

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Principais aspectos do ciclo biogeoquímico do elemento carbono
e seu contexto na atualidade**

Victor Manoel Marques Tonello

**Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Ecologia Aplicada**

**Piracicaba
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Victor Manoel Marques Tonello
Engenheiro Agrônomo

**Principais aspectos do ciclo biogeoquímico do elemento carbono
e seu contexto na atualidade**

Orientador:
Prof. Dr. REYNALDO LUIZ VICTORIA

**Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Ecologia Aplicada**

Piracicaba
2007

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Tonello, Victor Manoel Marques

Principais aspectos do ciclo biogeoquímico do elemento carbono e seu contexto na atualidade / Victor Manoel Marques Tonello. - - Piracicaba, 2007.
132 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2007.

1. Carbono 2. Ciclos biogeoquímicos 3. Dióxido de carbono 4. Ecossistemas 5. Efeito estufa 6. Gás carbono 7. Mudança climática 8. Políticas públicas I. Título

CDD 551.55

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Aos meus pais Plínio e Margarida pela educação, dedicação, apoio, incentivo, amizade e amor.

Dedico

À minha irmã Gina, meu sobrinho Lucas e meu cunhado Wagner.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Reynaldo Luiz Victoria pela oportunidade e orientação, bem como seu apoio e compreensão, imprescindíveis a realização deste trabalho.

Ao Dr. Jean Pierre Henry Balbaud Ometto, pelas importantes revisões e contribuições, além de sua inestimável amizade e paciência.

A todos os professores, pesquisadores, instrutores, orientadores, amigos, colegas, funcionários, pelo companheirismo e pela fonte inesgotável de inspiração.

A Dra. Gabriela Nardoto, Prof. Dr. Plínio Barbosa de Camargo e Prof. Ms. Erich Collicchio, pela amizade e atenção demonstradas ao longo de inúmeras sugestões.

A toda minha família, especialmente a minha irmã, Doutoranda Prof. Ms. Maria Georgina Marques Tonello e ao Prof. Dr. Cassiano Merussi Neiva, ambos fonte de estímulo e inspiração e aos meus pais Plínio e Margarida pelo exemplo, atenção, carinho e amor incondicional. E aos que deixaram saudades (*in memória*) meus avós, tio e padrinho.

Ao Coordenador Geral de Meio Ambiente da Logística da Companhia Vale do Rio Doce, Eng. Newton Viguetti, por seu incentivo, apoio, compreensão e amizade.

Aos amigos da República Potiguara pelo companheirismo e momentos de descontração.

A ESALQ e CENA celeiros de grandes professores, pesquisadores e profissionais, pela colaboração na minha formação desde a graduação, imprescindível na realização deste trabalho.

A USP, com sua estrutura magnífica, por suas unidades, ESALQ, CENA, IAG, IPEN, IB, Poli e FFCLRP, que colaboraram na realização deste trabalho e ao programa de pós-graduação interunidades Ecologia Aplicada pela oportunidade de aprendizado.

E por fim, a tantos outros que direta ou indiretamente colaboraram com a realização desse trabalho, minha sincera gratidão.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS.....	11
LISTA DE SÍMBOLOS.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 DESENVOLVIMENTO.....	22
2.1 Principais aspectos do ciclo biogeoquímico do carbono.....	22
2.1.1 O elemento carbono.....	22
2.1.2 Noções de biogeoquímica.....	23
2.1.3 Ciclo global do carbono.....	25
2.1.3.1 Considerações gerais.....	25
2.1.3.2 Ciclo geológico e biofísico do carbono.....	28
2.1.3.3 Ciclo biológico e físico do carbono.....	30
2.1.3.3.1 Fotossíntese e respiração.....	30
2.1.3.3.2 Produção primária líquida – PPL.....	32
2.1.3.3.3 Determinação da produção primária líquida.....	34
2.1.3.3.4 Produção primária líquida nos ecossistemas terrestres.....	36
2.1.3.3.5 Produção primária líquida nos ecossistemas aquáticos.....	38
2.1.3.3.6 Fatores abióticos na produção primária líquida.....	40
2.1.3.4 Sumidouros de carbono.....	42
2.2 O Carbono na atualidade.....	48
2.2.1 Histórico do cenário científico e sócio-político.....	48
2.2.2 Considerações iniciais.....	52
2.2.3 O que é o Efeito Estufa.....	56
2.2.4 Causas do Efeito Estufa.....	60
2.2.5 Principais Gases do Efeito Estufa.....	63
2.2.6 Conseqüências do Efeito Estufa.....	66

2.2.7	Os países contribuintes do efeito estufa.....	75
2.2.8	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima....	77
2.2.8.1	A conferência das partes – COP.....	81
2.2.8.2	Os eventos da conferência das partes – COP.....	82
2.2.8.3	Protocolo de Kyoto.....	89
2.2.8.4	Mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL.....	93
2.2.8.4.1	Aspectos sócio-políticos do MDL.....	95
2.2.8.4.2	Comissão interministerial de mudança global do clima.....	97
2.2.8.4.3	Implementação do MDL no Brasil.....	98
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111
	REFERÊNCIAS.....	115
	GLOSSÁRIO.....	121

RESUMO

Principais aspectos do ciclo biogeoquímico do elemento carbono e seu contexto na atualidade

O presente trabalho consistiu na produção de uma síntese sobre os principais aspectos do ciclo biogeoquímico do carbono, envolvendo aspectos recentes do efeito estufa na atmosfera, sendo também contextualizadas as políticas públicas e seus mecanismos sócio-econômicos; inserida num contexto atual, das mudanças climáticas, intimamente relacionadas à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Protocolo de Kyoto e Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. Os ecossistemas terrestres prestam enorme contribuição de serviços ambientais ao homem na forma de oferta de água, alimentos e insumos gerais. Estes ganhos são sustentáveis na medida em que haja um equilíbrio estável entre a entrada e saída de certas variáveis. Ainda não se entende satisfatoriamente a funcionalidade dos ecossistemas naturais e sua plena interação com o clima, nas escalas local, regional e global; portanto, é uma responsabilidade social antecipar o entendimento dessa relação, antes que tudo se transforme. Não se sabe ao certo todas as conseqüências do aumento excessivo na temperatura terrestre, mas são esperadas alterações profundas em diversos ecossistemas, por exemplo: descongelamento das calotas polares e o conseqüente alagamento de regiões costeiras, alterações de intensidade e freqüência de chuvas, e alteração do metabolismo vegetal. São também previstas conseqüências na mudança das zonas climáticas e agrícolas e o desaparecimento de espécies sensíveis a esta mudança de temperatura. Procurando atingir o objetivo final da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em Kyoto – Japão, foi proposto o Protocolo de Kyoto, no sentido de possibilitar alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, num nível que não interfira perigosamente no sistema climático. Estabelece metas e prazos para controlar num primeiro esforço os principais gases de efeito estufa. Foram estabelecidos três mecanismos para auxiliar os países desenvolvidos no cumprimento de suas metas de redução ou limitação de emissões de gases de efeito estufa. Um desses mecanismos foi definido como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL, sua implementação interessa particularmente aos países em desenvolvimento, pois permitirá a transferência de recursos e tecnologias para a redução de emissões. Neste contexto, exige-se da classe científica respostas mais precisas e rápidas do entendimento de todos os processos envolvidos. O acompanhamento de projetos é importante, gerando informações para análises técnicas, científicas, sociais, ambientais e econômicas, que serão demandadas nas futuras negociações relativas à mitigação da mudança do clima.

Palavras-chave: Aquecimento global; Carbono; Ciclos biogeoquímicos; Dióxido de Carbono; Ecossistemas; Efeito estufa; Gás carbono; MDL; Mudança climática, Políticas Públicas

ABSTRACTS

Main aspects of the global biogeochemical carbon cycle and context at the present time

The present work intends to present a synthesis of the information which is distributed in several areas. It approaches the main aspects of the global carbon cycle, including the recent greenhouse effect in the atmosphere, also including the political argumentation and the socioeconomic mechanisms associated. The work also brings a critical revision of the framework related to the United Nations Framework Convention on the Climate Change, the Kyoto Protocol and the Clean Development Mechanism. The terrestrial ecosystems provide enormous contribution of environmental services to the human beings in terms of water, foods, and general inputs supplies. The sustainability of this provision relies on the maintenance of the input/output equity of matter and energy throughout time. There is still no clear understanding of the natural ecosystems functioning and their interactions with climate in a broad perspective, from local to regional and global scales. Therefore it is a social responsibility to anticipate the understanding of this relation, before everything changes. The effects on the ecosystems of the temperature increase in the Earth surface are not fully understood, but strong changes are expected and some are already being measured in several ecosystems, for instance: mountain glaciers and the ice cap in the North Pole are declining, with foreseeable consequences of increasing sea level and flooding of coastal areas; changes in the cycle and intensity of rain events; changes in plant metabolism and distribution of agricultural species, interfering in food production and safety. The Kyoto Protocol was proposed aiming to achieve the objectives of the United Nations Framework Convention on the Climate Change, building the legal and political background for the Nations to lessen and stabilize the concentrations of greenhouse gases in the atmosphere. The Protocol established mechanisms for reduction and mitigation of greenhouse gases emissions including developed and developing countries. In terms of economical and technological gains, the Clean Development Mechanism – CDM, was one of the proposed mechanism of the Kyoto Protocol, which is particularly interesting to the developing countries. This mechanism allows resources and technologies transference for the reduction of GHG emissions in developing countries. In this context, the scientific community is an important component to bring more precise and fast answers to the understanding of all of the processes related to the actual influence of the Human kind in the planet.

keywords: Biogeochemical cycles; Carbon; Carbon dioxide; Carbon gas; CDM; Climate change; Ecosystems; Greenhouse effect; Public policy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo global do carbono, mostrando os estoques de carbono (Gt C) nos reservatórios e os fluxos de carbono, relevantes às atividades antrópicas com as médias anuais da década de 1989 a 1998.....	26
Figura 2 - Gráfico esquemático da fotossíntese.....	41
Figura 3 - Concentração de dióxido de carbono na atmosfera em Mauna Loa (Hawaii).....	54
Figura 4 - Representação esquemática simplificada dos processos radiativos.....	57
Figura 5 - Previsão do aumento da Temperatura terrestre - limites inferiores e superiores.	74
Figura 6 - Comparação entre a média global da temperatura do ar calculada com base no Climate Model e os valores observados durante o período de 1860 a 1994..	74
Figura 7 - Previsão da elevação do nível do mar - limites inferiores e superior.....	75
Figura 8 - Emissões de Dióxido de Carbono de 1860 a 1995.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Balanço global de CO ₂ (em PgC.ano ⁻¹) baseada em tendências intradecadais de CO ₂ e O ₂ atmosféricos. Valores positivos indicam fluxos para a atmosfera (emissões); valores negativos representam retiradas da atmosfera. Barras de erro representam incertezas e não a variabilidade interanual, que é substancialmente maior.	54
Tabela 2 - Ranking dos países contribuintes nas emissões de GEE.....	76
Tabela 3 - Status atual dos projetos na Autoridade Nacional Designada - AND brasileira.....	103
Tabela 4 - Status atual das atividades de projeto brasileiras no Conselho Executivo do MDL.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AGBM - *Ad hoc* Group on the Berlin Mandate - Grupo de especialistas estabelecido em 1995 na COP-1, em Berlim, para negociar e acompanhar a implementação de todos os acordos negociados pelos países desenvolvidos.

AIJ - Activities Implemented Jointly: Atividades Implementadas Conjuntamente.

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento.

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

CDM - Clean Development Mechanism, o mesmo que MDL.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável.

CER - Certificados de Emissões Reduzidas.

CFC - (HFC) Hidrofluorcarbonos.

CIMC - Comissão Interministerial de Mudanças Climáticas.

CIN - Comitê Intergovernamental de Negociação.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Convenção do Clima - o mesmo que Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQMC.

COP - Conference of the Parties: Conferência das Partes.

CQMC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, também chamada de Convenção do Clima.

ECO 92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada Rio de Janeiro, Brasil, em 14 de junho de 1992. É conhecida também como RIO 92.

ERU - Emission Reduction Unit: Unidade de Redução de Emissão.

ET - Emissions Trading: Mecanismo de Comércio de Emissões.

FBMC - Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas.

FCCC - Framework Convention on Climate Change: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

GEE - Gases de Efeito Estufa.

GEF - Global Environment Facility - um fundo do Banco Mundial para projetos ambientais.

GHG - Greenhouse-gas: Gases de Efeito Estufa.

GT - Grupos de Trabalho.

GWP - Global Warming Potencial: Potencial de Aquecimento do GEE.

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

ICSU - Conselho Internacional das Uniões Científicas.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change: Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas.

JI - Joint Implementation: Mecanismo de Implementação Conjunta.

LBA - Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia,)

MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia.

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

MMA - Ministério do Meio Ambiente.

MOP - Meeting of the Parties: Reunião das Partes.

OMM - Organização Meteorológica Mundial

ONG - Organização Não-Governamental.

ONU - Organização das Nações Unidas.

PFC - Perfluorcarbonos.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

PPA - Plano Plurianual.

PROCLIMA - Programa Estadual de Mudanças Climáticas Globais.

RIO 92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada Rio de Janeiro, Brasil, em 14 de junho de 1992. É conhecida também como ECO 92.

SBI - Órgão Subsidiário de Implementação.

SBSTA - Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico.

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente.

SMA - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

UER - Unidades de Emissão Reduzida.

UNCED - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

UNCTAD - United Nations Conference on Trade and Development - Convenção das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQMC), a Convenção do Clima.

USP - Universidade de São Paulo.

LISTA DE SÍMBOLOS

C - Carbono

¹⁴C – Carbono 14

CO – Monóxido de carbono

CO₂ - Dióxido de Carbono (gás carbônico)

CH₄ - Metano

C₆H₁₂O₆ - Glicose

CO₃⁻² – íon bicarbonato

Ca – Cálcio

CaCO₃ – Carbonato de cálcio

CaMg(CO₃)₂ - carbonato duplo de cálcio e magnésio

E - Energia

FeCO₃ - siderita

H₂O - Água

H₂CO₃(aq) - ácido carbônico

Mg - Magnésio

N - Nitrogênio

N₂O - Óxido Nitroso

NO_x - Óxidos de Nitrogênio

O - Oxigênio

P - Fósforo

S - Enxofre

PPL – Produtividade primária líquida

PPB - Produtividade primária bruta

CID – Carbono inorgânico dissolvido

COD – Carbono orgânico dissolvido

COP – Carbono orgânico precipitado

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos dois séculos surgiram várias teorias sobre a origem do Universo, da Terra e da vida. Estima-se que os primeiros seres vivos apareceram na Terra há cerca de 3,5 bilhões de anos e que o nosso planeta tem aproximadamente 5 bilhões de anos.

A existência da vida foi possível graças a uma série de fatores abióticos que em conjunto, propiciaram a geração do primeiro composto orgânico e a vida, surgindo os fatores bióticos.

Carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio são os elementos químicos fundamentais para a vida, pois predominam nos organismos vivos e na matéria bruta, e nestes organismos os átomos estão combinados de maneira a formar moléculas complexas, como proteínas, polissacarídeos, lipídios e ácidos nucléicos.

Um dos fatores abióticos imprescindíveis à vida na Terra é a existência da atmosfera, mais especificamente sua capacidade de reter o calor do Sol. Sem ela a Terra seria cerca de 30°C mais fria do que é atualmente. Isto é possível graças a alguns elementos e substâncias químicas encontradas naturalmente na atmosfera, sendo as mais importantes: dióxido de carbono (CO₂), vapor de água (H₂O), metano (CH₄), ozônio (O₃) e óxido nitroso (N₂O) (IPCC, 1990; MOREIRA e SCHAWARTZMAN, 2000).

Estes gases, entre outros, são conhecidos como gases de efeito estufa, essencial à manutenção da vida na Terra como encontra-se atualmente. Recebem tal denominação por apresentarem a propriedade de reter o calor.

Na manutenção do equilíbrio térmico, a Terra emite para o espaço a mesma proporção de energia que recebe de radiação solar. A radiação incidente atravessa as diversas camadas da atmosfera e seu retorno ocorre na forma de radiações térmicas de grande comprimento de onda ou calor, que são absorvidas pelos gases de efeito estufa.

O carbono é o quarto elemento mais abundante no Universo, depois de hidrogênio (H), hélio (He), e oxigênio (O), sendo considerado o tijolo fundamental da construção da vida. É o elemento que ancora todas as substâncias orgânicas, de combustíveis fósseis, até o DNA. Faz parte de dois gases traço mais importantes para

o efeito estufa, o metano e o dióxido de carbono, sendo ainda o elemento químico mais abundante dentre os elementos dos ciclos biogeoquímicos e também está envolvido nos processos de respiração e fotossíntese.

Portanto, conhecer o ciclo do carbono é começar a entender a relação entre a vida, os oceanos, as rochas, a atmosfera e todo o planeta, sendo este conhecimento imprescindível para a manutenção da vida na Terra.

O ciclo global do carbono é composto por um conjunto de vários processos, sendo um dos mais importantes a fotossíntese-respiração, que está intimamente ligada com a vida (biosfera).

A atmosfera primitiva era redutora e a hidrosfera também tinha pouco oxigênio livre. Por meio da atividade fotossintética dos organismos autotróficos foi criada a base material e energética para a evolução da vida na Terra. Ambos os produtos finais da fotossíntese, o oxigênio e o carbono assimilado, são igualmente importantes para todos os organismos vivos. Como os vegetais servem de base alimentar para o reino animal, pode-se dizer que sem o dióxido de carbono não haveria vida sobre a Terra.

A combustão de matéria orgânica segue o mesmo caminho da respiração, onde as enzimas são substituídas pelo calor para acelerar o processo que libera energia e dióxido de carbono.

O dióxido de carbono é solúvel em água e os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície terrestre. Logo os oceanos têm um papel fundamental no ciclo do carbono, trocando dióxido de carbono com a atmosfera e estocando predominantemente na forma de carbono inorgânico dissolvido.

Um dos primeiros fatores antrópicos que alteraram o ciclo do carbono foi a mudança no uso da terra. O desmatamento pode liberar o carbono armazenado na madeira, principalmente se a madeira for queimada imediatamente, seguindo a oxidação do húmus (ODUM, 1998), além de diminuir os reservatórios naturais e sumidouros que têm a propriedade de absorver o dióxido de carbono do ar.

Estas emissões variam de acordo com os tamanhos dos reservatórios dos biomas que serão transformados para outras atividades.

Os ciclos envolvendo as rochas levam de milhares a milhões de anos para afetar a concentração de dióxido de carbono na atmosfera. A matéria orgânica nas rochas se

transforma em carvão mineral, petróleo e gás natural. Mas existe uma exceção que pode reduzir este ciclo: a atividade humana, pois o carbono acumulado é explorado na forma de combustíveis, os chamados combustíveis fósseis.

Os combustíveis fósseis são utilizados para gerar eletricidade, mover motores à explosão, aquecimento de caldeiras e ambientes, dentre outros. São extraídos por meio de minas e poços e quando usados liberam carbono, principalmente na forma de CO₂.

Estas atividades antrópicas modificaram as concentrações e distribuições dos gases de efeito estufa e aerossóis no século XX. Análises demonstram que os níveis atuais de CO₂ na atmosfera são os maiores observados nos últimos 400.000 anos, Petit (1999).

Os níveis de CO₂ na atmosfera aumentaram em volume de 280 ppm no período que antecede à Revolução Industrial, para quase 375 ppm nos dias de hoje. Este aumento está associado, principalmente à queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), em usinas termoelétricas e indústrias, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento assim como atividades de alteração da ocupação do solo. Mais preocupante ainda é a constatação que muitos processos ecológicos básicos, como o balanço de carbono, podem estar sendo alterados, sem que ainda sejam compreendidos plenamente (OMETTO et al., 2005).

Atualmente, as pesquisas concentram-se nas prováveis mudanças de temperatura, precipitação, variações climáticas e do nível do mar que ocorreram neste período, a fim de se comprovar que as atividades antrópicas estão alterando o equilíbrio climático global.

Os estudos apresentados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2001a,b,c), demonstram que o aumento da concentração de CO₂ vem determinando um aumento na temperatura da superfície da Terra. O IPCC tem observado a ocorrência de temperaturas médias mais elevadas, assim como o aumento na sua oscilação. Nos últimos setenta anos, registrou-se um aumento médio de 0,6°C na temperatura da superfície do globo.

Com base nas análises dos registros de marégrafo, verificou-se que nos últimos cem anos ocorreu um aumento do nível do mar em cerca de 10 a 25 cm, tendo como

provável explicação o aumento da temperatura global e o conseqüente recuo das geleiras e calotas polares.

Os mesmos estudos apontam para um aumento do nível do mar até 2100 de 49 cm, também levando em conta as variações na estimativa dos parâmetros da sensibilidade climática, do derretimento do gelo e do conjunto completo dos cenários de emissões.

Baseado em cenários que incluem emissões tanto dos gases de efeito estufa quanto dos aerossóis, os modelos projetam uma estimativa de aumento de temperatura média global entre 0,9 e 3,5°C até 2100. Em todos os casos, a taxa média é de 2°C, variação extremamente preocupante, tendo em vista situação semelhante não ter sido observada nos últimos dez mil anos.

Não se sabe ao certo todas as conseqüências do aumento excessivo na temperatura terrestre, mas são esperadas alterações profundas em diversos ecossistemas, por exemplo: descongelamento das calotas polares e o conseqüente alagamento de regiões costeiras, alterações de intensidade e freqüência de chuvas, alteração do metabolismo vegetal, Condit et al., (1995); Williamson et al. (2000); Niinemets et al. (1999). São também previstas mudanças das zonas climáticas e agrícolas e o desaparecimento de espécies sensíveis a esta mudança de temperatura.

Dentre os principais efeitos adversos da mudança climática previstos até 2100 e que irão se refletir numa crise política, social e econômica sem precedentes, além do aumento do nível do mar, será a alteração no suprimento de água doce, tempestades de chuva e de neve mais fortes e freqüentes e o conseqüente ressecamento e esgotamento dos solos férteis.

Outras conseqüências significativas podem ocorrer em muitos sistemas ecológicos e sócio-econômicos advindos de longos períodos de secas e de um provável aumento de pragas e doenças tropicais, não se afastando a possibilidade de se ter afetado o fornecimento satisfatório de alimentos e recursos hídricos, prejudicando imensamente a qualidade de vida e a saúde humana.

Os ecossistemas terrestres prestam enorme contribuição de serviços ambientais ao homem na forma de oferta de água, alimentos e insumos gerais. Estes ganhos são

sustentáveis na medida em que haja um equilíbrio estável nos ciclos de entrada e saída de certas variáveis.

Para ilustrar quão frágil é esta condição, o homem atualmente utiliza 40% da produtividade primária global, um percentual jamais atingido no passado, Vitousek (1997). A Organização das Nações Unidas estima que em 2030 a escassez de água atinja 40% da população.

Se confirmadas as projeções para a mudança do clima global futuro, os impactos poderão ser potencialmente irreversíveis. Neste caso, os países insulares e as regiões urbanas costeiras são as mais vulneráveis com possibilidades reais de inundação a médio e longo prazo.

É importante reconhecer que ainda não se entende satisfatoriamente a funcionalidade dos ecossistemas naturais e sua plena interação com o clima, nas escalas local, regional e global. Seria uma responsabilidade social antecipar o entendimento dessa relação, antes que tudo se transforme.

Enquanto alguns anos nos separam de uma certeza científica, os Governos do mundo decidiram que os riscos são simplesmente grandes demais para serem ignorados.

Reconhecendo a mudança do clima como "uma preocupação comum da humanidade", mais de 150 Estados assinaram a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em Junho de 1992 na "Cúpula da Terra", no Rio de Janeiro. Eles propuseram a elaboração de uma estratégia global "para proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras". A Convenção fornece um "quadro", no qual os governos podem trabalhar juntos para desenvolver novas políticas e programas que terão grande implicação na forma como as pessoas vivem e trabalham. É um texto detalhado, negociado com cuidado, que reconhece as preocupações especiais de diferentes grupos de países.

Procurando atingir o objetivo final da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, foi organizada a 3ª Conferência das Partes, realizada em dezembro de 1997, em Kyoto – Japão, onde foi proposto o Protocolo de Kyoto, no sentido de possibilitar alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, num nível que não interfira perigosamente no sistema climático.

Estabelece metas e prazos para controlar num primeiro esforço os principais gases de efeito estufa.

De acordo com o Protocolo, os países desenvolvidos aceitaram compromissos diferenciados de redução ou limitação de emissões entre 2008 e 2012, representando no total dos países desenvolvidos, redução em pelo menos 5% em relação às emissões combinadas de gases de efeito estufa de 1990.

O esforço econômico necessário para o cumprimento das metas que foram estabelecidas no Protocolo resultará em custos significativos para a economia de cada país industrializado. Em virtude desse reconhecimento, foram estabelecidos três mecanismos para auxiliar os países desenvolvidos no cumprimento de suas metas de redução ou limitação de emissões de gases de efeito estufa.

Um desses mecanismos foi definido como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL, nascido de uma proposta originalmente apresentada pelo Brasil nos trabalhos de preparação para Kyoto e envolve países desenvolvidos e em desenvolvimento. Sua implementação interessa particularmente aos países em desenvolvimento, pois permitirá a transferência de recursos e tecnologias para a redução de emissões.

Como o protocolo estabeleceu mecanismos financeiros para intervir e controlar a emissão de gases de efeito estufa, exigiu-se da classe científica respostas mais precisas e rápidas do entendimento de todos os processos envolvidos.

Em busca de respostas, são elaborados projetos de larga escala, como por exemplo, o LBA, Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia,) que é uma iniciativa internacional de pesquisa liderada pelo Brasil.

O LBA foi planejado para gerar novos conhecimentos necessários à compreensão dos funcionamentos climatológico, ecológico, biogeoquímico e hidrológico da Amazônia, do impacto das mudanças dos usos da terra nesse funcionamento e das interações entre a Amazônia e o sistema biogeofísico global da Terra.

Neste contexto o acompanhamento de projetos é importante para ciência, gerando informações para análises técnicas, científicas, sociais, ambientais e

econômicas que serão demandadas nas futuras negociações relativas à mitigação da mudança do clima.

O trabalho está inserido num contexto atual, do ciclo do carbono e das mudanças climáticas, que por sua vez estão intimamente relacionados à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Protocolo de Kyoto e Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL, tendo como principal objetivo a produção de uma síntese das informações que se encontram distribuídas em vários diferentes focos, sobre os principais aspectos dos ciclos biogeoquímicos do carbono, envolvendo o efeito estufa, sendo também contextualizada as políticas e seus mecanismos socioeconômicos.

A importância do presente trabalho fica evidenciada pela aplicabilidade que os temas ciclo do carbono e mudanças climáticas assumem no meio acadêmico brasileiro e contribuirá como referência de leitura objetiva e didática que poderá ser utilizado principalmente por alunos de graduação e pós-graduação de diversas áreas, interessados em “mudanças globais” para tenham uma melhor compreensão do assunto, tão comentado atualmente, mas pouco compreendido pela maioria.

Um dos incentivos ao desenvolvimento desta dissertação, foi que, por meio de uma revisão feita previamente, verificou-se que mais de 90% das fontes utilizadas eram escritas em língua inglesa. As publicações em português geralmente são mais específicas e poucas nos oferecem uma visão geral e abrangente do tema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Principais aspectos do ciclo biogeoquímico do carbono

2.1.1 O elemento carbono

Toda a vida na Terra está baseada no carbono, sendo o principal elemento químico constituinte da matéria orgânica, incluindo desde os combustíveis fósseis até moléculas complexas (DNA e RNA) que controlam a genética nos organismos.

O Carbono (C) é o quarto elemento mais abundante no Universo, depois de hidrogênio (H), hélio (He) e oxigênio (O), é o tijolo fundamental da vida (SCHLESINGER, 1997).

Está presente na biosfera nas moléculas orgânicas com estado reduzido gerado na fotossíntese, nos solos como matéria orgânica, na litosfera como combustíveis fósseis e depósitos (rochas sedimentares), nos oceanos como CID, COD, COP e carbonato de cálcio das conchas e na atmosfera como monóxido de carbono, CO (gás traço presente na atmosfera), CO₂ (conexão entre os diversos reservatórios de carbono), e CH₄ (forma mais reduzida de carbono, produzido durante a fermentação da matéria orgânica).

O carbono elementar na natureza está presente em três formas alotrópicas: amorfo, grafite e diamante. Apresenta três isótopos: 12, 13 e 14, este último radioativo.

Os átomos de carbono na forma não elementar podem assumir estados de oxidação que variam de -4 a +4. O estado de valência mais comum é +4, no CO₂ e formas da família dos carbonatos: C+4O₂-4. Exemplos: CaCO₃(s), CaMg(CO₃)₂ e FeCO₃ e também as formas dissolvidas na água H₂CO₃(aq), HCO₃⁻ e CO₃⁻².

Outras formas de valência importante são: o CO, gás traço presente na atmosfera com estado de oxidação +2, o carbono no estado reduzido é gerado na fotossíntese (CH₂O) e a forma mais reduzida de carbono, o metano CH₄, produzido durante a fermentação da matéria orgânica, apresenta o estado de oxidação -4.

Portanto, o ciclo do carbono é uma seqüência de reações de oxidação-redução e é muito complexo, uma vez que inclui todas as formas de vida da Terra, os reservatórios inorgânicos e os processos de troca entre os mesmos.

Considerando-se os macro-elementos, os principais ciclos biogeoquímicos são os do carbono, da água (H₂O), do nitrogênio (N), do fósforo (P) e do enxofre (S).

A biosfera tem um papel importante na determinação das características do ciclo do carbono, tais como; a disponibilidade do carbono como CO₂ no ar, carbonatos na crosta de terra, íons carbonato no mar, compostos orgânicos na biota terrestre, solo e mar resultam, basicamente, da liberação de gases que contêm carbono (CO₂ e CH₄) do interior da terra durante idades geológicas.

Entender o ciclo do carbono implica considerar processos físicos, químicos, biológicos e geológicos que atuam em escalas de tempo muito diferentes, isto é, de milhões dos anos para o movimento lento da crosta terrestre, a semanas e dias para a mudança de concentração da superfície da água do mar.

O carbono faz parte de dois gases traços mais importantes para o efeito estufa, metano e dióxido de carbono e é o elemento químico mais abundante dentre os elementos dos ciclos biogeoquímicos, que envolvem a vida (bio), a terra (geo) e a química. Entender o ciclo do carbono é começar a entender a relação entre a vida neste planeta, a atmosfera, os oceanos e as rochas. Seu ciclo é, conseqüentemente, fundamental para tentar compreender a biosfera e seus mecanismos de funcionamento básicos.

2.1.2 Noções de Biogeoquímica

Segundo Schlesinger (1997), a biogeoquímica pode ser definida como “a integração entre biologia, geologia, química e outras disciplinas, para entender o funcionamento da natureza”.

Nos ecossistemas os elementos e materiais ciclam e são constantemente re-utilizados. Estas vias são geralmente circulares, passando da biosfera para a geosfera, hidrosfera e atmosfera, sendo chamadas de ciclos biogeoquímicos.

Estes ciclos são governados direta ou indiretamente, pela energia solar incidente e pela força gravitacional. Os padrões de ciclagem de nutrientes na biosfera envolvem não apenas o metabolismo biológico, mas também uma série de reações químicas estritamente abióticas.

Um ciclo biogeoquímico pode ser representado por um conjunto de armazenamentos (reservatórios ou caixas) e de transferências (fluxos).

Os ciclos biogeoquímicos representam o movimento dos nutrientes entre os reservatórios orgânicos e inorgânicos, determinando a disponibilidade para os organismos a curto prazo. Sendo que os principais reservatórios dos elementos essenciais estão localizados na atmosfera, na litosfera (rochas, solos e sedimentos) ou na hidrosfera e o fluxo na fase inorgânica, de modo geral, tende a ser mais lento do que o da fase orgânica.

