1. INTRODUÇÃO

Em 1997 os delegados dos países signatários da Convenção Sobre Mudanças Climáticas Globais decidiram adotar o Protocolo de Kioto, que passou a vigorar mundialmente a partir de1998. Entre os vários avanços do Protocolo e de relevante interesse no escopo desta publicação é de ressaltar a definição e os objetivos do mecanismo de desenvolvimento limpo - art. 12 - onde " *deve* (o MDL*) assistir às partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no artigo 3."*

Com isto oficializou-se a troca de fundos entre os países com obrigações de redução (Anexo I) e outros países signatários (partes não incluídas no Anexo I) voltados para a implementação de projetos futuros de reduções certificadas de emissão: "*as partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões; (art.12, pgf.3a) "*

A inclusão, em diversos artigos do Protocolo de Kioto, das expressões - redução de emissões e certificados de redução de emissões - induziu grande parte dos analistas a considerar que projetos de sequestro de gás carbônico, leia-se reflorestamento, não são favorecidos pela cobertura oficial do Protocolo, uma vez que o entendimento sobre a redução de emissões tende para implementação de projetos nas áreas de eficiência energética ou energias alternativas.

Muitas interrogações sobre o uso da terra, as mudanças no uso da terra e as florestas, englobadas nos textos oficiais sob a expressão LULUCF (da sigla *Land-Use, Land-Use Change and Forestry*), deixadas em aberto no texto original do Protocolo de Quioto, foram claramente abordadas, encaminhadas e parcialmente resolvidas durante a Reunião das Partes - COP 6 - realizada em Bonn na última semana de Julho de 2001. No documento final, o *Item VI. Mechanism Pursuant To Articles 6,12 and 17 of the Kyoto Protoco*l e mais especificamente o *Item VII. Land-Use, Land-Use Change and Forestry* favorecem a questão florestal e pavimentam o caminho para a emissão de futuros certificados de sequestro de carbono via reflorestamento através do MDL (art.12 & 8) .

O *anexo Z* ao documento final da reunião de Bonn lista, para cada país do Anexo I, as quantidades máximas de carbono, calculadas oficialmente, a serem evitadas ainda na atual fase de compromisso voluntário até o horizonte de 2008-12. Abaixo as 10 maiores cotas listadas:

País	Mt C/ano
USA*	28.00
Rússia	17.63
Japão	13.00
Canadá	12.00
Alemanha	1.24
Ucrania	1.11
Romenia	1.10
França	0.88
Polonia	0.82
Espanha	0.67
Suécia	0.58

- Os USA, maior emissor mundial, denunciaram o Protocolo de Kioto e recusaram os acordos de Bonn. Sua cota extra-oficial calculada com dados da FAO, seria de 28 Mt C/ano.

Com este avanço o sequestro de carbono via reflorestamento volta à tona como uma excelente oportunidade de negócios para países como o Brasil.

2. AS EMISSÕES DE CO_2 E AS FLORESTAS

Mudanças Climáticas Globais-MCG ocorreram ao longo da história evolutiva do planeta, alterando as variáveis abióticas e induzindo novas organizações nos ecossistemas. Ocasionadas tanto por vetores astronômicos (mudanças do ângulo do eixo de rotação terrestre em relação ao sol, variações da órbita terrestre e choque de cometas) como por vetores internos ao planeta (vulcanismos, extração do carbono atmosférico por atividade biológica), as mudanças climáticas estão intimamente associadas ao ciclo do carbono[1]. A estas, sobrepõem-se aquelas alterações provocadas pela humanidade principalmente a partir da revolução industrial, dando início ao ciclo de emissões antrópicas de gases de efeito estufa - GEE, em níveis acima da capacidade de absorção pelos ecossistemas naturais que perdura até hoje[2, 3].

A taxa de emissão de CO_2 aumentou em 30% durante os últimos três séculos[4], sendo que as maiores taxas ocorreram nos últimos 40 anos, devido ao aumento do uso de combustíveis fósseis e da queima de florestas tropicais[5]. A conta do ciclo global do carbono primeiramente calculada pelo Woods Hole Research Center com dados coletados ao longo de 25 anos, mostra que existe um desequilíbrio no balanço final, uma quantidade de carbono desaparecido no valor de 1.8Gt.C[6]. Recalculando o ciclo com dados acumulados entre 1850-1998 o IPCC encontrou um desequilíbrio no balanço final de 110 ±89 Gt.C[7].

Emissões				Acumulado na Atmosfera Gton.C		Absorção pelos Oceano Gton.C		Carbono Desaparecido Gton.C	
Combustíveis Fósseis Gton.C		Mudanças Uso do Solo Gton.C							
WHRC*	IPCC**	WHRC*	IPCC**	WHRC*	IPCC**	WHRC*	IPCC**	WHRC*	IPCC**
5.5	270 ± 30	1.6	136 ± 55	3.3	176 ± 10	2.0	120 ± 50	1.8	110 ± 80

* Diminuindo-se da soma da média anual de emissão de 7.1 Gton.C (5.5 + 1.6) o que fica acumulado na atmosfera (3.3 Gton.C), e retirando-se o absorvido pelos oceanos (2.0 Gton.C.), sobram 1.8 Gton.C, o número do "carbono desaparecido".

** Durante o período de 1850-1998 as emissões globais de carbono somaram 406 Gton.C, sendo 270 ± 30 Gton.C originadas pela queima de combustíveis fósseis e produção de cimento e 136 ± 50 Gton.C originadas por mudanças do uso do solo (87% de áreas florestadas e 13% de agricultura). Deste total emitido, a atmosfera acumulou 176 ± 10 Gton.C e os oceanos acumularam 120 ± 50 Gton.C.

Nos últimos anos, análises do carbono obtidas por medidas na atmosfera e oceanos, comparadas com os dados de biomassa e mudanças no uso do solo, apontam na direção da biota terrestre, como o depósito de parte deste "carbono desaparecido". A taxa anual de captura foi calculada em 2,3 ± 1,3 Gton.C /ano demonstrando a enorme capacidade das florestas na captura do CO_2[7]. Mais recentemente os solos, sobretudo os solos das regiões temperadas, também aparecem como um dos grandes depósitos deste carbono.

Inventários florestais de longo prazo (1958-96) sobre o acúmulo de biomassa, presente em centenas de estações florestais espalhadas ao longo das regiões tropicais, sugerem que nas florestas tropicais intactas, sobretudo a Amazônia, houve um aumento de biomassa que poderia, em parte, explicar 40% deste "carbono desaparecido"[8]. Dados do projeto LBA sobre medições do fluxo líquido de CO_2 da atmosfera para a floresta mostram, que a floresta nativa amazônica está capturando carbono em valores bastante expressivos "não inferiores a 2 toneladas por hectare por ano"[9]. Ou seja, alguns tipos de floresta adulta estão agindo como sumidouros de CO_2. Esta conclusão não é unânime, pesquisadores baseados em estudos ainda não conclusivos do LBA apontam que até 25% do carbono medido por estes experimentos tomam a direção dos igarapés, rios e o oceano, desta maneira não são incorporados à biomassa da floresta amazônica (Jeffrey Ritchey, com. pessoal)

Outras medidas evidenciaram que além das florestas plantadas, as savanas, as pastagens e os sistemas agrícolas norte-americanos[10], compreendidos entre as latitudes 15-51N, também "estão absorvendo 1.7Gt de carbono por ano, suficientes para absorver cada tonelada de carbono emitida anualmente pela queima de combustíveis fósseis do Canadá e USA"[a]. A conclusão final é que a biota terrestre cada vez mais participa da equação do ciclo global do carbono .

