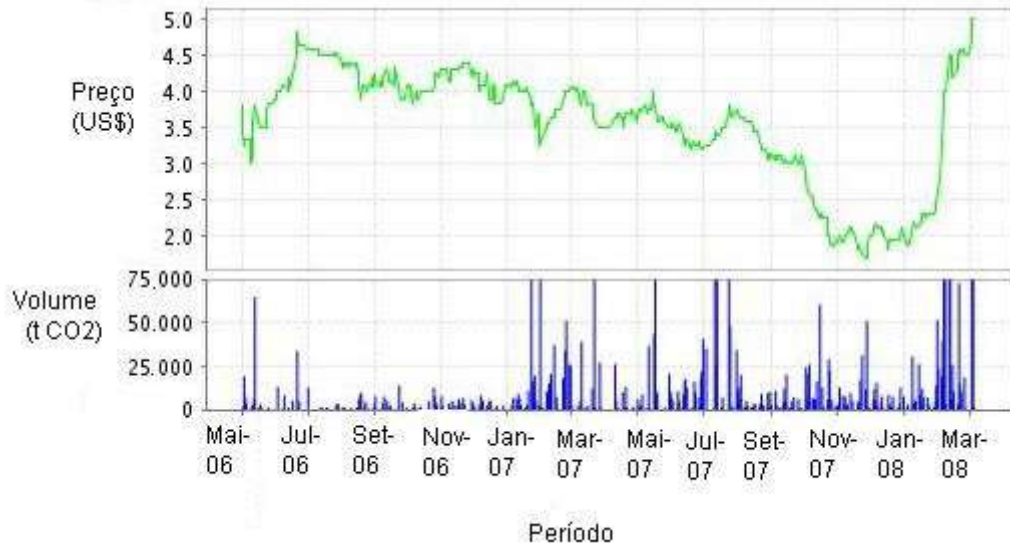


Figura VI.2 - Preços e Volumes negociados do *Vintage* 2003 (CCX,2008).

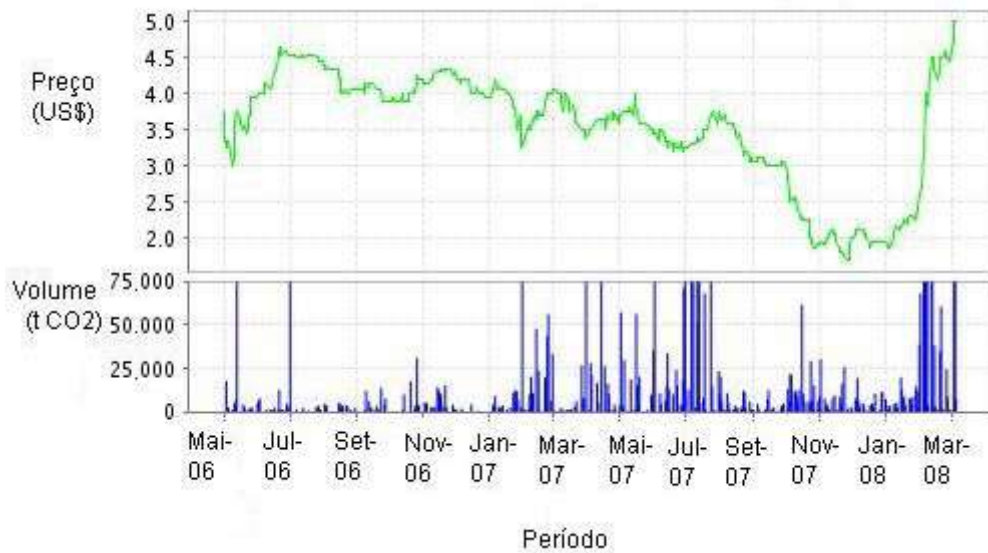


Figura VI.3 - Preços e Volumes negociados do *Vintage* 2004 (CCX,2008).