Os ciclos podem ser classificados como, sedimentar, atmosférico e hidrológico. Seu estudo envolve entender o movimento da matéria de um do ponto para outro (fluxo), as quantidades armazenadas nos vários compartimentos, as vias de trocas, os fatores controladores e os tempos de residência nos compartimentos (quantidade/saída).

Este modelo de compartimentos pode ser aplicado ao ecossistema como um todo, o qual pode ser visto agora como um conjunto de compartimentos entre os quais os elementos químicos circulam.

Os reservatórios são formados pelos principais compartimentos da biosfera nos quais os elementos são armazenados. Eles incluem a atmosfera, a litosfera, biomassa e a hidrosfera, nos quais ocorrem movimentos de entrada e saída de átomos, determinados por processos físicos, químicos e biológicos.

As principais entradas ocorrem pelo intemperismo, entradas atmosféricas, imigração, e as principais saídas de nutrientes do ecossistema, são por erosão, lixiviação, evasão de gases, emigração e corte de biomassa.

Os fluxos são as taxas nas quais os materiais se movimentam entre os reservatórios e o tempo de residência, é o tempo de permanência em um dado reservatório.

Os elementos químicos, incluindo todos os elementos essenciais do protoplasma, tendem a circular na biosfera em vias características, do ambiente (ar, água, solos, rochas) para os organismos (biota) e destes, novamente, para o ambiente.

2.1.3 Ciclo global do carbono

2.1.3.1 Considerações gerais

A dinâmica de um ecossistema depende de uma série de ciclos biogeoquímicos. Dentre eles, estão os seguintes ciclos; água, nitrogênio, fósforo, carbono, oxigênio e do enxofre. O ciclo do carbono é um dos ciclos biogeoquímicos de maior importância.

A disponibilidade de carbono como gás carbônico no ar, como carbonato na crosta da terra, como íons de carbonato no mar, e nas muitas combinações orgânicas em biota terrestre e no mar, é basicamente dependente do fato que, gases contendo carbono (principalmente metano e dióxido de carbono) escaparam do interior da terra durante idades geológicas.

A biosfera, como existe hoje, evoluiu em uma interação complexa entre carbono e muitos outros elementos, principalmente hidrogênio, oxigênio, os elementos nutrientes básicos, nitrogênio, fósforo, enxofre, e alguns metais que em quantidades secundárias são fundamentais ao desenvolvimento de vida. Portanto o ciclo do carbono não pode ser tratado independentemente dos ciclos dos outros elementos envolvidos no sistema de biogeoquímico.

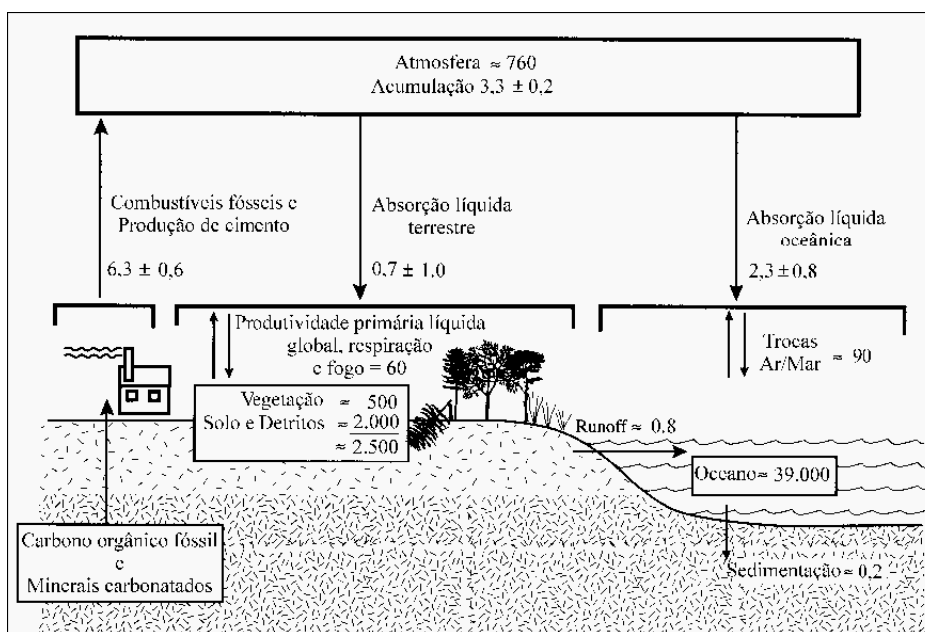
Os organismos vivos são principalmente compostos por água e vários componentes de carbono. O ciclo do carbono é, pois, de maior importância para o sustento da vida em suas mais variadas formas. O carbono é encontrado em maior proporção em rochas, como os carbonatos, geralmente associados com o cálcio em calcários; ou disperso em carbono orgânico e em rochas sedimentárias, particularmente o xisto.

Os carbonatos são descritos como contendo carbono inorgânico, com cerca de 3/4 do total de carbono nesta forma e outro 1/4 disperso em componentes orgânicos. O conteúdo de carbono em outros reservatórios (atmosfera, biota do solo, húmus do solo, combustíveis fósseis, biota marinha e compostos dissolvidos) representa menos de 1% do total (O'NEILL, 1994).

Nas plantas, o carbono participa na forma de dióxido de carbono nos processos de respiração e fotossíntese, além de outras formas na composição dos vegetais. O

carbono pode ficar retido na biomassa (tanto na parte aérea, como nas raízes) ou ser liberado para a atmosfera, se este material vegetal for queimado. O mesmo processo, na ausência de oxigênio, é denominado fermentação.

O ciclo global do carbono é composto de vários ciclos (Figura 1). O processo mais importante é denominado fotossíntese-respiração e está intimamente ligado com as plantas, animais e bactérias (biosfera). O CO_2 ocorre no ar atmosférico em pequena proporção, cerca de 0,03% em volume ou 760 Gt C, onde desempenha função fundamental com referência ao crescimento dos vegetais.



Fonte: traduzido e adaptado de (SR-LULUCF, 2000)

Figura 1 - Ciclo global do carbono, mostrando os estoques de carbono (Gt C) nos reservatórios e os fluxos de carbono, relevantes às atividades antrópicas com as médias anuais da década de 1989 a 1998

O ciclo do carbono não é restrito somente às plantas e à atmosfera. O dióxido de carbono é solúvel em água e os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície terrestre.

Logo os oceanos têm um papel fundamental no ciclo do carbono, trocando dióxido de carbono com a atmosfera (90 Gt C /ano) e estocando cerca de 50 vezes mais carbono que a atmosfera (39.000 Gt C), predominantemente na forma de carbono inorgânico dissolvido.

A solubilidade do dióxido de carbono nos oceanos é limitada, onde depende da sua concentração na atmosfera, da temperatura dos oceanos e outros fatores. Atualmente, o oceano está absorvendo menos da metade das emissões antrópicas, $2,3 \pm 0,8$ Gt C (Figura 1). Os ciclos que envolvem as plantas e os oceanos mudam a concentração de dióxido de carbono na atmosfera numa escala de tempo de semanas a meses.

Outro ciclo envolve as rochas, ou melhor, a matéria orgânica depositada nas rochas durante milhões de anos. Estes ciclos levam centenas de milhares ou milhões de anos para afetar a concentração de dióxido de carbono na atmosfera, com uma exceção: a atividade humana atual .

O carvão mineral, petróleo e gás natural, nada mais são, do que a energia solar fixada pelas plantas há milhares de anos, e que tem sido explorada pelo homem na forma de combustíveis fósseis.

Atualmente, os combustíveis fósseis são utilizados para gerar eletricidade, mover motores, cozinhar alimentos, dentre outros usos. São extraídos através de minas e poços e depois de queimados liberam carbono, principalmente na forma de CO₂, resultando na emissão de $6,3 \pm 0,6$ Gt C anuais.

A mudança no uso da terra é outra fonte de carbono. Uma perda líquida de CO₂ na agricultura (*i.e.*, um acréscimo de CO₂ na atmosfera maior do que sua retirada). Isto ocorre porque o carbono fixado pelas culturas (muitas das quais são sazonais) não compensa o CO₂ liberado do bioma natural. O desmatamento poderá liberar o carbono armazenado na madeira, principalmente se a madeira for queimada imediatamente; seguindo a oxidação do húmus, se a terra for usada para agricultura ou para desenvolvimento urbano (ODUM, 1998). Logo a mudança no uso da terra é outra atividade humana que emite grandes quantidades de gases de efeito estufa.

Após a grande interferência do Homem, o resultado de todas as partes do ciclo do carbono é um incremento líquido anual de $3,3 \pm 0,2$ Gt C nos estoques atmosféricos (SR-LULUCF, 2000; SPM-TAR WG1, 2001).

Desde que começaram em 1957 medidas mais precisas, foram registrados aumentos de cerca de 46 ppm até 1977.

Este resultado está baseado em medidas feitas em Mauna Loa no Havaí, e de vôos de aeronave a médias e altas latitudes no hemisfério do norte. Calculou-se que o CO₂ pré-industrial antes das 1850, estava entre 290 e 295 ppm.

Observa-se que o homem também tem emitido dióxido de carbono por desmatamento e expansão de terra cultivável e que as medidas no meio de século passado eram bastante incertas.

O ciclo de biogeoquímico de carbono constitui o mecanismo básico para a produção de recursos renováveis como alimentos, fibras e combustível, mas o Homem crescentemente vem afetando o ciclo de carbono por uso dos combustíveis fósseis, intensificando agricultura, e destruindo segmentos da vegetação da terra. Em particular a quantidade de CO₂ crescente da atmosfera causa preocupação séria por causa das mudanças climáticas que podem ser o resultado disto.

2.1.3.2 Ciclo geológico e biofísico do carbono

Todo o carbono que cicla na Terra hoje estava presente no nascimento do sistema solar há 4.5 bilhões de anos atrás. O ciclo global do carbono pode ser dividido, em termos temporais, em duas grandes escalas: geológica (milhões de anos) e físico-biológica (de dias a milhares de anos).

No ciclo geológico, o carbono se movimenta entre rochas, minerais, águas e sedimentos marinhos e atmosfera, ciclando ao longo de milhões de anos.

Uma análise do ciclo do carbono necessita considerações de física, química, processos biológicos e geológicos que procedem em escalas de tempo muito diferentes, isto é, de milhões de anos para o movimento lento da crosta da terra, e entre semanas e dias para cenário variável das concentrações da superfície da água do mar.

Porém, é notório que na esfera geológica os processos lentos freqüentemente representam períodos extensos de inércia que é brevemente suspenso por pulsos ativos de duração relativamente curta. Em contraste as transferências rápidas dependem basicamente dos movimentos característicos de ar e água.

A ciclagem curta do carbono orgânico envolve principalmente as interações entre a biosfera e atmosfera, com um componente terrestre e um aquático. Já a ciclagem de longo prazo do carbono orgânico, envolve a formação e consumo de combustíveis fósseis e sedimentos contendo carbono orgânico.

A ciclagem de longo prazo do carbono inorgânico envolve principalmente a produção e consumo de carbonato de cálcio (CaCO_3 , calcáreo).

O ácido carbônico (ácido fraco derivado da reação do CO_2 atmosférico e água) tem se combinado continuamente e lentamente com o cálcio e o magnésio presentes na crosta terrestre, formando carbonatos insolúveis liberados através do processo de intemperismo.

Pelo processo de erosão, estes carbonatos e o carbono orgânico são carregados para os oceanos e depositados no fundo dos mesmos. Este processo, chamado de sedimentação, envolve as seguintes transformações; à medida que as placas tectônicas se movimentam, os sedimentos são subjugados para baixo dos continentes, o ciclo continua com os materiais sendo levados para o manto da Terra nas bordas das placas continentais. Sob condições de elevada temperatura e pressão ocorre o metamorfismo, o calcário derrete e reage com outros minerais, formando rochas metamórficas e liberando CO_2 . O carbono retorna para a atmosfera na forma de CO_2 nas erupções vulcânicas.

A estabilidade da biosfera depende em como os processos rápidos interagem, portanto o foco é nos processos comparativamente rápidos do ciclo de carbono.

2.1.3.3 Ciclo biológico e físico do carbono

2.1.3.3.1 Fotossíntese e respiração

A biota tem um papel fundamental nos movimentos do carbono na terra e oceanos pelos processos de fotossíntese e respiração.

Praticamente todas as formas de vida dependem da produção de açúcares a partir da energia solar e o CO₂ (fotossíntese) e o metabolismo (respiração) dos mesmos para produzir energia química para o crescimento e reprodução.

Nos ecossistemas terrestres, a principal troca de carbono entre a terra e a atmosfera, resulta dos processos de fotossíntese e respiração.

A fotossíntese é o processo químico no qual o dióxido de carbono e a água são quimicamente convertidos em glicose e oxigênio com o auxílio da luz solar, seguindo a reação: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{E} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Pela fotossíntese, a energia radiante é absorvida e transformada em energia de ligação química: 479 kJ de energia química são fixados por cada átomo-grama de carbono assimilado. Durante o processo de assimilação do carbono tomam parte processos fotoquímicos (dirigidos pela luz), processos enzimáticos (não dependentes da radiação - reações do escuro) e os processos de difusão, que são as trocas de CO₂ e O₂ entre cloroplasto e atmosfera.

No período diurno da estação de crescimento as folhas absorvem energia solar e CO₂ da atmosfera. Paralelamente, plantas, animais e microbiota consomem a matéria orgânica e liberam CO₂ para a atmosfera. Durante os períodos de seca e frio, os fluxos de CO₂ é drasticamente diminuído, portanto, a quantidade de carbono que se movimenta entre a atmosfera e a terra (e vice-versa), apresentam oscilações anuais, as quais se refletem no conteúdo de CO₂ na atmosfera.

O balanço entre intemperismo, subjugação e vulcanismo tem controlado a concentração de CO₂ na atmosfera ao longo de centenas de milhões de anos.

As análises dos sedimentos mais antigos sugerem que, antes da evolução da vida, a concentração de CO₂ atmosférico pode ter sido 100 vezes maior que a presente,

provocando um efeito estufa substancial durante um período de baixa saída de energia solar.

Nos oceanos parte do carbono absorvido pelo fitoplâncton é utilizado na produção de conchas de carbonato de cálcio e deposita-se no fundo na forma de sedimentos, portanto, o carbono orgânico (originado da produção primária líquida) também participa do ciclo de longo prazo, sendo o principal controlador da concentração atmosférica de CO_2 (junto com o ciclo do S) e O_2 em uma escala geológica.

Nos períodos em que a fotossíntese excede a respiração, a matéria orgânica acumula-se lentamente formando depósitos de carvão e óleo, ao longo de milhões de anos. Todos estes processos mediados biologicamente representam uma remoção de CO_2 da atmosfera e um armazenamento de carbono nos sedimentos.

Os principais reservatórios são: a biosfera (moléculas orgânicas dos organismos vivos e mortos), atmosfera (CO_2 , CO e CH_4), solos (matéria orgânica), litosfera (combustíveis fósseis e depósitos de rochas sedimentares) e oceanos (carbono inorgânico dissolvido - CID, carbono orgânico dissolvido - COD, carbono orgânico precipitado - COP e carbonato de cálcio das conchas dos organismos marinhos).

O ecossistema marinho tem um papel importante na remoção de CO_2 da atmosfera. Nas regiões mais superficiais dos oceanos e mares (aproximadamente 100 m) com incidência de luz solar, a fotossíntese efetuada pelo fitoplâncton é uma fonte de O_2 e um sumidouro de CO_2 e nutrientes, como por exemplo, o fósforo.

Os excrementos fecais e os organismos mortos sedimentam no fundo dos oceanos onde são decompostos liberando CO_2 e consumindo O_2 .

Os processos de fotossíntese e respiração têm um papel importante no ciclo geológico, pois a quantidade de carbono absorvido pela fotossíntese e liberado pela respiração na atmosfera anualmente é 1000 vezes maior que a quantidade de carbono que se movimenta no ciclo geológico.

2.1.3.3.2 Produção primária líquida - PPL

O conceito de produção primária está intimamente relacionado com as idéias de fluxo de energia nos ecossistemas, Odum (1971, 1983). Produção Primária Líquida - PPL é a taxa de armazenamento de matéria orgânica nos tecidos vegetais, o excedente após a respiração pelas plantas (ODUM, 1971).

Da radiação incidente fotossinteticamente ativa, parte é refletida, outra absorvida pela vegetação, parte perdida como calor e convertida pela atividade fotossintética em substâncias orgânicas. Este fluxo é conhecido como Produção Primária Bruta – PPB.

Parte desta energia armazenada pela vegetação é utilizada no próprio metabolismo (respiração autotrófica), sendo que o balanço entre a fixação de carbono na fotossíntese – PPB, e aquele perdido pela respiração vegetal – R, é a Produção Primária Líquida.

Temos, portanto, a seguinte equação: $PPL = PPB - R$.

Os organismos da superfície terrestre, ou perto dela, recebem, constantemente fluxo de radiação solar e fluxo de radiação térmica da superfície próxima que contribuem na determinação do clima (temperatura, evapotranspiração, movimentos do ar e da água). Porém apenas uma pequena fração da radiação solar pode ser convertida pela fotossíntese em energia para os componentes do ecossistema.

A produção primária representa a principal entrada de energia e carbono no ecossistema, pode ser vista como uma variável integradora do funcionamento de todo o ecossistema devido à sua relação com a biomassa animal, a produtividade secundária e a ciclagem de nutrientes.

PPB é quantidade de biomassa produzida através da fotossíntese por unidade de área por tempo pelos vegetais. Geralmente expressa em unidade de energia (ex: Joules $m^{-2} \text{ dia}^{-1}$) ou de matéria orgânica seca produzida (ex: $kg \text{ m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$).

A Produtividade Líquida do Ecossistema – PLE é a taxa de armazenamento ou perda de material orgânico no ecossistema descontada a respiração, de todos os organismos, em todos os níveis tróficos, dos autótrofos até os decompositores. Portanto todos os tipos de produtividade são taxas de fluxos de matéria ao longo de diferentes porções do ecossistema.

Principais fatores controladores da PPB são: quantidade de área foliar, duração da estação fotossintética e a taxa de fotossíntese na folhas individuais (capacidade fotossintética e estresse ambiental que altera a condutância estomatal).

Em relação à eficiência do uso da energia solar, tem-se que, cada metro quadrado da superfície terrestre recebe dependendo da localização, entre 0 a 5 Joules de energia solar por minuto. Destes, somente uma pequena parte é convertida em biomassa através da fotossíntese, cerca de 44% da radiação solar recebida pela superfície da Terra ocorre em comprimentos de onda úteis para a fotossíntese, que é a Radiação Fotossinteticamente Ativa - RFA. Mesmo as espécies vegetais mais eficientes somente podem incorporar 3 a 10 % da RFA na produção de biomassa.

Temos como exemplo a conversão da RFA em biomassa nos seguintes biomas do mundo: florestas tropicais e de coníferas: 1 a 3 %, florestas decíduas: 0.5 a 1% e desertos: 0.01 a 0.2%.

A Produção Líquida do Ecossistema (PLE) é a Taxa de acumulação de carbono no ecossistema, ou seja, o balanço entre as entradas e saídas de C.

$$PLE = PPB - (R_{\text{planta}} + R_{\text{heterotrófica}} + F_{\text{perturbação}} + F_{\text{farrastre}})$$

$$PLE = PPB - (R_{\text{ecossistema}} + F_{\text{perturbação}} + F_{\text{farrastre}})$$

PLE é o balanço entre 2 fluxos no ecossistema: PPB e a R

A troca líquida do ecossistema é definida como: Absorção (ou perda) líquida de carbono pelo ecossistema. TLE = PPB – Recossistema

A Produção Global média é de cerca de 243 bilhões de toneladas métricas de biomassa por ano, porém, os padrões espaciais e temporais globais variam muito.

Os padrões de produção primária mundial nos biomas têm a PPL altamente variável. Em termos de PPL por unidade de área, os ecossistemas mais produtivos são: estuários, pântanos e mangues, florestas tropicais e florestas temperadas úmidas. Se os valores forem extrapolados para a área total temos; oceanos abertos, florestas tropicais úmidas, cerrados, e florestas tropicais sazonais.

Áreas agrícolas são mais produtivas devido aos subsídios de água e nutrientes e o controle de pragas, com taxas de reposição variando ao longo de uma ampla faixa. As pastagens apresentam uma taxa de PP relativamente maior, principalmente durante a

estação de crescimento. Porém a biomassa acumulada geralmente não é muito elevada, sendo alta a taxa de reposição.

Nas florestas a biomassa acumulada acima e sob o solo (raízes) é elevada. Porém a produção de material vegetal novo representa apenas uma pequena fração deste total, portanto, a taxa de reposição é menor.

A produtividade de um ecossistema florestal está relacionada diretamente com o consumo de dióxido de carbono, pois este é o elemento que movimenta o processo de absorção das plantas. A assimilação do dióxido de carbono ocorre através de uma absorção passiva por meio dos estômatos das folhas, cuja abertura é regulada principalmente pela intensidade de luz, pelo regime hídrico interno da planta, quantidade de nitrogênio disponível nas folhas para atividade enzimática e clorofila que estão envolvidas neste processo. A produtividade primária de um sistema ecológico pode ser definida como sendo a taxa na qual a energia radiante é convertida pela atividade fotossintética em substâncias orgânicas (ODUM, 1983).

Nos oceanos, a maior parte da produção é efetuada pelas algas, as quais possuem um ciclo de vida curto, com rápida multiplicação e geram uma quantidade relativamente baixa de biomassa. São rapidamente consumidas pelos herbívoros e, portanto, em qualquer momento a taxa de reposição é elevada e a biomassa baixa.

2.1.3.3.3 Determinação da produção primária líquida

Como visto no item anterior, a produção primária pode ser definida como o rendimento da conversão da energia radiante em substâncias orgânicas. Isto é, a produção primária designa a quantidade de matéria orgânica que é produzida pelos organismos autotróficos a partir da energia solar ou da energia química. Enquanto a produção primária bruta designa a razão a que a energia solar é convertida em energia potencial de biomassa; a produção primária líquida designa a taxa de armazenamento da matéria orgânica nos tecidos. Portanto, a produção primária líquida seria o que realmente restou do que o organismo produziu, já que, com a respiração, tal organismo perde parte da produção.

Para determinar a produção primária, vários fluxos e variáveis associadas com a transferência de matéria e energia no ecossistema são medidas:

- Produção: incorporação do carbono atmosférico na biomassa vegetal.
- Senescência: folhas e galhos morrem, mas permanecem ainda presos à planta.
- Separação: o material morto separa-se da planta e é incorporado na camada de serapilheira.

- Decomposição da serapilheira por microrganismos: parte é liberada como CO₂ para a atmosfera e parte é incorporada na biomassa microbiana ou no solo como matéria orgânica.

Para determinar quanto de energia está sendo acumulada no ecossistema, podem ser usados diversos métodos, em função do tipo de ecossistema, sendo os mais comuns:

Em ecossistemas terrestres: biometria, técnicas de trocas gasosas, sensoriamento remoto - modelagem e técnicas de coleta; a biomassa acumulada é coletada, seca e pesada. O peso seco é usado como uma medida de produção.

Nos ecossistemas aquáticos a coleta de produtores é pouco prática e muito imprecisa devido ao tamanho reduzido do fitoplâncton. O carbono é muito abundante para determinações práticas de pequenas mudanças na concentração, portanto determinam-se as mudanças nas concentrações de O₂.

Utiliza-se o carbono radioativo (¹⁴C) para determinar sua absorção pelos produtores primários, pois os isótopos identificam o elemento de interesse além de possuírem características físicas e químicas apenas levemente diferenciadas, apresentam também a concentração do isótopo mais raro muito pequena, sendo que mudanças nestas concentrações não mudam as propriedades do sistema e sua composição isotópica varia de forma previsível conforme o elemento cicla pela biosfera (OMETTO et al., 2003).

Por meio da concentração de clorofila é feita a comparação com a taxa de assimilação de carbono por grama de clorofila para um dado produtor, o pigmento fotossintetizante é extraído e sua concentração medida por colorimetria ou cromatografia líquida.

Com qualquer um destes métodos, a produção primária pode ser expressa como a taxa de formação de novo material por unidade de superfície e tempo, por exemplo, $\text{cal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $\text{g.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$

A biomassa é uma medida do sistema em um único ponto de tempo, é expressa em calorias ou gramas por metro quadrado. A razão entre biomassa e produção é o tempo de residência do sistema.

2.1.3.3.4 Produção primária líquida nos ecossistemas terrestres

A alocação da produção primária líquida varia de acordo com o tipo e a idade da vegetação, Schlesiinger, (1997). Em formações vegetais de grande porte tipo “florestas” de 25 a 35% da produção acima do solo é encontrado nas folhas, valor que tende a decrescer com a idade. As áreas com formações arbustivas têm valores relativamente maiores, 35 a 60% e em pastagens naturais, essencialmente toda a produção acima do solo está localizada no tecido fotossintetizador.

A quantidade de matéria seca, produzida por uma associação vegetal que cobre certa área, é definida como Produção Primária Líquida (PPL) da comunidade vegetal. A produção primária é tão maior quanto maior for a capacidade de assimilação das espécies que compõe a comunidade vegetal; quanto maior for a quantidade de radiação interceptada e absorvida pelas superfícies assimiladoras; e quanto maior for o período de um balanço positivo das trocas gasosas (LACHER, 2000).

A avaliação da PPL em uma escala regional ou global é sempre difícil e incerta e as estimativas feitas por diversos autores podem diferir consideravelmente (Lacher, 2000). Estimativas de produtividade primária podem ser obtidas por diferentes métodos. A mais antiga é por medidas destrutivas de biomassa da planta, acima e abaixo do solo. Essa acumulação de biomassa por unidade de tempo e por unidade de superfície do solo ($\text{g matéria seca (MS) m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$) é chamada de PPL (ROY; SAUGIER, 2001).

Verificando a produtividade global para diferentes tipos de vegetação Saugier et al. (2001), observaram que florestas e savanas sequestram mais carbono e concluem que a PPL difere entre os biomas: floresta tropical $12,5 \text{ (t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1})$, 17,5 milhões

de km²; floresta temperada 7,7 (t C ha⁻¹ ano⁻¹), 10,4 milhões de km²; floresta boreal 1,9 (t C ha⁻¹ ano⁻¹), 13,7 milhões de km² e savana tropical e pastagem, 5,4 (t C ha⁻¹ ano⁻¹), 27,6 milhões de km² (SAUGIER et al., 2001; GRACE, 2004).

São três principais métodos de estimativa da PPL acima do solo em ecossistemas terrestres com taxa de reciclagem da biomassa rápida.

Método 1 – é o mais simples, pois se determina o valor do pico de biomassa, a partir do qual se equaciona o valor da produtividade anual. O método assume:

a) a biomassa mínima é zero, ou próxima de zero, e aumenta até um valor máximo (pico) após o qual tem início o processo de senescência.

b) não há acúmulo de biomassa viva entre estações de crescimento.

Método 2 - estimam-se os valores mínimo e máximo e assume-se que não há acúmulo de biomassa viva entre estações de crescimento. A PPLAS (produtividade primária líquida acima do solo) é calculada pela simples diferença entre o valor máximo e mínimo.

Método 3 - análise ao longo de uma série temporal de medidas de biomassa viva, biomassa morta e liteira.

São basicamente três métodos de estimativa da PPL acima do solo em ecossistemas terrestres com taxa de reciclagem da biomassa lenta: biométricos, fluxo turbulento e sensoriamento remoto - modelagem.

Na biometria são analisados dois componentes em um dado intervalo de tempo, as folhas produzidas e os incrementos do material lenhoso (troncos). A matéria é coletada, pesada, seca e são determinados o conteúdo de água, carbono e nitrogênio. Nos incrementos do material lenhoso (troncos) são medidos a altura e diâmetro à altura do peito. Calcula-se com equações alométricas (WHITTAKER; MARKS, 1975).

Métodos mais recentes de medidas de produtividade envolvem medidas de fluxo de dióxido de carbono da vegetação-interface atmosfera. Existem também modelos fisiológicos simulando fluxos no ecossistema originários de variáveis ambientais, modelos baseados em sensoriamento remoto, deduzindo fluxos originários do CO₂ atmosférico e processar estes modelos, permite a simulação passada e futura na PPL de acordo com as mudanças ambientais (ROY; SAUGIER, 2001).

Com o método do fluxo turbulento estima-se a Produção Líquida do Ecossistema, Wofsy et al. (1993) foram pioneiros no uso do sistema de “eddy covariance” para determinar balanço de carbono no ecossistema. Numa integração anual o sistema “eddy covariance” tem uma incerteza de 0.5 Mg C-há/ano (WATSON, 2000).

Há ainda as estimativas da Produção Primária Bruta e da Produção Primária Líquida a partir de dados de sensores remotos, do sistema de observação da Terra e modelagem. EOS-Terra, uma vez que a PPL está diretamente relacionada com a energia solar absorvida, as imagens dos satélites apontam uma conexão entre energia solar absorvida e índices de vegetação.

2.1.3.3.5 Produção primária líquida nos ecossistemas aquáticos

São utilizadas como indicadores as mudanças nos teores de oxigênio dissolvido, e são utilizados também o traçador radioativo ^{14}C .

Existem duas principais abordagens: determinar a taxa de fotossíntese ou determinar a taxa de incremento da biomassa.

Se forem colocados os organismos fotossintetizadores em um sistema fechado e medir o decaimento da quantidade de CO_2 por unidade de tempo, ou a geração de O_2 , tem-se uma medida direta da produção primária.

No caso de ecossistemas aquáticos, devido ao tamanho dos organismos fotossintetizadores (fitoplancton e bacterioplâncton), este princípio é utilizado para determinar a PPL. Assim, amostras de água são incubadas *in situ* a profundidades nas quais há penetração da RFA, em frascos transparentes e em frascos escuros. Na ausência de luz, não ocorre a fotossíntese.

No escuro a respiração continua a ocorrer. Neste processo o oxigênio é combinado com a glicose para quimicamente liberar energia para o metabolismo. As mitocôndrias celulares liberam E química pela oxidação dos açúcares e outros compostos orgânicos. Os produtos desta reação são água e CO_2 .

Uma vez que a fotossíntese armazena energia e a respiração a libera para ser utilizada em funções vitais, reprodução, etc., ao calcular a quantidade de energia que os produtores primários armazenam na biomassa, a qual será disponibilizada para os heterótrofos, devemos descontar os custos de manutenção (respiração) dos produtores.

O procedimento geral é bastante simples, utiliza-se frascos de vidro com tampas, metade deles são envoltos em papel alumínio para impedir a penetração de luz (frascos escuros) e a outra metade é mantida exposta à luz (frascos claros).

As garrafas são preenchidas com água coletada em locais e profundidades determinadas, contendo fito e zooplâncton característicos do ecossistema. As garrafas são seladas de modo a impedir qualquer troca gasosa ou de organismos com o meio, e dispostas nas profundidades nas quais as amostras foram coletadas.

Após um dado período medem-se as mudanças na concentração de O_2 . Nos frascos claros fotossíntese e respiração estarão ocorrendo, enquanto nas garrafas escuras, apenas a respiração ocorrerá.

As principais limitações desta metodologia são as bactérias planctônicas e o zooplâncton que contribuem na respiração e em ambientes oligotróficos os períodos de incubação geralmente são muito longos para poder permitir observar diferenças na concentração O_2 .

Outra técnica utilizada, principalmente quando a produtividade é muito baixa, envolve o uso de $^{14}CO_2$ para monitorar a absorção e fixação de carbono.