A partir das descobertas do IPCC não restam dúvidas quanto ao aquecimento global, causado pelo acúmulo de gases de efeito estufa. Em janeiro de 2001, na cidade de Shangai, com a presença de delegações de 100 nações, 216 coordenadores de grupos, 516 autores de trabalhos, 300 especialistas revisores, foi apresentada a versão integral do Terceiro Relatório do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC). O texto final do "Summary for Polycemakers" [11] conclui definitivamente que:

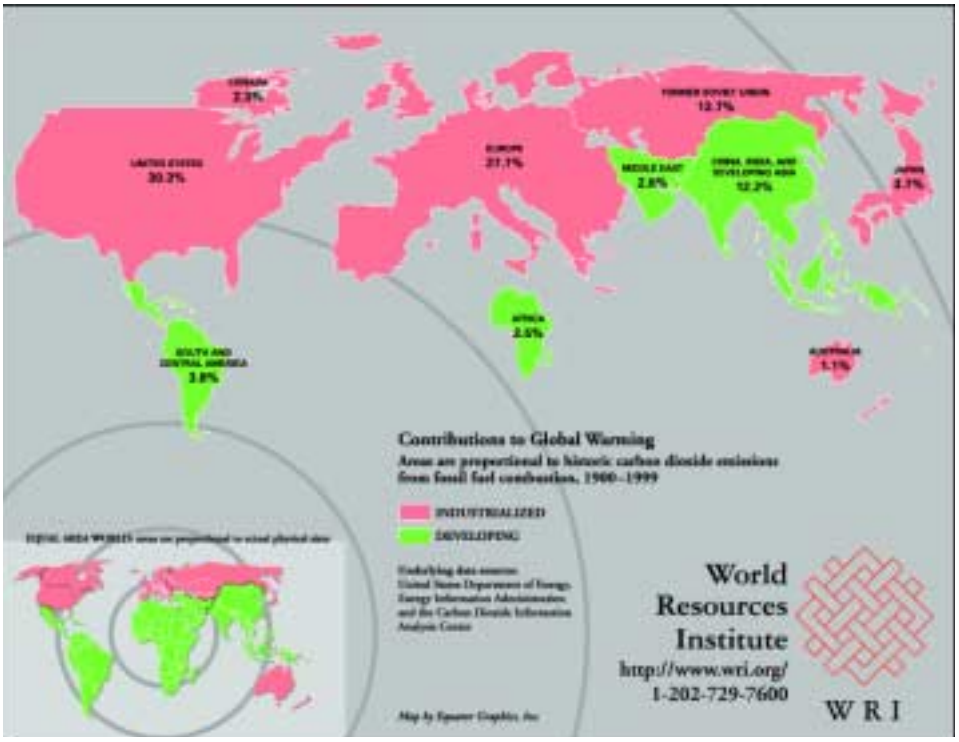
- ✓ o aquecimento global é devido sobretudo às atividades humanas que aumentam a concentração de Gases de Efeito Estufa - GEE e de aerossóis na atmosfera;
- ✓ a composição química da atmosfera continuará se alterando ao longo do século XXI com efeitos persistentes por vários séculos;
- ✓ a temperatura média do planeta (medidas obtidas na superfície terrestre e marítima) aumentaram desde 1861, ao longo do século XX aumentaram de 0.6 ºC;
- ✓ os modelos climáticos estimam que a temperatura global irá aumentar de 1.4 a 5.8 ºC neste século (2100), dependendo do esforço das nações para implementar políticas de mitigação de gases de efeito estufa;
- ✓ a década de 90 foi a mais quente do século XX, talvez do milênio, sendo o ano de 1988 o que apresentou o maior pico de temperaturas globais;
- ✓ a média do nível de todo o mar aumentou entre 0.1 a 0.2 m durante o século XX, com continuada tendência de aumento;
- ✓ as geleiras, as calotas polares e a neve das montanhas continuam a derreter e diminuír suas áreas de cobertura.

Estas evidências nem sempre são perceptíveis pelo senso comum, mas alguns fenômenos climáticos previstos pelos modelos podem ser facilmente perceptíveis à humanidade. No relatório do IPCC foi inserida uma avaliação de confiabilidade de alguns destes fenômenos climáticos atribuídos às MCG, a saber:

FENÔMENO OBSERVADO	OCORRÊNCIA DEVIDA ÀS MCG	
	no séc.XX	**no séc.XXI**
Temperaturas máximas e mais dias muito quentes no verão	provável	muito provável
Temperaturas mínimas e mais dias frios e dias gelados no inverno	provável	muito provável
Diminuição da temperatura diurna em muitas regiões temperadas da Terra	muito provável	muito provável
Aumento do índice da relação umidade/temperatura	provável	muito provável
Aumento das precipitações de chuvas	provável	muito provável
Diminuição da umidade no verão associada com fortes episódios de seca	provável	muito provável
Aumento de ciclones tropicais associados a picos de intensidade de ventos*	improvável	provável
Aumento de ciclones tropicais associados a picos de precipitação de chuvas	sem dados	provável

- Entre 1995-00 foi detectado um aumento, entre 2-5 vezes, do número de furacões na área do Atlântico Norte, em comparação com o período 1971-1994. As mudanças climáticas globais são apontadas como um dos vetores e a medidas de mitigação de GEE são solicitadas. Science 293, 20/7/01, pg.474-79.

No contexto deste trabalho, dentre os diferentes tipos de GEE, o gás carbônico é o que mais nos interessa. Modelos climáticos apontam que nos últimos 420.000 anos nunca houve uma concentração de CO_2 atmosférico igual à dos níveis atuais. Três quartos das emissões globais deste gás são devidas à queima de combustíveis fósseis, emitidas pelos países desenvolvidos (vermelho na figura), as emissões restantes se relacionam com alterações no uso do solo, sobretudo desmatamento nos países em desenvolvimento (verde na figura).



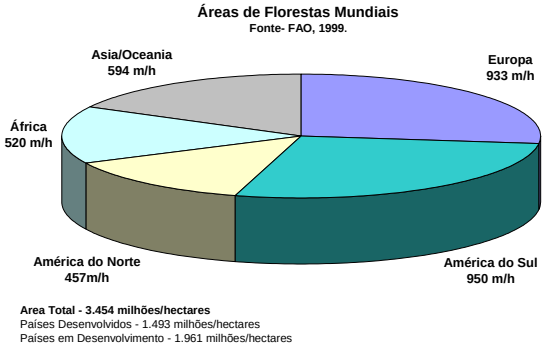
Portanto, as florestas são uma das chaves para regular a temperatura do planeta, tanto através de sua destruição que altera os balanços hidricos e energéticos e nergéticos e consequente libera CO_2 para a atmosfera, quanto pela captura deste gás da atmosfera e sua fixação na biosfera através do carbono imobilizado pelo crescimento das árvores.

3. O QUADRO DAS FLORESTAS MUNDIAIS.

Os ecossistemas florestais estão presentes em todos os continentes, excetuando-se a Groelândia e a Antártica. Calcula-se que hoje em dia as florestas nativas cubram somente 50% de suas áreas de ocorrência natural. A quase totalidade das florestas existentes nos países desenvolvidos está sob alguma forma de manejo, mas nos países tropicais ainda encontramos 40% de áreas florestais intactas **.**

O último relatório sobre as florestas mundiais da FAO[12], publicado em 1999 com dados analisados até 1995, indica que a superfície total do globo terrestre coberta por florestas, tanto nativas quanto plantadas, chega a 3.454 milhões de hectares, ou seja um quarto de toda a superfície terrestre. Por volta de 55% das florestas mundiais são encontrados nos países em desenvolvimento.