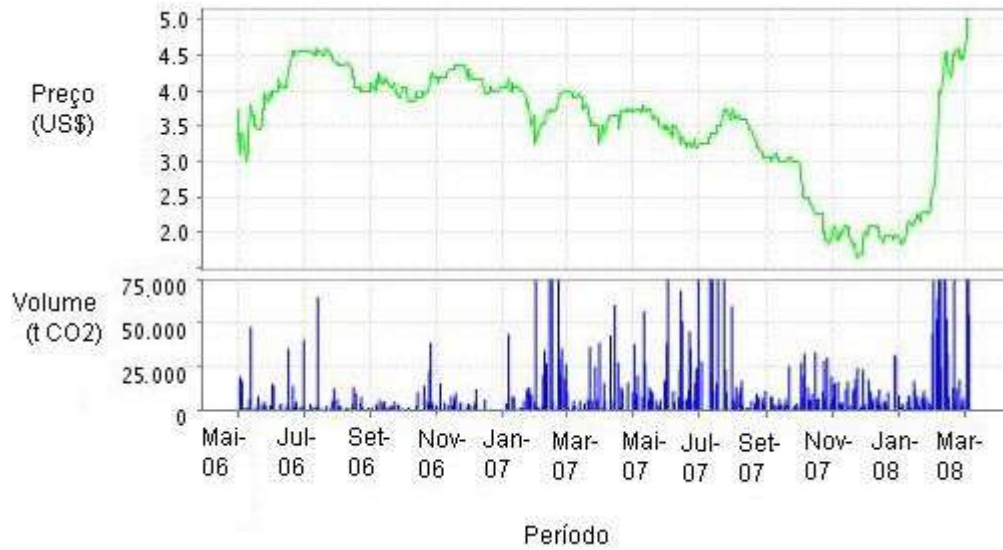


Figura VI.4 - Preços e Volumes negociados do *Vintage* 2005 (CCX,2008).

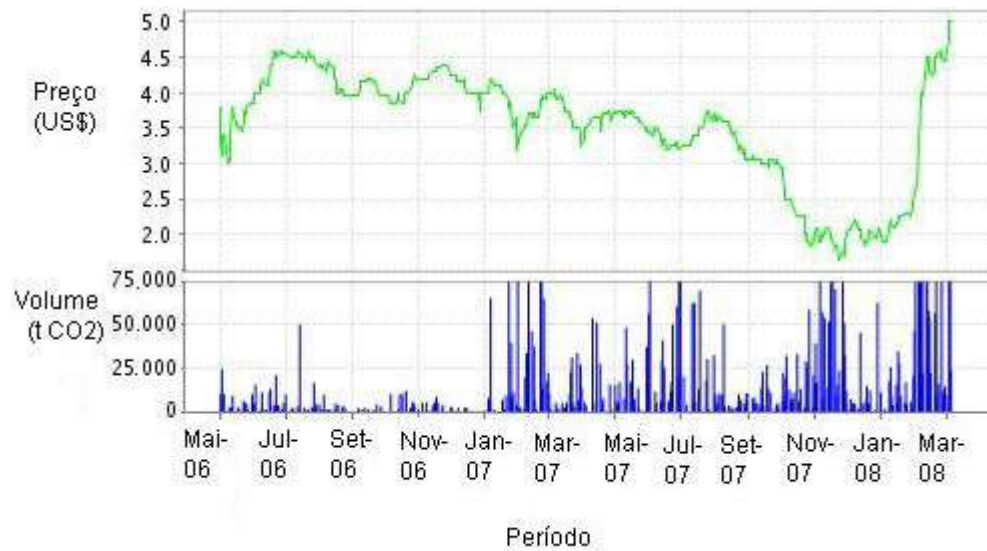


Figura VI.5 - Preços e Volumes negociados do *Vintage* 2006 (CCX,2008).

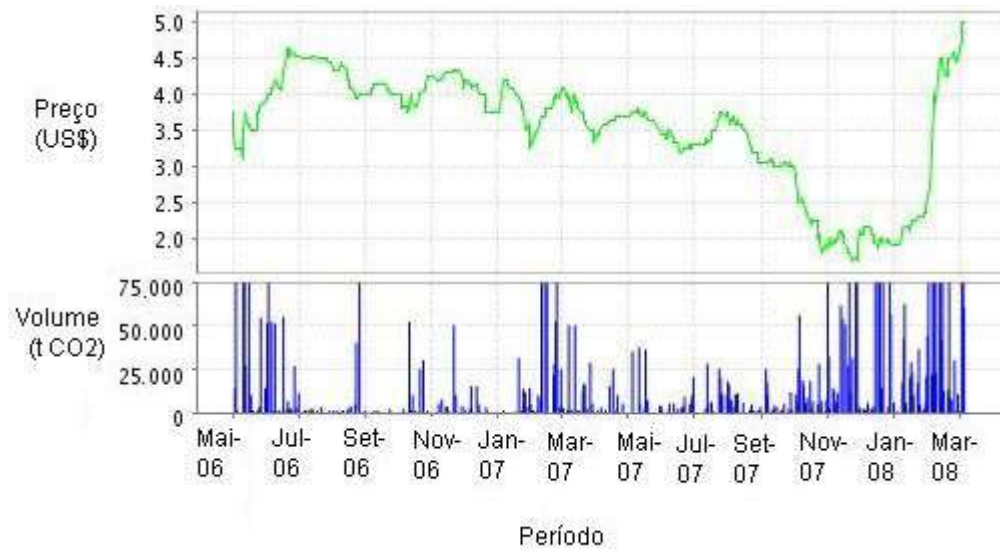


Figura VI.6 - Preços e Volumes negociados do Vintage 2007 (CCX,2008).