Neste método também são efetuadas incubações *in situ*: as garrafas de vidro transparentes são preenchidas com água coletada nas diferentes profundidades e locais, adiciona-se ^{14}CID , geralmente na forma de $NaH^{14}CO_3^-$, este ^{14}CID é convertido a ^{14}C orgânico pelo fitoplâncton. Após o período de incubação, as amostras são filtradas e o material retido no filtro analisado por cintilação líquida.

Na determinação de incremento da biomassa a concentração de fitoplâncton (taxa de incremento da biomassa) é amplamente utilizada como um indicador do nível de produção em ecossistemas aquáticos.

A biomassa fitoplanctônica é determinada, freqüentemente, pelo teor de clorofila-a, pois sua medida é relativamente simples e direta, integra tipos e idades de células, pode ser acoplada com as características ópticas da água.

Porém, é uma medida incompleta da biomassa uma vez que a quantidade de clorofila depende da composição da comunidade e das condições ambientais.

A relação entre reflectância e concentração de clorofila permite determinar a produtividade do oceano usando dados de sensores remotos.

2.1.3.3.6 Fatores abióticos na produção primária líquida

Os organismos reagem a uma série de fatores abióticos que interferem na PPL, entre os quais, os mais importantes são: temperatura, luz solar, rochas e solos, água, ventos e perturbações.

A temperatura influencia os organismos termodinamicamente através dos seus efeitos nas taxas em que os processos físicos e bioquímicos acontecem e nas estruturas de moléculas biologicamente importantes tais como proteínas e lipídios.

A maioria dos organismos é incapaz de regular a temperatura interna do corpo de modo preciso. Os processos metabólicos são dependentes da temperatura (menor que 0°C ocorre o ponto de congelamento da água e maior que 45°C ocorre o início da desnaturação das proteínas). A temperatura afeta também os processos físicos, tais como: a difusão e a evaporação, bem como as reações bioquímicas.

A luz solar é fundamental para a fotossíntese. A radiação não é para as plantas somente uma fonte de energia, mas também um estímulo governando o condicionamento do desenvolvimento e às vezes pode também funcionar como um fator estressante.

O ponto de compensação à luz é representado pela radiação, na qual a mesma taxa de CO₂ liberada pela respiração é fixada pela fotossíntese. Sob radiação intensa, não há aumento significativo do trabalho fotossintético; nesta situação, esse processo está saturado pela radiação (ponto de saturação), onde a velocidade de absorção de CO₂ não é mais limitada pela radiação, mas sim por reações enzimáticas ou pela disponibilidade de CO₂.

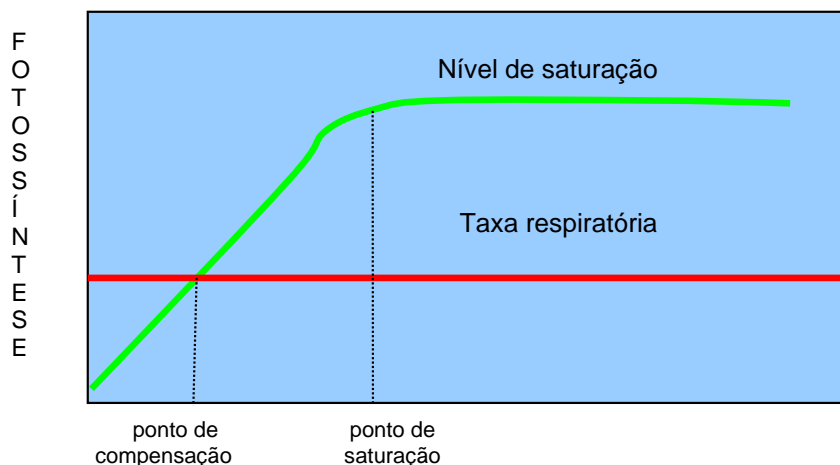


Figura 2 – Gráfico esquemático da fotossíntese
Fonte: elaboração própria

Em ecossistemas aquáticos, intensidade e qualidade decrescem com a profundidade, como pode ser observado nos perfis verticais de distribuição da biomassa e produção primária em represas, Henry et al. (1998). Os processos de fotossíntese ocorrem apenas na zona eufótica (onde ocorre penetração de luz).

O fotoperíodo (duração do dia) é um fator importante da sazonalidade e do uso de mecanismos de retro-alimentação. Este padrão de distribuição resulta do movimento da Terra no espaço e do ângulo de inclinação da mesma, gerando a entrada de radiação solar diferenciada na superfície da mesma ao longo do ano, determinando os padrões climáticos. O ângulo de inclinação terrestre (23.5°) origina as variações de duração do dia (fotoperíodo) e temperatura com a latitude.

A água tem sua disponibilidade nas várias regiões do planeta muito variada. Os organismos terrestres necessitam obtê-la e conservá-la em quantidade suficientes ou possuir adaptações para suportar inundações periódicas.

O vento amplifica o efeito da temperatura (sensação térmica) e aumenta a perda de água por evaporação e transpiração, e pode também causar danos mecânicos..

Os fatores ambientais não operam isoladamente, a importância relativa de cada fator deve ser avaliada, por exemplo, a relação entre precipitação e evapotranspiração.

A morfologia afeta o movimento da água, a concentração de nutrientes e o desenvolvimento do solo. A topografia, os movimentos gravitacionais da água e evapotranspiração determinam a toposequência de solos. A taxa de erosão varia em função do tipo de rocha e clima.

A influência direta dos fatores abióticos nos padrões da vegetação nem sempre é clara, pois os componentes dos gradientes ambientais estão correlacionados e nem sempre mudam em uníssono. Por exemplo, em sistemas montanhosos, a temperatura cai com o aumento da altitude, enquanto a chuva aumenta.

Perturbações podem alterar a composição biótica, as respostas bióticas a fatores físicos não são sempre passíveis de prever, devido às taxas diferenciais de estabelecimento, crescimento, morte e interação (ex. competição) que confundem esta relação.

2.1.3.4 Sumidouros de carbono

Das cerca de 8 bilhões de toneladas de carbono emitidas anualmente na forma de dióxido de carbono pela queima de combustíveis fósseis e mudanças dos usos da terra, somente 3,2 bilhões permanece na atmosfera, provocando o aumento do efeito estufa. O restante é reabsorvido pelos oceanos e pela biota terrestre (NOBRE, 2002).

No resumo do balanço global de carbono para as décadas de 1980 e 1990, publicado no relatório do IPCC de 2001, nota-se o grande papel da biota terrestre como o principal sumidouro do excesso de carbono atmosférico. Estima-se que esse sumidouro tenha sido responsável por retirar 1,9 gigatonelada de carbono por ano da atmosfera na década de 1980 e um valor ainda maior na década de 1990.

Para onde está indo esse carbono? Há evidências apontando que tanto as florestas temperadas como as florestas tropicais estão re-assimilando parte desse excesso de CO₂ atmosférico. Levando em conta que há um número 10 a 20 vezes maior de estudos do balanço de carbono para latitude médias do hemisfério norte em comparação com estudos do ciclo de carbono das florestas tropicais do planeta, o debate científico tem focado principalmente a questão de um gradiente leste-oeste

do sumidouro, isto é, procura-se saber se o sumidouro encontra-se na América do Norte ou na Europa-Sibéria (SCHIMEL, 2000).

À primeira vista, a Amazônia aparenta ser uma fonte de CO₂ para a atmosfera, em função do desmatamento de entre 15 e 20 mil km² ao ano (INPE, 2001). Entretanto, uma série de estudos recentes sobre o papel das florestas tropicais da Amazônia no ciclo de carbono abre a possibilidade de que também as florestas tropicais estejam desempenhando um papel relevante como sumidouros de CO₂.

O destacado papel da floresta Amazônica no ciclo global de carbono (DIXON et al., 1994), e as alterações na produtividade líquida destes ecossistemas, pelas variações no regime de chuva e na temperatura, podem alterar significativamente esse ciclo. Schimel (1995) relata que o ciclo global de carbono encontra-se em desequilíbrio. Isto significa que o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, é menor do que a diferença entre as quantidades emitidas e absorvidas pela biosfera. Ainda que haja muita controvérsia sobre esse tema, (estudos recentes sugerem que as florestas primárias estão aumentando seu estoque de carbono funcionando como um “dreno” de carbono (LUGO; BROWN, 1992; FAN et al., 1998; PHILLIPS et al., 1998; PHILLIPS et al., 2002, SCHROEDER, 1992; MALHI et al., 2002).

As florestas tropicais desempenham importante papel no ciclo terrestre global do carbono (DIXON et al., 1994), responsável por 32% (FIELD et al., 1998) a 36% da produtividade primária líquida terrestre (NPP) (MELILLO et al., 1993).

Outro importante reservatório de carbono da região tropical é o solo (DIXON et al., 1994). Numerosos estudos mostram que o grande volume de carbono estocado no solo está associado a materiais refratários que se preservam por séculos ou mais (BERNOUX et al., 2002), como é o caso do carvão proveniente de material lenhoso. Desta forma, a produção e decomposição de madeira exercem papel fundamental na dinâmica do carbono estocado nestas florestas (CHAMBERS et al., 2000; PHILLIPS et al., 1998).

No caso específico da Amazônia, a estimativa da biomassa arbórea gera vários debates polêmicos, em decorrência das incertezas dos métodos de estimativa e da capacidade de armazenamento destes ecossistemas como variações existentes entre as regiões (KELLER et al., 2001; BROWN et al., 1995; FEARNSIDE, 1993).

Mudanças nas taxas de acumulação de carbono das árvores tropicais podem ocorrer por variações climáticas (CLARK; CLARK, 1994; VETTER; BOTOSSO, 1989).

A variabilidade no regime hídrico pode acarretar alterações nas taxas de crescimento arbóreo (CLARK; CLARK, 1994; VETTER; BOTOSSO, 1989), uma vez que a precipitação é a maior fonte de umidade do solo e conseqüentemente a principal fonte de água para a vegetação. A deficiência de água no solo leva à diminuição gradual da fotossíntese pela maior resistência à fixação do CO₂ por causa do fechamento dos estômatos (NEPSTAD et al., 2002).

O fato das florestas em crescimento absorverem o CO₂ da atmosfera ser um processo natural conhecido, armazenando carbono em sua biomassa através da fotossíntese, formando reservatórios de carbono, está sendo considerado uma importante alternativa para o combate ao efeito estufa, diminuindo as concentrações de GEE com o reflorestamento.

O seqüestro de carbono não é substitutivo para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas as florestas são meios eficientes de reduzir as concentrações atmosféricas dos níveis de CO₂.

A questão adquire contornos práticos, além de ressaltar a necessidade de expandir o conhecimento científico sobre o comportamento dos grandes ciclos naturais do planeta envolvendo carbono, água, nutrientes, etc.

No que concerne às ações para um possível controle das emissões globais, visando uma desejável estabilização da concentração dos gases-estufa na atmosfera, entender os mecanismos responsáveis pela absorção de CO₂ atmosférico pelos oceanos e pela biota terrestre é essencial.

Há várias hipóteses cientificamente bem fundamentadas sobre o papel de amortecimento tanto dos oceanos como da atmosfera em virtude do aumento da concentração de CO₂ atmosférico, da temperatura dos oceanos e, principalmente, da temperatura da biota terrestre (PRENTICE, 2001).

Em outras palavras, conjectura - se que esses grandes sumidouros naturais poderiam reduzir sua magnitude no futuro, talvez em meados deste século, o que acarretaria, inevitavelmente, um aumento da taxa de crescimento das concentrações

atmosféricas desse gás, a menos que diminuam significativamente as emissões globais.

O fato de que, atualmente, a grande maioria dos países com florestas tropicais em seus territórios não serem obrigados por força de tratados internacionais (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e o resultante Protocolo de Kyoto) a controlar ou reduzir emissões por serem países em desenvolvimento, determinar se a floresta tropical não-perturbada é sumidouro de carbono pode servir para demonstrar mais um importante serviço ambiental proporcionado pela floresta.

Por outro lado, medições realizadas pelos projetos científicos do LBA do fluxo líquido de CO₂ para áreas de floresta não-perturbada (isto é, a diferença entre o fluxo de CO₂ da atmosfera para a floresta mediante o processo de assimilação de carbono através da fotossíntese durante o dia e o fluxo de CO₂ da floresta para atmosfera emitido pela respiração das plantas e devido à decomposição da matéria orgânica no chão da floresta e no solo, em cinco torres de medidas de fluxos no leste, centro e sudoeste da região, têm mostrado que a floresta aparentemente funciona como um sumidouro de parte do excesso de CO₂ atmosférico, assimilando valores bastante expressivos, entre uma até nove toneladas de carbono por hectare por ano, Grace (1996); Malhi (1998); Malhi (1999); Nobre (2002); Araujo (2002); Randow (2002); Kruijt (1998); Rocha et al. (2002); Goulden (2003); Miller (2002).

A própria ampla faixa de valores encontrados nessas medidas pode indicar um alto grau de incerteza, além de variabilidade ecoclimática entre os diferentes pontos de medição. Estudos independentes baseados em inventários florestais, Phillips (1998) e estimativas de fontes e sumidouros obtidos pelo método de inversão (conhecidas as concentrações de CO₂ e O₂ atmosféricos com grande precisão, calcula-se que a distribuição de fontes e sumidouros seja compatível com aquelas observações de concentrações) igualmente fornecem evidências observacionais do possível papel da Amazônia como sumidouro de CO₂ atmosférico a taxas de 0 a 0,5 gigatonelada de carbono por ano.

Kruijt (1998) debruçou-se sobre esta questão exaustivamente e seus resultados reiteram a existência do sumidouro. Sobre os mecanismos para explicar esse eventual

sumidouro, uma possibilidade teórica seria simplesmente a resposta fisiológica do bioma a valores crescentes de CO₂ atmosférico, o chamado efeito de “fertilização” de CO₂.

Uma outra possibilidade seria que a floresta encontra-se numa fase de recuperação após um período de alta mortalidade associada à alta variabilidade climática (por exemplo, maior frequência de secas), como sugerido por Keller (1996). Cálculos do balanço de carbono da floresta Amazônica a partir de modelos (excluindo mudanças dos usos da terra) sugerem que a floresta não-perturbada é fonte de carbono durante anos de El Niño (mais secos no norte e leste da Amazônia) e sumidouro em anos de La Niña (chuvas mais abundantes) (TIAN, 1998).

O balanço de evidências observacionais até o presente não permite excluir a possibilidade de que as florestas tropicais da Amazônia estejam, de fato, funcionando como sumidouros de carbono. De qualquer modo, se esse resultado puder ser confirmado com novos e continuados estudos, ele representa um dado novo e alentador sobre o papel das florestas tropicais no balanço global de carbono. Esse sumidouro de carbono poderia, então, ser considerado como serviço ambiental adicional prestado pela floresta.

Uma análise mais cuidadosa e menos apaixonada indica um quadro muito menos contraditório, embora ainda incompleto, na complementaridade desses vários estudos. Medições contínuas em torres das trocas de longo prazo de CO₂, entre a floresta e a atmosfera indicam, em sua maioria, um saldo na troca total de CO₂ (emissão por respiração e seqüestro por fotossíntese), que varia de uma a nove toneladas de carbono por hectare por ano permanecendo na biomassa da floresta.

As taxas iniciais de crescimento dos estoques de carbono em vegetação secundária podem ser grandes, mas a taxa diminui cerca de 20 anos depois do início do crescimento. Na sucessão natural, isto pode levar séculos antes dos estoques de carbono alcançarem 150-250 t C /ha da floresta madura (KOSKELA et al., 2000).

O estoque de carbono da vegetação é afetado pela conversão de florestas para plantações e outros usos do solo, pois contêm muito menos carbono do que florestas maduras, porém o carbono do solo não é muito afetado pela mudança da vegetação (KOSKELA et al., 2000). A reabilitação de florestas secundárias pode ser um dos meios

mais efetivos de absorver carbono atmosférico, enquanto preservar florestas naturais é um dos meios de reduzir emissões de gases de efeito estufa.

Ao estudar grandes áreas da superfície terrestre, vê-se que a fotossíntese e a respiração não ocorrem, necessariamente, nas mesmas taxas. Nas regiões temperadas, no hemisfério norte, a fotossíntese das florestas boreais supera a respiração durante a primavera e verão, pois os dias são maiores que as noites. Durante estas estações, a concentração de dióxido de carbono diminui um pouco, porém a respiração supera a fotossíntese durante o outono e o inverno, e a concentração de CO₂ aumenta significativamente (MOREIRA; SCHAWARTZMAN, 2000).

Diferentes biomas apresentam diferentes taxas de crescimento, absorção e estoques de carbono, tanto acima quanto abaixo do solo. Os estoques de carbono são maiores nos solos do que nas vegetações, particularmente em ecossistemas não florestais das médias e altas latitudes. As incertezas nos estoques de carbono abaixo do solo são ainda maiores que as incertezas nos estoques acima do solo, devido à dificuldade de se medir esta biomassa.

Teoricamente, florestas tropicais, temperadas ou boreais não devem ser sumidouros de carbono, uma vez que, cerca da mesma quantidade de carbono que é fixada na fotossíntese é liberada por micróbios e a respiração das plantas e animais no ecossistema florestal em balanço (IPCC, 2001a,b,c). Entretanto, florestas podem formar um sumidouro temporal quando estão crescendo mais rápido devido: a distúrbios naturais, a distúrbios humanos, a fertilização do CO₂ atmosférico e a fertilização do nitrogênio.

A estimativa é que a vegetação terrestre e os solos estão tendo uma absorção líquida de cerca 11 % das emissões de GEE devido à queima de combustíveis fósseis. A magnitude dos sumidouros naturais está estimada em $3,2 \pm 1,6$ Gt C /ano, entretanto as incertezas ainda são muito grandes quando comparadas ao montante total, cerca de 50%.

É possível que o aquecimento global possa mudar esta situação, pois a liberação de CO₂ da respiração também deverá causar um clima mais quente (KOSKELA et al.,

2000), em que a água evaporaria mais rápido e as plantas precisariam diminuir o número de estômatos para não desidratarem.

2.2 O Carbono na atualidade

2.2.1 Histórico do cenário científico e sócio-político

Nas últimas décadas, a humanidade notou mudanças climáticas acentuadas e bruscas em todo o planeta, o que veio a se tornar uma preocupação mundial em diversos segmentos do conhecimento humano dado a interferência econômica causada pela influência do clima nas atividades produtivas.

Os efeitos da poluição atmosférica de longa distância e a comprovação científica do empobrecimento da camada de ozônio, bem como os primeiros indícios de uma mudança no clima mundial decorrente do agravamento do efeito estufa, ensejaram uma preocupação na comunidade global com a proteção do equilíbrio climático.

A pressão social levou diversos países a discutirem planos de ação conjunta quanto ao controle das emissões de gases prejudiciais à saúde humana e ao equilíbrio atmosférico. Destacou-se o papel da mídia e das ONGs como fator estimulante para a adoção de uma política internacional de controle ambiental climático.

O primeiro alerta para a gravidade dos riscos ambientais, de um modo geral, foi dado em 1972, em Estocolmo, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, promovida pela ONU, contando com a participação de 114 países. A Conferência foi resultado da percepção inicial das nações ricas e industrializadas da degradação ambiental causada pelo seu processo de desenvolvimento econômico e progressiva escassez dos recursos naturais.

A partir daí, a comunidade global vem se unindo para buscar soluções para as mais diversas questões ambientais. É praticamente consensual que o desenvolvimento, sem a preservação, recuperação e proteção do meio ambiente, não se sustenta a longo prazo. Tendo este princípio como um de seus alicerces, vêm se desenvolvendo

também, em âmbito internacional, as discussões a respeito do aumento da temperatura da Terra.

Para avaliar fontes de carbono e os mecanismos de interação entre os vários reservatórios de carbono, o Comitê Científico em Problemas do Ambiente (SCOPE), um comitê do Conselho Internacional de Uniões Científicas (ICSU), organizou um seminário em Ratzeburg na Alemanha, em março de 1977.

A esta reunião compareceram 66 cientistas de 22 nações e incluiu todos os campos de ciências naturais e sociais.

Foi dada uma ênfase especial em convidar uma comunidade científica equilibrada entre as nações em desenvolvimento e industrializadas, porque reuniões prévias deste tipo tenderam a não ter este equilíbrio.

Grupos de trabalho tiveram a tarefa de preparar revisões breves em problemas específicos e de esboçar ações futuras, sendo dada atenção especial em discussões de assuntos no ciclo do carbono.

Neste encontro foi levantada uma questão de grande importância, relacionada aos oceanos e a biota terrestre, como os reservatórios mais importantes para o dióxido de carbono atmosférico. Esta é uma pergunta crucial se deseja-se analisar as mudanças observadas na atmosfera em relação às emissões de dióxido de carbono do homem, queimando combustíveis fósseis, desmatando e aumentando as áreas de terra usadas para agricultura.

O principal problema que constantemente apareceu nas discussões foi a preocupação com a formação de dióxido de carbono na atmosfera. Este assunto foi muito significativo porque o aumento potencial de CO₂ na atmosfera permanece substancialmente imprevisível como um fator nas mudanças climáticas. O CO₂ foi a principal questão de muitos assuntos importantes relativo a carbono.

As respostas para a formação de CO₂ na atmosfera terrestre só podem ser identificadas colocando o problema em seu próprio contexto ambiental, isso é, o ciclo global de carbono.

Tratou-se em uma série de trabalhos, o ciclo de carbono, dividindo em vários segmentos, hidrosfera, biosfera, atmosfera e litosfera, guiados pela intenção de revelar

os mecanismos do ciclo de carbono em termos de reservatórios, fontes e as cinéticas de transferência e troca.

Em Genebra, Suíça, aos 13 de novembro de 1979, ocorreu a primeira convenção multilateral em matéria de luta contra a poluição atmosférica — a Convenção sobre Poluição Atmosférica Transfronteiriça de Longa Distância — que tinha por objeto limitar, reduzir gradualmente e prevenir a poluição atmosférica. Entretanto, dadas as incertezas científicas da época, sua eficaz implementação ficou prejudicada no que tange à adoção de medidas para o controle quantitativo de emissões de substâncias poluentes.

Por não prever nenhum objetivo quantitativo específico, a Convenção restringiu-se em estabelecer um quadro geral de cooperação destinado a promover o desenvolvimento e a implementação de técnicas contra os poluentes do ar.

Buscando uma resposta científica segura para as mudanças climáticas, foi estabelecido conjuntamente pela Organização Meteorológica Mundial - OMM e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), a fim de: (i) avaliar as informações científicas existentes sobre a mudança do clima; (ii) avaliar os impactos ambientais e sócio-econômicos da mudança do clima e (iii) formular estratégias de resposta a essas mudanças.

O primeiro relatório de avaliação do IPCC foi finalizado em agosto de 1990 e serviu de base para a negociação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. O IPCC também concluiu seu suplemento de 1992 e o Climate Change, 1994 (Mudança do Clima 1994: O Forçamento Radioativo da Mudança do Clima e uma Avaliação dos Cenários de Emissões IS92 do IPCC) para continuar auxiliando o processo da Convenção.

O IPCC é o órgão responsável em fornecer informações sobre a ciência, os impactos e a economia, além de opções para mitigação e adaptação, da mudança do clima. O trabalho do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima representa o consenso da comunidade científica na ciência da mudança do clima. Ele é reconhecido como a fonte mais confiável de informação sobre mudança do clima e suas causas.

Seus métodos de obtenção de consenso são endossados por várias academias de ciência mundiais segundo a declaração do documento THE SCIENCE OF CLIMATE CHANGE (2001) de 17 de maio de 2001.

O IPCC elabora três Relatórios de Avaliação de cinco em cinco anos, divididos em três grupos: Bases Científicas – WG1; Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade – WG2 e; Mitigação – WG3, onde se compila o conhecimento científico mundial de mais de 2.000 cientistas. A primeira série de avaliações foi publicada em 1991 (First Assessment Report – FARWG1, FAR-WG2 e FAR-WG3), a segunda em 1996 (Second Assessment Report – SAR-WG1, SAR-WG2 e SAR-WG3) e a terceira em 2001 (Third Assessment Report – TAR-WG1, TAR-WG2 e TAR-WG3).

Além destes documentos, o IPCC produz Relatórios Especiais, feitos sob requisito da Convenção do Clima, Artigos Especiais, metodologias, entre outros. O Relatório Especial mais importante para a questão do uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura é o “Special Report on Land Use, Land-Use Change, and Forestry” (SR-LULUCF, 2000).

Em 1992, o IPCC reorganizou seus grupos de trabalho (GT) e realizou uma segunda avaliação em 1995, não apenas atualizando as informações da primeira avaliação, mas, também, incluindo a nova área temática de questões técnicas relacionadas com aspectos econômicos da mudança do clima.

Com a cooperação de inúmeros cientistas e especialistas de grande parte dos países do planeta, em 1995, foram compilados o Sumário para Formuladores de Políticas e o Sumário Técnico, e a revisão formal foi feita por governos, organizações não governamentais e especialistas diversos.

O Sumário para Formuladores de Políticas foi aprovado em detalhe e foram aceitos os 11 capítulos do Relatório Completo do Grupo de Trabalho I do IPCC. O Sumário Técnico do Relatório e o próprio relatório foram aceitos durante a Reunião IPCC XI, realizada em Roma, em dezembro de 1995.

Madri sediou a sessão final do Grupo de Trabalho I, durante o qual os documentos foram aceitos e aprovados, o que representa a declaração do IPCC, acordada formalmente, sobre o conhecimento atual da ciência sobre a mudança do clima, segundo o qual os aumentos das concentrações de gases de efeito estufa desde

a época pré-industrial (cerca de 1750) conduziram a um forçamento radioativo positivo do clima, que tende a aquecer a superfície e produzir mudanças climáticas.

Atualmente há um consenso científico a respeito da contribuição das atividades humanas, principalmente após a revolução industrial, para a elevação da temperatura do planeta. As conseqüências reais ainda são desconhecidas, mas os primeiros sinais já são perceptíveis, por exemplo, o aumento da frequência de ondas gigantes no oceano Atlântico.

As questões relativas ao aquecimento global se referem à escala dos impactos regionais e às conseqüências para a sociedade no próximo século. Porém suas implicações da mudança do clima são claras em termos de padrões de consumo e desenvolvimento, na medida em que a industrialização nos últimos 150 anos se processou com base na queima de combustíveis fósseis, produzindo gases que comprovadamente contribuem para o aquecimento do planeta.

O tema é necessariamente global, uma vez que a atmosfera pertence a todos e, sem um esforço concertado entre os países, o preço a ser pago pelas futuras gerações será alto. Como conciliar as visões diferentes e até antagônicas de países e sociedades que estão negociando o destino da humanidade?

Um gigantesco esforço internacional de negociações conduziu à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas aberta para assinatura em 1992, no Rio de Janeiro, propondo que os países se mobilizassem para resolver a questão.

O passo mais significativo desde então foi o estabelecimento do Protocolo de Kyoto em 1997, onde foram determinadas cotas de redução de emissões dos gases causadores de efeito estufa para os países industrializados.

2.2.2 Considerações iniciais

Desde o começo da revolução industrial (meados do século XVIII), o impacto das atividades humanas, principalmente aquelas que envolvem a queima de combustíveis fósseis e biomassa, resultaram na produção de gases e aerossóis que afetam a

composição da atmosfera, modificando o ciclo do carbono, fundamentalmente pelo aumento da concentração de CO₂ na atmosfera.

A composição atmosférica permaneceu relativamente constante por volta de 1000 anos antes da revolução industrial, desde então, a concentração de vários gases da estufa aumentou consideravelmente.

A queima de combustíveis fósseis tem causado um grande aumento na taxa de oxidação da matéria orgânica comparada com aquela resultante do processo de intemperismo natural. Este aumento é um acelerador com um fator de aproximadamente 100 vezes, portanto, permite concluir que o ciclo do carbono de longo prazo tem sido alterado de forma significativa pela ação do homem.

O CO₂ aumentou aproximadamente 33% desde a época pré-industrial e está aumentando ainda a uma taxa sem precedentes, em média 0,4%ano⁻¹. Amostras de testemunhos de gelo (microbolhas presas no gelo de geleiras) na Antártica e Groelândia e ar em Mauna Loa têm indicado que as concentrações do CO₂ atmosférico durante a última era glacial (20,000 anos atrás) era apenas metade da atual, apresentando concentrações entre 180 e 290 ppm.

A concentração de CO₂ atmosférico aumentou 31% nos últimos 250 anos, atingindo, provavelmente, o nível mais alto dos últimos 20 milhões de anos. Os valores tendem a aumentar significativamente se as fontes emissoras de gases de efeito estufa não forem controladas, como a queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento, responsáveis pela produção de cerca de 75% destes gases. A mudança no uso da terra, como o desmatamento, também tem significativa contribuição (25%).

A comunidade científica, mediante diversos trabalhos, concluiu que está ocorrendo uma intensificação do efeito estufa pelo aumento significativo dos gases (GEE) decorrente das atividades desenvolvidas pelo homem, o que tem alterado de forma significativa as temperaturas atmosféricas e oceânicas e os inúmeros e correspondentes padrões de circulação e clima.

Em Mauna Loa têm-se observado o aumento das concentrações do CO₂ atmosférico durante as últimas seis décadas. Na década de cinquenta o valor estava próximo a 315 ppm e no final da década de noventa este valor já estava próximo de 370 ppm. (figura 3)

A Tabela 1 apresenta um resumo do balanço global de carbono para as décadas de 1980 e 1990, publicado no relatório do IPCC de 2001.

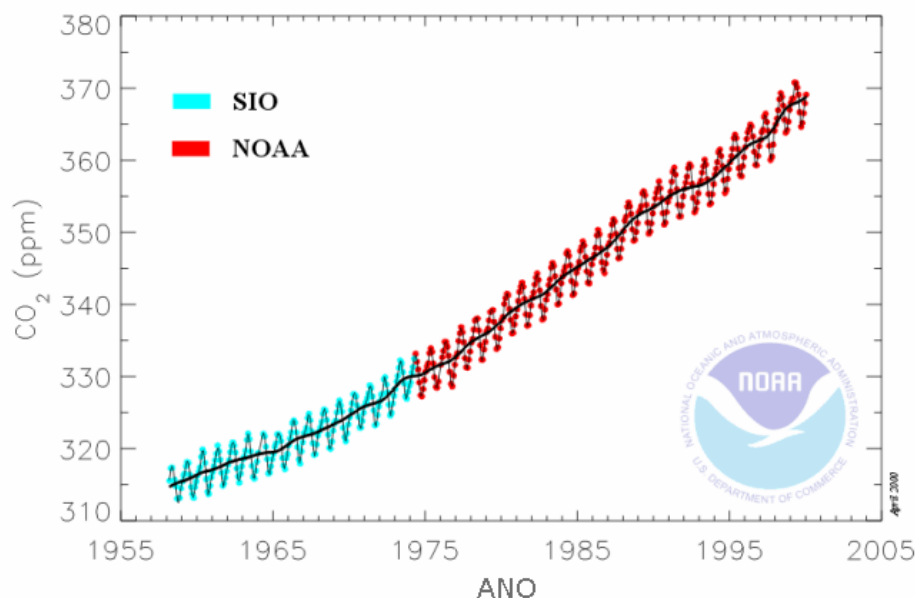


Figura 3 - Concentração de dióxido de carbono na atmosfera em Mauna Loa (Hawaii)
 Fonte : <http://www.mlo.noaa.gov/Projects/GASES/co2graph.htm>

Tabela 1 - Balanço global de CO₂ (em PgC.ano⁻¹) baseada em tendências intra-decadais de CO₂ e O₂ atmosféricos. Valores positivos indicam fluxos para a atmosfera (emissões); valores negativos representam retiradas da atmosfera. Barras de erro representam incertezas e não a variabilidade interanual, que é substancialmente maior

	Década de 1980	Década de 1990
Aumento na atmosfera	3.3 (±0.1)	3.2 (±0.1)
Emissões	5.4 (±0.3)	6.3 (±0.4)
Fluxo oceano-atmosfera	-1.9 (±0.6)	-1.7 (±0.5)
Fluxo terra-atmosfera		
Dividido em:	-0.2 (±0.7)	-1.4 (±0.7)
Uso da terra	1.7(0.6-2.5)	-
Sumidouro terrestre residual	-1.9(-3.8-0.3)	-

Fonte: IPCC de 2001

Nota: * O fluxo superfície terrestre-atmosfera representa o balanço de um termo positivo devido às mudanças dos usos da terra e um sumidouro terrestre residual. Os dois termos não podem ser separados com base nas medições atmosféricas atuais. Utilizando análises independentes para estimar o componente que se deve às mudanças dos usos da terra para a década de 1980, o sumidouro terrestre residual pode ser estimado para esta década. Entretanto, dados globais sobre as mudanças dos usos da terra para a década de 1990 não se encontram ainda disponíveis.