Entre 1990/95 as áreas de florestas decresceram em 56,3 milhões de hectares, uma média de 9 Mha/ano. Detalhando houve uma perda de 65,1 Mha nas florestas dos países em desenvolvimento e um aumento de 8,8 Mha nos países desenvolvidos. As principais causas da diminuição da cobertura florestal nos países em desenvolvimento devem-se à sua transformação em terras agrícolas e ao desmatamento para construção de mega projetos de infraestrutura. Por outro lado, nos países desenvolvidos, o crescimento deve-se ao replantio de florestas industriais sobre terras agrícolas abandonadas .



Os outros agentes importantes do desmatamento. são: a exploração florestal predatória praticada pela industria madeireira, a procura por lenha, o aumento de incêndios, o ataque por insetos e pragas, as chuvas torrenciais e a poluição do ar. Dentre estes, os incêndios florestais, nos anos de 1997/98, foram os agentes mais visíveis, milhões de ha foram queimados atingindo todos os tipos florestais. O combate ao grande incêndio de Roraima, assim como na Indonésia, no México e na Federação Russa, foi financiado através de ajuda internacional. Apesar das áreas exatas não serem conhecidas, estima-se em 2 Mha na Indonésia em 1997 e talvez mais em 1998; 2 Mha na Federação Russa e o mesmo no Brasil, em 1998. Agravados pelas secas intensas, atribuídas ao fenômeno El Nino, os incêndios florestais tiveram sua incidência, tamanho, intensidade e duração ampliados. Este quadro de destruição florestal pelo fogo está previsto nos modelos de Mudanças Climáticas Globais utilizados pelo IPCC.

Na presente publicação é utilizada como a fonte de informações o programa de acompanhamento do estado das florestas mundiais do *World Resources Institut*[13]. Antigamente cobertas por um grande maciço florestal, as florestas temperadas européias, incluindo as da Rússia, já se encontram virtualmente destruídas. Em alguns países o desaparecimento das florestas remonta a séculos atrás. Dados mostram que a partir de 1950 houve um aumento da cobertura arbórea nestas áreas, mas estas novas florestas são plantações industriais. Somente em algumas pequenas áreas protegidas da Suécia e Finlândia ainda podemos encontrar florestas nativas temperadas, todas as outras áreas fora das unidades de conservação foram devastadas.

As florestas boreais se estendem, desde o Alasca, à Rússia e ao Canadá, constituindo o mais extenso ecossistema florestal do planeta. A Rússia ainda preserva grande parte de sua floresta boreal, que representa 1/5 de todas as florestas do mundo e 3/4 de todas as florestas boreais. O Canadá é a segunda reserva florestal do planeta. Esses dois países, contêm 20% de todo o estoque de carbono das florestas mundiais, o que os coloca como uma potencial fonte de emissão de carbono, devido ao aumento da exploração florestal. Estima-se que 19% das florestas boreais

russas encontram-se ameaçadas pela retirada de madeiras por empresas madeireiras asiáticas, que consideram a Sibéria como nova fonte de suprimento do mercado de madeiras. Por outro lado, a exploração mineral tem aberto grandes áreas de antigas florestas boreais.

As florestas temperadas norte americanas reduziram-se somente de 1 a 2% de suas antigas áreas, sendo que 13% deste total encontram-se na região noroeste do Pacífico.

Na Ásia, 95% de suas florestas nativas foram destruídas. Desconsiderando a região mediterrânea e o Oriente Médio, essa região representa a maior perda mundial de florestas. A China e a Índia possuem hoje somente 20% da sua cobertura florestal original. As taxas de desmatamento ainda continuam altas e somente entre 1960/80 a Ásia perdeu 1/3 de suas florestas tropicais - a maior taxa de desmatamento atualmente observada no mundo. No sudeste asiático, Burma, Laos, Camboja, Tailândia, os episódios de guerra foram os principais agentes do desmatamento. Hoje, na Tailândia, Malásia e Indonésia, a indústria madeireira exauriu os recursos florestais, empurrando as grandes empresas do setor para outras regiões tropicais (Nova Guiné e Brasil, por exemplo) onde continuam sua exploração florestal destrutiva, mas é sobretudo a pressão populacional o principal agente do desmatamento. Entre 1990/95, a população rural cresceu acima de 270 milhões de pessoas. Considerando o ano de 1995, a distribuição da população no continente alcançava a média de uma pessoa por hectare de terra. Somente encontramos florestas intactas em lugares isolados das ilhas de Borneo, Sumatra, Sulawesi e Java.

A Oceania perdeu quase 80% de suas florestas nativas. A maior parte dos remanescentes florestais nativos encontra-se sob forte pressão de desmatamento. Os principais agentes são as plantações industriais para papel e celulose e abertura de campos de cultivo. Na Nova Zelândia, persistem somente 10 % das antigas florestas. Na Austrália, 80% de suas florestas foram completamente destruídas e, considerando o alto grau de endemismo, muitas espécies foram extintas, outras só são encontradas em áreas fora da região. Podemos considerar que somente nas regiões da Tanzânia e Cap York ainda podemos observar antigas florestas intatas. Da floresta tropical australiana existe somente 1/4 e os poucos remanescentes de florestas temperadas continuam sendo cortados para matéria prima da industria madereira. Por outro lado, na Papua - Nova Guiné, ainda persistem grandes áreas de floresta tropical intactas.

A exploração madeireira, a abertura de terras para a agricultura e a caça comercial para atender à demanda urbana continuam sendo os principais agentes de desmatamento na África. Excetuando-se a bacia Congolesa, as florestas nativas africanas foram completamente destruídas. Na África do Leste, aproximadamente 90% das florestas nativas foram derrubadas e os remanescentes florestais encontram-se dispersos e em pequenos fragmentos. Nesta área, somente a Costa do Marfim e a fronteira entre a Nigéria e os Camarões ainda possuem algumas manchas florestais.

Na África do Oeste muito pouco resta das exuberantes florestas de Madagascar, que apresentavam as maiores taxas de endemismo dentre as florestas tropicais do planeta. Nenhum dos remanescentes florestais existentes hoje nesta parte é grande o suficiente para garantir a recuperação natural das antigas florestas africanas de alta biodiversidade.

Somente na parte central da África, particularmente no Zaire, Gabão e o Congo, ainda encontramos grandes blocos contínuos de floresta nativa. No Zaire, mais da metade de suas florestas nativas ainda encontra-se intacta, menos devido a uma política de conservação de biodiversidade do que à fragilidade da rede de transporte e infraestrutura que, felizmente, torna difícil a exploração mineral e florestal desses maciços. Hoje em dia, estes remanescentes florestais nativos estão sob forte risco de destruição. Os recentes episódios de guerra civil levaram refugiados de Ruanda, Burundi e Sudão a migrarem em direção às florestas nativas do Zaire, aumentando suas taxas de desmatamento.

Na floresta amazônica brasileira os dados do INPE[14] mostram que, a taxa anual de desmatamento caiu de um máximo de ~28.000 km², no ano de 1995, para ~13.000 km² em 1997. Entretanto, a partir deste ano houve um recrudescimento na taxa do desmatamento. O índice aferido do desmatamento atual (99-00) significa que uma área de ~20.000 km^2 foi destruída no período. A incidência de derrubada da floresta ocorreu dentro de propriedades abaixo de 15 hectares ou entre 15 a 50 hectares. Isto demonstra que são os pequenos proprietários, sobretudo aqueles originários de programas de assentamentos que, hoje, são os principais agentes da destruição da Amazônia. Desde que o INPE iniciou, em 1978, o PRODES - Programa de Desmatamento da Amazônia Brasileira, os dados do monitoramento por satélite indicam que, até 1999, já foram desmatados por volta de 569.269 km^2 equivalentes a 56,9 x 10^6 ha, representando cerca de 13% da cobertura original da floresta amazônica.