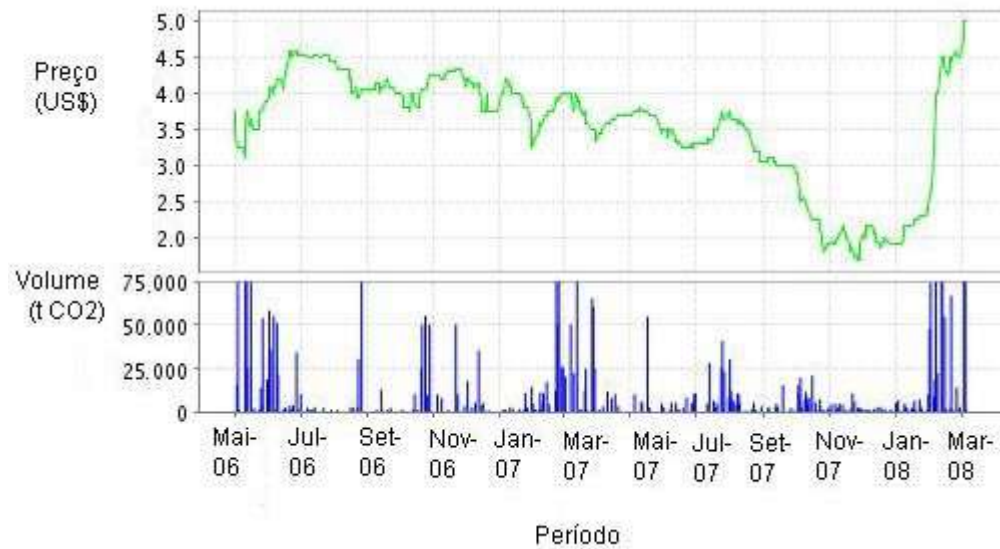


Figura VI.7 - Preços e Volumes negociados do Vintage 2008 (CCX,2008).

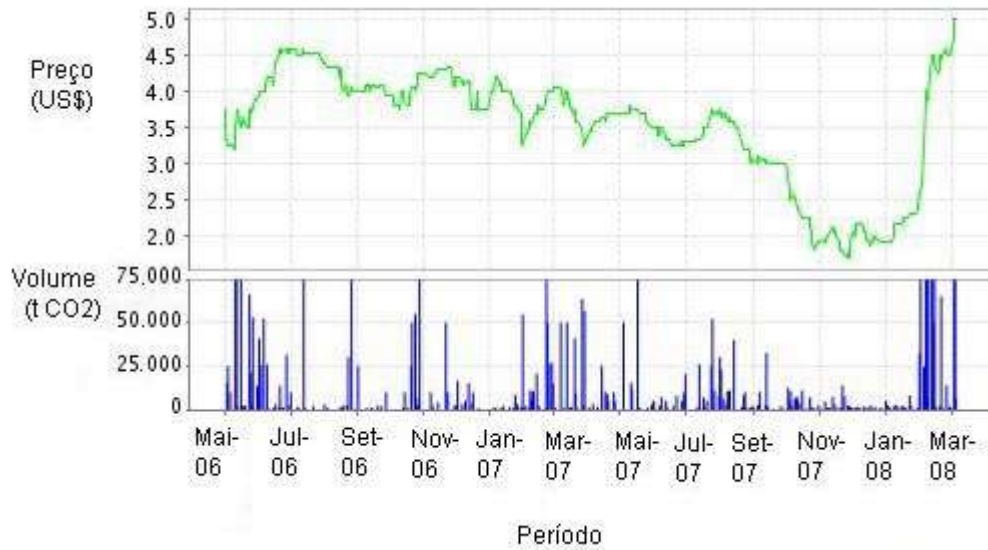


Figura VI.8 - Preços e Volumes negociados do Vintage 2009 (CCX,2008).