Segundo dados do IPCC, a temperatura média global do ar vem aumentando e os últimos anos têm sido os mais quentes desde 1860. Afirma o relatório que o aumento maior da temperatura ocorreu durante a noite, bem como houve um estranho aumento de precipitação nas regiões de altas latitudes do Hemisfério Norte.

Foi verificado, ainda, que o nível dos oceanos subiu entre 10 e 25 centímetros nos últimos cem anos, o que tem como causa mais provável o aumento da temperatura média da atmosfera terrestre.

Mudanças regionais na temperatura têm sido associadas com mudanças observadas nos sistemas físicos e biológicos, recuo das geleiras não polares, redução na extensão do gelo do mar Ártico e sua espessura no verão, florescimento mais cedo e fases de crescimento e reprodução mais prolongados de plantas e animais no hemisfério norte, migração em direção aos pólos e a altitude mais elevadas das plantas, dos pássaros, dos peixes e dos insetos; migração mais adiantada e partida mais atrasada dos pássaros no hemisfério norte, incidência aumentada da descoloração de corais.

São insuficientes os dados para determinar se aconteceram mudanças globais consistentes na variabilidade climática ou nos extremos climáticos no século 20. Em escalas regionais, há evidência clara de mudanças em alguns indicadores dos extremos e da variabilidade climática (por exemplo, menos geadas em várias áreas extensas; um aumento da proporção de chuvas de eventos extremos em estados contíguos dos EUA). Algumas dessas mudanças deram-se em direção a uma maior variabilidade; outras em direção a uma menor variabilidade.

Nossa capacidade de quantificar a influência humana sobre o clima global é limitada atualmente porque o sinal esperado ainda está emergindo do ruído da variabilidade natural e porque ainda há incertezas.

O realismo crescente das simulações do clima atual e passado feitas por modelos climáticos acoplados atmosfera-oceano aumentou nossa confiança no uso desses modelos para projetar a mudança do clima no futuro. Incertezas importantes ainda permanecem mas foram levadas em conta no conjunto completo de projeções da temperatura média global e da mudança no nível do mar.

Para o cenário médio de emissões do IPCC, 1992a, adotando-se a "melhor estimativa" da sensibilidade climática e incluindo-se os efeitos dos aumentos futuros dos aerossóis, os modelos projetam um aumento da temperatura média global do ar na superfície, relativo a 1990, de cerca de 2°C até 2100.

O nível médio do mar deve aumentar em consequência da expansão térmica dos oceanos e do derretimento de geleiras e mantos de gelo. Para o cenário IS92a, adotando-se as "melhores estimativas" da sensibilidade climática e da sensibilidade do derretimento do gelo ao aquecimento, e incluindo-se os efeitos das mudanças futuras nos aerossóis, os modelos projetam um aumento do nível do mar de aproximadamente 50 cm de agora até 2100.

Um aquecimento geral deve produzir um aumento da ocorrência de dias extremamente quentes e uma redução da ocorrência de dias extremamente frios.

2.2.3 O que é o Efeito Estufa

A Teoria do Efeito Estufa existe há cerca de 200 anos, quando, na França pós-revolução, Jean Baptiste Joseph Fourier expôs a teoria segundo a qual a atmosfera seria como uma enorme estufa, o químico sueco Svante Arrhenius (1859/1927), avança na teoria do aquecimento e inventa o termo "efeito estufa" (1896).

O Sol tem seus raios em parte refletidos e parte absorvidos. Entretanto, uma parte dos raios, ao conseguir atravessar a atmosfera, aquece a superfície terrestre, essa energia ao transformar-se em calor, é emanada de volta à atmosfera.

Quando essa energia em forma de calor chega às camadas onde se localizam os gases de efeito estufa, uma parcela do calor é irradiado de volta, aquecendo novamente a superfície do planeta, sendo a temperatura exterior inferior à interior, fenômeno este, a muito tempo, utilizado na agricultura em casas de vegetação, as conhecidas estufas.

Hoje, a Teoria do Efeito Estufa é reconhecida cientificamente, porém apresenta-se um tanto mais complexa e detalhada que a idéia original, dada a evolução científica e tecnológica alcançada pelo ser humano. Sabe-se que a Terra deve irradiar energia

para o espaço na mesma proporção em que absorve do Sol: a questão é que esse retorno não ocorre de forma imediata, em virtude, em parte, dos gases de efeito estufa GEE.

O efeito estufa funciona resumidamente da seguinte forma; a energia da radiação eletromagnética emitida pelo sol atinge a atmosfera, principalmente na forma de radiação luminosa, e uma parte menor de infravermelha e ultravioleta. Parte da radiação é refletida pela atmosfera, parte é absorvida e outra parte atravessa a atmosfera, alcançando a superfície terrestre. A superfície terrestre reflete a parcela da radiação eletromagnética de ondas luminosas e absorve outra parcela.

As radiações absorvidas participam de processos físicos e sua energia transforma-se, resultando ao final na emissão pela Terra de calor, sob forma de radiação infravermelha térmica (ondas longas). O calor irradiado pela Terra se dirige ao espaço, porém parte dele é aprisionado na atmosfera, devido a presença dos gases causadores do efeito estufa – GEE (Figura 4).

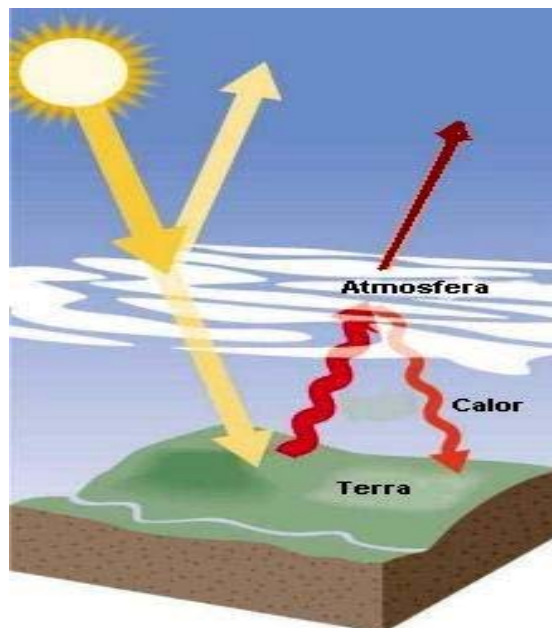


Figura 4 – Representação esquemática simplificada dos processos radiativos

A maior parte da irradiação infravermelha emitida pela superfície terrestre é absorvida pelo vapor d'água e pelos gases de efeito estufa que existem naturalmente na atmosfera, impedindo que toda essa energia passe diretamente do planeta para o espaço. Essa retenção temporária de energia ocorre por meio de processos interativos complexos (radiação, correntes de ar, evaporação, formação de nuvens e chuvas, etc.) e aos poucos há o transporte da energia para as altas esferas da atmosfera, para de lá ser irradiada para o espaço.

Com este processo lento e indireto de transformação e transferência de energia, criou-se na superfície terrestre um ambiente favorável ao florescimento da vida, uma vez que, se essa energia fosse irradiada diretamente e livremente, a Terra seria um planeta frio e sem vida.

Os gases responsáveis pelo efeito estufa são denominados gases de efeito estufa – GEE. Estes geralmente são compostos de moléculas que se encontram naturalmente na atmosfera e os mais importantes são: dióxido de carbono CO_2 ; vapor de água H_2O ; metano CH_4 ; ozônio O_3 e óxido nitroso N_2O (IPCC, 1990; MOREIRA; SCHAWARTZMAN, 2000).

Noventa e nove por cento da atmosfera terrestre é composta predominantemente de nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2) e argônio (Ar). Se houvesse apenas estes três gases na atmosfera, a temperatura média da Terra seria inferior a zero grau centígrados e os oceanos seriam congelados. Entretanto, a presença de outros gases (1%) impede parte da transmissão do calor da atmosfera para o espaço exterior, aumentando sua temperatura. Este controle natural da temperatura terrestre é conhecido como efeito estufa.

A radiação terrestre e as concentrações de gases de efeito estufa resultam na intensificação do efeito que naturalmente já se processa na atmosfera da Terra há bilhões de anos pela presença de vapor d'água, nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, óxido nitroso, óxido nítrico e ozônio.

Quanto maior a concentração dos GEE, maior é a absorção de calor e maior será o aquecimento da atmosfera. O efeito estufa existe há bilhões de anos, possibilitando a vida terrestre na forma conhecida. Caso não existisse o efeito estufa natural, a temperatura média da superfície da Terra situar-se-ia na faixa de -18°C . A

temperatura média global da superfície da Terra com a presença do efeito estufa é de 15o C (HOUGHTON, 2000).

A mudança das concentrações dos gases de efeito estufa e aerossóis decorrentes das atividades antrópicas podem produzir um forçamento radioativo alterando a reflexão ou a absorção da radiação solar ou a emissão e a absorção da radiação terrestre. O forçamento radioativo expressa o quanto um gás é capaz de reter calor e aquecer a atmosfera.

Muitos gases de efeito estufa permanecem na atmosfera durante muito tempo (de várias décadas a séculos, no caso do CO₂ e do N₂O) afetando, portanto, o forçamento radiativo em longas escalas de tempo.

Atualmente, alguns gases de efeito estufa de vida longa (em particular os HFCs (substitutos do CFC), os PFCs e o SF₆) contribuem pouco para o forçamento radiativo, mas o crescimento previsto desses gases pode contribuir em muitos pontos percentuais para o forçamento radiativo no século 21.

Ao contrário dos gases de efeito estufa de vida longa, a vida dos aerossóis antrópicos na atmosfera é muito curta, portanto, seu forçamento radiativo ajusta-se rapidamente aos aumentos ou reduções das emissões.

O vapor d'água é o mais importante gás natural causador do efeito estufa devido sua abundância, mas o papel das suas emissões de origem antropogênica são menos importantes. O CO₂ é o segundo gás de efeito estufa em importância, sendo lançado na atmosfera de maneira natural (vem sendo lançado de maneira natural pelos vulcões ao longo da história da Terra) não natural (desmatamento).

Com o céu claro, em torno de 60-70% do efeito estufa natural é provocado pelo vapor d'água, gás de efeito estufa dominante na atmosfera terrestre (IPCC, 1995). As nuvens também têm um outro papel importante no equilíbrio térmico do planeta. Elas refletem parte da radiação solar de volta para o espaço pelas superfícies brancas, promovendo um efeito contrário ao dos gases causadoras do efeito estufa. Em termos gerais, as nuvens têm um efeito de esfriamento.

Outro fenômeno associado ao balanço de energia da Terra é o albedo, que representa a refletividade da atmosfera e da superfície da Terra. O albedo médio situa-se na faixa de 30%. Grande parte do albedo atmosférico é causado pela presença de

nuvens. O tipo da cobertura terrestre também influencia o albedo, por exemplo, uma área escura tem um albedo menor do que uma área clara, pois reflete menos luz visível.

2.2.4 Causas do Efeito Estufa

É necessário distinguir o efeito estufa natural do efeito estufa acentuado pela ação antrópica. Ora se usa a expressão “efeito estufa”, ora se usa a expressão “aquecimento global” para descrever o efeito estufa acentuado pela ação antrópica.

As emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) têm contribuído para a intensificação do efeito estufa, uma vez que o aumento das concentrações de GEE reduzem a eficiência com que a Terra se resfria, causando uma alteração no clima do planeta.

Avanços consideráveis foram feitos no conhecimento da ciência da mudança do clima desde 1990 e novos dados e análises encontram-se disponíveis.

Os aumentos das concentrações de gases de efeito estufa desde a época pré-industrial (ou seja, desde cerca de 1750) conduziram a um forçamento radiativo positivo do clima, que tende a aquecer a superfície e produzir outras mudanças climáticas.

A concentração de dióxido de carbono na atmosfera, por exemplo, é de apenas 0,035% (RAVEN et al., 1996), apesar disto, tem um papel fundamental na manutenção da temperatura para o planeta, por absorver radiação infravermelha vinda do Sol. Além do mais, é o gás com a maior responsabilidade pelo agravamento do efeito estufa e que vem recebendo destaque dentre os projetos de redução de emissões de GEE.

A composição atmosférica permaneceu relativamente constante por volta de 1000 anos antes da revolução industrial, desde então, as concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa, entre outros, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, aumentaram de forma significativa, em cerca de 30%, 145% e 15% respectivamente (valores para 1992), e o dióxido de carbono está aumentando ainda a uma taxa sem precedentes, em média 0,4% ano⁻¹.

Essas tendências podem ser atribuídas em grande parte às atividades humanas, sobretudo o uso de combustíveis fósseis, a mudança no uso da terra e a agricultura.

Qualquer fator que altere a radiação recebida do Sol ou enviada de volta para o espaço, ou que altere a redistribuição da energia dentro da atmosfera e entre a atmosfera, a terra e os oceanos, pode afetar o clima.

A intensificação das pesquisas, aliada aos avanços tecnológicos, têm demonstrado, de forma mais convincente, o efeito das atividades antrópicas nas mudanças climáticas. Apesar da limitação na capacidade de quantificar a influência do homem sobre o clima global, o balanço das evidências sugere que as ações humanas têm modificado o clima terrestre, sendo, atualmente, muito baixa a probabilidade, mesmo havendo quem assim acredite, de que as variações do clima sejam resultadas tão somente de uma variabilidade interna natural da atmosfera do planeta.

O efeito estufa começou a alarmar a comunidade científica porque a concentração dos gases de efeito estufa está aumentando rapidamente na atmosfera devido às emissões antrópicas.

Além disso, novos gases com a mesma propriedade, mas resultantes apenas das atividades antrópicas, passaram a acentuar o efeito estufa, sendo os principais: hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF_6), clorofluorcarbonos (CFCs) e hidroclorofluorcarbonos (HCHFCs) (PROTOCOLO DE KYOTO, 1997, MOREIRA; SCHAWARTZMAN, 2000).

Estudos demonstram que, se as emissões antrópicas de dióxido de carbono permanecerem nos níveis da última década, ocorrerá uma taxa quase constante de aumento das concentrações atmosféricas por pelo menos dois séculos, alcançando cerca de 500 ppmv (partes por milhão em volume) até o final do Século XXI, quase o dobro da concentração pré-industrial que era de 280 ppmv.

O contribuinte mais importante para o recente aumento dos estoques de CO_2 atmosférico é a combustão de combustíveis fósseis (termelétricas) e a mudança no uso da terra (desmatamento das florestas, particularmente nos trópicos), (SPM-TAR WG1, 2001).

As concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa, entre outros, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, aumentaram de forma significativa, cerca de 30%,

145% e 15% respectivamente (valores para 1992). Grande parcela desse aumento é atribuído às atividades antrópicas, sobretudo ao uso de combustíveis fósseis, à mudança no uso da terra e à agricultura.

Nos últimos 150 anos, as concentrações de dióxido de carbono aumentaram cerca de 28%, as concentrações de metano mais que dobraram e as concentrações de óxido nitroso aumentaram cerca de 15%. As concentrações de dióxido de carbono tiveram um aumento de 31% desde 1750. As concentrações presentes são maiores que as dos últimos 420.000 anos e provavelmente maiores que as dos últimos 20 milhões de anos (confiabilidade de 60-90%), (SPM-TAR WG1, 2001).

A taxa de acréscimo nas concentrações durante o século passado tem persistido e é cada vez maior do que durante qualquer outro período do último milênio. Esta taxa de mudança pode ser explicada pelo efeito acumulativo das emissões da queima dos combustíveis fósseis, da mudança no uso da terra e da resposta dos oceanos e da biosfera a esta perturbação antrópica (SR-LULUCF, 2000).

Os estudos desenvolvidos pelo IPCC (1995) utilizaram uma série de modelos do ciclo de carbono, indicando que só se poderia atingir a estabilização das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono em 450 ppmv, 650 ppmv ou 1.000 ppmv se as emissões antrópicas globais caíssem para os níveis de 1990 em 40, 140 ou 240 anos, respectivamente, e baixassem de forma considerável para níveis inferiores aos de 1990 subseqüentemente. A estabilização das concentrações de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) nos níveis atuais supõe reduções das emissões antrópicas de 8% e de 50% respectivamente.

Os dados fornecidos indicam que qualquer estabilização final da concentração depende mais das emissões antrópicas acumuladas na atualidade até a época de estabilização, do que da forma como essas emissões mudariam no período. Isso significa que, para um dado valor de concentração estabilizada, emissões mais elevadas nas primeiras décadas exigem emissões mais baixas posteriormente.

2.2.5 Principais gases do Efeito Estufa

DIÓXIDO DE CARBONO – CO₂: como já mencionado, o dióxido de carbono é hoje o gás que mais tem contribuído para a intensificação do efeito estufa. Segundo dados do IPCC, as concentrações de CO₂ aumentaram de cerca de 280 ppmv nos períodos pré-industriais para 358 ppmv em 1994. O aumento da concentração deve-se principalmente às atividades humanas, a maior contribuição é a da queima dos combustíveis fósseis, mas também mudança no uso da terra e, em menor grau, a produção de cimento.

As concentrações de CO₂ nos últimos mil anos foram pesquisadas a partir de registros de testemunhos de gelo, feitas na Antártica. Com a análise do gelo, verificou-se um aumento rápido na concentração de CO₂ desde o início da industrialização, sobretudo a partir da utilização dos combustíveis fósseis.

A taxa de crescimento anual das concentrações atmosféricas de CO₂ foi baixa durante o início da década de 90, entretanto dados recentes indicam que a taxa de crescimento é comparável à média de 1980, cerca de 1,5 ppmv/ano. É importante salientar que as flutuações de curto prazo acabam não sendo relevantes para as projeções das concentrações ou emissões futuras, que têm por objetivo estimar mudanças no sistema climático numa escala de tempo mais longa.

Dentro dos diversos processos de seqüestro ou captura do dióxido de carbono, o mais rápido é a absorção pela vegetação e pela camada superficial dos oceanos, que ocorrem em alguns anos. Outros sumidouros, a exemplo da transferência para os solos e camadas profundas dos oceanos, ocorrem na escala de tempo de séculos, tendo um efeito menos imediato na concentração atmosférica.

Não pode ser definido um tempo de vida único para o dióxido de carbono, uma vez que existem diferentes taxas de absorção pelos diferentes processos que o removem da atmosfera, operando cada qual em escalas de tempo diferentes e transferindo para vários tipos de sumidouros que, cada qual, reservará e devolverá o carbono seqüestrado a seu tempo.

A incerteza associada ao futuro papel da biosfera no balanço global do carbono é muito grande, haja vista a dificuldade de se prever o desflorestamento e a rebrota nos

trópicos e nas latitudes médias, bem como os mecanismos de absorção que continuam insuficientemente quantificados no ecossistema.

METANO – CH₄: o metano é outro gás de efeito estufa presente naturalmente na atmosfera terrestre, entretanto, estudos científicos realizados pelo IPCC evidenciam um aumento significativo e conseqüente crescimento de sua concentração na atmosfera. Os resultados obtidos nas pesquisas apontam as atividades humanas como a mais provável causa desse aumento. Dentre as atividades antrópicas que mais emitem o metano estão: a agricultura, a pecuária, a disposição de resíduos e o uso cada vez maior de combustíveis fósseis.

Diversas fontes de metano ainda não se encontram totalmente quantificadas. Dados do relatório do IPCC afirmam que de 60% a 80% das emissões atuais de metano decorrem de atividades desenvolvidas pelo homem, e cerca de 20% do total das emissões anuais são conseqüência da produção e uso de combustíveis fósseis.

As emissões de metano por meio de fontes naturais, caso se confirme a tendência de aumento da temperatura global, tendem a elevar, visto que o fato acelera as atividades microbianas geradoras do gás metano. Ainda de acordo com o relatório, o tempo de ajuste para um pulso de metano acrescentado à atmosfera é cerca de doze anos. O principal processo de remoção é a reação com o radical hidroxila (OH), entretanto o aumento das emissões antrópicas de metano na atmosfera reduz a concentração de hidroxila, ocasionando um desequilíbrio natural no ciclo existente e uma provável baixa futura na remoção do gás.

ÓXIDO NITROSO – N₂O: outro gás de efeito estufa é o óxido nitroso; diversas são suas pequenas fontes, tanto naturais quanto antrópicas. As principais fontes antrópicas são a agricultura e diversos processos industriais, tais como a produção de ácido adípico e ácido nítrico. Todas as fontes do óxido nitroso não foram, ainda, suficientemente quantificadas.

O óxido nitroso é removido da atmosfera por fotólise, que é a decomposição pela luz do Sol, tendo um tempo de vida muito longo, cerca de 120 anos.

As medições atmosféricas e evidências de testemunhos de gelo, realizadas pelo IPCC, demonstram que a quantidade de óxido nitroso na atmosfera aumentou desde a época pré-industrial, provavelmente devido ao aumento da interferência humana. Os

níveis pré-industriais eram em torno de 275 ppbv (partes por bilhão em volume) e cerca de 312 ppbv na década passada.

HALOCARBONOS E OUTROS COMPOSTOS HALOGENADOS: os compostos de carbono que contêm flúor, bromo, cloro ou iodo são denominados halocarbonos, sendo muitos deles eficientes gases de efeito estufa. A maioria desses compostos não são de origem natural, ao contrário, a maior parte decorre de atividades humanas.

O Protocolo de Montreal controla a emissão dos halocarbonos que contêm cloro, uma vez que estes compostos destroem a camada de ozônio. Os hidrofluorcarbonos (HFCs) que estão sendo utilizados em substituição aos halocarbonos, apesar de não danificarem a camada de ozônio, são também GEE e o aumento do seu uso pode significar um futuro agravamento do efeito estufa.

Os perfluorcarbonos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6) são gases de efeito estufa de tempo de vida longa, superior a mil anos, desta forma, acumulam-se de fato na atmosfera e contribuem para o agravamento do efeito estufa a médio e longo prazo.

OZÔNIO - O_3 : o ozônio é um importante gás de efeito estufa presente tanto na troposfera quanto na estratosfera. As mudanças na concentração de ozônio na atmosfera provocam um forçamento radioativo, influenciando tanto a radiação solar quanto a terrestre. O forçamento radioativo líquido depende muito da distribuição vertical da mudança do ozônio. Os padrões das mudanças, tanto do ozônio troposférico como do estratosférico, variam no espaço, e a estimativa do forçamento radioativo, devido às mudanças do ozônio, são mais complexas do que a dos outros GEE.

2.2.6 Conseqüências do Efeito Estufa

O padrão atual das emissões de gases de efeito estufa dos países desenvolvidos e em desenvolvimento poderá causar grande impacto sobre a economia em virtude da adaptação do meio natural diante do aquecimento global. Tendo como base, estatísticas mundiais (IPCC, 2000), principalmente, em relação à composição gasosa da atmosfera, inferências têm sido feitas sobre a influência antrópica na mudança do clima.

Em média, para a Terra como um todo, a energia solar que chega é equilibrada pela radiação terrestre que sai. Qualquer fator que venha a alterar esse processo ou mesmo a redistribuição da energia dentro da atmosfera e na relação atmosfera-terra-oceanos pode afetar o clima.

O aumento nas concentrações de gases de efeito estufa tende a reduzir a eficiência com que a Terra se resfria.

O aquecimento total depende da relação entre a magnitude do aumento da concentração de cada gás associado ao efeito estufa, de suas propriedades radiativas e de suas concentrações já presentes na atmosfera.

A mudança do clima está diretamente relacionada ao aquecimento global, que é a conseqüência mais provável do aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, gerando temperaturas médias mais altas na superfície terrestre.

O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera coincide com a industrialização da sociedade humana e existem boas evidências para indicar que é causada pelas emissões crescentes de CO₂ das atividades humanas (SPM-TAR WG2, 2001).

Os estudos realizados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) demonstraram que as atividades humanas modificaram as concentrações e distribuições dos gases de efeito estufa e aerossóis no Século XX.

Desde o Relatório do IPCC de 1990, avanços consideráveis foram feitos nas tentativas de distinguir-se entre as influências naturais e as antrópicas sobre o clima. Esse avanço foi possível com a inclusão dos efeitos dos aerossóis de sulfato, além dos

gases de efeito estufa, permitindo, então, a produção de estimativas mais realistas do forçamento radiativo induzido pelo homem. Essas estimativas foram, então, utilizadas em modelos climáticos para fornecer simulações mais completas do "sinal" da mudança do clima induzida pelo homem.

Atualmente as pesquisas concentram-se nas prováveis mudanças de temperatura, precipitação, variações climáticas e do nível do mar que ocorreram neste período a fim de se comprovar concretamente que as atividades antrópicas estão alterando o equilíbrio climático global.

Vários estudos têm mostrado que a concentração de dióxido de carbono e a temperatura da atmosfera variaram conjuntamente nas últimas dezenas de milhares de anos, reforçando a preocupação de que o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera pode provocar mudanças climáticas, como, por exemplo, alterando radicalmente os ciclos hidrológicos de toda uma região, intensificando e alterando a frequência de eventos extremos (tornados, ressacas, etc.).

Segundo o IPCC, a estabilização do clima só será obtida com a estabilização da concentração de gases de efeito estufa (GEE) dentro de um nível de segurança ainda a ser determinado. Desse modo, um nível de emissão antrópica de gás carbônico além do nível de segurança seria incompatível com o crescimento sustentável, sendo este definido como aquele que seria suficiente para que os ecossistemas se adaptassem de modo natural e gradual à mudança climática, garantindo a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico das nações.

As projeções detalhadas da futura mudança climática baseiam-se, atualmente, nos modelos acoplados atmosfera-oceano, que se têm demonstrado mais completos do que os anteriormente baseados em relações estatísticas usadas em disciplinas menos quantitativas (ROCHA, 2002).

A variabilidade climática em escala de tempo apropriada é extremamente importante para definir se o aquecimento ocorrido no Século XX é um fenômeno natural do clima ou se é conseqüência das atividades humanas. Neste sentido, verificou-se, pelas evidências disponíveis, que os verões no Hemisfério Norte das últimas décadas parece ser os mais quentes há pelo menos 1400 anos.

Quando se fala em emissões históricas dos setores conclui-se que as emissões dos combustíveis fósseis caracterizam o problema mais grave. Estas são em média 198% podendo chegar a 370% e a 125%, usando as incertezas máximas e mínimas das estimativas) maiores que as emissões da mudança no uso da terra.

A quantidade de dióxido de carbono está aumentando na atmosfera, o que acarreta em preocupações climáticas, este aumento tem ligações com a queima de combustíveis fósseis e com a mudança no uso da terra, principalmente o desmatamento.

Com o aquecimento global, alguns sumidouros podem saturar e tornar-se fonte, por exemplo, em florestas um solo mais aquecido pode acelerar a respiração heterotrófica. Há sugestões de que mudanças climáticas podem levar a mudanças drásticas na vegetação da Amazônia, principalmente uma tendência à “savanização” (COX, 2000). O desmatamento de grande escala pode resultar em tendências similares (NOBRE, 1991).

O resultante destas emissões foi o acréscimo de 176 ± 10 Gt C nos estoques de carbono atmosférico. As concentrações atmosféricas aumentaram cerca de 28%, de 285 a 367 ppm no período de 1850 a 1999 (SPM-TAR WG1, 2001). Se a humanidade desejar estabilizar a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera terá que reduzir o uso dos combustíveis fósseis, aumentar o uso de energia renovável, reduzir o desmatamento e estimular os sumidouros de carbono.

As emissões devido ao desmatamento das florestas tropicais da América Latina e Ásia no período de 1850 a 1998 foram de $50 \pm$ Gt C, ou seja, 12% das emissões totais antrópicas entre 1850 a 1998, (HOUGHTON, 1991, 1991a). Das emissões totais da mudança no uso da terra o desmatamento tropical é responsável 37%, os outros 63% das emissões históricas da mudança no uso da terra devem Europa, América do Norte, Oceania e África.

Comparando-se as emissões acumuladas de 1850 a 1998 dos combustíveis fósseis e da mudança no uso da terra. Cerca de 270 (± 30) Gt C foram emitidos pela queima de combustíveis fósseis, outros 136 (± 55) Gt C foram emitidos pela mudança no uso da terra, principalmente de biomas florestais (SR-LULUCF, 2000).

A incerteza das estimativas das emissões devido ao LULUCF é quatro vezes maior que o erro das estimativas das emissões do uso dos combustíveis fósseis, este é cerca de $\pm 10\%$, enquanto aquele está na faixa de $\pm 40\%$.

Combustíveis Fósseis, Mudança do uso do solo, Emissões de Gases de Efeito Estufa (Gt C)

No ano de 1990, as emissões devidas ao uso de combustíveis fósseis e à produção de cimento foram de $6,4 \pm 0,4$ Gt C (80% das emissões totais) e as emissões devido à mudança no uso da terra foram de $1,7 \pm 0,8$ Gt C (20% das emissões totais) (SPMTAR WG1, 2001). Cabe ressaltar que a incerteza das emissões dos combustíveis fósseis é de 6,25%, enquanto a incerteza nas emissões devido ao LULUCF é da ordem 47%.

Inicialmente haveria um aumento da produtividade agrícola nas regiões de latitude média e redução nas áreas tropicais e sub-tropicais mesmo com um aquecimento de alguns graus.

Em resposta ao aumento de dióxido de carbono na atmosfera os modelos prevêem um decréscimo da umidade do solo no verão na maioria das áreas continentais de latitudes médias e regiões com escassez de água, com aumento de sua disponibilidade somente em algumas regiões.

As mudanças regionais também são evidentes. Por exemplo, o aquecimento recente foi maior nos continentes de latitude média no inverno e na primavera, com algumas áreas de esfriamento, como o Oceano Atlântico Norte. A precipitação aumentou sobre a terra nas altas latitudes do Hemisfério Norte, principalmente durante a estação fria.

Dentre os principais efeitos adversos da mudança climática previstos até 2100 e que irão se refletir numa crise política, social e econômica sem precedentes, estão o aumento do nível do mar, a alteração no suprimento de água doce, um maior número de ciclones, tempestades de chuva e de neve mais fortes e frequentes e o conseqüente ressecamento e esgotamento dos solos férteis.

Outras conseqüências significativas podem ocorrer em muitos sistemas ecológicos e sócio-econômicos advindos de longos períodos de secas e de um provável aumento de pragas e doenças tropicais, não se afastando a possibilidade de se ter

afetado o satisfatório fornecimento de alimentos e recursos hídricos, prejudicando imensamente a qualidade de vida e a saúde humana.

Além das mudanças climáticas previstas pela atuação do homem, não se pode descartar a possibilidade de um agravamento no equilíbrio climático por fatores naturais, tais como a erupção de vulcões e a mudança na circulação atmosférica.

Há que se considerar ainda as pequenas partículas presentes na atmosfera, os aerossóis, derivados principalmente das emissões de dióxido de enxofre pela queima de combustíveis fósseis e fontes naturais, como a queima de biomassa. Na maior parte dos casos, os aerossóis que permanecem na camada mais próxima da superfície da Terra tendem a resfriar o clima por alguns anos.