4. O SEQUESTRO E O ESTOQUE DE CARBONO.

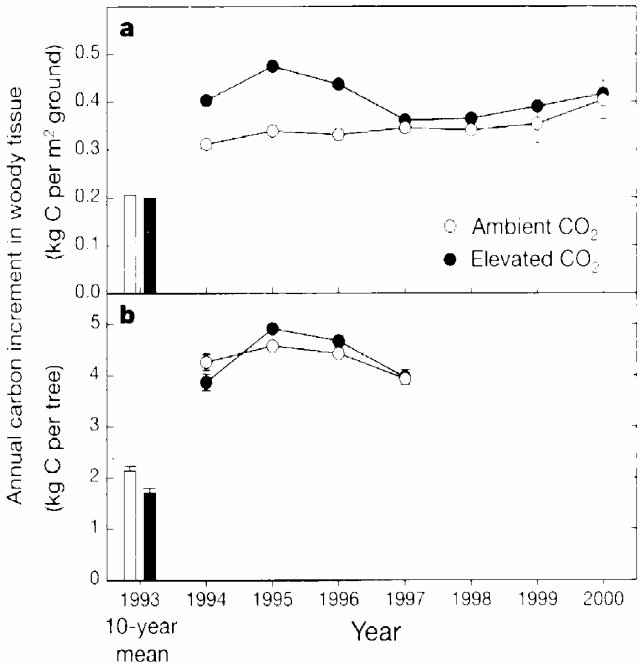
A distinção entre o que significa estoque e sequestro de carbono é importante na compreensão do papel das florestas no ciclo do carbono global. É fato de observação que uma pequena plântula ao se transformar em uma grande árvore, absorve o CO_2 da atmosfera fixando o carbono nos tecidos das plantas e aumentando sua biomassa. Nem todo CO_2 absorvido é fixado nos tecidos, pois parte deste está associado ao processo de respiração vegetal onde existe uma troca constante de CO_2 entre as plantas, os solos e a atmosfera. Entretanto, a maior parte do carbono continua preso nos tecidos lenhosos e nos solos, e é a essa quantidade de carbono fixada que denominamos estoque. O sequestro é o mecanismo de retirada do gás carbônico da atmosfera para formação do estoque. Este só será disponibilizado novamente para a atmosfera através dos processos biológicos de decomposição da matéria biológica pela morte natural ou desmatamento.

A vegetação de todo o globo contém 550 ± 100 Gt de carbono, os solos estocam 1750 ± 250 Gt de carbono, juntos isto representa 3 vezes o carbono contido na atmosfera (760 Gt C). As ações antrópicas sobre a floresta alteram o estoque do carbono contido na vegetação, disponibilizando-o para a atmosfera e aumentando o efeito estufa. Dados obtidos nas duas últimas décadas, em independentes áreas de pesquisas, demonstram claramente que as florestas absorvem e estocam carbono mais do que qualquer outro ecossistema terrestre e constituem uma defesa natural contra as mudanças climáticas. As florestas tropicais estocam mais carbono do que qualquer outro ecossistema terrestre enquanto os solos das florestas boreais e da tundra estocam carbono nos solos[15].

O segundo IPCC, de 1995, estimou que todas as medidas disponíveis de sequestro de CO_2 corresponderiam a uma captura entre 12-15% das emissões de origem fóssil previstas para os próximos 50 anos[16]. As estimativas recentes são mais promissoras e a vegetação e os solos florestais teriam a capacidade de absorverem cerca de 40% de todo o CO_2 oriundo da atividade humana atual. Aprimorando-se as práticas agrícolas, o manejo florestal e diminuindo o desmatamento este potencial poderia ser ampliado. No último IPCC, simulações para o cenário crescente de emissões até 2050 apontam que a vegetação terrestre poderia no máximo absorver 25% das emissões projetadas[17].

Indiscutivelmente, mais gás carbônico na atmosfera estimula uma maior produtividade em todos os tipos de vegetais aumentando também o estoque abaixo do solo, sob as mais variáveis condições ecológicas e por todo o planeta; a isto denomina-se o efeito fertilizado do CO_2[18].

Hoje em dia, projetos de excelente desenho experimental, de longo prazo, realizados em plantações industriais norte-americanas de *Pinus Taeda,* sob condições reais de aumento de CO_2, fornecem dados consistentes sobre plantações florestais industriais. O gráfico ao lado, produzido com dados do "FACE Project"[b], demonstra que nos primeiros três



[b] Estes estudos denominados " FACE Projects" (Free Air CO_2 Enrichement) conduzidos pela Duke University estão sendo inadequadamente utilizados como argumento contrário à idéia que plantar florestas pode ser uma via barata para o sequestro de CO_2 por conseguinte ao uso dos mecanismos de flexibilização do Protocolo de Kioto para financiamento de plantios de florestais.

anos as plantações submetidas a taxas elevadas de CO_2 aumentam sua biomassa consideravelmente. A partir do quarto ano, as taxas de captura de CO_2 se estabilizam nos mesmos níveis das plantações sem aumento de CO_2.[19] Em dez anos as florestas submetidas a concentrações extras de gás carbônico armazenariam menores taxas de carbono em relação às florestas sem gás carbônico adicional. Neste contexto o papel de sequestro das florestas deve ser reavaliado.

Obviamente, estas plantações industriais não representam todas as florestas do mundo e as diferenças na composição do solo, composição florística, oferta de nutrientes, plantações florestais X florestas nativas, além da aplicabilidade metodológica das equações dendrométricas utilizadas, podem mudar substancialmente os cálculos das taxas de captura de gás carbônico[20].

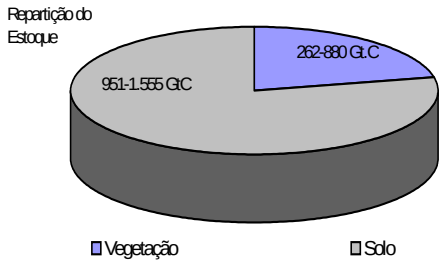
Os resultados publicados por Oren et al. fomentaram uma grande discussão sobre a importância das florestas no sequestro do gás carbônico. Colocando no contexto político do Protocolo de Kioto os resultados atuais do " FACE project" - diminuição da capacidade de mitigação das florestas que não corresponde ao aumento do efeito fertilizador do CO_2 - não invalida a posição de que a formação de estoques de carbono via atividades florestais continua como um dos mecanismo mais importante para atingir parte das exigências do Protocolo, mas sim que:

- ✓ os créditos de sequestro de carbono oriundos dos projetos florestais não poderão adotar a idéia de captura acumulada (portanto certificar o efeito fertilizador) uma vez que qualquer crédito de carbono para ser validado deve ser mensurável, transparente e verificável, conforme expressa o texto do protocolo (Art.6);

- ✓ caso este efeito não exista ou seja de menor importância como indica o "Face project" então as medidas de controle do efeito fertilizador podem ser eliminadas, abaixando os custos de monitoramento dos projetos florestais. O IPCC ainda discute bastante como o efeito fertilizador do CO_2 será medido, auditado e portanto certificado nos projetos de plantio ou outras atividades florestais[21].

Por outro lado, as estimativas sobre o aumento do sequestro de carbono pelas florestas, em compensação ao aumento de emissões, não podem ser extrapoladas para todos os tipos florestais. Isto por que a longevidade do estoque - de longa ou curta duração - depende em que compartimento da planta este carbono extra será alojado. Caso este carbono extra seja direcionado pela planta para a produção de madeira, teremos ampliação do estoque de longo prazo. No caso deste carbono vir a ampliar a produtividade das folhas e pequenos galhos, que são decompostos rapidamente, teremos uma liberação mais imediata do carbono e a formação de estoques de curto prazo. Considerando o carbono imobilizado no solo teremos um estoque de longo prazo quando o carbono estiver imobilizado nas raízes, ou de curto prazo quando o carbono for direcionado para o crescimento de fungos[22].