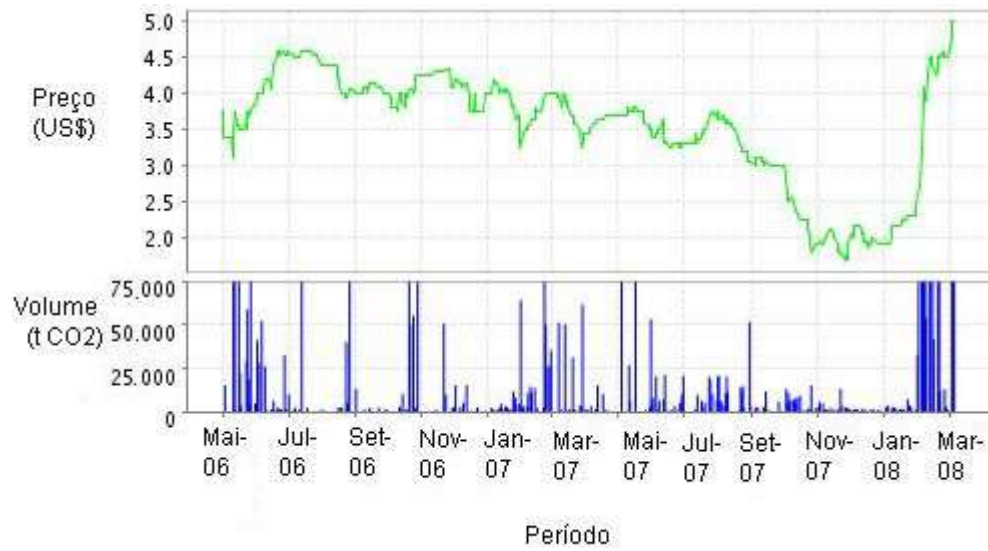


Figura VI.9 - Preços e Volumes negociados do Vintage 2010 (CCX,2008).

VI.3. Perspectivas da Demanda de Mercado de Carbono

Embora estejam surgindo novas bolsas de créditos de carbono, não se espera um crescimento muito expressivo do mercado Não-Quioto. A UK ETS terminou suas operações no final do ano de 2006. A previsão no tocante à bolsa de New South Wales é que a mesma se mantenha estável nos próximos anos. As filiais na Califórnia e em Montreal, que ainda não apresentaram negociações expressivas, poderão ter crescimento, mas, de qualquer forma, não há expectativas que superem a bolsa de Chicago.

Isto não significa que não haja boas perspectivas para nenhum dos participantes do mercado Não-Quioto. Estudos recentes mostram que a Chicago Climate Exchange (CCX) deverá apresentar maior crescimento entre o Mercado Não-Quioto. Outro segmento com boas perspectivas é o decorrente da venda direta das certificações a empresas interessadas (David, 2006).

Uma fonte de crescimento do mercado de carbono, como diz uma recente matéria do Financial Times feita pelo analista Chris Rogers, é decorrente do baixo preço das certificações, na medida que, nestas condições, torna-se mais interessantes para as usinas da União Européia (UE) queimar carvão e comprar permissões para poluir do que adquirir combustíveis limpos como, por exemplo, o gás natural.

Todavia, esta situação está para sofrer uma reversão. A União Européia, na tentativa de amenizar a redução do preço das certificações, deverá baixar o número de permissões e, conseqüentemente, elevar o preço das certificações. Tal medida levará a uma reversão do quadro, uma vez que possibilitará uma maior rentabilidade aos projetos de MDL. Ao invés do incentivo à poluição, haverá um impulso ao uso de tecnologia limpa (Financial Times, 2008).

No caso Brasil, há um enorme potencial para o biodiesel, principalmente, nas áreas agrícolas, na geração de energia hidroelétrica e em projetos industriais

como cimento e aço, entre outros. O álcool etílico produzido a partir da cana-de-açúcar, apesar de ser a maior contribuição para a redução de emissão de gases do efeito estufa, não produzirá nenhum efeito por estar excluído do tratado de Quioto.

Com base nesta situação é impossível identificar algumas medidas oficiais para incentivar a implementação de projetos de MDL. Uma delas é a oferta pelo BNDES de uma linha de crédito para "estudos de viabilidade, custos de elaboração do projeto, Documentos de Concepção de Projeto (DCP) e demais custos relativos ao processo de validação e registro". Além disso, foi criado o Programa BNDES Desenvolvimento Limpo, que é um programa para a seleção de Gestores de Fundos de Investimento, com foco direcionado para empresas/projetos com potencial de gerar Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) no âmbito do MDL (BNDES, 2008).

Outra oferta é uma linha de crédito oferecida pela Caixa Econômica Federal para o financiamento integral de atividades de projetos no âmbito do MDL em áreas como saneamento, bombeamento de água e pequenas hidrelétricas, por exemplo.

Junto com os incentivos e facilidades aqui apresentados é preciso criar competências para a realização de projetos detalhados de viabilidade econômica que permitam aos compradores de créditos garantias mínimas de que os projetos serão implantados dentro do tempo previamente estipulado, uma vez que os créditos são adquiridos pelos investidores antes da implantação do projeto.