Portanto, qualquer mudança no balanço radiativo da Terra tenderá a alterar as temperaturas atmosféricas e oceânicas e os correspondentes padrões de circulação e tempo, bem como o ciclo hidrológico, como exemplo temos: alterações na distribuição das nuvens e mudança nos regimes de precipitação e evaporação.

A temperatura média global do ar na superfície aumentou em torno de 0,3 a 0,6°C desde o final do século 19. Sendo que a temperatura média da Terra poderá aumentar entre 1,5 °C e 6 °C até 2100, as projeções do aumento da temperatura também indicam de 1,4 a 5,8°C entre 1990 e 2100 para toda a faixa de cenários.

Para países como Holanda ou Bangladesh, essa elevação traria conseqüências desastrosas, como perda de áreas agricultáveis, salinização de fontes de água doce e necessidade de remoção de milhões de pessoas que hoje vivem em áreas no nível do mar (SPM-TAR WG1, 2001).

Segundo o último relatório do IPCC, baseado em cenários que incluem emissões tanto dos gases de efeito estufa quanto dos aerossóis, os modelos projetam uma estimativa de aumento de temperatura média global entre 0,9 e 3,5°C. Em todos os casos, a taxa média até 2100 é de 2°C, variação extremamente preocupante, tendo em vista não ter sido observada nos últimos dez mil anos.

O efeito estufa já se intensificou, a temperatura superficial média global aumentou em $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$ durante o século XX; as medições das médias globais das marés indicam um aumento de 0,1 a 0,2 metros durante o século 20 (SPM-TAR WG1, 2001). As épocas quentes das oscilações do *El Niño* têm se tornado mais freqüentes,

persistentes e intensas desde a metade da década de 70, comparado com os 100 anos anteriores.

Além das mudanças climáticas previstas pela atuação do homem, não se pode descartar a possibilidade de um agravamento no equilíbrio climático por fatores naturais, tais como a erupção de vulcões e a mudança na circulação atmosférica, como ocorre, por exemplo, com o efeito *El Niño*, alterações de influências externas inesperadas que podem potencializar e acelerar os efeitos futuros da mudança climática global.

Com base em registros (anéis de árvores, testemunhos de gelo e registros documentários) foi possível verificar que a temperatura média global aumentou entre 0,3 e 0,6°C desde o final do Século XIX, e em cerca de 0,2 a 0,3°C nos últimos quarenta anos. Evidenciou-se um aquecimento nas temperaturas do ar, do mar e da superfície da Terra.

Os dados confirmam a tendência para uma variação reduzida da temperatura diária sobre a terra, este fenômeno explica-se porque em muitas áreas as noites aqueceram-se mais que os dias, tendo por provável causa, além dos efeitos do aumento dos gases de efeito estufa, o aumento da nebulosidade em muitas áreas, o que reduz a variação da temperatura diurna.

Nos oceanos tropicais há estimativas que sugerem um aumento na evaporação e no vapor d'água atmosférico, desde 1973, com um conseqüente aumento da nebulosidade.

Algumas imagens de satélite mostram que as extensões das neves se reduziram em 10% (confiabilidade de 90-99%) desde a década de 60. Nos próximos 100 anos podem ocorrer mudanças climáticas regionais, incluindo temperaturas elevadas, invernos mais quentes, um ciclo hidrológico global médio exacerbado, alterações na biodiversidade e no ciclo de carbono (SAR-WG1, 1996, SPM-TAR WG1, 2001). Devido às mudanças presentes e futuras na biosfera, o principal impacto do efeito estufa é a mudança do clima.

No Hemisfério Norte, verificou-se que a extensão da camada de neve tem estado abaixo da média há pelo menos duas décadas, sendo notado um aquecimento anormal durante as primaveras nessa região.

Análises de bolhas de ar, aprisionadas no gelo de grandes geleiras nas regiões polares e nas montanhas da Antártida e da Groelândia, guardam as variações da concentração do dióxido de carbono atmosférico desde o final da última era glacial.

A concentração então era de 200 ppm, aumentou gradualmente para cerca de 225 ppm durante oito mil anos e subseqüentemente aumentou mais 25 ppm durante os sete mil anos seguintes. Houve um acréscimo de 10 ppm por volta de 1300 a.C., seguido por um decréscimo de 10 ppm por volta de 1600 a.C., durante a pequena idade do gelo.

Durante o último milênio e o início da revolução industrial, a concentração variou entre 275 a 285 ppm. Em 1998 a concentração de CO₂ aumentou para 366 ppm (SR-LULUCF, 2000).

A precipitação aumentou nas altas latitudes do Hemisfério Norte, sobretudo no inverno, entretanto ocorreu um decréscimo nos subtrópicos e trópicos da África à Indonésia, bem como uma conseqüente mudança na vazão dos cursos d'água, nos níveis dos lagos e na umidade do solo dessas regiões. A distribuição espacial será heterogênea com algumas áreas secas tornando-se mais secas e vice-versa.

Com base nas análises dos registros de marégrafo, filtrando os efeitos dos movimentos verticais terrestres a longo prazo, concluiu-se, com maior segurança, que o volume dos oceanos tem aumentado no decorrer do Século XX. Verificou-se que nos últimos cem anos ocorreu um aumento do nível do mar em cerca de 10 a 25 cm, tendo como provável explicação o aumento da temperatura global e o conseqüente recuo das geleiras e calotas polares.

É esperado que o nível do mar aumente de 15 a 95 centímetros até o ano 2100, devido. O aumento projetado do nível do mar deve-se à expansão térmica das águas dos oceanos, bem como o aumento de volume em conseqüência do degelo das geleiras e calotas polares e glaciais.

Foi verificado, ainda, que o nível dos oceanos subiu entre 10 e 25 centímetros nos últimos cem anos, o que tem como causa mais provável o aumento da temperatura média da atmosfera terrestre, aumentando o risco de inundações, com deslocando potencialmente dez milhões de pessoas, devido não só à elevação do nível de mar,

mas também aos eventos de chuvas torrenciais, especialmente em ilhas pequenas e áreas deltaicas baixas.

Para Bangladesh projeta-se que irá perder aproximadamente 17% de sua área da terra com uma elevação do nível de mar de um metro.

Projeta-se um aumento na média anual da precipitação, evapotranspiração e vapor de água durante o século 21, para toda a faixa de cenários, e também que o nível do mar irá aumentar entre 0.09 a 0.88 metros entre 1990 e 2100, para toda a faixa de cenários. Isto ocorrerá principalmente devido à expansão termal dos mares e ao derretimento de geleiras e placas de gelo (SPM-TAR WG1, 2001).

Os mesmos estudos apontam para um aumento do nível do mar até 2100 de 49 centímetros, também levando em conta as variações na estimativa dos parâmetros da sensibilidade climática, do derretimento do gelo e do conjunto completo dos cenários de emissões. O aumento projetado do nível do mar deve-se à expansão térmica das águas dos oceanos, bem como o aumento de volume em consequência do derretimento das geleiras.

Se confirmadas as projeções para a mudança do clima global futuro, os impactos poderão ser potencialmente irreversíveis, neste caso, os países insulares e as regiões urbanas costeiras são as mais vulneráveis com possibilidades reais de inundação a médio e longo prazo.

Segue algumas consequências previstas em modelos; temperaturas máximas e mínimas mais elevadas, mais dias quentes e ondas de calor em quase todas as áreas continentais, menor número de dias frios, com geada ou com friagens em quase todas as áreas continentais, eventos de precipitação mais intensos em muitas áreas, aumento da mortalidade de pessoas idosas em áreas urbanas, danos às plantações, estresse térmico, aumento das faixas de ação de pragas e doenças, perdas de safras, deslizamentos de terra, inundações e danos a propriedades e seguros, aumento de verões secos na maioria das regiões continentais interiores das latitudes médias e riscos de secas associadas, aumento do pico, de intensidade do vento do ciclone tropical, média e pico da intensidade da precipitação, redução da produtividade de gado, aumento de queimadas naturais, queda na energia hidroelétrica, danos a vários sistemas ecológicos e sócio-econômicos.

A figura 5, abaixo mostra a previsão de aumento mínimo e máximo da temperatura global. A figura 6, apresenta uma comparação entre a média global da temperatura do ar com base no Climate Model e os valores observados durante o período de 1860 a 1994 .

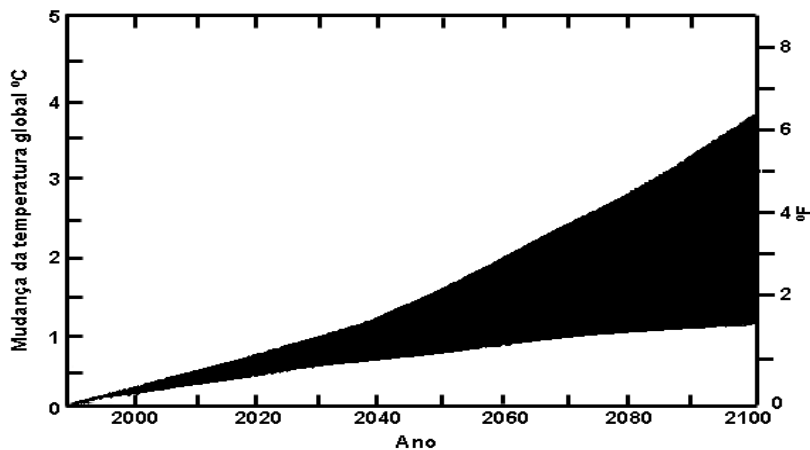


Figura 5 – Previsão do aumento da Temperatura terrestre - limites inferior e superior

Fonte: UNEP - United Nations Environment Programme e WMO - World Meteorological Organization. - Elevação média da temperatura da superfície entre 1990 e 2100

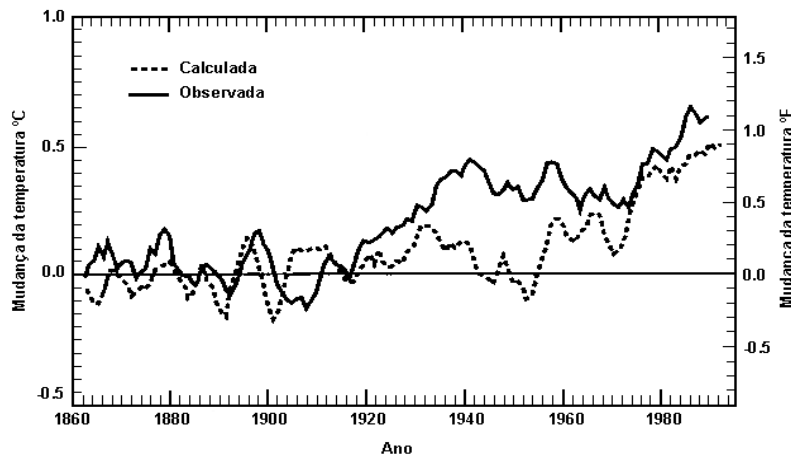


Figura 6 - Comparação entre a média global da temperatura do ar calculada com base no Climate Model e os valores observados durante o período de 1860 a 1994

Fonte: UNEP - United Nations Environment Programme e WMO - World Meteorological Organization

A figura 7, mostra a previsão ate o ano de 2100, do aumento mínimo e máximo do nível do mar, no melhor e pior cenário

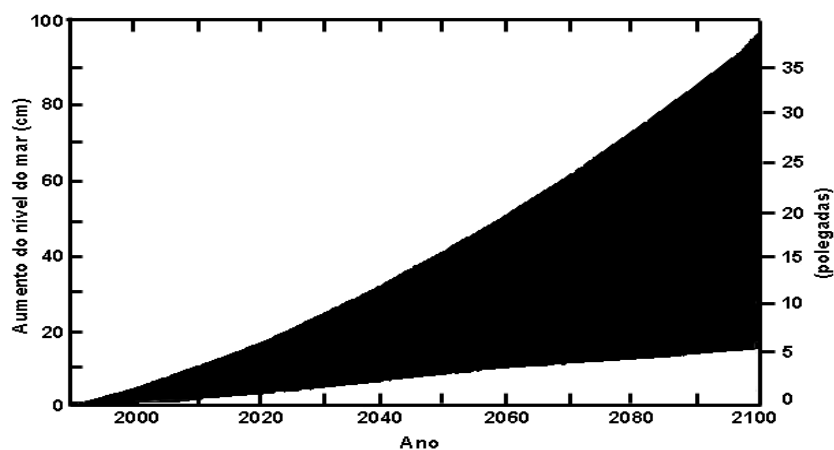


Figura 7 – Previsão da elevação do nível do mar - limites inferior e superior

Fonte: UNEP - United Nations Environment Programme e WMO - World Meteorological Organization

2.2.7 Os países contribuintes do efeito estufa

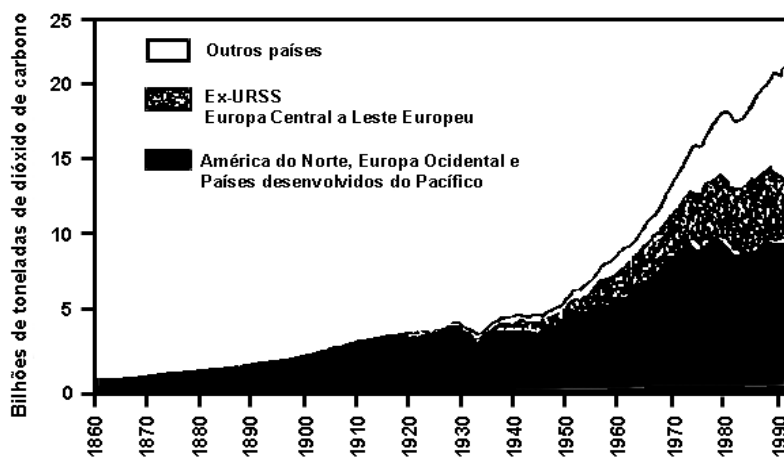


Figura 8 - Emissões de Dióxido de Carbono de 1860 a 1995

Fonte: UNEP - United Nations Environment Programme e WMO - World Meteorological Organization

O gráfico oito relaciona os principais contribuintes de emissão de CO₂, resultante da queima do carvão, petróleo e gás natural, no período de 1860 a 1992.

No Brasil, as fontes básicas de maior contribuição de emissões antrópicas de CO₂ são decorrentes principalmente do desmatamento, veículos e combustão industrial.

De modo simplificado, pode-se dizer que as emissões de CO₂ por desmatamento decorrem do processo de liberação do carbono contido na biomassa quando da derrubada da floresta, e o cálculo do percentual dessa transformação é parte da metodologia estabelecida pelo IPCC.

As emissões brasileiras são feitas por meio de inventário feito pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2005), responsável pela coordenação da implantação dos compromissos definidos na Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima. O documento classifica os dados por setor - energia, indústria e solventes, agropecuária, mudança no uso da terra e de florestas, lixo e esgoto - elaborado segundo a metodologia de inventário do IPCC.

Apresenta-se na tabela abaixo, segundo inventário de 1994, comparado com 1950, os 20 maiores responsáveis em termos de emissões totais de dióxido de carbono proveniente da produção e uso de energia e da produção de cimento no mundo:

Tabela 2 – Ranking dos países contribuintes nas emissões de GEE

País	Ranking 1994	Ranking 1950
Estados Unidos da América	1	1
China	2	10
Rússia	3	2*
Japão	4	9
Índia	5	13
Alemanha	6	3
Reino Unido	7	4
Canadá	8	7
Ucrânia	9	2*
Itália	10	17
México	11	20
Polônia	12	8
Coréia do Sul	13	58
França	14	5
África do Sul	15	14
Austrália	16	15
Coréia do Norte	17	73
Irã	18	164
Indonésia	19	31
Casaquistão	20	2*

Fonte: The US Oak Ridge National Laboratory - ORNL.

<http://cdiac.esd.ornl.gov/ndps/ndp030.html>

Segundo esta mesma fonte, em 1995 o Brasil encontrava-se na 21ª posição.

URSS - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

2.2.8 Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

Em finais de 1990 a Assembléia Geral das Nações Unidas estabeleceu o Comitê Intergovernamental de Negociação - CIN para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima - CQMC, ao qual encomendou a redação de uma Convenção-Quadro, assim como de qualquer instrumento jurídico que fosse considerado necessário. Os representantes de mais de 150 países encontraram-se durante cinco reuniões celebradas entre fevereiro de 1991 e maio de 1992, e finalmente foi adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima na Sede das Nações Unidas em Nova York.

Adotada pela Assembléia Geral das Nações Unidas em Nova York em 9 de maio de 1992 e apresentada à assinatura em junho de 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, conhecida como "Cúpula da Terra" e realizada no Rio de Janeiro, foi negociada e assinada por 175 países mais a União Européia a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQMC, desde então denominada Convenção.

Em 21 de março de 1994, noventa dias após a 50ª ratificação, a Convenção começou a vigorar, e, atualmente, de acordo com o Secretariado da Convenção das Mudanças Climáticas, conta com a presença de 185 Estados.

Os avanços científicos associado às fortes evidências de uma alteração no clima mundial efetivaram uma resposta internacional concreta, que culminou na criação da CQMC. Foi a conclusão de um longo processo de negociações internacionais na luta contra os GEE, diversos dos visados anteriormente pelo Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, em 1987.

Reconhecendo a mudança do clima como "uma preocupação comum da humanidade", os governos que a assinaram tornaram-se Partes da Convenção, propondo-se a elaborar uma estratégia global "para proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras".

Dentre as atribuições da Convenção, está a criação de instrumentos e mecanismos para promover a gestão sustentável e demais condições que possibilitem

alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que não interfira perigosamente no sistema climático.

A Convenção estabelece como princípio a necessidade do compartilhamento do ônus na luta contra a mudança do clima. Aos países desenvolvidos, que são relacionados no Anexo I da Convenção, coube assumir alguns compromissos exclusivos em função de responsabilidades históricas.

O destaque está na adoção de políticas e medidas que visem à mitigação da mudança do clima pela limitação de emissões antrópicas de gases de efeito estufa ou pela proteção e expansão de sumidouros e reservatórios.

A Convenção estabeleceu a necessidade de definição de mecanismo para provisão de recursos financeiros a título de doação ou em base concessional, inclusive para transferência de tecnologia sob a orientação e coordenação da Conferência das Partes, cujo funcionamento deverá ser confiado a uma ou mais entidades internacionais.

Por sua amplitude e necessidade de regulamentação posterior, a CQMC é uma convenção-quadro que tem a Conferência das Partes como seu órgão supremo, cabendo a ela a responsabilidade de regular e implementar as decisões, conforme disposto em seu art. 7º.

A Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima, porém, é o texto jurídico essencial, que serve de base para a luta contra os GEE, pois permite fixar uma série de parâmetros que formam o quadro jurídico do debate sobre o efeito estufa e as medidas a serem tomadas para o seu controle.

Na convenção estão fixados três posicionamentos essenciais:

I. Tomada de posição científica: afirmação da relação entre as emissões antrópicas de GEE e as mudanças climáticas. Vale dizer, reconhecimento de que há uma ligação entre a atividade humana e o aumento sensível das concentrações de GEE na atmosfera; e o reconhecimento de que este aumento reforça o efeito estufa natural, tendo por consequência o aquecimento médio da superfície da Terra e da atmosfera, de que podem ser infligidos os ecossistemas e a humanidade.

II. Tomada de posição econômica: estratégias e instrumentos econômicos mundiais. É o reconhecimento, inicialmente, de que as diversas medidas tomadas para enfrentar as mudanças climáticas podem encontrar nelas mesmas sua justificativa

econômica e podem também contribuir para resolver outros problemas ambientais; por fim, de que há necessidade dos países cooperar e participar de uma ação internacional eficaz e apropriada: estratégia de resposta ao nível mundial.

III. Tomada de posição política: arbitragem entre os interesses dos países desenvolvidos e os dos países em desenvolvimento. Significa o reconhecimento do papel preponderante, no passado assim como atualmente, dos países desenvolvidos nas emissões dos GEE; afirmação de que estes países devem agir imediatamente levando em conta todos os GEE; reconhecimento, enfim, de que os países em desenvolvimento devem ter acesso aos recursos necessários a um desenvolvimento social e econômico sustentado e que para isso terão que aumentar seu consumo de energia — sem perder de vista que é possível melhorar o rendimento energético e controlar as emissões de GEE.

O objetivo da CQMC, essencialmente, é a estabilização das concentrações dos GEE na atmosfera em um nível tal que toda perturbação antrópica perigosa do sistema climático seja impedida; isso em um prazo suficiente para que os ecossistemas possam se adaptar naturalmente às mudanças climáticas e que o desenvolvimento econômico possa prosseguir de forma sustentada.

Princípios que devem guiar as partes na consecução desse objetivo:

1. Responsabilidades comuns, porém diferenciadas: os países desenvolvidos devem estar na vanguarda da luta contra as mudanças climáticas.

2. As Partes devem tomar medidas de precaução para prever, prevenir ou atenuar as causas das mudanças climáticas e limitar seus efeitos nefastos. Há a precisão de que, em caso de riscos de perturbações graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não deve servir de pretexto ao adiamento da adoção dessas medidas.

3. As políticas e medidas relacionadas ao controle das mudanças climáticas requerem uma boa relação custo-benefício, e devem se estender a todas as fontes (todos os gases) e a todos os setores econômicos.

4. As Partes devem trabalhar considerando um sistema econômico internacional tendente a favorecer o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável de todas as Partes, especialmente os países em desenvolvimento, e que evite que

medidas tomadas na luta contra as mudanças climáticas constituam um meio de impor discriminações ou entraves ao comércio internacional.

Do texto da Convenção-Quadro surgem obrigações para as Partes. Seguindo o princípio da existência de responsabilidades comuns porém diferenciadas, a Convenção estabelece obrigações comuns a todos os países e outras exclusivas dos países desenvolvidos.

Obrigações comuns a todos os países signatários:

I. Obrigação de recensear as fontes de emissão de GEE e os programas nacionais ou regionais que prevejam medidas de luta contra as alterações climáticas.

II. Obrigação de dar apoio e de encorajar a elaboração e difusão de tecnologias e procedimentos limpos; a gestão racional; a conservação e criação de sumidouros de GEE; os trabalhos de pesquisa científica, tecnológica ou técnica; a constituição de arquivos de dados científicos, tecnológicos, técnicos, sócio-econômicos e jurídicos sobre o sistema climático e suas trocas; a educação, formação, sensibilização do público sobre as questões relativas às mudanças climáticas; a participação das organizações não governamentais.

III. Obrigação de integrar considerações ligadas às alterações climáticas nas políticas e ações sociais, econômicas e ambientais.

IV. Obrigação de comunicar as informações relativas à aplicação da Convenção à Conferência das Partes.

Para os países desenvolvidos, enumerados no Anexo I da Convenção, há a previsão de obrigações específicas, complementares às gerais:

1. Obrigação de desenvolver políticas e medidas nacionais para atenuar as mudanças climáticas limitando as emissões antrópicas dos GEE e reforçando os sumidouros de GEE: Estas políticas e medidas demonstrarão que os países desenvolvidos tomam a iniciativa de modificar as tendências de longo termo das emissões antrópicas, conforme ao objetivo da convenção, reconhecendo que o retorno, de hoje ao fim desta década, aos níveis anteriores de emissões antrópicas de CO₂ e de outros GEE contribuiria para tal modificação.

2. Obrigação de submeter periodicamente informações detalhadas sobre as mencionadas políticas e medidas e também sobre projeções quanto às emissões

antrópicas de GEE e quanto à sua absorção no período do final da década de 90, com vistas ao retorno das emissões antrópicas de CO₂ e outros GEE, individualmente ou coletivamente, ao nível de 1990.

3. Necessidade de cada uma das Partes contribuir de maneira apropriada e justa à ação mundial iniciada para atingir este objetivo.

4. Por fim, a Convenção precisa que cada uma das Partes coordene, de acordo com as necessidades, com as demais Partes, os instrumentos econômicos e administrativos apropriados elaborados com a finalidade de se atingir os objetivos da Convenção.

2.2.8.1 A Conferência das Partes - COP

É o órgão supremo da Convenção e tem a responsabilidade de manter regularmente sob exame a implementação da Convenção, assim como quaisquer instrumentos jurídicos que a Conferência das Partes vier a adotar, além de tomar as decisões necessárias para promover a efetiva implementação da Convenção.

Anualmente, a Conferência das Partes, órgão supremo da Convenção, realiza reuniões para estabelecer políticas e medidas que visem à mitigação da mudança do clima, pela limitação de emissões antrópicas de gases de efeito estufa ou pela proteção e expansão de sumidouros e reservatórios de carbono.

O primeiro encontro da Conferência das Partes da Convenção-Quadro de Mudanças Climáticas (COP-1) realizada em Berlim em 1995, quando estabeleceu-se o Mandato de Berlim, através do qual seriam estipulados limites de emissão dos gases causadores de efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono, bem como a definição do calendário a ser cumprido, visando o fortalecimento dos compromissos assumidos na Rio 92 pelas Partes do Anexo I, por meio da adoção de um protocolo.

Em 1996, foi realizada em Genebra a COP-2, que resultou na Declaração de Genebra. O documento aprovou as conclusões do Segundo Relatório de Avaliação do IPCC, o qual forneceu os subsídios científicos necessários para pressionar as nações desenvolvidas quanto aos requisitos de redução das emissões de GEE.

A Terceira Conferência das Partes - COP-3, realizada em Kyoto, em 1997, com a aprovação do Protocolo de Kyoto, no qual são estabelecidas metas de redução de GEE para os países do Anexo I. A meta requer que estes países reduzam em média 5% das suas emissões, durante o período de 2008-2012, em relação ao ano de 1990.

Estabelece ainda medidas necessárias ao cumprimento das metas, atribuindo ênfase às obrigações por parte das nações industrializadas, as quais, por sua vez, exigiram garantia de participação significativa dos países em desenvolvimento.

2.2.8.2 Eventos da Conferência das Partes - COP

COP-1	Berlim, Alemanha, 1995.
COP-2	Genebra, Suíça, 1996.
COP-3	Kyoto, Japão, 1997.
COP-4	Buenos Aires, Argentina, 1998.
COP-5	Bonn, Alemanha, 1999.
COP-6	Haia, Holanda, 2000 e COP 6,5 (6 parte II), Bonn, Alemanha, 2001.
COP-7	Marrakech, Marrocos, 2001.
COP-8	Nova Deli, Índia, 2002.
COP-9	Milão, Itália, 2003.
COP-10	Buenos Aires, Argentina, 2004.
COP 11	Montreal, Canadá, 2005.
COP-12	Nairobi, Quênia, 2006.

1ª Conferência - COP-1, realizada entre março e abril de 1995 em Berlim, Alemanha: a Conferência das Partes, órgão supremo da Convenção, realizou sua primeira sessão em abril de 1995 em Berlim. Essa sessão adotou 21 decisões, entre as quais o Mandato de Berlim, que estabeleceu novas negociações visando ao aumento das obrigações dos países desenvolvidos e metas de redução de emissões mais amplas do que a simples estabilização. Aspecto sumamente importante do Mandato de Berlim foi a plena aplicação do princípio da igualdade entre os países, ou princípio da

responsabilidade comum, porém diferenciada entre os países, impondo-se, desta forma, aos países desenvolvidos que tomem a iniciativa de reduzir suas emissões, uma vez que os países em desenvolvimento poderiam aumentar suas emissões para atender às suas necessidades de desenvolvimento e alívio da pobreza.

Foi criado o Grupo de Trabalho Ad hoc – AGBM, por conta do Mandato de Berlim para negociar e acompanhar a implementação de todos os acordos negociados pelos países desenvolvidos, no sentido de possibilitar ações apropriadas para o período pós-2000, inclusive o fortalecimento das obrigações das Partes constantes do Anexo I da Convenção.

Constituído o Activities Implemented Jointly - AJI, uma modalidade de execução conjunta, cuja denominação foi proposta pelo Brasil.

Deverá ser implementado segundo conceito de cooperação internacional entre as Partes da Convenção, visando à estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, porém sem o direito ao crédito de emissões de carbono, incluindo, ainda, a cooperação aos países não compromissados com os limites de redução.

2ª Conferência - COP-2, realizada em julho de 1996, em Genebra, Suíça: assinada a Declaração de Genebra contemplando acordo para criação de obrigações legais com vistas à redução de emissões de CO₂ ainda a ser celebrado na Terceira Conferência das Partes - COP-3, em Kyoto - Japão.

Durante a Conferência foi apresentado o Segundo Relatório de Avaliação do IPCC, mais abrangente que o anterior. O relatório de avaliação do IPCC, periodicamente atualizado, é o mais autorizado documento sobre a ciência da mudança do clima, contendo, inclusive, as possíveis conseqüências e as opções de resposta disponíveis.

Avaliação final apresentando as seguintes convergências: constituição de base científica, no sentido de pressionar as nações para ações fortes e urgentes, nos planos global, regional e nacional e estabelecimento de metas obrigatórias significativas de redução global de emissões, como chave da resposta, prioritariamente às nações relacionadas no Anexo I da Convenção, cabendo às demais Partes apoiar o respectivo desenvolvimento.

3ª Conferência - COP-3, realizada em dezembro de 1997, em Kyoto, Japão: contou com a presença de representantes de mais de 160 países e deu origem ao

Protocolo de Kyoto, com vistas ao cumprimento do Mandato de Berlim adotado em 1995.

Celebrado com o comprometimento de 39 países desenvolvidos, o Protocolo de Kyoto inclui metas e prazos relativos à redução ou limitação das emissões futuras de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa, exceto aqueles já controlados pelo Protocolo de Montreal.

Em síntese, o Protocolo determina a estabilização dos GEE, estabelecendo prazos de controle, estabelece ainda medidas necessárias ao cumprimento das metas, atribuindo ênfase às obrigações por parte das nações industrializadas, as quais, por sua vez, requereram garantia de participação significativa dos países em desenvolvimento.

O Protocolo de Kyoto inclui três mecanismos de flexibilização a serem utilizados para cumprimento dos compromissos da Convenção: execução conjunta (Joint Implementation - JI), comércio de emissões (Emissions Trade - ET) e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (Clean Development Mechanism - CDM).

O MDL, por sua vez, foi desenvolvido a partir de uma proposta da delegação brasileira que previa a constituição de um Fundo de Desenvolvimento Limpo.

Em Kyoto, a idéia do Fundo foi transformada, e estabeleceu-se o MDL, que consiste na possibilidade de um país desenvolvido, como forma de cumprir parte de seus compromissos, financiar em países em desenvolvimento projetos de mitigação de gases, na forma de sumidouros, investimentos em tecnologias mais limpas, eficiência energética e fontes alternativas de energia.

Por fim, o Protocolo considera mais uma flexibilização, já prevista na Convenção, denominada "Bolha", em que diversos países podem cumprir suas metas conjuntamente, como se houvesse uma grande bolha os envolvendo.

Durante a Conferência foi negociado que para o horizonte compreendido entre os anos 2008 e 2012 as emissões sejam reduzidas em 5,2%, na média, com relação aos níveis de 1990, para dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, e aos níveis de 1995 para hexafluoreto de enxofre - SF₆ e famílias de hidrofluorcarbonos - HFC e perfluorcarbonos - PFC.

4ª Conferência - COP-4, realizada em novembro de 1998, em Buenos Aires, Argentina: reuniu delegados de mais de 160 países, milhares de representantes de organizações intergovernamentais e não-governamentais, empresários e jornalistas.

Originalmente seria um encontro com o objetivo voltado para negociação, na qual a decisão principal estaria em fixar prazos finais para um programa de trabalho, principalmente para a regulamentação e implementação do MDL.