Também a capacidade de absorção de carbono pelas plantas não depende somente da disponibilidade de CO_2 atmosférico, mas está associada à disponibilidade de nutrientes no solo (nitrogênio e fósforo, p.ex.), ou mesmo a água. Os dois fatores mais importantes ligados à absorção a longo prazo do gás carbônico são - o aumento da produtividade de tecido lenhoso pelas plantas; e a disponibilidade de água e de nutrientes. Em algumas regiões de florestas temperadas ou boreais a maior disponibilidade do nitrogênio multiplica o aumento da biomassa. Plantas crescendo em condições de subnutrição de nitrogênio tiveram reduzida a sua habilidade de resposta ao aumento do CO_2 atmosférico [23].



Nestes últimos anos, o próprio solo tem sido considerado como um ecossistema importante para o estoque de carbono. Avalia-se que os solos do mundo, no primeiro metro, contêm 3.2 trilhões de ton.C, estoque este ± 4.2 vezes maior do que contido na atmosfera e ± 5.7 maior do que os estoques na biota terrestre[24]. Qualquer incremento na capacidade de armazenamento de carbono do solo significa um importante sumidouro para o CO_2 atmosférico.

Em termos globais, mais carbono permanece estocado nos solos do que na biomassa. As florestas boreais e a tundra são especialmente ricas em carbono sequestrado no solo, enquanto que as florestas tropicais provavelmente estocam mais carbono na sua biomassa. O fato indiscutível é que os ecossistemas florestais podem atuar como um "freio biosférico" ao aumento do aquecimento global causado pela emissão de CO_2 antrópico. Mas :

- ✓ Esta capacidade de absorção seria suficiente para nos salvar de possíveis catástrofes climáticas induzidas pelo aquecimento global?
- ✓ Quanto do excesso de gás carbônico atmosférico pode ser "bombeado" pelas florestas e solos?
- ✓ Quanto as plantas podem absorver de CO_2 antrópico, durante seus diferentes períodos de vida biológica, considerando projetos de sequestro de longa duração?
- ✓ Como manejar as florestas para sempre funcionarem como bombas sugadoras de CO_2, uma vez que as plantas quando morrem e se decompõem retornam o carbono à atmosfera ?

Difíceis respostas, pois ainda não dispomos de um mapeamento confiável da capacidade de absorção e de estoque dos principais ecossistemas florestais do planeta. Desconhecemos a superfície disponível para novos plantios de florestas. Não dispomos de dados confiáveis sobre diferenças entre o sequestro por florestas nativas ou plantações industriais, entre outras questões.

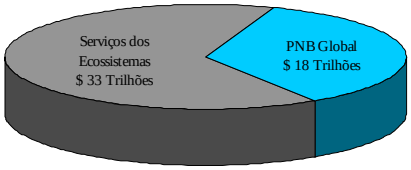
Se por um lado ainda nos faltam muitos dados para termos um cálculo da quantidade real de absorção de gás carbônico pelas florestas, já nos são conhecidas algumas práticas de manejo florestal que poderiam reverter/reduzir a emissão de CO_2 florestal, como:

- ✓ suspensão do desmatamento,
- ✓ expansão das áreas florestais por replantio em áreas degradadas,
- ✓ aumento do estoque de carbono nas áreas já florestadas,
- ✓ exploração florestal sustentável e utilização de madeira em produtos de longa duração,
- ✓ práticas agrícolas sustentáveis através do incentivo de sistemas agroflorestais,
- ✓ substituição da queima de lenha, utilizada intensamente nos países em desenvolvimento, por energias limpas.

5. AS FLORESTAS E OS SERVIÇOS AMBIENTAIS.

Os serviços ambientais providos pelos ecossistemas florestais podem ser agrupados em:

- ✓ proteção de sistemas hídricos e manutenção do ciclo hidrológico,
- ✓ formação e proteção do solo, diminuição da erosão,
- ✓ manutenção da diversidade biológica,
- ✓ recreação ,
- ✓ ciclagem de nutrientes,
- ✓ regulação do clima (temperatura e precipitação),
- ✓ madeira e produtos florestais não madeiráveis
- ✓ sequestro de carbono e manutenção de estoque.



Apesar das dificuldades metodológicas, um grupo de economistas, coordenados por R. Constanza, da Maryland University, avaliou que os serviços ambientais providos pelos ecossistemas chegam a 33 trilhões de dólares por ano. Este valor é quase duas vezes maior do que o produto nacional bruto de todos os países do mundo, que soma 18 trilhões. A maior parte deles são oferecidos gratuitamente à humanidade.

5.1. UM SERVIÇO AMBIENTAL DA FLORESTA AMAZÔNICA - A RELAÇÃO ENTRE DESMATAMENTO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS .

A destruição das florestas provoca alterações significativas no clima da região e também no clima global que, por sua vez, volta a influenciar o nível regional. Considerando a Amazônia brasileira, a figura 1 entitulada **"Mudanças Globais e Amazônia"** (ver página seguinte) demonstra como o desmatamento desta região influencia as Mudanças Climáticas Regionais e Globais e como estas voltam a atuar sobre os ecossistemas amazônicos. A figura se apóia na idéia de que o atual equilíbrio dinâmico da atmosfera amazônica está sujeito a forças de transformação que levam às variações climáticas e podem ser estudadas sob três diferentes aspectos:

- ✓ **Mudanças Climáticas Regionais, MCR** (1). Formadas através das alterações antrópicas internas a região amazônica, decorrentes das formas de ocupação predatória e negligente com que a sociedade brasileira vem, historicamente, se apropriando dos recursos naturais da região. As MCR podem resultar tanto das alterações da vegetação à superfície, que modifica os balanços de energia solar e de água, como também de mudanças na composição da atmosfera, principalmente pelo CO_2 emitido através das queimadas regulares da floresta, o que contribui para o aumento da concentração deste gás de efeito estufa na atmosfera (2), ampliando as mudanças climáticas globais **MCG** (3). Em função do estabelecimento de políticas públicas adequadas e da correta implantação de projetos de desenvolvimento sustentável regionais, estas **MCR** podem ser minimizadas e/ou revertidas.

Os outros dois aspectos dizem respeito a fatores externos à Amazônia e estão ligados às Mudanças Climáticas Globais (3)

- ✓ **Variações climáticas na região podem ser devidas a variações climáticas globais, decorrentes de causas naturais**. Existem registros bem documentados sobre as oscilações climáticas na Amazônia ocorridas durante as glaciações e também das variações mais recentes da temperatura local. Os efeitos do El Niño poderão estar incluídos dentro desta categoria de variabilidade natural do clima. O tempo de resposta destas forças modificadoras pode ser em um período anual, decadal e milenar. Não há muita coisa que a sociedade possa

FIGURA 1 ANEXADA NO FINAL DO TEXTO

Figura 1. Mudanças Climáticas Globais & Amazônia.

(1) as ações antrópicas, sobretudo as alterações no uso do solo e o desmatamento, alteram os balanços hídricos, de radiação solar e de carbono, assim como a perda da biodiversidade. Estas, quando ocorrem em grandes áreas, podem provocar mudanças climáticas regionais - MCR , principalmente aumento da temperatura, redução da evapotranspiração e da precipitação, as quais afetam o funcionamento dos ecossistemas. As MCR, através de um feedback positivo, ampliam a fragmentação florestal e aumentam os episódios de incêndios, realimentando as forças que atuam no esgotamento ambiental regional e ampliando as taxas de extinção das espécies.

Os desmatamentos e os incêndios liberam CO_2 para a atmosfera, sendo, na Amazônia, responsáveis por 3-5% da taxa mundial anual de emissões de Carbono.