Capítulo VII

Conclusão

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), embora já existam inúmeros trabalhos relatando sua origem e estruturação, é um tema bastante recente. Tal situação resulta numa grande escassez de publicações e uma certa dificuldade de obtenção de informações sobre os aspectos econômicos a ele relacionados, em especial quando se trata do Mercado de Carbono.

O Mercado de Carbono tornou-se uma alternativa das mais interessantes para a mitigação do efeito estufa e é classificado como Quioto ou não-Quioto, sendo este último comumente chamado de Mercado Voluntário. O mercado Quioto deve obrigatoriamente seguir o Tratado e, portanto, envolve um maior rigor nas certificações. Já o mercado não-Quioto destaca-se pela menor burocracia e menor investimento na elaboração e execução dos projetos.

O Mercado de Carbono é complementado ainda por bolsas que estão em fase de desenvolvimento, como California Climate Exchange™ (CaCX™), New York Climate Exchange™ (NYCX™) and Northeast Climate Exchange™ (NECX™) e India Climate Exchange™ (ICX™), as quatro primeiras nos Estados Unidos e a última na Índia, país que atualmente ocupa a segunda posição na elaboração de projetos de MDL. Aliás, este surgimento de inúmeras bolsas aponta para a possibilidade de que, no futuro, cada país venha a ter sua própria bolsa de clima, diminuindo assim a burocracia existente para a aprovação e fomento de projetos de MDL.

É possível dizer que, frente à dimensão do efeito estufa e necessidade de crescimento da capacidade produtiva mundial, o mercado de carbono conta com boas perspectivas. Para as empresas industriais, por exemplo, existe uma grande possibilidade de expansão nas atividades de redução de emissão dos gases de efeito estufa, principalmente quanto ao CO₂. Muitas empresas, por exemplo, ainda utilizam óleo combustível e poderiam obter certificações através da substituição por gás natural.

Outros bons exemplos são os projetos florestais de pequena escala, na medida que representam uma alternativa para as empresas investirem em responsabilidade social em pequenas comunidades uma vez que, mesmo expandindo a capacidade produtiva, melhoram a vida da população local sem degradar a base de recursos ambientais e sociais.

O Brasil tem posição destacada nos volumes negociados, tendo certificações negociadas nas principais bolsas de mercado de carbono no mundo, como a European Climate Exchange (ECX) e Chicago Climate Exchange (CCX). Além disso, possui sua própria bolsa, Mercado de Carbono da Bolsa de Mercadorias & Futuros, que começou as operações em 26 de setembro de 2007 e é a primeira experiência mundial de um leilão de certificações no mercado promovida por uma bolsa regulada.

O Brasil também participa de parcerias importantes, como é o caso da Parceria Metano para Mercados (*Methane to Markets Partnership*). Uma parceria que pode ser muito proveitosa para o país, tendo em vista que o mesmo já possuiu bastante experiência em projetos que reduzem as emissões de metano gerado pelos aterros.

É importante registrar que o desempenho já alcançado pelo Brasil tende a consolidar-se porque, além de suas potencialidades, há a possibilidade das empresas recorrerem a financiamentos de bancos como o BNDES e a Caixa Econômica Federal, além de instituições como a FINEP, essenciais para garantir

os recursos sem ser preciso recorrer à comercialização antecipada dos créditos de carbono.

O cenário aqui desenhado explica porque o Brasil tem posição de destaque no que diz respeito ao MDL no contexto mundial. Tal afirmação é ratificada pela sua terceira posição em termos de número de projetos baseados em MDL no mundo, 67% deles relativos ao CO₂. O setor mais contemplado com projetos é o de geração de energia elétrica (62%), uma concentração resultante, em boa medida, do fato de implementação de um projeto para redução de CO₂ baseado no MDL exigir grandes inversões financeiras das empresas.

A despeito das perspectivas favoráveis detectadas para o mercado de Carbono, há que considerar que o mesmo é extremamente sensível a diversas variáveis. Inicialmente, há a necessidade de contornar a provável retração do Mercado Quioto, que possui os melhores valores de venda para as certificações. Outra dificuldade a ser superada é a vulnerabilidade do mercado de crédito de carbono ao abrandamento da atividade econômica ou cortes de produção. Por último, numa perspectiva de médio/longo prazo, há o fato de que o desenvolvimento e aplicação de tecnologia limpa por parte dos países desenvolvidos farão com que os mesmos necessitem comprar menos certificações.

Logo, é possível concluir que mesmo com todos os desafios do Mercado de Carbono, o MDL é uma boa oportunidade para empresas que desejam investir em desenvolvimento sustentável no Brasil. Visto que o Brasil tem um grande potencial para a geração de créditos de carbono, devido ao porte do setor florestal inigualável, histórico de desenvolvimento de energia por matriz limpa e abundam fatores físicos, geográficos e climáticos favoráveis ao desenvolvimento de tecnologias ambientalmente sustentáveis.