O principal resultado da reunião foi a criação de um plano de trabalho denominado Plano de Ação de Buenos Aires, cuja data-limite era o ano 2000, para que fossem colocadas em prática as principais regras e questões técnicas e políticas, bem como os impasses respectivos à implantação do Protocolo de Kyoto.

Houve reiteração internacional para o cumprimento das metas assumidas em Kyoto e ratificada a necessidade de se considerar as atuais emissões de poluentes e o conceito de responsabilidade histórica das emissões.

De acordo com delegados da União Européia, "os representantes governamentais concordam que deve começar a ser feita uma transferência de tecnologia dos países desenvolvidos para as nações em desenvolvimento, de forma que suas indústrias emitam menos gases".

Foi constatado que países exportadores de petróleo não desejam avanço algum.

Durante a Conferência, os EUA assinaram o Protocolo de Kyoto, o que representou um passo simbólico importante, embora a adesão norte-americana ainda dependa da ratificação do Protocolo pelo Senado dos Estados Unidos.

Grande importância é atribuída à assinatura do documento pelos EUA, uma vez que eles e a Rússia, respondiam, em 1990, por 53,6% das emissões referenciadas no Protocolo.

5ª Conferência - COP-5, realizada em Bonn, Alemanha, de 25 de outubro a 5 de novembro de 1999: nesta conferência houve o prosseguimento dos trabalhos a fim de atenderem ao Plano de Ação de Buenos Aires, após a conferência aconteceram vários workshops sobre as questões-chave técnicas, nos primeiros meses de 2000, visando oferecer suporte às negociações que aconteceriam durante a COP-6.

6ª Conferência das Partes - COP-6, realizada em Haia, Holanda, em novembro de 2000: as negociações foram precedidas de várias reuniões e consultas formais e informais durante 1999 e 2000.

Teve suas discussões, em sua grande maioria, sobre os aspectos técnicos que envolvem os mecanismos previstos no Protocolo, o que acabou quase que totalmente por tomar o espaço das negociações políticas, que por sua vez foram postergadas para julho de 2001, para a “COP-6.5” em Bonn na Alemanha.

A falta de consenso nas negociações da COP-6 e a recusa dos Estados Unidos da América em ratificar o Protocolo de Kyoto levam as negociações a uma nova fase que é a busca de um novo consenso. Os aspectos relevantes discutidos e pesquisados no bojo do Protocolo de Kyoto deverão contribuir para as negociações diplomáticas futuras.

Os Estados Unidos da América, atualmente presidido pelo Presidente George W. Bush, posicionaram-se claramente contra a ratificação do Protocolo de Kyoto, desde quando ainda remanesciam dúvidas quanto à vitória de Bush sobre o seu adversário Al Gore.

A União Européia adotou uma postura praticamente oposta à dos Estados Unidos nas negociações da COP-6, pretendendo a ratificação do Protocolo de Kyoto. Outra posição que mereceu destaque, devido à contribuição positiva para as negociações, foi a da Rússia, notando-se que a mesma responde por cerca de 16% das emissões globais de gases de efeito estufa, enquanto os Estados Unidos, o maior contribuinte para o efeito estufa, é responsável por cerca de 24% das emissões.

Confirmando a sua posição contrária à ratificação do referido Protocolo, o Presidente Bush declarou que o protocolo, conhecido como o Protocolo de Kyoto, estabelece limites de emissões que poderiam prejudicar a economia americana, lembrando ainda que o Protocolo foi assinado pelos Estados Unidos, porém não foi e nem irá ser ratificado (07 June 2001 - National Academy of Sciences Issues Report on Global Warming).

No entanto, especialistas e representantes de empresas de diversos países, organizações internacionais, países e aliança de países estão confiantes que os mecanismos propostos no Protocolo de Kyoto continuarão implementados pela

iniciativa privada independentemente da ratificação do mesmo, uma vez que a criação dos referidos mecanismos gerou uma demanda para o *mercado de emissões*.

COP-6 parte II (Bonn, julho de 2001), as Partes finalmente tiveram sucesso na implementação do Plano de Ação de Buenos Aires, registrando acordo político em assuntos chave. As partes também completaram um conjunto de decisões detalhadas, baseado nos Acordos de Bonn, que foram remetidos a COP-7 para sua adoção formal. O trabalho foi bom, mas em pequeno número de decisões, remetendo a COP-7 para negociação adicional.

7ª Conferência das Partes - COP-7, realizada em Marrakech, Marrocos, em novembro de 2001: é esperada adoção formal das decisões detalhadas complementares a COP-6 parte II, e também finalizar essas decisões, incluindo decisões do Protocolo de Kyoto. Os acordos deveriam consolidar e ratificar o Protocolo de Kyoto e assim entrar em vigor. Muitos expressaram um desejo para o Protocolo entrar em vigor em 2002, coincidindo com o décimo aniversário da adoção da Convenção e o "Rio+10" Ápice Mundial para Desenvolvimento Sustentável.

8ª Conferência das Partes - COP-8, realizada em Nova Deli, Índia, em 23 de outubro a 1 de novembro de 2002: recordou os últimos objetivos, princípios e os compromissos da Convenção, reafirmando que o desenvolvimento econômico e social e erradicação de pobreza é a primeira das prioridades dos países Partes em desenvolvimento.

Reconheceu com preocupação os resultados do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, que confirmou que os cortes significantes em emissões globais serão necessários para chegar ao objetivo da Convenção. Reconheceu as considerações do Corpo e Conselho Científico e Tecnológico, e das implicações deste relatório.

Notou-se que ações de mitigação estão acontecendo agora em ambos os países (Anexo I e não-anexo I) e enfatizou que a mitigação de emissões de gás estufa, para combater a mudança do clima, continua sendo a prioridade máxima dentro da Convenção.

Reconhecendo que, como a África é a região que mais sofre os impactos combinados de mudança de clima e pobreza, iniciativas de desenvolvimento como a

Sociedade Nova para o Desenvolvimento de África (NEPAD) deveria ser apoiado no contexto de desenvolvimento sustentável.

9ª Conferência das Partes COP-9, realizada em Milão, Itália, em dezembro de 2003: foi recomendada que as discussões de mesa-redonda devessem servir como veículo para os ministros e outras lideranças de delegações trocarem opiniões, com discussões de mesa-redonda, com os seguintes temas; (a) mudança de clima, adaptação, mitigação e desenvolvimento sustentável, (b) uso de tecnologia e desenvolvimento e transferência de tecnologias, (c) avaliações dos progressos científicos, políticos e de aspectos financeiros, aos níveis nacionais, regionais e internacionais.

10ª Conferência das Partes COP-10, realizada em Buenos Aires, Argentina, em dezembro de 2004: o encontro teve poucos avanços, além da assinatura de um acordo que compromete países desenvolvidos a investir em tecnologias limpas que contribuam com o desenvolvimento de outras nações ainda não totalmente industrializadas.

11ª Conferência das Partes COP 11, realizada em Montreal, Canadá, em dezembro de 2005: existia grande preocupação com o regime pós – Kyoto, tendo ocorrido discussões sobre o que deve ser feito após 2012 e como incluir países em desenvolvimento (principalmente China, Índia e Brasil) na questão da limitação das emissões, o que é uma questão problemática já que neste bloco encontram-se tanto países muito pobres, como aqueles do continente africano, quanto o país com a maior taxa de crescimento no mundo e, em breve, um dos maiores emissores de GEE (China).

12ª Conferência das Partes COP-12, realizada em Nairobi, Quênia, em novembro de 2006.

2.2.8.3 Protocolo de Kyoto

O principal avanço que trouxe o Protocolo de Kyoto para a efetivação dos objetivos estabelecidos e das obrigações erigidas em 1992 quando houve a elaboração da Convenção do Clima (CQMC) foi a quantificação das limitações e reduções de emissões dos países do Anexo I.

Em primeiro lugar, os 39 países industrializados do Anexo I comprometem-se, em bases quantificadas, a um objetivo de redução e limitação de suas emissões antrópicas de GEE (art. 3). Os objetivos quantificados de redução e limitação estão fixados a cada país no Anexo B do Protocolo; os gases a serem controlados estão enumerados no Anexo A do mesmo:

I. Em média, comprometem-se a uma redução de 5,2% dos gases, no período de 2008 a 2012, em relação aos níveis verificados em 1990;

II. Nas emissões antrópicas de seis gases: dióxido de carbono CO₂, metano CH₄, óxido nitroso N₂O e três substitutivos do CFC (clorofluorcarbonos): a saber, o hidrofluorcarbono (HFC), o perfluorcarbono (PFC) e o hexaflorito sulfuroso SF₆;

III. Em relação aos níveis de emissão desses gases em 1990, com a possibilidade de escolha do ano 1995 como ano-base para os substitutos dos CFCs; e para os países da Europa Central, de escolher de maneira geral um outro ano-base.

IV. A União Européia, especificamente compromete-se a reduzir em 8% suas emissões de GEE (o mesmo para a maioria dos países da Europa Central); os Estados Unidos comprometem-se a reduzir em 7% suas emissões; Japão e Canadá: redução de 6%; Rússia e Ucrânia: 0% de aumento; Austrália: 8% de aumento.

Além disso, as medidas a serem tomadas pelos países do Anexo I para a satisfação dos compromissos de redução percentual assumidos estão enumerados no artigo 2 do Protocolo. As obrigações surgidas com a Convenção-Quadro são reforçadas e a elas foram dadas precisões. O Protocolo prevê que as Partes se esforcem na aplicação das políticas e medidas adotadas com a finalidade de reduzir ao máximo os efeitos negativos, notadamente sobre o comércio internacional.

Uma terceira obrigação aflorada com o Protocolo de Kyoto para os países que são Partes constante do Anexo I da CQMC é a de avaliar as emissões ocorridas e

informar o secretariado, a fim de que a aplicação do Protocolo possa ser controlada. As informações fornecidas pelas Partes são objeto de um exame por expertos.

Para todas as Partes do Protocolo, países constantes do Anexo I ou não, o artigo 4 reafirma alguns compromissos que já haviam sido enunciados na Convenção-Quadro e contém obrigações gerais relativas à elaboração de inventários de emissões, a programas contendo medidas destinadas a atenuar as mudanças climáticas, à cooperação em matéria tecnológica e em relação às pesquisas científicas e técnicas. Também há compromissos em relação à formação e à educação, assim como sobre a informação quanto aos programas e atividades realizados para a efetivação do Protocolo.

Assim como a Convenção, o Protocolo não contém compromisso de estabilização ou de redução dos GEE emitidos pelos países em desenvolvimento.

Em relação ao estabelecimento de um mercado de certificações de redução de emissão (ou de permissões para poluir), o Protocolo não faz menção direta e expressa à sua constituição. Isto, porém, não impede — e hoje isto parece óbvio — o aperfeiçoamento de mecanismos que tornem possível a criação do referido mercado, cuja aplicação conduz inevitavelmente a ele. Estes mecanismos, se já pareceram inaplicáveis, hoje não mais o são, posto que menos imprecisos. Pela sua inserção no texto do Protocolo, a sua criação e aplicação parecem necessárias. A Conferência das Partes foi encarregada expressamente desta elaboração na sua primeira sessão — o que não foi possível em Buenos Aires em 1998, por falta de condições políticas.

Os mecanismos de troca instituídos pelo Protocolo:

I. Troca de uma Parte com ela mesma (art. 3, parágrafo 13º): Se as emissões de uma Parte no decorrer de um período de compromisso de redução são inferiores à quantidade que lhe foi atribuída, a diferença é, à sua demanda, acrescentada à quantidade que lhe é atribuída para os períodos de compromisso de redução seguintes.

II. Trocas internas de várias Partes do Anexo I que acordaram em cumprir conjuntamente um objetivo (art. 4): As Partes podem acordar o cumprimento conjunto dos seus compromissos desde que o total das suas emissões não ultrapasse as quantidades que lhes foram atribuídas em virtude do Protocolo. Todo acordo deste tipo

deve ser notificado ao secretariado à data do depósito dos instrumentos de ratificação, de aceitação de aprovação ou de adesão das Partes referidas.

III. Trocas entre Partes do Anexo I que não acordaram em cumprir conjuntamente um objetivo (art. 6): Toda Parte do Anexo I pode ceder a qualquer outra Parte do Anexo I, ou adquirir junto a esta, uma “unidade de redução das emissões” decorrente de projetos visando reduzir as emissões. A cessão ou aquisição está submetida a quatro condições: o projeto em questão deve ser aprovado por estas Partes; deve permitir uma redução das emissões; a Parte que adquire deve cumprir suas obrigações relativas à avaliação das emissões e à informação (arts. 5 e 7); a aquisição deve complementar as medidas tomadas nacionalmente para o cumprimento dos compromissos numéricos.

IV. Trocas entre uma Parte do Anexo I e uma outra Parte (país em desenvolvimento) (art. 12, parágrafo 3º): No quadro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, as Partes do Anexo I que beneficiam as Partes não Anexo I com atividades que se traduzem em reduções das emissões — certificadas — podem utilizar estas reduções para cumprir uma parte dos seus compromissos. As reduções de emissões certificadas obtidas entre 2000 e o começo do primeiro período de compromisso (ou seja, 2008) podem igualmente ser utilizadas para ajudar a respeitar os compromissos.

O Protocolo de Kyoto, prevê, ainda, além das medidas necessárias ao cumprimento dos compromissos da Convenção, três mecanismos de flexibilização a serem utilizados para o cumprimento das metas, quais sejam:

(i) Implementação Conjunta (Joint Implementation – JI); consiste na possibilidade de um país do Anexo I receber Unidades de Emissão Reduzida (UER), quando ajuda a desenvolver projetos que provoquem redução de emissão em outros países do Anexo I, de forma suplementar às ações domésticas (art. 6 do Protocolo);

(ii) Comércio de Emissões (Emission Trading – ET); consiste na possibilidade de que países do Anexo I, compromissados em reduzir emissões de GEE, possam comercializar as unidades de emissão evitada com outras partes, com o objetivo de incrementar a eficiência econômica na redução de emissões (art.17 do Protocolo);

(iii) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (Clean Development Mechanism – CDM); permite aos países industrializados financiar projetos de emissão

evitada em países em desenvolvimento e receber créditos por assim agirem, como forma de suprir parte de seus compromissos (art. 12 do Protocolo).

Os dois primeiros mecanismos são de exclusividade dos países que compõem o Anexo I e o terceiro (MDL) possibilita os países em desenvolvimento auxiliarem na preservação do equilíbrio climático global.

O conceito de Implementação Conjunta foi introduzido pela Noruega, em 1991, nas negociações prévias à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - UNCED, no Rio de Janeiro em 1992. Este conceito autorizava as Partes do Anexo I a contribuir para os objetivos da Convenção implementando políticas e medidas conjuntas — projetos — com outras partes. Os participantes investidores nestes projetos poderiam usar as reduções alcançadas como crédito no cumprimento de parte dos compromissos de redução de emissões.

Entretanto, na realização da COP-1 em Berlim, em março de 1995, a insatisfação dos países em desenvolvimento, com a forma da Implementação Conjunta adotada até então, levou as partes a concordarem com a criação de um novo modelo.

Os projetos seriam chamados de Atividades Implementares Conjuntamente - Activities Implemented Jointly (AIJ), durante um período-piloto que se estendeu até 1.º de janeiro de 2000. Estes projetos (AIJ), entre países do Anexo I e não Anexo I, teriam como objetivo estabelecer protocolos e experiências, sem geração de créditos.

O Comércio de Emissões - Emission Trading (ET), consiste na possibilidade de que países do Anexo I, comprometidos em reduzir emissões de GEE, possam comercializar as unidades de emissão evitada com outras partes, com o objetivo de incrementar a eficiência econômica na redução de emissões (art.17 do Protocolo).

2.2.8.4 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (Clean Development Mechanism - CDM) é um mecanismo financeiro que possibilita aos países do Anexo I (desenvolvidos), para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões de GEE assumidos na Convenção sobre Mudança do Clima, financiando projetos de redução e/ou seqüestro de emissões nos países não incluídos no Anexo I (em desenvolvimento).

O MDL teve origem na proposta brasileira apresentada em maio de 1997 ao Secretariado da Convenção em Bonn com o objetivo de estabelecer elementos para a definição do Protocolo à Convenção. A proposta brasileira consistia na criação de um Fundo de Desenvolvimento Limpo que seria formado por meio de contribuições dos países desenvolvidos que não cumprissem suas metas de redução. Tal fundo seria utilizado para desenvolver projetos em países em desenvolvimento.

Para tanto, existem algumas alternativas para auxiliá-los ao cumprimento de suas metas, chamadas de mecanismos de flexibilização. Esse período é também conhecido como primeiro período de compromisso. Para não comprometer as economias desses países, o protocolo estabeleceu que, caso seja impossível atingir as metas estabelecidas por meio da redução das emissões dos gases, os países poderão comprar créditos de outras nações que possuam projetos de MDL.

O MDL nasceu de uma proposta brasileira à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Trata-se do comércio de créditos de carbono baseado em projetos de sequestro ou mitigação. O MDL é um instrumento de flexibilização que permite a participação no mercado dos países em desenvolvimento, ou nações sem compromissos de redução, como o Brasil. Os países que não conseguirem atingir suas metas terão liberdade para investir em projetos MDL de países em desenvolvimento. Através dele, países desenvolvidos comprariam créditos de carbono, em tonelada de CO2 equivalente, de países em desenvolvimento responsáveis por tais projetos.

Em Kyoto, a idéia do fundo foi transformada, estabelecendo-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, que consiste na possibilidade de um país que tenha compromisso de redução (Anexo I) adquirir certificados de redução de emissões de gases de efeito estufa em projetos gerados em países em desenvolvimento como

forma de cumprir parte de seus compromissos. A idéia consiste em que um projeto gere certificados de reduções de emissões. Tais projetos devem implicar reduções de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação da mudança do clima.

Verifica-se que o MDL é um mecanismo de significativa contribuição das Partes do não Anexo I para mudar efetivamente a tendência do aquecimento global, entretanto, apesar do Protocolo de Kyoto traçar as características e objetivos básicos, este mecanismo não foi regulamentado, restando às Partes elaborar uma série de regras sobre a implementação dos mesmos, cabendo às Conferências das Partes (COPs) criar condições para o sucesso da sua implementação.

Em contrapartida, empresas podem investir e executar projetos de acordo com o artigo 12 (9) - A participação no mecanismo de desenvolvimento limpo, incluindo as atividades mencionadas no parágrafo 3 (a) e a aquisição de reduções certificadas de emissão, pode envolver entidades privadas e/ou públicas e deve sujeitar-se a qualquer orientação que possa ser dada pelo conselho executivo do mecanismo de desenvolvimento limpo.

O MDL deve cobrir o orçamento administrativo por meio do projeto de renda bruta, e parte desta renda deve ser usada para ajudar países em desenvolvimento que são particularmente vulneráveis aos efeitos adversos de mudança do clima, para que os mesmos alcancem custos de adaptação, conforme o artigo 12 (8).

Permanece em aberto quem é responsável pela certificação de redução de emissões, mas a verificação deve ser feita por órgãos independentes, artigo 12 (7) - A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, em sua primeira sessão, elaborar modalidades e procedimentos com o objetivo de assegurar transparência, eficiência e prestação de contas das atividades de projetos por meio de auditorias e verificações independentes.

As categorias de projetos certificáveis no âmbito do MDL devem, por consenso geral, resultar na redução real de emissões. Além disso, os projetos de redução de emissões a serem certificados devem ser autorizados pelas partes não-Anexo I, de acordo com os critérios nacionais estabelecidos por cada Parte.

A lista de projetos passíveis de certificação deve ser dinâmica e deve dar prioridade para projetos que ofereçam maior certeza quanto às reduções de emissões. Tal lista pode ser expandida progressivamente para incluir outros tipos de projetos à medida que atinjam determinados critérios adotados

A certificação de projetos propriamente dita deve ser atribuída a instituições trabalhando diretamente sob a direção e supervisão rigorosa do Conselho Executivo e deve ter um processo regulatório e de auditoria forte, ser transparente e com credibilidade.

Deve ser solicitado a organizações competentes que proponham a metodologia detalhada de definições de linhas de base e reduções certificáveis. Além do mais, deve-se estabelecer um sistema para acreditar organizações certificadoras, objetivando a emissão de certificados de redução de emissões.

É fundamental para a credibilidade e bom funcionamento do MDL que as regras de credenciamento de instituições e de certificação sejam claras e eficientes, de forma, inclusive, que venham a contribuir para uma minimização dos custos administrativos de tal mecanismo.

Entende-se que os certificados de emissões podem ser apresentados por Partes não-Anexo I ao Secretariado do MDL para colocação no mercado. Assim, deve-se haver grande controle e estabelecimento de diretrizes claras no âmbito interno de cada Parte não-Anexo I em relação aos projetos passíveis de certificação.

2.2.8.4.1 Aspectos sócio-políticos do MDL

O Protocolo de Kyoto, em seu artigo 2º, sugere uma série de políticas e medidas que os países desenvolvidos podem adotar a fim de cumprir com seus compromissos de reduzir as emissões. Estes países podem: estimular a eficiência energética; pesquisar e desenvolver tecnologias ambientais e configurar novas e renováveis fontes de energia; proteger e promover melhorias de sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa; estimular reflorestamentos; promover modelos sustentáveis de agricultura, além de reduzir paulatinamente as imperfeições de

mercado, como subsídios e isenções fiscais em setores emissores de gases de efeito estufa.

O MDL afeta diretamente os países em desenvolvimento, projetos que resultem em reduções certificadas de emissões seriam financiados pelos países desenvolvidos, com os créditos dessas reduções sendo revertidos aos países financiadores. Em contrapartida, os países em desenvolvimento teriam sua inserção no incipiente, mas emergente mercado de créditos de redução de emissão de gases de efeito estufa. Somado a isto, o MDL deverá fomentar a transferência de tecnologia do Norte para o Sul, bem como o “desenvolvimento sustentável” nestes últimos países, ao mesmo tempo em que promove o controle ou redução das emissões de dióxido de carbono.

Espera-se, assim, um fluxo de bilhões de dólares em direção aos países em desenvolvimento, dado os baixos custos encontrados nestes países para as reduções de emissões. A política ambiental interna terá um papel fundamental no sucesso do futuro mercado internacional de quotas de emissões de gases de efeito estufa.

Sem uma avaliação dos atributos que não estão diretamente relacionados à redução de emissões de carbono, há o risco de que o MDL seja apenas um instrumento de redução de custo para países desenvolvidos, legitimados por benefícios ocasionais que podem ou não ser consistentes com as prioridades dos países em desenvolvimento.

O Protocolo de Kyoto incorpora algo que não está escrito na sua origem, mas está implícito em sua base: projetos que são favoráveis à redução de emissões de carbono devem ser favoráveis para a promoção do desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento.

É possível que o MDL, enquanto mecanismo flexibilizador, venha a adquirir grande relevância criando uma situação de ganho global. Isto é, países desenvolvidos poderão ganhar tempo para evitar uma redução antecipada da parte de seus estoques de capital que foi definido pela era dos combustíveis fósseis; ao mesmo tempo em que os países em desenvolvimento terão um claro incentivo para reduzir o desmatamento, promover o reflorestamento e melhorar as práticas agrícolas.

Uma vez que o MDL é o mecanismo do Protocolo de Kyoto que mais interessa aos países em desenvolvimento, passa a ser o que mais interessa também ao empresariado por ser uma excelente perspectiva de negócios.

Segundo Victoria (1994), certamente, no âmbito interno de cada país, haverá intensas discussões quanto aos projetos passíveis de serem submetidos à certificação, envolvendo entidades estatais, organizações não governamentais e a iniciativa privada. Embora seja o Estado quem deva dar as diretrizes desse processo, exatamente de acordo com as suas prioridades de desenvolvimento sustentável.

Constata-se que o MDL será realmente capaz de proporcionar benefícios substanciais para o desenvolvimento sustentável em conformidade com o próprio propósito do mecanismo. Para os países em desenvolvimento, pode ocorrer a preocupação com necessidades econômicas e ambientais imediatas, e a perspectiva de tais benefícios deve proporcionar um forte estímulo para participar da implementação do MDL.

2.2.8.4.2 Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima

Em 07 de julho de 1999 foi "criada a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, com a finalidade de articular as ações de governo decorrentes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e seus instrumentos subsidiários de que o Brasil seja parte".

A Comissão é integrada por representantes dos seguintes Ministérios: Relações Exteriores; Agricultura e do Abastecimento; Transportes; Minas e Energia; Planejamento, Orçamento e Gestão; Meio Ambiente; Ciência e Tecnologia; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e da Casa Civil da Presidência da República.

Aos Ministros de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, caberão respectivamente, a Presidência e a Vice-Presidência da Comissão.

A função de Secretaria-Executiva da Comissão será exercida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia que prestará apoio técnico e administrativo aos trabalhos do

colegiado. Dentre as atribuições da Comissão destacamos a emissão de pareceres e o fornecimento de subsídios para políticas setoriais e posições de governo nas negociações da Convenção.

Compete também definir critérios de elegibilidade adicionais àqueles considerados pelos Organismos da Convenção, encarregados do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (MDL) previsto no Artigo 12 do Protocolo de Kyoto da Convenção conforme estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável.

Caberá ainda a apreciação de pareceres sobre projetos que resultem em redução de emissões e que sejam considerados elegíveis para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL e aprová-los, se for o caso.

A Comissão poderá solicitar colaboração de órgãos públicos e privados e entidades representativas da sociedade civil, trabalhando de forma articulada na realização de suas atribuições.

2.2.8.4.3 Implementação do MDL no Brasil

Há uma série de critérios para reconhecimento desses projetos, como estarem alinhados às premissas de desenvolvimento sustentável do país hospedeiro, definidos por uma Autoridade Nacional Designada - AND. No caso do Brasil, tal autoridade é a Comissão Interministerial de Mudança do Clima. Somente após a aprovação pela Comissão, é que o projeto pode ser submetido à ONU para avaliação e registro.

Os projetos, para serem aprovados, devem atender ao pré-requisito da adicionalidade, o que pressupõe que o projeto não seja a alternativa econômica mais viável, ou seja, fuja do "business-as-usual". Muitas vezes, os projetos que apresentam argumentos que demonstram que estes só se viabilizam caso recebam o aporte de recursos do MDL, têm sido preferidos.

Assim, além de uma redução líquida de emissões significativa, existem outras exigências para que o projeto seja considerado adicional, como uma classificação preliminar referente à data do início de suas atividades, identificação de alternativas

consistentes com a legislação corrente e regulamentação local, análise de investimento, análise de barreiras, análise de práticas comuns e impacto do registro como MDL.

Sob a ótica do desenvolvimento sustentável, no caso do Brasil, a Resolução nº 1 da Comissão Interministerial de Mudança do Clima determina que os projetos a ela submetidos tragam substanciais benefícios ambientais e sociais, garantindo a geração de emprego e renda.

A metodologia a ser utilizada para desenvolvimento, monitoramento e verificação precisa estar previamente avaliada, aprovada e registrada pelo Comitê Executivo do MDL. Isto visa garantir que os projetos sejam desenvolvidos obedecendo tal metodologia, reconhecida previamente pelo Painel Metodológico da ONU.

Para tanto, o projeto deve mostrar que muda toda uma realidade, baseado em cenários de tendências caso este não se implante, o que também é chamado de "linha de base". Uma das principais dificuldades existentes é a falta de pesquisas que subsidiem, tecnicamente, tais linhas de base, e que possibilitem a aprovação de metodologias, necessárias ao desenvolvimento dos projetos.

Outra grande limitação é o custo de transação dos projetos, cujo valor mínimo gira em torno de US\$ 150 mil. Na tentativa de viabilizar o acesso a proponentes de baixa renda, ou mesmo fomentar projetos de menor volume de RCE (Redução Certificada de Emissões), foi aprovada, no âmbito da Convenção, uma modalidade diferenciada para contemplar projetos de pequena escala, com exigências e metodologias simplificadas, no intuito de reduzir os custos de transação, de forma a incentivar o envolvimento de pequenos empresários, através de arranjos associativistas.

O Protocolo de Kyoto, em seu artigo 12.5, estabelece algumas condições básicas para que as reduções de emissões de GEE resultantes de um projeto ou de uma atividade de projeto obtenham Certificado de Redução de Emissões.

Tais condições demonstram que nem todos os projetos que resultem em redução de emissões serão elegíveis, ou seja, para que seja reconhecida a elegibilidade de um projeto o mesmo deve apresentar requisitos básicos para candidatar-se como um projeto de MDL, quais sejam: benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação do clima; reduções de emissões que

sejam adicionais às que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto; participação voluntária e promoção do desenvolvimento sustentável.

Assim, para que os projetos sejam considerados elegíveis é necessário que atendam integralmente as três condições acima mencionadas, estabelecidas no artigo 12, item 5 do Protocolo de Kyoto. Portanto, pode haver projetos que eventualmente apresentem redução de emissões de GEE, porém não promovam o desenvolvimento sustentável, ou vice-versa, o que os torna inelegíveis.

Dentre as áreas de interesse para o desenvolvimento de projetos de MDL, três modalidades podem ser destacadas. Dentre as modalidades, a redução de emissões é a que apresenta a maior facilidade para a identificação de sua linha de base e adicionalidade para aferição de redução de emissões. Outra modalidade é a de emissões evitadas, que são representadas por projetos que aumentam a oferta de energia, utilizando fontes renováveis ou de menor potencial emissor, por fim a modalidade resgate de carbono visa à promoção de seqüestro de CO₂ da atmosfera e o seu aprisionamento em reservatórios biológicos e geológicos.

As recomendações apresentadas em publicações internacionais indicam que existe um grande consenso com relação à importância que deve ser creditada ao setor energético, devido à sua significativa contribuição nas emissões de CO₂, derivadas da queima de combustíveis fósseis, presentes na matriz energética de todas as nações, portanto atividades que favoreçam a redução de consumo destes combustíveis devem ser privilegiadas.

Acredita-se também que os créditos do MDL poderão favorecer, pelo menos em parte, a adoção de alternativas energéticas que atualmente não são financeiramente competitivas em relação aos combustíveis fósseis. Assim, considera-se que, a princípio, os projetos qualificáveis ao MDL deverão estar restritos aos setores que contribuam para aumentar a eficiência energética e para reduzir o consumo de combustíveis com alto teor de carbono, bem como as emissões de GEE.

Os projetos de MDL, bem como os padrões e critérios nacionais de aprovação e os procedimentos de certificação das entidades independentes internacionais, deverão ser submetidos a avaliação de um Conselho Executivo (Executive Board), constituído pela Organização das Nações Unidas - ONU, especificamente, para essa finalidade.

A definição dos critérios elegibilidade depende do consenso internacional no âmbito da Conferência da Partes, porém critérios nacionais estão sendo estabelecidos, tanto pelo governo como pelo empresariado para clarificação do processo de aprovação do país “hóspede”, que será requisito para verificar se o projeto candidato atende às políticas locais e nacionais de desenvolvimento sustentável.

Para que um projeto resulte em reduções certificadas de emissões – RCEs, as atividades de projeto do MDL devem, necessariamente, passar pelas etapas do ciclo do projeto, que são sete: elaboração de documento de concepção de projeto (DCP), usando metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados; validação (verifica se o projeto está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Kyoto); aprovação pela Autoridade Nacional Designada – AND, que no caso do Brasil é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima - CIMGC (verifica a contribuição do projeto para o desenvolvimento sustentável); submissão ao Conselho Executivo para registro; monitoramento; verificação/certificação; e emissão de unidades segundo o acordo de projeto.

A elaboração do Documento de Concepção de Projeto – DCP é a primeira etapa do ciclo. Esse documento deverá incluir, entre outras coisas, a descrição: das atividades de projeto; dos participantes da atividade de projeto; da metodologia da linha de base; das 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.

A etapa final é quando o Conselho Executivo tem certeza de que, cumpridas todas as etapas, as reduções de emissões de gases de efeito estufa decorrentes das atividades de projeto são reais, mensuráveis e de longo prazo e, portanto, podem dar origem a RCEs.