(2,3) outras atividades antrópicas externas à Amazônia emitem gases de efeito estufa (GEE) que provocam as Mudanças Climáticas Globais, afetando todos os ecossistemas do planeta.

✓ (4) Por sua vez, as mudanças climáticas globais, quando do mesmo sinal que as mudanças regionais, somam-se a estas e amplificam os impactos sobre os ecossistemas.

fazer contra essas tendências a não ser se preparar para minimizar seus efeitos quando as previsões forem científica e tecnicamente factíveis, como é o caso específico das variações climáticas decorrentes do El Niño e La Niña.

Variações climáticas decorrentes das mudanças climáticas globais provocadas por ações antrópicas. Dentro deste contexto, o desmatamento da Amazônia tem um papel ainda não bem esclarecido, do ponto de vista quantitativo. De qualquer forma, o desmatamento e a mudança do uso do solo, de sistemas florestais para sistemas de produção agrícola e/ou pastagem, implicam numa transferência de carbono na forma de dióxido de carbono da biosfera para a atmosfera, contribuindo para o "efeito climático antrópico global", o qual por sua vez acaba atuando sobre a região amazônica. As previsões indicam que os maiores efeitos do aquecimento global e suas consequências, far-se-ão sentir nas altas latitudes, no entanto não serão desprezíveis nas regiões equatoriais. Este ponto é o cerne das questões internacionais relativas ao aumento antrópico do efeito estufa e está sendo abordado pela comunidade internacional através da "Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas", sendo que os aspectos científicos são desenvolvidos dentro do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

O Inventário Brasileiro das Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal obrigatório para os países signatários da Convenção do Clima, ainda não apresentou os cálculos oficiais sobre as Mudanças no Uso do Solo e Florestas Nativas. Realizado através de metodologia padronizada do IPCC estes cálculos apresentam dificuldades metodológicas relativas à magnitude do desmatamento, à biomassa da floresta, ao papel das queimadas, à captura por rebrota, entre outros. Os números disponíveis são avaliações feitas por diferentes pesquisadores de instituições nacionais ou internacionais tendo como ponto de partida premissas diferentes. Uma boa revisão sobre o assunto, feita por Fearniside, conclui que:

- ✓ ".....O desmatamento na Amazônia Legal brasileira, libera quantias significativas de gases de efeito estufa. Emissões líquidas comprometidas (o resultado a longo prazo de emissões e absorções em uma determinada área que é desmatada) totalizaram 267-278 milhões de t. de carbono, equivalente a carbono de CO_2 em 1990, enquanto o correspondente balanço anual de emissões líquidas (o balanço em um único ano sobre toda a região, inclusive as áreas desmatadas em anos anteriores), em 1990 era 354-358 milhões de t. oriundas do desmatamento, mais 62 milhões de t. da exploração madeireira" [25].

5.2 O CUSTO DO SEQUESTRO DE CO_2.

Quanto custaria reduzir as emissões de gás carbônico, caso fossem aplicadas as metas de abatimento e os mecanismos indicados pelo Protocolo de Kioto? Incertezas relacionadas com o texto final e a ratificação do Protocolo pelas nações desenvolvidas, as regras do mercado de CO_2, o impacto sobre as economias domésticas e alguns aspectos técnicos quanto à instalação e o monitoramento de projetos de longo prazo, dificultam o cálculo do custo real de abatimento e dos riscos para os investidores. Entretanto, na fase atual de adesão voluntária ao abatimento de emissões, o custo dos projetos pode ser calculado de forma indicativa, sem muita consideração quanto aos aspectos macro políticos e suas influências sobre economia global.

Estimativas dos custos de mitigação de gás carbônico variam grandemente, não tanto pela metodologia do cálculo custo/benefício, mas justamente pelo que o autor considera como custo e os benefícios futuros. Uma análise da literatura, encomendada pelo NCPA (National Center for Policy Analysis), mostra que assumido o horizonte de reduzir até 2010 as emissões de CO_2 aos mesmos níveis de 1990 (metas do Protocolo de Kioto), os custos deste abatimento variariam de $0 a $300 dólares por t. de CO_2 abatido

Os custos de abatimento de gás carbônico são calculados baseados na principal fonte de emissão, no caso dos USA a partir da matriz energética eminentemente fóssil, ou seja, os custos de abatimento de emissões são comparados com o valor do barril de petróleo. Considerando que um barril de petróleo emite 0.1133 ton.CO_2, teríamos um valor de entre alguns poucos US$ até 33.75 dólares por barril. Esta faixa de custos de abatimento é muito grande. Considerou-se que o valor de $2.86 dólares por barril é o melhor valor estimado (95% de confiabilidade). Ainda existem muitas incertezas sobre os valores do abatimento de gás carbônico[26]. Estes modelos devem ser vistos com ressalvas, são muito frágeis em suas capacidades de estimativa. Necessário levar a discussão para as imprecisões e análise de suas hipóteses e calibragem (Seroa da Mota - comunicação p/ escrito).

Considerando o horizonte do Protocolo de Kioto, selecionamos dois cenários para exemplificar as diferenças de custos, que sustentam várias opiniões sobre a conveniência ou não de se implementar o protocolo.

ESTUDO 1. Preparado por S.P.A. Brown, Economista Senior, do Federal Reserve Bank of Dallas, para a NCPA [27], este estudo indica que:

- ✓ A quantidade de energia conservada para atingir a meta, implicaria em queda de 2.7% a 3.7% no PNB americano projetado para 2010. Isto representa uma perda entre $247.6 a $339,4 bilhões ou $829 a 1.135 per capita.

- ✓ Somente através de projeto internos aos EUA, sem nenhuma política de "carbon offset" (créditos para projetos de mitigação fora dos EUA), implicaria em uma queda entre 3.6% a 5.1% no PNB americano projetado para 2010. Isto representa uma perda entre $330.2 a $467.8 bilhões ou $1.105 a $1.565 per capita.

- ✓ Assumindo a hipótese de projetos via carbon offset, implicaria em uma queda entre 3% a 4% no PNB americano projetado para 2010. Isto representa uma perda entre $275.2 a $394.4 bilhões ou $921 a $1.320 per capita.

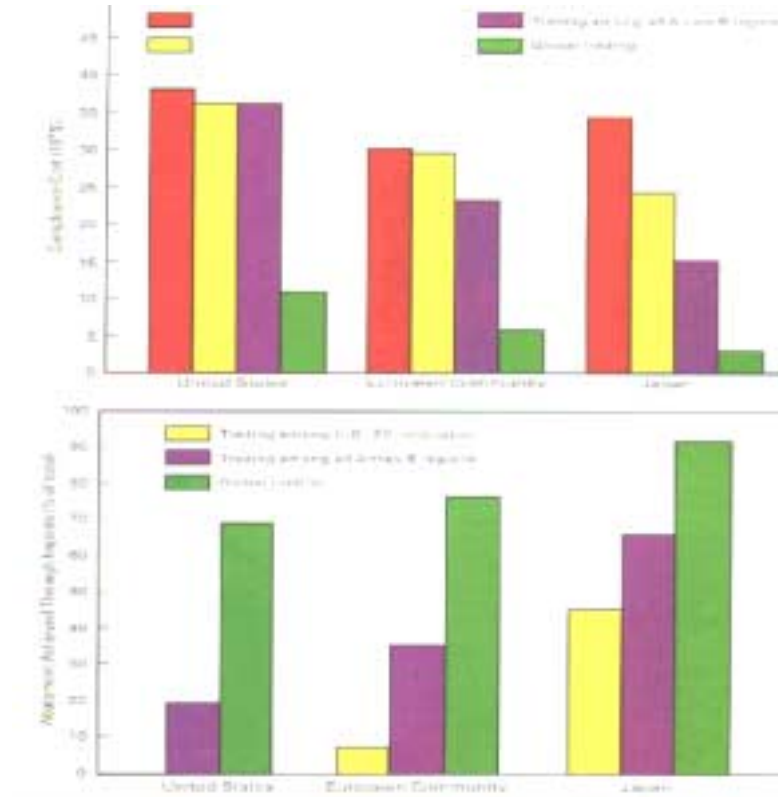
Estes números fabulosos, de acordo com o tamanho da economia norte-americana, indicam que um programa de abatimento de emissões de 10 anos implicaria em uma perda anual de 0.3 a 0.4% do PNB, ou seja, entre $27.5 a $36.7 bilhões por ano[c].