Referências Bibliográficas

Ambiente SP, Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

- a) Entendendo o Meio Ambiente / Coordenador geral [do] Secretário de Estado do Meio Ambiente de São Paulo Fábio Feldmann. - - São Paulo: SMA, 1997. Disponível em:
<http://www.ambiente.sp.gov.br/prozonesp/docs/convencao_viena.pdf>. Acesso em 25 de fevereiro de 2008.
- b) Mercado de Carbono: Conceito, Formação e Funcionamento. Disponível em:
<http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/mercado_carbono/conceito.asp> Acesso em 26 de fevereiro de 2008.

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES): Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/ambiente/meio_ambiente.asp>. Acesso em 9 de fevereiro de 2008.

Bracelpa (Associação Brasileira de Celulose e Papel), Klabin faz primeira venda de créditos de carbono no CCX, 06 de fevereiro de 2007. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/releases/2007-02/klabin020607.html>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2007.

Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F). Disponível em: <<http://www.bmf.com.br/>>. Acesso em 6 de março de 2008.

Carbono Brasil: Disponível em <<http://www.carbonobrasil.com>>. Acesso em 10 de dezembro de 2007.

Cenamo, M.C., Mudanças Climáticas, O Protocolo de Quioto e Mercado de Carbono, Fevereiro 2004. Disponível em <http://www.climaedesmatamento.org.br/files/general/protocolo_quioto.pdf>. Acesso em 21 de fevereiro de 2008.

Chicago Climate Exchange® (CCX). Disponível em <<http://www.chicagoclimatex.com/>>. 14 de janeiro de 2008.

Chicago Climate Futures Exchange™ (CCFE™): Disponível em: <<http://www.ccfex.com/>>. Acesso em 14 de janeiro de 2008.

Comissão Européia (CE), Meio Ambiente, Clima, Gases de Efeito de Estufa. Disponível em : <http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/pdf/gases_pt.pdf>. Acesso em 25 de fevereiro de 2008.

Consultor Jurídico, Protocolo de Kyoto: Brasil pode ganhar com comércio de créditos de carbono. Disponível em:

<<http://conjur.estadao.com.br/static/text/32965,1>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.

Costa, Paulo de Oliveira. Resposta político-econômica às mudanças climáticas: origens, situação atual e incertezas do mercado de créditos de carbono, 2004. Disponível em:

<<http://www.adm.ufba.br/pub/publicacao/5/MPA/2004/168/001.pdf>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2008.

David, Stefan. O mercado de crédito de carbono. Junho de 2006. Disponível em <http://www.metodoeventos.com.br/3eficienciaenergetica/downloads/2905/manh/a/stefano_david.pdf>. Acesso em 7 de fevereiro de 2008.

Dessai, S., Trigo, R., A Ciência das Alterações Climáticas, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, 1999. Disponível em: <<http://www.cru.uea.ac.uk/~ricardo/pdf/flad1.pdf>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.

EJournal USA: Questões Globais, 2005. Disponível em: <<http://usinfo.state.gov/journals/itqic/0605/ijgp/gunning.htm>> Acesso em 30 de janeiro de 2008).

European Climate Exchange® (ECX®): Disponível em <<http://www.europeanclimateexchange.com>>. Acesso em 14 de janeiro de 2008.

Educar, Formação do Efeito Estufa, Universidade de São Paulo, Licenciatura em Ciências Exatas. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/Efeito_Estufa.html>. Acesso em 29 de janeiro de 2008.

Efeito de Estufa, Município de Tábua. Disponível em: < <http://www.cm-tabua.pt/?lop=conteudo&op=98b297950041a42470269d56260243a1&id=7fe1f8abaad094e0b5cb1b01d712f708>>. Acesso em 21 de fevereiro de 2008.

Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS): FBDS representa no Brasil o Chicago Climate Exchange. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/article.php3?id_article=55>. Acesso em 28 de fevereiro de 2008.

Federação das Indústrias de São Paulo (FIESP), Prêmio FIESP de Mérito Ambiental 2007: BSH Continental Eletrodomésticos Ltda. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/ambiente/produtos_servicos/downloads/merito%20ambiental/2007_bsh_20anos_montreal.pdf>. Acesso em 25 de fevereiro de 2008.

Filho, L.G.M. Seminário: Futuro e Sustentabilidade. O protocolo de Quioto e perspectivas após 2012. Setembro, 2005. Disponível em:

<http://www.bvri.com.br/mbre/documentos/download/Luiz_Gylvan.pdf>. Acesso em 6 de março de 2008.