Uma atividade de projeto entra no sistema do MDL quando o seu documento de concepção de projeto (DCP) correspondente é submetido para validação a uma

Entidade Operacional Designada (EOD). Ao completar o ciclo de validação, aprovação e registro, a atividade registrada torna-se efetivamente uma atividade de projeto no âmbito do MDL.

Em 23 de novembro de 2006, um total de 1338 projetos encontrava-se em alguma fase do ciclo de projetos do MDL, sendo 404 já registrados pelo Conselho Executivo do MDL e 934 em outras fases do ciclo. Como pode ser visto nas figuras 1 e 1a, o Brasil ocupa o 2º lugar em número de atividades de projeto, com 197 projetos (15%), sendo que em primeiro lugar encontra-se a Índia com 485 e, em terceiro, a China com 185 projetos.

Em termos de reduções de emissões projetadas, o Brasil ocupa a terceira posição, sendo responsável pela redução de 190 milhões de t CO₂e, o que corresponde a 10% do total mundial, para o primeiro período de obtenção de créditos, que podem ser de no máximo 10 anos para projetos de período fixo ou de 7 anos para projetos de período renovável (os projetos são renováveis por no máximo três períodos de 7 anos dando um total de 21 anos). A China ocupa o primeiro lugar com 675 milhões de t CO₂e a serem reduzidas (35%), seguida pela Índia com 456 milhões de t CO₂e (24%) de emissões projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos.

Dividindo-se as toneladas a serem reduzidas no primeiro período de obtenção de créditos pelo número de anos (7 ou 10) obtém-se uma estimativa anual de redução esperada. No cenário global, o Brasil ocupa a terceira posição entre os países com maiores reduções anuais de emissões de gases de efeito estufa, com uma redução de 25 milhões de t CO₂e/ano, o que é igual a 11% do total mundial, que equivale a 237 milhões de t CO₂e. Em primeiro lugar, encontra-se a China, com 92 milhões de t CO₂e/ano (39%), e, em segundo, a Índia, com redução de 46 milhões de t CO₂e/ano, o que corresponde a quase 20% do total mundial.

Nota-se que o gás carbônico é atualmente o mais relevante, seguido pelo metano (CH₄) e pelo óxido nitroso (N₂O), respectivamente.

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. Sendo o maior número de projetos brasileiros desenvolvidos na área de geração elétrica e de cogeração com biomassa, os quais representam a maioria das

atividades de projeto (53%). No entanto, esses projetos reduzem 24% do total de emissões. Os escopos que mais reduzirão toneladas de CO₂e são os de aterro sanitário e os de redução de N₂O, totalizando 112 milhões de t CO₂e a serem reduzidas no primeiro período de obtenção de créditos, o que representa 61% do total de redução de emissões das atividades de projeto brasileiras.

Na tabela 3, o status atual dos projetos na Autoridade Nacional Designada – AND.

Tabela 3 – Status atual dos projetos na AND brasileira

Projetos aprovados na CIMGC	103
Projetos aprovados com ressalvas na CIMGC	12
Projetos em revisão na CIMGC	14
Projetos submetidos para a próxima reunião da CIMGC	09
Total de projetos na CIMGC	138

Fonte: Status atual das Atividades de Projeto do MDL no Brasil e no Mundo – Ministério da Ciência e Tecnologia

Na tabela 4, tem-se o status atual dos projetos brasileiros no Conselho Executivo do MDL, apresenta quantas atividades de projeto que foram submetidas para registro ou estão registradas pelo Conselho Executivo do MDL.

Tabela 4 – Status atual das atividades de projeto brasileiras no Conselho Executivo do MDL

Projetos brasileiros registrados no Conselho Executivo	76
Projetos brasileiros pedindo registro no Conselho Executivo	11
Total de projetos no Conselho Executivo	87

Fonte: Status atual das Atividades de Projeto do MDL no Brasil e no Mundo – Ministério da Ciência e Tecnologia

Do total de 404 projetos registrados, 76 são projetos brasileiros, estando o Brasil em segundo lugar em número de projetos registrados, sendo primeiro a Índia, com 118 projetos, e em terceiro o México, com 53.

Em termos de oferta de créditos (volume), considerando projetos de MDL e IC, a Índia lidera o ranking, com 31%. O Brasil possui 13% do "share", o restante da Ásia (inclusive China) 14% e o restante da América Latina 22%. A participação da Índia e do restante da Ásia é expressiva por seus projetos de destruição do HFC23, gás cujo potencial de aquecimento global é 11.700 vezes o do CO₂.

Em princípio, dar-se-ia prioridade no Brasil para projetos de: Fontes renováveis de energia; Eficiência e conservação de energia; Reflorestamento e estabelecimento de novas florestas; Outros projetos de redução de emissões, como projetos de aterros sanitários e projetos agropecuários.

Ao longo da história brasileira, o país acabou por adquirir reconhecimento internacional pela utilização de matrizes energéticas mais limpas e renováveis que os outros Estados. Apesar de não ter sido fruto de uma preocupação ambiental, o fato é que a escolha de um abastecimento elétrico predominantemente pautado nos recursos hídricos qualifica positivamente o Brasil no processo de implementação do MDL.

Os projetos com ênfase em melhoria de eficiência energética biomassa, dentre outros, muitas vezes prevêem atividades para um período de 7 de 21 anos, muito embora o primeiro período de compromisso do Protocolo seja de 2008 a 2012. Desta forma, é muito difícil se determinar qual seria o potencial de projetos do mercado de créditos de carbono.

Todo esse contexto, aliado à possibilidade de financiamento internacional e aquisição facilitada de tecnologias mais produtivas e limpas, instiga a busca por práticas inovadoras e modernas, o que resultará em evidentes ganhos de produtividade e competitividade no mercado nacional e internacional.

O leque de opções para alcançar eficiência energética, recursos renováveis, preservação de florestas, reflorestamento e gerenciamento sustentável de florestas, refletem uma vasta variação de viabilidade, custos e riscos, como também níveis e oportunidades.

A despeito das irrefutáveis vantagens, investimentos em eficiência energética continuam sendo uma das melhores opções, levando-se em consideração o custo-benefício para se alcançar significativa redução de emissão de carbono em países industrializados, tal como em países em desenvolvimento.

Outra maneira eficiente, e de baixo custo, para compensar a emissão de carbono na atmosfera é o gerenciamento sustentável das florestas.

O seqüestro e o armazenamento de carbono em florestas oferece às empresas oportunidades de prover um fluxo adicional de receita em suas equações de negócios. Para empresas que operam com o uso intensivo de derivados de carbono,

investimentos em florestas (reflorestamento) representam uma opção de baixo risco e custo para a inclusão em seus portfólios, ser uma empresa ambientalmente correta e conseqüentemente avançando, o seu marketing ecológico, trazendo o reconhecimento da opinião pública quanto a seus esforços.

Investimentos em fundos de reflorestamento-padrão têm alcançado anualmente retorno em excedentes de 14% na década passada, além de serem menos voláteis que o mercado de ações, com sólido retorno em longo prazo. À medida que negócios e consumidores vão ao encontro de recursos ambientalmente corretos, o gerenciamento sustentável das florestas passará a oferecer uma gama de produtos e serviços certificados (selo verde).

É previsto que o comércio global de emissão e redução de carbono dirigido por políticas nacionais e globais é promissor, como o é o Protocolo de Kyoto, que irá chegar a dezenas de bilhões de dólares até 2010. O comércio de carbono pode muito bem passar a ser uma das maiores indústrias do século 21. Estimativas baseadas no potencial do comércio de carbono nos Estados Unidos e Europa indicam que poderá ser avaliado entre 30 e 100 bilhões quando estiver funcionando em sua plenitude.

Pensando adiante, governos e empresas estão se engajando em acordos nos quais áreas florestais são protegidas ou áreas abandonadas são reflorestadas em troca de créditos pela compensação de emissões em suas instalações.

A demanda atual existente no mercado de reflorestamento advinda das indústrias de papel e celulose tem aumentado geometricamente. Mais de cem mil hectares foram plantados pelas empresas de papel e celulose.

Hoje outro mercado em expansão é o das empresas siderúrgicas, que se utilizam, por exemplo, da madeira para alimentar as caldeiras para produzir ferro-gusa. As grandes siderúrgicas atualmente importam carvão da China, porém o impacto ambiental causado pela queima de carvão, lançando toneladas de CO₂ na atmosfera, está sendo revisto pela maioria das empresas que procuram obter o selo verde.

Apesar da limitação quanto ao mercado para sequestro de carbono, as atividades florestais podem se beneficiar de créditos pela substituição de fontes de energia fóssil (carvão mineral) por fonte de energia renovável (carvão vegetal) em siderurgias. Outra possibilidade seria o uso dos resíduos de serrarias para geração de

energia por biomassa, já que a eficiência do aproveitamento da madeira é de cerca de 50%.

A exemplo disto um projeto para produzir ferro-gusa com carvão vegetal proveniente de florestas renováveis certificadas. O projeto substituirá carvão mineral por carvão vegetal, estocando carbono em árvores e fixando-o no ferro-gusa.

Uma das grandes oportunidades para a agroenergia é a geração de energia a partir de resíduos ou co-produtos. Os projetos de co-geração a partir do bagaço da cana, por exemplo, geram créditos e estão sendo implementados. Por ter metodologia já aprovada, espera-se que um grande número de projetos sejam apresentados. Isto abre margem para outras oportunidades, como o aproveitamento de palha de arroz, resíduos da indústria madeireira, entre outros.

O manejo de dejetos animais, para aproveitamento do gás metano para geração de energia, é uma atividade com grande potencial, especialmente por já existir metodologia aprovada. Alguns projetos já estão sendo implementados, em análise pela Comissão Interministerial, que deverão servir como piloto, beneficiando diretamente os produtores rurais.

Por se apresentar como um programa de governo, que tem uma série de barreiras técnicas e de viabilidade econômica a serem transpostas, o biodiesel possui grande potencial, especialmente quando se pensa em substituição de fonte energética. Outro fator positivo são os benefícios sociais, amplamente contemplada neste programa.

Oportunidades indiretas, decorrentes das exigências do Protocolo de Kyoto, devem ser também consideradas. A exemplo disso, o Japão, em um esforço para reduzir suas emissões, autorizou a mistura de 3% de álcool em sua gasolina, o que abre um mercado grande às exportações brasileiras de etanol.

O uso da biomassa para sequestro de carbono é ponto pacífico, sendo que o IPCC estima que entre 60 e 87 bilhões de toneladas de carbono poderão ser estocadas em florestas, entre 1990 e 2050, equivalendo a 12-15% das emissões por combustíveis fósseis, no mesmo período.

Para que a biomassa possa, efetivamente, atender as expectativas de mitigar os impactos dos combustíveis fósseis no ambiente, algumas condições necessitam ser

preenchidas, como: produção sustentável de matéria prima e uso dos recursos energéticos de forma a resultar em uma produção neutra de CO₂; sequestro e fixação do carbono por longos períodos, inclusive após a vida útil do vegetal (ex. produção de móveis de madeira); substituição direta de combustíveis fósseis, como é o caso do etanol e dos biocombustíveis derivados de óleos vegetais.

Portanto, os benefícios gerados pela produção de biodiesel no Brasil podem ser convertidos em vantagens econômicas, pelo acordo estabelecido no Protocolo de Kyoto e nas diretrizes do MDL. O ganho decorrente da redução da emissão de CO₂, por queimar um combustível mais limpo, pode ser estimado em cerca de 2,5 toneladas de CO₂ por tonelada de biodiesel.

No Brasil, tanto o setor de reflorestamento (seqüestro de carbono) quanto o setor de energia apresentam oportunidades para tais projetos. As oportunidades de reflorestamento oferecem enorme potencial devido aos vastos recursos florestais e a atual tendência de emissões associada ao desmatamento. As opções possíveis de reflorestamento vão depender de quão lucrativas elas serão, ou seja, da viabilidade econômica no mercado internacional para os certificados.

No setor energético, há uma gama de projetos para a geração de energia por meio de fontes renováveis e alternativas de co-geração, objetivando-se assim a redução da utilização dos combustíveis fósseis, principal agente no agravamento do efeito estufa.

Fundamental esclarecer que a posição brasileira é contra a consideração de conservação de florestas (ou florestas manejadas na linguagem usada na Convenção) como uma das atividades possíveis de serem submetidas à certificação pelo MDL, tendo em vista que não contribuem para a mitigação da mudança do clima.

O argumento em favor de conservação de florestas pode ser desdobrado em várias lógicas diferentes: evita futuros desmatamentos; contribui para a preservação dos mananciais hídricos; contribui para a preservação e desenvolvimento de biodiversidade e permite a criação de atividades e, conseqüentemente, emprego e remuneração para comunidade isoladas, em especial povos indígenas. Todos estes argumentos têm mérito por si só. Entretanto, sob o ponto de vista estrito da atmosfera, ou ainda da Convenção do Clima, o fato de se conservar uma floresta existente não

contribui para mitigar o efeito estufa, ou em outras palavras, tornar a mudança do clima menos severa. Não há variação na concentração de nenhum gás de efeito estufa na atmosfera pelo simples fato de cercar uma floresta e, supostamente, impedir que ela seja devastada.

Quanto ao argumento que ao se proteger a floresta estar-se-ia evitando eventuais futuros desmatamentos e, portanto, estar-se-ia reduzindo emissões potenciais futuras deve-se lembrar que não há como garantir que devido à proteção da floresta o desmatamento não ocorrerá no futuro ou, ainda que, haveria desmatamento durante o período de proteção da floresta subentendido no período subjacente ao projeto.

Ainda em relação à conservação de florestas há quatro importantes aspectos a se considerar:

1. De acordo com o Artigo 4, parágrafo 1 da Convenção sobre Mudança do Clima todos os países signatários têm o compromisso "promover a gestão sustentável, bem como promover e cooperar na conservação e fortalecimento, conforme o caso de sumidouros e reservatórios de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, incluindo a biomassa, as florestas e os oceanos, como também outros ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos". De acordo com a Convenção a conservação ou proteção de florestas já é uma obrigação dos países;

2. Uma vez que do ponto de vista da atmosfera não há absorção de carbono pelo fato de cercarmos uma floresta, a eventual elegibilidade de um projeto deste tipo ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo exigiria a certificação de redução de emissões hipotéticas (eventual desmatamento futuro), ou seja, a certificação referir-se-ia a uma linha de base hipotética de desmatamento futuro. Portanto, não se estaria certificando nenhum seqüestro real de carbono, mas seqüestros hipotéticos futuros. Além do mais, como podemos afirmar que esta é uma atividade antrópica para mitigação quando os gastos para manter este possível sumidouro resumem-se a cercar uma área?

3. O Protocolo de Kyoto tem como referência, para o estabelecimento das metas acordadas de redução, as emissões antrópicas líquidas de gases de efeito estufa de 1990. O fato de considerarmos como candidatos a projetos de redução de

emissões "conservação de florestas" implica que estamos considerando, além de atividades antrópicas, reduções hipotéticas de emissões no caso de conservação de florestas tropicais nativas ou sumidouros naturais no caso de florestas boreais.

A meta estabelecida em Kyoto de redução de 5% sobre os níveis de emissão antrópica de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal em 1990 dos Países do Anexo I da Convenção, considerando que o nível de emissão dos países do Anexo I projetado para 2010 corresponde a cerca de 15% acima dos níveis de 1990 corresponderá a um esforço de redução de emissões líquidas da ordem de 900 milhões de tC/ano. Em decorrência destes números, a consideração de sumidouros naturais ou reduções hipotéticas como parte dos mecanismos de flexibilização do Protocolo implica tornar nulo para todos os efeitos o Protocolo de Kyoto, pois as possíveis atividades de sumidouro caso considerem as florestas nativas serão de magnitude pelo menos duas vezes maior que as metas de redução acordadas em Kyoto.

4. Não há como se garantir que um projeto de preservação de florestas evite o desflorestamento. Primeiramente, seria necessária uma rigorosa fiscalização da área, e, ainda que isso seja feito de forma eficiente, é uma tarefa praticamente impossível evitar queimadas, tanto provocadas pelo homem, quanto por causas naturais. Além do mais, ainda que se consiga preservar uma área, não se pode garantir que o entorno da mesma seja desmatado, sendo que este entorno pode, inclusive, envolver países vizinhos.

Portanto, o governo brasileiro não é contra que florestas sejam consideradas como atividades que contribuem para tornar a mudança de clima menos severa. Há diversas situações diferentes a considerar. Entretanto, projetos que impliquem considerar florestas nativas (seja mediante o propósito de manejo ou conservação), mas que não contribuam para a redução da concentração de CO₂ da atmosfera não devem ser permitidos ou elegíveis nos mecanismo sob o Protocolo, mesmo que, sob diversos pontos de vistas, estes projetos tenham mérito. Este mérito, conforme o caso, deve ser avaliado e reconhecido em cada foro em que seja pertinente e não no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Assim, para o estabelecimento de critérios de elegibilidade de projetos passíveis de certificação no âmbito do MDL, necessário é que haja uma compatibilização das prioridades nacionais de desenvolvimento com a visão de uma real mitigação da mudança do clima.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aquecimento global atual, decorrente da emissão de gases de efeito estufa por fontes antrópicas, é algo que tem trazido grande preocupação à sociedade, principalmente dentro de cenários que configuram demanda crescente de energia, e o presente desenvolvimento tecnológico da humanidade não permite supor que esta demanda ocorrerá em fontes energéticas que não sejam essencialmente de natureza não-renovável.

Modelos matemáticos globais, principalmente em relação à composição gasosa da atmosfera, mostram que o padrão atual das emissões de gases de efeito estufa dos países desenvolvidos e em desenvolvimento poderá causar grande impacto sobre a economia em virtude da adaptação do meio natural diante da alteração no padrão de temperatura do planeta.

A falta de ação pelas sociedades atuais nos diversos países penalizará as gerações futuras. Visto de outro modo, as ações de mitigação que hoje se exigem, beneficiando as sociedades futuras, em certo grau, penalizam as sociedades atuais.

Deve-se ressaltar que o problema de mudanças climáticas está mais presente nas sociedades dos países que já atingiram um nível de conscientização que permite que questões globais tenham alta prioridade em sua agenda política.

São as emissões históricas que, acumuladas na atmosfera desde a revolução industrial, determinam o aumento da temperatura e, portanto, a responsabilidade dos países industrializados no aumento do efeito estufa é preponderante.

Também é observado que a maior parcela das emissões globais, históricas e atuais de gases de efeito estufa é originária dos países desenvolvidos, que as emissões *per capita* dos países em desenvolvimento ainda são relativamente baixas e que a parcela de emissões globais originárias dos países em desenvolvimento crescerá para que eles possam satisfazer suas necessidades sociais e de desenvolvimento.

Os Estados Unidos são os maiores responsáveis, juntamente com os demais países industrializados, pelas emissões de gases de efeito estufa e conseqüentemente pelo aquecimento global.

A responsabilidade é diferenciada porque alguns países são mais responsáveis pela causa do aquecimento global do que outros. Isso ocorre devido a diferenças de tamanho, população e nível de desenvolvimento; em outras palavras, ao nível de interferência antrópica no sistema climático.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas, está baseada no princípio da responsabilidade comum, mas diferenciada. O preâmbulo da Convenção sobre Mudança do Clima reconhece que "mudança do clima da Terra e seus efeitos negativos são uma preocupação comum da humanidade" e que "a natureza global da mudança do clima requer a maior cooperação possível de todos os países e sua participação em uma resposta internacional efetiva e apropriada, conforme suas responsabilidades comuns, mas diferenciadas e respectivas capacidades e condições sociais e econômicas".

Em conformidade com suas responsabilidades comuns, mas diferenciadas, a maioria dos países desenvolvidos reconhecem e assumiram voluntariamente na Convenção que devem tomar a iniciativa no combate à mudança do clima e a seus efeitos adversos.

A Convenção do Clima também reconhece que "o grau de efetivo cumprimento dos compromissos assumidos sob esta Convenção pelas Partes países em desenvolvimento, dependerá do cumprimento efetivo dos compromissos assumidos sob esta Convenção pelas Partes países desenvolvidos, no que se refere a recursos financeiros e transferência de tecnologia, e levará plenamente em conta o fato de que o desenvolvimento econômico e social e a erradicação da pobreza são as prioridades primordiais e absolutas das Partes países em desenvolvimento".

Em suma, há ainda muitas incertezas e muito a ser feito. Debates entre os países são necessários e estarão acontecendo em todo o mundo. As visões e sugestões de cada um são preciosas para a construção de diretrizes claras e eficazes. Afinal, o não estabelecimento de critérios representaria um pesado ônus para o meio ambiente, não se esquecendo de suas implicações econômicas e sociais.

O Protocolo de Kyoto sugere uma série de políticas e medidas que os países desenvolvidos podem adotar a fim de cumprir com seus compromissos de reduzir as emissões. Estes países podem: estimular a eficiência energética; pesquisar e

desenvolver tecnologias ambientais e configurar novas e renováveis fontes de energia; proteger e promover melhorias de sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa; estimular reflorestamentos; promover modelos sustentáveis de agricultura, além de reduzir paulatinamente as imperfeições de mercado, como subsídios e isenções fiscais em setores emissores de gases de efeito estufa. Para tanto, propõe a utilização de mecanismos provenientes das negociações entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Propõe, também, a utilização de instrumentos de mercado como meio de obter um maior controle das emissões de gases de efeito estufa.

Dentre esses mecanismos, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) afeta diretamente os países em desenvolvimento. Projetos que resultem em reduções certificadas de emissões seriam financiados pelos países desenvolvidos, com os créditos dessas reduções sendo revertidos aos países financiadores.

No caso do Brasil, o que nos interessa é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, por ser o único mecanismo que admite a participação voluntária de países em desenvolvimento. O MDL permite a certificação de projetos de redução de emissões nos países em desenvolvimento e a posterior venda das reduções certificadas de emissão, para serem utilizadas pelos países desenvolvidos como modo suplementar para cumprirem suas metas. Esse mecanismo deve implicar em reduções de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação da mudança do clima.

Somado a isto, o MDL deverá fomentar a transferência de tecnologia dos países desenvolvidos para os em desenvolvimento, bem como o “desenvolvimento sustentável” nestes últimos países, ao mesmo tempo em que promove o controle ou redução das emissões de dióxido de carbono.

Faz-se necessário avaliar quanto de desenvolvimento sustentável os projetos de MDL propostos podem gerar, uma vez que o Protocolo de Kyoto incorpora algo que não está escrito, mas está implícito em sua base: projetos que são favoráveis à redução de emissões de carbono devem ser favoráveis para a promoção do desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento.

É possível que o MDL, enquanto mecanismo flexibilizador, venha a adquirir grande relevância criando uma situação de ganho global. Isto é, países desenvolvidos poderão ganhar tempo para evitar uma redução antecipada da parte de seus estoques de capital que foi definido pela era dos combustíveis fósseis, ao mesmo tempo em que os países em desenvolvimento terão um claro incentivo para reduzir o desmatamento, promover o reflorestamento e melhorar as práticas agrícolas.

Projetos de MDL nos países Brasil, China e Índia, oferecem uma grande quantidade de benefícios em relação ao desenvolvimento sustentável. Isso inclui benefícios ambientais como água e ar mais limpos, redução do desmatamento, conservação do solo, proteção da biodiversidade, e benefícios sociais como desenvolvimento rural, geração de empregos e diminuição da pobreza.

O Programa de Mudanças Climáticas no Brasil apóia o desenvolvimento de informações científicas relativas à emissão de gases de efeito estufa para subsidiar a definição da política de atuação em mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, A.C.; NOBRE, A.D.; KRUIJTZ, B.; CULD, A.D.; STEFANI, J.; DALLAROSA, E.; C.AUSTIN, D.; FAETH, P. **Financing sustainable development with the clean development mechanism**. Washington, DC: World Resource Institute, 2000. 139 p.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M.D.S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Brazil's soil carbon stocks. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, n. 3, p. 888-896, 2002.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climática - um guia para iniciantes**. Relatório do IPCC. Protocolo de Kyoto - Notícias - A participação brasileira - quadro de notícias. Disponível em: < <http://www.mct.gov.br/clima>>. Acesso em: 26 ago. 2005.

BROWN, I.F.; MARTINELLI, L.A.; WAYT THOMAS, W.; MOREIRA, M.Z.; FERREIRA, C.A.; VICTORIA, R.L. Uncertainty in the biomass of Amazonian forest: an example from Rondônia, Brasil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 75, p. 175-189, 1995.

CHAMBERS, J.Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J.; FERREIRA, L.V.; MELACK, J.M. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of central Amazon. **Oecologia**. Berlin, v. 122, n. 3, p. 380-388, 2000.

CLARK, D.A.; CLARK, D.B. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in Costa Rica tropical rain forest. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 82, p. 865-872, 1994.

CONDIT, R.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R.B. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. **Ecological Monographs**, Durham, v. 65, p. 419-439, 1995.

COX, P.M.; BETTS, R.A.; JONES, C.D.; SPALL, S.A.; TOTTERDELL, I.J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, London, n. 408, p. 184-187, 2000.

DIXON, R.K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R.A.; SOLOMON, A.M.; TREXLER, M.C.; WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. **Science**, London, v.263, n. 5144, p. 185-190, 1994.

FAN, S.; GLOOR, M.; MAHLMAN, J.; PACALA, S.; SARMIENTO, J.; TAKAHASHI, T.; TANS, P. A large terrestrial carbon sink in north America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. **Science**, London, v. 82, p. 442-446, 1998.

FEARNSIDE, P.M. Biomass of Brazil's Amazonian Forests: reply to Brown and Lugo revisited. **Interciencia**, Caracas, v. 18, p. 5-7, 1993.

FIELD, C.B.; BEHRENFELD, M.J.; RANDERSON, J.T.; FALKOWSKI, P. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. **Science**, London, v. 281, p. 147-153, 1998.

GOLDEMBERG, J. **O CDM e o mecanismo de flexibilidade implementação conjunta (JI)/atividades implementadas conjuntamente (AIJ)**. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. 78 p.

GOULDEN, M.L.; MILLER, S. ; ROCHA, H.R.; MENTON, M.; FREITAS, H. Diel and seasonal patterns of tropical forest CO₂ exchange. **Ecological Applications**, Washington , v.14, n. 4, p. S42-S54, Aug. 2004.

GRACE, J. Understanding and managing the global carbon cycle. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 92, p. 189-202, 2004.

GRACE, J.; MALHI, Y., HIGUCHI, N.; MEIR, P. Productivity of tropical rain forest. In: ROY, J.; SAUGIER, B.; MOONEY, H.A. (Ed.). **Terrestrial global productivity**. Boston: Academic Press, 2001. p. 401-426.

GRACE, J.; LLOYD, J.; MCINTYRE, J.; MIRANDA, A.; MEIR, P.; MIRANDA, H.; NOBRE, C.A.; MONCRIEFF, J.; MASSHEDER, J.; MALHI, Y.; WRIGHT, I.; GASH, J. Carbon dioxide uptake by an undisturbed tropical rain forest in southwest Amazonia, 1992 to 1993", **Science**, Washington , v. 270, n. 5237, p. 778-780, 2002.

HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L.; NOBRE, C.A.; HACKLER, J.L.; LAWRENCE, K.T.; CHOMENTOWSKI, W.H. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, London, v. 403, p. 301-304, 2000.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Land use, land use change and forestry special report**. Summary for policymakers. Montreal, 2000.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: synthesis report**. Contribution of working group I, II, and III to the third assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2001a. p. 123-234.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: synthesis report**. Contribution of working group I, II, and III to the third assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2001b. p. 2231-2345.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Synthesis report**. Geneva, 2001c. 184 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2000**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 14 jan. 2004.

JANSSEN, J. **Self-enforcement of joint implementation and clean development mechanism contracts**. Fondazione Eni Enrico Mattei. (Working Paper, 1499).

Disponível em: < <http://papers.ssrn.com>> Acesso em: 15 maio 2006.

KEELING, C.D.; CHIN, J.F.S.; WHORF, T.P. Increased activity of northern vegetation inferred from atmospheric CO₂ measurements. **Nature**, London, n. 382, p. 146-148, 1996.

KEELING, C.D.; WHORF, T.P.; WAHLENM.; VAN DER PLICHT, J. Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980. **Nature**, London, v. 375, p. 666-670, 1995.

KELLER, M.; JERRY M.; WILLIAM, Z.M. Trace gas emissions from ecosystems of the Amazon basin. **Environmental Impact**, London, v. 49 n. 1/2, p. 87-97, Jan./Apr. 1997.

KELLER, M.; PALACE, M.; HURTT, G. Biomass estimation in the Tapajós National Forest, Brazil. Examination of sampling and allometric uncertainties. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 154, n. 3, p. 371-382, 2001.

KELLER, M.; CLARK, D.A.; CLARK, D.B.; WEITZ E. E. Veldkamp. If a tree falls in the forest. **Science**, London, v. 273, p. 201, 1996.

KRUIJT, B.; ELBERS, J.A.; VON RANDOW, C.; ARAUJO, A.C.; OLIVEIRA, P.J. **The large scale biosphere-atmosphere experiment in Amazonia (LBA)**. Cachoeira Paulista: CPTEC; INPE, 1998. p. 234-678.

LACHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 532 p.

LUGO, A.E.; BROWN, S. Tropical forest as sink of atmospheric carbon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 54, p. 239-255, 1992.

MALHI, Y.; MEIR, P.; BROWN, S. Forests, carbon and global climate. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series A, London, v. 360, n. 1797, p. 1567-1591, 2002.

MALHI, Y.; NOBRE, A.D.; GRACE, J.; KRUIJT, P.; PEREIRA, M.G.; CULF, A.D.; SCOTT, S. Carbon dioxide transfer over amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 103, n. 31, p. 593, 1998.

MELILLO, J.M.; MCGUIRE, A.D.; KICKLIGHTER, D.W.; MOORE, B.; VOROSMARTY, C.J.; SCHLOSS, A.L. Global climate-change and terrestrial net primary production. **Nature**, London, v. 363, p. 234-240, 1993.

MILLER, S.D.; GOULDEN, M.L.; ROCHA, H.R.; MENTON, M.C.; FREITAS, H.C. Annual CO₂ exchange by a tropical forest. **Ecological Applications**, Washington, v. 13, p. 127-141, 2003

MOREIRA, A.G.; SCHWARTZMAN, S. **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros**. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000. 342 p.

NEPSTAD, D.C. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian Forests and pasture. **Nature**, London, v. 372, p. 69-72, Dec.1994.

NEPSTAD, D.C.; CARVALHO, C.R.; DAVIDSON, E.A.; JIPP, P.H.; LEFEBVRE, P.A.; NEGREIROS, G.H.; SILVA, E.D.; STONE, T.A.; TRUMBORE, S.E.; VIEIRA, S. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian Forests and pastures. **Nature**, London, v. 372, p. 666 - 669, 1994.

NEPSTAD, D.C.; VERISSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.A.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDONZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, E V. Large scale impoverishment of amazonian forests by logging and fire. **Nature**, London, v. 398, n. 6727, p. 505-508, 1999.

NEPSTAD, D.C.; MOUTINHO, P.; DIAS, M.B.; DAVIDSON, E.; CARDINOT, G. MARKEWITZ, D.; FIGUEIREDO, R.; VIANNA, N.; CHAMBERS, J.; RAY, D.; GUERREIROS, J.B.; LEFEBVRE, P.; STERNBERG, L.; MOREIRA, M.; BARROS, L.; ISHIDA, F.Y.; TOHLVER, I.; BELK, E.; KALIF, K.; SCHWALBE, K. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of an Amazon Forest. **Journal of Geophysical Research- Section d, atmospheres**, Washington, v. 107, n. D20, p. 8085, 2002.