ESTUDO 2. Partindo de premissas focadas sobre a existência de um mercado internacional de papéis de carbono, que simplificaram o entendimento sobre o valor do abatimento das emissões, o "Joint Program on Science and Policy of Global Change" do MIT, conclui que[28]:

Este valor difere de região a região, dentro do mesmo bloco econômico e está relacionado com o nível tecnológico de sua matriz energética e a eficiência energética de suas industrias e/ou consumidores. Para uma mesma porcentagem de redução, dentre os países da OECD, os custos são menores para os EUA e a Comunidade Econômica Européia do que para o Japão. Este último país possui uma economia com desempenhos de grande eficiência energética e apenas uma pequena porcentagem de suas emissões provêem da produção de eletricidade. Desta maneira, os investimentos para abater emissões no Japão dependem de tecnologias mais sofisticadas e mais caras do que nos EUA onde investimentos regulares em tecnologias de maior eficiência energética e na substituição das fontes de produção de eletricidade (gás substituindo petróleo, p.ex) são feitas com custos mais baixos por ton. de CO_2 abatido, em relação ao Japão..

c Muitos destes trabalhos foram executados e debatidos internamente antes da Reunião da COP6 em Haia, possível explicação para a resistência norte americana contra o Protocolo de Kioto.

O gráfico ao lado, retirado do estudo do MIT, mostra que para que as metas do Protocolo de Kioto possam ser atingidas, a melhor estratégia é a implementação de mecanismos de abatimento entre os diferentes países (anexos A e B) signatários da Convenção do Clima. Estimulando as oportunidades de "carbon offset". envolvendo-se todos os países no comércio de gás carbônico (via MDL, p.ex.) o preço, em 2010, da tonelada de carbono abatido, cai para $127, em comparação com $240, considerando somente os países da OECD participantes deste comércio.



Em relação ao uso da terra, as mudanças no uso da terra e as florestas, englobadas nos textos oficiais sob a expressão LULUCF (da sigla Land-Use, Land-Use Change and Forestry), existem hoje no mundo 3.5 Mha de terras ocupadas com 27 experimentos de mitigação de emissões em 19 países. Existem três grandes categorias de projetos : (i) Evitar emissões através da conservação dos estoques de carbono existentes, significando impedir o desmatamento das florestas. (ii) ampliar os estoques de carbono através do sequestro de gás carbônico, significando plantar florestas sobretudo nativas. (iii) substituir a queima de combustíveis fósseis por energia de biomassa, significando sobretudo manejar e/ou plantar florestas industriais. Estas modalidades admitem uma série de sub-tipos e em sua grande maioria são combinações das três grandes categorias.

Devido a inexistência de regulamentação internacional, clara e padronizada, sobre métodos para quantificar o carbono abatido, os custos envolvidos, a eficiência financeira dos mecanismos adotados, a baseline adotada e as adcionalidades envolvidas, estes projetos usaram uma variedade de indicadores e diferentes sistemas de avaliação independente tornando difícil uma comparação. Para se ter um panorama da disparidade do cálculo dos custos do carbono o IPCC[29], usando dados relatados por cada projeto, calcula que a média por unidade de área de carbono sequestrado ou evitado vai de 4 - 440 tC/ha, existe muita variação entre as áreas e os tipos de projetos. Os custos do abatimento do gás carbônico variando de $0.1 a 28 por t.C, estão baseados na divisão do custo financeiro (contratado) envolvido na implementação.

6. POSSIBILIDADES E INICIATIVAS PARA SEQUESTRO DE GÁS CARBÔNICO - ATIVIDADES DE LULUCF - NO BRASIL.

6.1. NA REGIÃO AMAZÔNICA.

A área da Amazônia Legal Brasileira é de aproximadamente 5 milhões de km^2 (500 milhões de ha), sendo que a cobertura da floresta tropical totaliza 3,7 milhões de km^2 (74% da área total). Além da imensa biodiversidade presente na Amazônia brasileira, o estoque de carbono, já descontando as áreas desmatadas, é de aproximadamente 60 bilhões de toneladas, equivalente a 37% do total de carbono armazenado nas florestas tropicais (Fearnside 1998).

Estima-se entre 40-51 milhões de ha o total de áreas degradadas na Amazônia[30], sendo que o potencial para sequestro de carbono destas áreas pode chegar a mais de 200 milhões de toneladas de carbono por ano (menor estimativa), considerando uma fixação anual estimada em 5 tonC/ha/ano, principalmente quando se utilizam espécies arbóreas de diferentes estádios sucessionais e, portanto, distintas maturidades para exploração.

Estas áreas deveriam ser consideradas como prioritárias para a criação de zonas tampão, inclusive para receber assentamentos rurais, dentro do programa de reforma agrária do governo brasileiro. Contudo, projetos de assentamento rural devem ser cuidadosamente estudados, monitorados e assistidos por extensionistas agroflorestais treinados, visando a sustentabilidade econômica e social destes assentamentos.

6.2 NA MATA ATLÂNTICA. O PROJETO FLORAM

No Brasil, um projeto de reflorestamento em larga escala, concebido dentro da Universidade de São Paulo (USP) inicialmente por professores e posteriormente com a participação da iniciativa privada, no início dos anos 90, denominado Projeto Floram, foi uma das iniciativas mais bem elaboradas para a recuperação da cobertura vegetal no país, particularmente das florestas. O objetivo principal do projeto Floram é o sequestro de gás carbônico, através de reflorestamentos de usos múltiplos que ocupariam uma área de 20 milhões de ha (2,3% do território brasileiro), excluindo-se as áreas degradadas da Amazônia, a serem reflorestados em um prazo de 20 a 30 anos[31], [32].

A estimativa de sequestro de carbono no período é de aproximadamente 3,85 bilhões de toneladas de carbono, a partir de uma produtividade média de 7,7 toneladas de carbono por ha/ano e um tempo médio de 25 anos.

Além da recuperação de áreas degradadas em diferentes regiões do país, o projeto apresenta uma classificação dos tipos de reflorestamentos a serem executados em três classes:

- ✓ reflorestamentos corretivos ou de função (14.4% da área total a ser reflorestada);
- ✓ reflorestamentos de larga extensão ou de silvicultura intensiva (71.8%);
- ✓ reflorestamentos híbridos ou de usos múltiplos (13.8%).

A importância deste projeto para a fixação de carbono, recuperação de áreas degradadas e uso múltiplo de florestas, foi reconhecido internacionalmente, porém devido a problemas inerentes a sua magnitude e abrangência, operacionalmente se tornou de difícil execução.

No Brasil as estimativas mais pessimistas de sequestro de gás carbônico por florestas plantadas de rápido crescimento variam entre 6.9 a 7.2 tonC/ha/ano, sendo que existem sítios de florestas nativas da mata atlântica, ao sul da Bahia, com biomassa medida de capacidade de sequestro de gás carbônico superior à 36 tonC/ha/ano. A proposta de reflorestamentos de múltiplos usos do Floram, além de contribuir para o sequestro de carbono, visa também a manutenção de serviços

ambientais básicos. As ações que poderiam viabilizar este projeto passam necessariamente pela definição de um mercado internacional de carbono.