Financial Times, 2008:

- a) Harvey, F. WORLD NEWS: Strong growth in carbon market. Financial Times. Londres, 16 de agosto de 2007. Disponível em <<http://www.ft.com/>>. Acesso em 8 de fevereiro de 2008.
- b) Wheatley, J. Brazil prepares to develop carbon market. Financial Times. Londres, 26 de abril de 2007. Disponível em <<http://www.ft.com/>>. Acesso em 8 de fevereiro de 2008.

Gamagas, Hexafluoreto de enxofre: Disponível em <http://www.gamagas.com.br/Hexafluoreto_de_Enxofre2.pdf>. Acesso em 8 de fevereiro de 2008.

Godoy, S.G.M., Prado Jr., F.A. A., Panorama Mundial do Mercado de Crédito de Carbono, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.pensa.org.br/anexos/biblioteca/1712008152238_PanoramaMundialdoMercadodeCr%C3%A9ditodeCarbono.pdf>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.

Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg e K.Maskell (eds.) (1996) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK, 572pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001:

- a) Variação global da temperatura na superfície terrestre. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/graphics/graphics/2001syr/large/05.16.jpg>>. Acesso em 15 de dezembro de 2007.
- b) Indicadores da Influência humana na atmosfera entre os anos 1000-2000. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/present/graphics/2001syr/large/02.01.jpg>>. Acesso em 15 de dezembro de 2007.
- c) Distribuição das grandes fontes estacionárias de CO₂ pelo mundo. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/present/graphics/2001syr/large/02.01.jpg>>. Acesso em 15 de dezembro de 2007.
- d) Ciclo de carbono. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/present/graphics/2001syr/small/00.18.jpg>>. Acesso em 15 de dezembro de 2007.

- e) Working Group III Report Mitigation. Disponível em: <<http://www.ccic.ateneo.net/resources/IPCC/TAR/wg3/144.htm - taba31>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.
- f) IPCC Third Assesmente Report. Disponível em: <http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.
- g) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: CHEMICAL INDUSTRY EMISSIONS. Volume 3: Industrial Processes and Product Use. IPCC, 2006. Disponível em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_3_Ch3_Chemical_Industry.pdf>. Acesso em 11 de novembro de 2007.

Instituto Gênese. A Certificação Florestal e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Disponível em: <http://www.institutogenesis.org.br/internas/certificacao/certif_flo_mdl.asp>. Acesso em 27 de fevereiro de 2008.

International Aluminium Institute. Disponível em: <<http://www.world-aluminium.org/>>. Acesso em 25 de fevereiro de 2008.

Juras, I.A. G.M. MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO: FUNDAMENTOS, HISTÓRICO E ESTATÍSTICA. Maio,2007. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema14/2007_2054.pdf>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.

Leahy, S., Cambio-Climático: Mudança climática também afeta empresas. Toronto, 25 de setembro de 2007. Disponível em: <<http://www.mwglobal.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=3258>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2008.

Mattar, M. E., Clima: mudanças só de atitude. Maio de 2003. Disponível em: <http://www.lainsignia.org/2003/mayo/ecol_002.htm>. Acesso em 28 de fevereiro de 2008.

Methane to markets: Disponível em <<http://www.methanetomarkets.org/>>. Acesso em 9 de fevereiro de 2008.

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasil, 2007:

- a) Contribuição do Brasil para evitar a mudança do clima, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007. Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0018/18290.pdf> . Acesso em 20 de novembro de 2007.
- b) Protocolo de Quioto, Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil: Disponível em

- <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf>. Acesso em 10 de dezembro de 2007.
- c) EDITAL 002/2007 – Projeto PNUD BRA/07/002. PROCESSO SELETIVO PARA CONTRATAÇÃO DE CONSULTORES. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0017/17113.pdf>. Acesso em 25 de fevereiro de 2008.
- d) Gases de Efeito Estufa, Aerossóis e seu Forçamento Radiativo, Sumário Técnico do Relatório do Grupo de Trabalho I, Segundo Relatório de Avaliação do IPCC – 1995, Disponível em: <<http://200.130.9.7/Clima/ciencia/relato06.htm>>. Acesso em 21 de janeiro de 2008.
- e) Emissões de metano no tratamento e na disposição de resíduos. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8856.pdf>. Acesso em 20 de dezembro de 2007.
- f) Projetos Aprovados nos Termos da Resolução Nº1 - 175 Projetos, Ministério da Ciência e Tecnologia: Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/55344.html>>. Acesso em 8 de fevereiro de 2008.
- g) Projeto de Substituição de Óleo Combustível por Gás Natural nas Caldeiras de Piracicaba da Klabin no Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia: Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/14741.html>>. Acesso em 9 de fevereiro de 2008.
- h) Projeto de Substituição de Óleo Combustível por Gás Natural na Solvay Indupa do Brasil S.A., Ministério da Ciência e Tecnologia: Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/14716.html>>. Acesso em 9 de fevereiro de 2008.
- i) Projeto de Substituição de óleo combustível por gás natural na Votorantim Cimentos Cubatão, Ministério da Ciência e Tecnologia: Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/22150.html>>. Acesso em 9 de fevereiro de 2008.
- j) Convenção sobre a Mudança do Clima, Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil. Disponível em: < http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5390.pdf>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.
- k) Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo, Última compilação do site da CQNUMC: 23 de janeiro de 2008, Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em