NIINEMETS, U.; KULL, O.; TENHUNEN, J.D. Variability in leaf morphology and chemical composition as a function of canopy light environment in coexisting deciduous trees. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, n. 160, p. 837-848, 1999.

NOBRE, C.A.; NOBRE, A.D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 123-178, 2002.

NOBRE, C.A.; SELLERS P.J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**, Boston, v. 4, p. 957-987, 1991.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, Boston, v. 9, p. 2464-2479, 1996.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983. 434 p.

OMETTO, J.P.H.B.; NOBRE, A.D.; ROCHA, H.R.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L.A. Amazonia and the modern carbon cycle: lessons learned. **Oecologia**, Berlin, v. 145, p. 1-18, 2005.

OMETTO, J.P.H.B.; FLANAGAN, L.B.; MARTINELLI, L.A. MOREIRA, M.Z.; HIGUCHI, N.; EHLERINGER, J.R. Carbon Isotope discrimination in forest and pasture ecosystems of the Amazon Basin, Brazil. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 16, n. 4, p. 1109, 2003.

PETIT, J.R. Climate and atmospheric history of the past 420.000 years from the Vostok ice core, Antartida. **Nature**, London, v. 399, n. 6735, p. 429-436, June 1999.

PHILLIPS, O.L.; MALHI, Y.; HIGUCHI, N.; LAURENCE, W.F.; NÚÑEZ, P.V.; VÁSQUEZ, R.M.; LAURENCE, S.G.; FERREIRA, L.V.; STERN, M.; BROWN, S.; GRACE, J. Change in the carbon balance of tropical forest: Evidence from long-term plots. **Science**, London, v. 282, p. 439-442, 1998.

PHILLIPS, O.L.; MALHI, Y.; VINCETI, B.; BAKER, T.; LEWIS, S.L.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W.F.; VARGAS, P.N.; MARTINEZ, R.V.; LAURANCE, S.; FERREIRA, L.V.; STERN, M.; BROWN, S.; GRACE, J. Changes in growth of tropical forests: Evaluating potential biases. **Ecological Applications**, Ithaca, v. 12, n. 2, p. 576-587, 2002.

PRENTICE, I.C.; FARQUAR, G.D.; FASHAM, M.J.R.; GOULDEN, M.L.; HEIMAN, M.; JARAMILLO, V.J.; KHESHG, H.S.; LE QUÉRÉ, I.C.; SCHOLLES, R.J.; WALLACE, D.W. R. The carbon cycle and the atmospheric carbon dioxide. In: HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P.J.; DAÍ, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, E.C.A. (Ed.). **Climate change 2001: the scientific basis, contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

ROCHA, H.R. Surface control on cloud formation and dynamics. In: CONFERÊNCIA CIENTÍFICA DO PROJETO LBA, 2., 2002, Manaus.

ROCHA, H.R.; NOBRE, C.A.; BONATTI, J.P.; WRIGTH, I.R.; SELLERS, P.J. A vegetation-atmospheric interaction study for Amazonian deforestation using field data and a single column model. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, London, n. 122, p. 567-598, 1996.

ROCHA, H.R.; FREITAS, H.C.; ROSOLEM, R.; JUÁREZ, R.I.N.; TANNUS, R.N.; LIGO, M.A.; CABRAL, O.M.R.; SILVA DIAS, M.A.F. Measurements of CO₂ exchange over a woodland savanna (Cerrado Sensu stricto) in southeast Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v.2, n.1, p. 202-232, 2002.

ROY, J.; SAUGIER, B. Terrestrial primary productivity: definitions and milestones In: ROY, J.; SAUGIER, B.; MOONEY, H.A. (Ed.). **Terrestrial global productivity**. Boston: Academic Press, 2001. p. 1-6.

SAUGIER, B.; ROY, J.; MOONEY, H.A. Estimation of global terrestrial productivity: converging toward a single number ?. In: ROY, J.; SAUGIER, B.; MOONEY, H.A. (Ed.). **Terrestrial global productivity**, Boston: Academic Press, 2001. p. 543-557.

SCHIMEL, D.J.; TIAN, H.; MCGUIRE, A.D.; KICKLIGHTER, D.; KITTEL, T.; ROSENBLOOM, N.; RUNNING, S.; THORNTON, P.; OJIMA, D.; PARTON, W.; KELLY, R.; SYKES, M.; NEILSON, R.; RIZZO, E. B. Contribution of increasing co₂ and climate to carbon storage by ecosystems in the United States. **Science**, London, v. 287, p. 2004-2006, 2000.

SCHIMEL, D.S. Terrestrial ecosystems and carbon cycle. **Global Change Biology**, Oxford, v. 1, p. 77-91, 1995.

SCHROEDER, P. Storage potencial of C in short rotation of tropical tree plantations. **Forest Ecology and Management**, Amstserdan, v. 50, n. 1/2, p. 31-41, 1992.

SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. **Regional climate change and amazonian "physiological controls on tropical forest co₂ exchange**. Disponivel em: http://www.lbaconferencia.org/cgibin/brasil/bsb_ab_search.pl?action=7&eng_flag. Acesso em: 21 ago. 2005.

SELLERS, P.J.; COLLATZ, J.G.; WRIGHT, I.R.; GRACE J. Calibration and use of the SiB2 model to estimate water vapour and carbon exchange in the Abracos' forest sites. In: GASH, J.C.H.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M.; VICTORIA, R. **Amazonian deforestation and climate**. Chechester: John Wiley, 1996. p. 459-472.

SELLERS, P.J.; RANDALL, D.A.; COLLATZ, C.J.; BERRY, J.A.; FIELD, C.B.; DALZICH, D.A.; ZHANG, C.; COLLELO, G.D. A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs, Part I: Model formulation. **Journal of Climate**, Boston, v. 9, p. 676-705, 1996.

TIAN, H.Q.; MELILLO, J.M.; KICKLIGHTER, E.D.W. Effect of interannual climate variability on carbon storage in amazonian ecosystems. **Nature**, London, n. 396, p. 664-667, 1998.

VETTER, R.E.; BOTOSSO, P.C. El Niño may affect growth behaviour of Amazonian tree. **GeoJournal**, Dordrecht, v. 19, p. 419-421, 1989.

VICTORIA, R.L.; MARTINELLI, L.A.; MOREIRA, M. Z.; SALATI, E. O ciclo do carbono e sua importância nas mudanças climáticas globais. In: WORKSHOP EMISSÃO VERSUS SEQUESTRO DE CO₂: UMA NOVA OPOTUNIDADE DE NEGÓCIO PARA O BRASIL – CVRD/FBDS, 1994, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Campus, 1994. p. 65-78.

VITOUSEK, P.M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J.M. Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, London, n. 277, p. 494-499, 1997.

WILLIAMSON, G.B.; LAURENCE, W.F.; OLIVEIRA, A.A.; DELAMONICA, P.; GASCON, C.; LOVEJOY, T.E.; POHL, L. Amazonian tree mortality during the 1997 El Nino drought. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 14, p. 1538-1542, 2000.

GLOSSÁRIO

abiótico. Sem vida; termo aplicado geralmente às características físicas dos ecossistemas, como umidade, nutrientes, solos, radiação solar, etc.

Ad hoc Group on the Berlin Mandate - AGBM. Grupo de especialistas estabelecido em 1995 na COP-1, em Berlim, para negociar e acompanhar a implementação de todos os acordos negociados pelos países desenvolvidos.

adaptação. Mudanças evolucionárias (modificações genéticas) que permitem às populações viver melhor nas condições ambientais prevalentes. As adaptações são mudanças na estrutura, na função ou no comportamento de populações, que ocorrem no decorrer de um longo período — mais de uma geração.

adicionalidade. Sob o ângulo da redução de emissões de GEE, em projeto de MDL, a adicionalidade é a redução efetiva de emissões decorrente da implementação do projeto (está diretamente relacionada com a linha de base).

aerossol. Suspensão de partículas ultramicroscópicas, líquidas ou gasosas, maiores que uma molécula e suficientemente pequenas para permanecer suspensas na atmosfera. Aerossóis podem também originar-se de atividades humanas e, neste caso, são freqüentemente considerados poluentes. Os gases sob pressão são aplicados numa variedade de substâncias como aerossóis, desde tintas e inseticidas em spray até medicamentos contra asma. O uso de clorofluorcarbonos (CFCs) como propulsores em latas de aerossol foi relacionado com a destruição da camada de ozônio protetora da Terra.

Alliance of Small Island States - AOSIS. A Aliança dos Pequenos Países Ilhas é uma coalizão de países baixos e ilhas. É formada por 42 países, entre membros e observadores, que são particularmente vulneráveis ao aumento do nível do mar e dividem posições comuns no que tange a mudanças climáticas.

ambiente. Conjunto de condições que envolvem e sustentam os seres vivos na biosfera, como um todo ou em parte desta, abrangendo elementos do clima, do solo, da água e de organismos.

análise de risco. Identificação de perigos e avaliação da natureza e da gravidade (especialmente, de custos econômicos) dos riscos a ele associados. Essas informações são usadas para determinar opções e tomar decisões sobre a redução ou eliminação dos riscos e para informar o público sobre estes. Também chamada de avaliação de risco.

antrópico. Ação originada pelo ser humano.

Aquecimento Global (global warming). Aumento na temperatura da superfície próxima à Terra. O aquecimento global ocorreu em épocas remotas como resultado de influências naturais. Atualmente, o termo é utilizado para referir-se ao provável

aquecimento devido ao aumento das emissões de gases de efeito estufa. Quase todos os cientistas concordam que a superfície da Terra tem-se aquecido 0,1 °C a cada dez anos. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) recentemente concluiu que o aumento da concentração dos gases do efeito estufa está provocando um aumento na temperatura da superfície da Terra.

Atividades Implementadas Conjuntamente (Activities Implemented Jointly - AIJ). Denominação dada à fase-piloto internacional do Joint Implementation (JI), é uma modalidade de implementação conjunta de projetos de redução de emissões de GEE, introduzida na COP-1. Está sendo implementado sob o conceito de cooperação internacional entre as Partes da Convenção, no sentido de estabilizar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, porém sem o direito ao crédito de emissões de carbono, incluindo, ainda, a cooperação aos países não compromissados com limites de redução de emissões.

atmosfera. Camada de gás que envolve o planeta. Excluindo o vapor de água, a atmosfera da Terra consiste, por volume, em 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, 9% de argônio, 0,035% de dióxido de carbono (este nível está aumentando) e quantidades mínimas de outros gases (inclusive o neon, o criptônio, o hélio e os poluentes do ar). O vapor de água pode constituir até 3%, dependendo da umidade e da temperatura relativas da atmosfera.

biomassa. Material orgânico, não fóssil, de origem biológica; por exemplo, árvores e vegetais são biomassa.

biosfera. Parte do planeta capaz de sustentar a vida. Vai desde elevações de aproximadamente 10.000 metros acima do nível do mar até o fundo do oceano, e algumas centenas de metros abaixo da superfície da Terra. A biosfera consiste na hidrosfera, a atmosfera mais baixa (troposfera), e na superfície da litosfera, que são habitadas por organismos metabolicamente ativos.

biota. 1) A flora e a fauna de uma região ou períodos específicos. 2) Reunião total de organismos na biosfera.

biotecnologia. Uso da ciência aplicada para produzir organismos vivos com características particulares, especialmente pela manipulação de material genético diferente. A biotecnologia vai da inseminação artificial à Engenharia Genética.

biótico. Referente aos organismos vivos ou produzidos por eles, como os fatores ambientais criados pelas plantas ou microorganismos.

bolhas. Refere-se a uma modalidade convencional de mecanismo de flexibilização considerado para países industrializados. Consiste em tratar em conjunto a redução de emissões geradas por um agrupamento de fontes numa determinada área. Funciona como se uma bolha gigante envolvesse várias fontes de emissão a fim de contê-las numa área comum. Os países integrantes da "bolha" estabelecem um limite de redução

que pode ser diferenciado entre cada país. Uma vez constituída a “bolha”, os compromissos assumidos deverão ser mantidos por seus componentes.

Bureau. Responsável pela direção do trabalho da COP. Os seus dez membros são delegados eleitos por cada um dos cinco grupos regionais, os quais incluem o Presidente da COP, seis Vice-Presidentes, Presidentes da SBI e SBSTA e um rapporteur. Além disso, cada órgão subsidiário possui seu próprio Bureau.

camada de ozônio. Nome comum da ozonoesfera da Terra.

carbono (C). Elemento não metálico com massa atômica 12,01 e número atômico 6. É encontrado em todos os compostos orgânicos, e é o único elemento cujos compostos são considerados um ramo completo da química. O carbono puro existe em duas formas diferentes, o diamante e o grafite, e em numerosas formas não cristalinas como no carvão vegetal e no negro de carvão. Sua capacidade para se ligar em cadeias ou anéis complexos de hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos o transformam na espinha dorsal da química.

catástrofe. Na tragédia grega clássica, conclusão ou consumação da ação trágica; acontecimento principal, decisivo e culminante da tragédia, no qual a ação se esclarece inteiramente, e se estabelece o equilíbrio moral. O fim funesto decorrente da ação trágica. Acontecimento lastimoso ou funesto; grande desgraça.

Certificados de Emissões Reduzidas (Certified Emission Reductions - CER). Certificados de redução de gases de efeito estufa obtidos conforme o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL.

clima. Conjunto de fenômenos do tempo que ocorrem num lugar ou numa região por um número extenso de anos. Inclui condições médias e extremas de temperatura, umidade, precipitação, ventos e nebulosidade. O clima também leva em consideração a topografia e a proximidade dos oceanos e de correntes oceânicas.

combustão. Queima: forma rápida de oxidação ou reação química na qual uma substância se combina com o oxigênio para produzir calor e luz, como na queima de papel.

combustível fóssil. Termo genérico para denominar compostos de carbono de origem biológica encontrados em depósitos geológicos. Dentre eles, encontram-se: carvão, óleo, gás natural, areias de alcatrão e xisto. A maior preocupação com relação a estes materiais é que, durante sua queima, eles emitem CO₂ para a atmosfera, contribuindo para aumentar o efeito estufa.

Comércio de Emissões (Emission Trade - ET). É um dos mecanismos de flexibilização incluídos no Protocolo de Kyoto, com vistas ao acerto de inventários para comércio internacional de emissões (International Emission Trading), conforme definido no artigo 17 do Protocolo de Kyoto. Cada país do Anexo I pode comercializar parte de redução de suas emissões que excederem as metas compromissadas durante a COP-

3, para o período 2008 a 2012. O refinanciamento do controle de gases para atingir as metas acordadas pode-se tornar economicamente inviável. Com este mecanismo, torna-se possível obter a redução necessária pela compra de “folgas” existentes, com a chancela da autoridade necessária.

compensação. Ato ou efeito de compensar. Regulagem prévia de um dispositivo suplementar, num sistema qualquer, para contrabalançar fontes conhecidas de erro. Ação modificante ou supletiva que melhora o desempenho de um sistema quanto a uma operação determinada.

complexidade. Qualidade ou caráter do que é complexo. No sentido filosófico, a complexidade não é um conceito teórico e sim um fato da vida. Corresponde à multiplicidade, ao entrelaçamento e à contínua interação da infinidade de sistemas e fenômenos que compõem o mundo natural.

complexo. 1) Que abrange ou encerra muitos elementos ou partes. 2) Observável sob diferentes aspectos. 3) Grupo ou conjunto de coisas, fatos ou circunstâncias que têm qualquer ligação ou nexos entre si.

Conferência das Partes – COP (Conference of the Parties). A Conferência das Partes da Convenção. Órgão Supremo da Convenção responsável pela implementação da Convenção e de quaisquer de seus instrumentos jurídicos eventualmente adotados pela COP, além de tomar as decisões necessárias para promover a efetiva implementação da Convenção (art. 7º, 2 da Convenção sobre Mudança do Clima).

Convenção. Na técnica do Direito Internacional os ajustes, acordos ou tratados são designados de convenções. Possui um sentido mais estrito que tratado. A convenção indica o ajuste ou acordo sobre assuntos de interesse entre as nações, de caráter não político. Diz-se, assim, para o acordo comercial sobre representação consular, serviços postais, medidas sanitárias e outros a estes semelhantes. Exemplo a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, adotada em Nova York em 9 de maio de 1992.

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima: (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC ou FCCC). Acordo multilateral voluntário constituído durante a Conferência para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro (Brasil), em 1992, com vistas à redução de emissões de gases de efeito estufa a níveis de 1990, meta a ser atingida até o ano 2000.

crise. Estado de dúvidas e incertezas. Fase difícil, grave, na evolução das coisas, dos fatos, das idéias. Momento perigoso ou decisivo. Tensão; conflito. Ponto de transição entre uma época de prosperidade e outra de depressão, ou vice-versa. Situação grave em que os acontecimentos da vida social, rompendo padrões tradicionais, perturbam a organização de alguns ou de todos os grupos integrados na sociedade.

degradação ambiental. Esgotamento ou destruição de um recurso potencialmente renovável, como solo, pastagem, floresta ou vida selvagem por sua utilização num ritmo mais rápido do que o de seu reabastecimento natural.

desenvolvimento sustentável. Crescimento econômico e atividades que não esgotam nem degradam os recursos ambientais, dos quais depende o crescimento econômico presente e futuro.

difuso. Não concentrado; também processo de dispersão, ou que permite a mescla por difusão.

ecologia. Ramo da biologia que estuda as relações entre os organismos vivos e entre os organismos e seus ambientes. Deriva das palavras gregas oikos, que significa “casa”, e logos, termo que designa “estudo”.

ecossistema. Unidade de natureza ativa que combina unidades bióticas e ambientes abióticos com as quais interagem. Os ecossistemas variam muito em tamanho e características. Também chamado de biogeocenose.

efeito estufa. Aquecimento da atmosfera terrestre, ligeiramente análogo ao produzido pela passagem de luz através do vidro de uma estufa, que não permite a saída do calor. (As estufas são realmente mais aquecidas pela redução de convecção do que por esse processo.) A radiação do Sol entra facilmente na atmosfera como ondas de luz. Ela aquece a superfície da Terra, fazendo com que ela — como qualquer superfície quente — emita radiação infravermelha. Gases como o dióxido de carbono absorvem a radiação infravermelha, impedindo que sua energia deixe a Terra. O efeito estufa é usado para explicar o aumento teórico nas temperaturas globais que estariam ocorrendo a partir do grande aumento do dióxido de carbono mundial, causado por atividades humanas como a combustão.

efeitos negativos da mudança do clima. Alterações no meio ambiente físico ou biota (conjunto de seres animais e vegetais), resultantes da mudança do clima, que tenham efeitos significativos sobre a composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais e administrados, sobre o funcionamento de sistemas sócio-econômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humanos.

emissões antrópicas. São gases liberados em função de atividades humanas.

emissões. Liberação de gases de efeito estufa e/ou seus precursores na atmosfera numa área específica e num período determinado. Quando em função de atividades humanas, chamamos de emissões antrópicas.

entorno. Região que se situa em torno de um determinado ponto; circunvizinhança.

erosão. Remoção física de rocha ou de partículas de solo por um agente de transporte como água corrente, vento, gelo glacial e gravidade.

essência. Aquilo que constitui a natureza das coisas; substância. O que constitui o cerne de um ser; natureza. O que constitui a natureza de um ser, independentemente de este existir de fato ou atualmente.

estratosfera. Região da atmosfera terrestre entre a troposfera e a mesosfera. Caracteriza-se por ventos horizontais e pouca mudança de temperatura à medida que a altitude aumenta. Estende-se de aproximadamente 20 a 50 quilômetros acima da superfície da Terra.

fatores bióticos. Influência de organismos e de suas atividades sobre a distribuição de outros organismos.

Fonte. Qualquer processo ou atividade que libere um gás de efeito estufa, um aerossol ou um precursor de gás de efeito estufa na atmosfera.

Forçante Radioativa (Radiative Forcing). Uma alteração no balanço entre a radiação solar que chega à Terra e a emissão terrestre de radiação infravermelha. O aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera retém e aumenta a fração de radiação infravermelha que em vez de ser emitida para o espaço é emitida para a superfície terrestre e provoca o seu aquecimento.

Gases de efeito estufa - GEE. Constituintes gasosos da atmosfera, naturais ou antrópicos, que absorvem e reemitem radiação infravermelha. Segundo o Protocolo de Kyoto, 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, hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs).

Global Environment Facility - GEF. Entidade financeira da Convenção, é responsável pelo desenvolvimento e implementação de mecanismos financeiros, por intermédio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD e do Banco Mundial. Visa prover fundos concessionais para apoiar projetos e atividades voltados à proteção ambiental. Implica, portanto, constituição e transferência do crédito de emissões de gases de efeito estufa do país em que o sumidouro ou o projeto ambientalmente otimizado está sendo implementado para o país emissor. Este pode comprar "crédito de carbono" e, em troca, constituir fundos para projetos a serem desenvolvidos em outros países, exclusivamente entre países do Anexo I. Os recursos financeiros obtidos serão aplicados necessariamente na redução de emissões ou em remoção de carbono.

Global Warming Potencial - GWP. Índice utilizado para comparar o potencial de aquecimento de cada gás de efeito estufa.

globalização. 1) Efeito de tornar global; por inteiro; integral; total. 2) Relativo ou pertencente ao globo terrestre.

hegemonia. 1) Preponderância de uma cidade ou de um povo sobre outras cidades ou outros povos (palavra grega). 2) Preponderância, supremacia, superioridade.

impacto ambiental. Mudança introduzida pelo homem no ambiente natural.

Implementação Conjunta (Joint Implementation - JI). Constituído na COP-3, é uma modalidade de acordo proposta pelos EUA, negociada bilateralmente, de implementação conjunta entre países integrantes do Anexo I. Por meio do JI, um país industrializado, emissor de gases de efeito estufa, pode compensar suas emissões participando de sumidouros e projetos ambientalmente otimizados em outro país do Anexo I, com vistas à obtenção de menores custos de implementação, produzindo bens e serviços originais e emitindo em menores proporções, se comparado à implementação de um projeto não otimizado.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima criado em 1998 pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) conjuntamente.

Inventário nacional ou comunicação nacional. É o registro periódico e sistemático das emissões e sumidouros de gases causadores de efeito estufa em um determinado país. A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima estabelece a necessidade do comprometimento de todas as Partes na elaboração, publicação e disponibilização de inventários nacionais. Inventários esses constituídos sob a metodologia do IPCC, com base em emissões antrópicas, por fonte e definição de formas de captura de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal.

lençóis freáticos (aquífero). Limite superior de água subterrânea num aquífero não-confinado de solo ou leito de rocha. O lençol freático forma o limite entre a zona de saturação e a zona de aeração ou zona vadosa.

Linha de base (Baseline). Emissões que ocorreriam sem que houvesse uma política de intervenção (in a business-as-usual scenario). Estimativas das linhas de base são necessárias para determinar a efetividade dos projetos de redução de emissões.

manancial. Ponto natural visível de descarga de água subterrânea formado na interseção de um aquífero e da superfície do solo.

matéria particulada. Categoria de poluentes atmosféricos que se refere a partículas sólidas pequenas ou gotículas suspensas no ar. Tais particulados incluem a fuligem, fumaças, poeira, pólen e esporos, fumaça de cigarro, aerossóis e até neblina.

matriz. 1) Rede ou sistema de partes ou funções interligadas ou interdependentes. 2) Molde ou estrutura em que alguma coisa é colocada ou formatada.

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (Clean Development Mechanism - CDM). Inicialmente proposto como Fundo de Desenvolvimento Limpo pela delegação brasileira em maio de 1997 durante as discussões do AGBM. Teve boa aceitação por se tratar de um mecanismo multilateral, em contraponto ao Joint Implementation - JI,

que é negociado bilateralmente. O MDL ganhou aceitação na forma como se encontra definido no artigo 12 do Protocolo de Kyoto, sem incorporar o caráter original de natureza punitiva. É um instrumento com o objetivo de assistir as Partes não constantes do Anexo I da Convenção mediante fornecimento de capital para financiamento a projetos que visem à redução de gases de efeito estufa. Nessa modalidade, países desenvolvidos, relacionados no Anexo I, que não atinjam metas de redução consentidas entre as Partes podem contribuir financeiramente. Por outro lado, aqueles em desenvolvimento, não relacionados no Anexo I, têm a possibilidade de se beneficiar do financiamento desenvolvendo atividades relacionadas a projetos aprovados. Os países do Anexo I podem utilizar as Certificados de Emissões Reduzidas de projetos aprovados como parcela do compromisso que lhe compete. Têm, portanto, o objetivo de buscar a mitigação de emissões de gases de efeito estufa em países em desenvolvimento, na forma de sumidouros, investimentos em tecnologias mais limpas, eficiência energética e fontes alternativas de energia.

mitigação. Ato ou efeito de mitigar, ou seja, diminuir, abrandar, amansar, suavizar, aliviar ou atenuar.

Mudança do clima. É aquela que pode ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana, que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis.

Organização regional de interação econômica. Uma organização constituída de Estados soberanos de uma determinada região que tem competência em relação a assuntos regidos por esta Convenção ou seus protocolos, e que foi devidamente autorizada, em conformidade com seus procedimentos internos, a assinar, ratificar, aceitar, aprovar os mesmos ou a eles aderir.

Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC). Estabelecido em 1988 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA e pela Organização Mundial de Meteorologia - OMM. Seu objetivo é avaliar as informações técnicas e científicas relacionadas a todos os componentes significativos para o efeito estufa. O IPCC é formado por cientistas e especialistas mundiais e é considerado órgão consultor oficial de todas as nações para avaliar as questões relacionadas às mudanças climáticas. Por exemplo, o IPCC desenvolveu e organizou métodos internacionalmente aceitos para promover inventários nas emissões dos gases de efeito estufa.

paradigma. Modelo, padrão.

Parte incluída no Anexo I. Uma Parte incluída no Anexo I da Convenção, como pode ser emendado, ou uma Parte que tenha feito uma notificação conforme previsto no artigo 4, parágrafo 2 (g) da Convenção.

Parte. Países membros desse Protocolo, a menos que seja indicado pelo contexto de outra forma.

Partes do Anexo I. Países pertencentes à União Européia, os países membros da OCDE e os chamados países em transição, pertencentes à ex-União Soviética e que integram a lista dos países que têm o compromisso de reduzir suas emissões de GEE. São eles: Alemanha, Austrália, Áustria, Bielarus, Bélgica, Bulgária, Canadá, Dinamarca, Espanha, EUA, Estônia, Rússia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Noruega, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, República Tcheca, República Eslovaca, Romênia, Suécia, Suíça, Turquia e Ucrânia.

Partes do não Anexo I. Grupo dos Países em desenvolvimento, cujas emissões de GEE per capita são muito reduzidas e, portanto, não têm compromissos para reduzir suas emissões.

Partes presentes e votantes. Partes presentes e que emitam voto afirmativo ou negativo.

política. Ciência dos fenômenos referentes ao Estado; ciência política. Sistema de regras relativo à direção dos negócios públicos. Arte de bem governar os povos. Conjunto de objetivos que informam determinado programa de ação governamental e condicionam a sua execução. Princípio doutrinário que caracteriza a estrutura constitucional do Estado.

poluente. Substância que é irritante, prejudicial ou tóxica à vida animal ou vegetal; tudo o que provoca a poluição.

poluição. Mudança indesejável no ambiente, geralmente a introdução de concentrações exageradamente altas de substâncias prejudiciais ou perigosas, calor ou ruído. A poluição refere-se geralmente aos resultados da atividade humana, mas as erupções vulcânicas e a contaminação de um corpo de água por animais mortos ou por excrementos de animais são também poluição.

Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potencial - GWP). Índice utilizado para traduzir o nível de emissões de vários gases em uma forma comum de medida para permitir a comparação da forçante radioativa dos diferentes gases sem calcular diretamente as mudanças nas concentrações atmosféricas. Os GWPs são calculados como a razão da forçante radioativa resultante das emissões de 1 kg deste gás (do efeito estufa) com a emissão de 1 kg de CO₂ durante um determinado período de tempo (geralmente cem anos). Não foram avaliados os GWPs de gases envolvidos em processos químicos atmosféricos complexos por não haver acordo entre os cientistas quanto às formas de avaliação. Os gases do efeito estufa são expressos em termos de equivalentes de CO₂. O IPCC avalia e atualiza, regularmente, os valores dos GWPs.

Precusores de gases de efeito estufa. Também contribuintes do aquecimento global, devem ser considerados pelos países no seu inventário de gases de efeito estufa. São eles: compostos orgânicos voláteis, à exceção do metano (NMVOC), óxido de nitrogênio (NOx) e monóxido de carbono (CO).

princípios. Proposições diretoras de uma ciência, às quais todo o desenvolvimento posterior dessa ciência deve estar subordinado. Verdade básica ou hipótese fundamental. Código ou regra individual que governa a conduta.

Protocolo de Montreal. Denominado Protocolo de Montreal sobre Substâncias que destroem a Camada de Ozônio, adotado em 16 de setembro de 1987. As substâncias controladas pelo Protocolo são: CFC, halogênios (brometos, cloretos e iodetos), tetraclorometano, HCFC, HBFC, brometo de metila e metilclorofórmio.

Protocolo. Extensivamente, protocolo exprime a própria deliberação ou resolução anotada na ata da reunião, em que foi tomada, notadamente na terminologia da diplomacia. Assim ocorre quando da deliberação ou resolução se gera uma espécie de convenção, que se firma entre os participantes da assembléia ou do congresso, em caráter menos importante que o tratado.

radiação. 1) Energia emitida ou que se desloca na forma de ondas eletromagnéticas, fótons, ondas acústicas ou partículas subatômicas. 2) Radiação ionizante, como as partículas subatômicas e a radiação eletromagnética emitidas por substâncias que sofrem desintegração radiativa. 3) Forma de transferência de calor.

reflexão. Ato ou efeito de refletir-se. Volta da consciência, do espírito, sobre si mesmo, para examinar seu próprio conteúdo por meio do entendimento, da razão. Consideração atenta; prudência, tino, discernimento.

Reservatórios de carbono (Carbon Sinks). São reservatórios naturais ou sumidouros de carbono, que têm capacidade de absorver ou seqüestrar e estocar mais carbono do que liberam, tais como as florestas e os oceanos. Eles servem para compensar, em parte, as emissões de gases do efeito estufa.

Reservatórios. Um componente ou componentes do sistema climático no qual fica armazenado um gás de efeito estufa ou um seu precursor.

responsabilidade. Qualidade ou condição de responder pelos próprios atos.

Seqüestro de carbono (Carbon Sequestration). A captação e a estocagem de carbono. Por exemplo, árvores e vegetais absorvem o dióxido de carbono, liberam oxigênio e estocam carbono.

Sistema climático. A totalidade da atmosfera, hidrosfera, biosfera e geosfera e suas interações.

Sumidouro. Qualquer processo, atividade ou mecanismo que remova da atmosfera um gás de efeito estufa, um aerossol ou um precursor de um gás de efeito estufa da atmosfera. Podem constituir-se também de outros ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos. Têm, portanto, o objetivo de buscar a mitigação de emissões de gases de

efeito estufa em países em desenvolvimento, na forma de sumidouros, investimentos em tecnologias mais limpas, eficiência energética e fontes alternativas de energia.

Tratado. Em significação propriamente jurídica, é o convênio, o acordo, a declaração, ou o ajuste firmado entre duas, ou mais nações, no qual as signatárias se obrigam a cumprir e respeitar as cláusulas e condições que nele se inscrevem, como se fossem verdadeiros preceitos de Direito Positivo.

troposfera. Camada mais baixa da atmosfera terrestre, que se estende da superfície da Terra até cerca de 7 a 17 quilômetros. Na troposfera, a temperatura geralmente diminui num ritmo regular com o aumento da altitude. O clima está limitado a essa turbulenta camada da atmosfera.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)