- <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0023/23010.pdf>. Acesso em 7 de fevereiro de 2008.
- l) Procedimentos para o registro de um programa de atividades como uma única atividade de projeto do MDL e emissão de reduções certificadas de emissões para um programa de atividades. Relatório da 32a reunião do Conselho Executivo Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Anexo 39. Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0017/17464.pdf>. Acesso em 7 de fevereiro de 2008.
- m) Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/17341.html>>. Acesso em 20 de dezembro de 2007.

Observatório do Clima, Roteiro Básico para Elaboração de um Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <http://www.clima.org.br/arquivos/CBEDS_Roteiro_Mdl.pdf>. Acesso em 11 de dezembro de 2007.

Pellerin, C., Parceria internacional produz benefícios econômicos e ambientais, Embaixada dos Estados Unidos no Brasil, 17 de novembro de 2004. Disponível em: <<http://livrecomercio.embaixadaamericana.org.br/?action=artigo&idartigo=699>>. Acesso em 11 de março de 2008.

Petroflex Ind. e Com. S/A. Disponível em: <http://www.petroflex.com.br/perfil_hist.htm>. Acesso em 10 de dezembro de 2007.

PNUD Brasil, Seminário: "Uso de Fluidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado", São Paulo, Brasil, novembro de 2007. Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/003/00301009.asp?ttCD_CHAVE=47755>. Acesso em 25 de fevereiro de 2008.

Rocha, M.T., COP11 e COP/MOP1: o início do fim do Protocolo de Quioto?. Ambiente Brasil. Disponível em: <<http://www.unifacs.br/engajamentocidadao/docs/ambiente%20brasil/COP%201%20e%20COP.pdf>>. Acesso em 6 de março de 2008.

Rosa, R. N. O Diário: Info.Volta ao Mundo do Comércio do Carbono, 28 de maio de 2007. Disponível em: <http://odiario.info/b2lhart_imp.php?p=307&more=1&c=1>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.

Santos, V. Protocolo de Quioto: que perspectivas para lá de 2012? Disponível em: <http://www.ied-pt.org/pt/Semin%C3%A1rios_e_Confer%C3%Aancias/conferencia_quioto/COMUNICACOES_2_PAINEL/Protocolo_de_Quioto_1_vitor_santos.pdf>. Acesso em 6 de março de 2008.

Schlumberger, Mudança no Clima: Disponível em: <http://www.seed.slb.com/pt/scictr/watch/climate_change/causes_co2.htm>. Acesso em 24 de fevereiro de 2008.

Souza, P.F.M. Metodologias de Monitoramento de Projetos de MDL, uma Análise Estrutural e Funcional, Rio de Janeiro, dez, 2005. Disponível em: <<http://www.ppe.ufri.br/ppes/production/tesis/pfernandez.pdf>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2008.

Souza, O. Revista Veja: Uma luz na fumaceira, 17 de novembro de 2004. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/171104/p_112.html>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.

Tonello, V.M.M., Principais aspectos do ciclo biogeoquímico do elemento carbono e seu contexto na atualidade, Piracicaba, 132 p. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-15062007-110357/>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2008.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change, 2008:

- a) CDM Project Activity Cycle. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/Projects/pac/index.html>>. Acesso em 7 de fevereiro de 2008.
- b) Quimobásicos – Monterrey, México. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/BEEC9OZW9T3DKFZ2RCC5XK7D40H1SY>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008.
- c) CDM - UNFCCC: Disponível em <<http://cdm.unfccc.int/>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2008.
- d) Approved Baseline and Monitoring Methodologies. UNFCCC. Disponível em <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html?searchon=1&searchmode=advanced>>. Acesso em 7 de fevereiro de 2008.
- e) CDM: Propose a new methodology. UNFCCC. Disponível em <<http://cdm.unfccc.int/Projects/pac/howto/CDMProjectActivity/NewMethodology/index.html>>. Acesso em 7 de fevereiro de 2008.