Reflorestamentos de usos múltiplos são extremamente dependentes de capital e, prioritariamente, os recursos captados a partir do Clean Development Mechanism deveriam ser dirigidos para esta finalidade. Cooperativas de produção de mudas e extensão florestal poderiam centralizar estes recursos. Estas cooperativas seriam distribuidas por regiões ecológicas onde o desmatamento foi severo e em regiões onde as pressões sobre as florestas naturais continuam intensas. O zoneamento desta áreas já foi realizado pelo Floram, necessitando, porém, ser atualizado. Além do suprimento de mudas, estas cooperativas fariam o serviço de extensão florestal e treinamento da mão de obra rural em técnicas de agrosilvicultura, além de contribuirem para a organização dos produtores rurais e comercialização dos produtos agroflorestais.

6.3. NAS FLORESTAS PLANTADAS DE MÚLTIPLOS USOS

As estimativas da área plantada, com florestas de rápido crescimento, para fins industriais no Brasil, oscilam entre 5 a 6 milhões de ha, as quais representam um estoque dinâmico de carbono.

Aproximadamente 60% destas áreas são cobertas por florestas de *Eucalyptus spp.* e 34% por florestas de *Pinus spp* .[33] Estima-se ainda, que a fixação de carbono por florestas de rápido crescimento implantadas no Brasil entre 1990 a 1994 foi em média de aproximadamente 108,8 millhões de tonC/ha/ano.

A dinâmica do carbono fixado por reflorestamento intensivo varia de acordo com o uso final da matéria prima. Por exemplo, o carbono fixado na madeira, cujo destino é a produção de papel, tem um ciclo de vida curto (menor que 5 anos), porém outros produtos florestais, como madeira serrada e paineis de madeira, têm ciclo de vida superior a 50 anos .

O corte de florestas implantadas, apesar de contribuir com emissões de carbono de acordo com o ciclo de vida do produto final da exploração florestal, não implica em aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera, pois no caso de florestas implantadas no Brasil não há a liberação adicional de carbono, como nas florestas dos países de clima temperado, onde há o consumo de florestas nativas, que são manejadas para produção de celulose e papel ou chapas de fibras.

Considerando a crescente demanda por produtos florestais de ciclo de vida longo (produtos sólidos e não sólidos) e as novas tecnologias para sua produção em larga escala e a preços competitivos, o Brasil deve passar a ocupar uma parcela maior no “market share” mundial destes produtos, pois apesar das exportações brasileiras quase triplicarem em seis anos (atualmente somente o segmento de compensados correspondeu a 1,1 bilhão de dólares, em 1996), há uma previsão de crescimento anual das exportações brasileiras de produtos sólidos de madeira superior a 6% .

Devido a fatores ecológicos e tecnológicos, as florestas plantadas no Brasil apresentam maior competividade que as florestas dos países temperados conforme a Tabela 1. Mas a grande contribuição brasileira para o sequestro de gás carbônico pelas florestas comerciais deve ocorrer, principalmente, quando o destino da matéria prima, madeira, for para produtos de ciclo de vida longo como, por exemplo, para chapas de fibra, madeira serrada, compensados e para os novos produtos industrializados da madeira (Engineered Lumber Products e Engineer Panels), os chamados produtos engenheirados de madeira, como MDF (Medium Density Fiberboard) e OSB (Oriented Strand Board), os quais tem ciclo de vida superior a 50 anos.

Uma outra contribuição importante das florestas plantadas é no segmento do uso de biomassa florestal para a produção de energia, pela combustão direta, produção de carvão vegetal ou por alternativas mais eficientes de conversão da biomassa florestal em energia, como a

gaseificação.O aumento da oferta de biomassa energética, além de ser renovável, evita a utilização da vegetação nativa, o que acarretaria uma liberação líquida de carbono na atmosfera.

O consumo anual de madeira para energia no Brasil em 1993 foi de aproximadamente 25.4 milhões de toneladas equivalentes em óleo - Mtoe (uma tonelada de madeira seca corresponde a 0,44 tonelada de óleo equivalente).

Já as projeções de consumo para o ano 2000 e 2010 são, respectivamente, 36,7 e 46,7 Mt., indicando que haverá um crescimento da demanda por biomassa florestal de aproximadamente 22% na primeira década do século.

Apesar do aumento do uso de outras fontes de energia, o Brasil continuará, principalmente na zona rural, ainda muito dependente da utilização da biomassa florestal para obtenção de energia pela combustão direta, cuja eficiência de conversão energética é muito baixa.

Uma alternativa para o aumento da eficiência da conversão da biomassa florestal em energia é o processo de gaseificação da madeira, ou seja, a utilização de cavacos de madeira, pulverizados e gaseificados em alta temperatura, cuja eficiência é aproximadamente 5 vezes superior a queima direta da madeira. (Stassen 1995).

7. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS FLORESTAIS VIA MDL

O valor potencial de investimentos no Brasil é muito alto para ser viabilizado somente através do MDL. Entretanto, existem no país várias atividades florestais em curso, que poderiam ser ampliadas, utilizando o MDL como uma alavanca.

7.1 O CUSTO DO SEQUESTRO DE CO_2 ATRAVÉS DA AMPLIAÇÃO DA BASE FLORESTAL

A Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose congrega as 37 maiores empresas reflorestadoras brasileiras e mantém um banco de dados atualizado com estatísticas confiáveis sobre o setor. De 1937 a 1996, o setor plantou 1.4 milhões de ha, sendo que nos últimos 20 anos, período de maior atividade, foram plantados 1.2 x10^6 ha de florestas de *Pinus spp* e *Eucalyptus spp* de alto padrão tecnológico para fins industriais (papel, madeira, compensado, fibras, etc.).

Este tipo de floresta plantada captura entre 26,4 a 40,9 tonCO_2/ha/ano (média de 38,6 ton CO2/ha/ano), dependendo das variáveis ecológicas e silviculturais da região[34] . O custo de captura de 1 ton de CO_2 foi calculado em US$3.25 para florestas de *Eucalyptus spp* e US$2.04 para florestas de *Pinus spp* (média US$2.78 / ton CO_2). Neste custo não estão inseridos os valores da terra e custos financeiros.

Portanto, um programa para MDL no Brasil, através da ampliação da base florestal industrial para a mesma quantidade de plantada de 1,2 x 10^6 ha, poderia ser desenhado para captar pelo menos 2,5 bilhões de dólares, em um horizonte de 20 anos, capturando 926 x 10^6 tonCO_2 ($\approx$ 1 bilhão tonCO_2 ou seja, 0,27 bilhão tonC).

7.2 O CUSTO DO SEQUESTRO DE CO_2 ATRAVÉS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA.

O crescimento populacional na Amazônia se desenvolveu rapidamente nas últimas três décadas, sendo que, no período compreendido entre os anos 1960 e 1991, o crescimento foi da ordem de 14 milhões de habitantes, significando uma taxa total de crescimento de 700%. Este crescimento populacional deu-se, principalmente, através de migrações e forma uma pressão constante sobre o ecossistema.

Uma das principais causas do desmatamento é a derrubada de novas áreas de floresta para o cultivo. A implantação de diferentes sistemas agroflorestais, cujas técnicas já se encontram razoavelmente desenvolvidas (CEPATU em Tomé-Açu), seria indicada para a recuperação de áreas degradadas e a fixação dos colonos, diminuindo a pressão sobre as florestas naturais. As estimativas indicam existir entre 30 e 40 milhões de hectares na Amazônia, passíveis de instalação de projetos dessa natureza, tanto com pequenos como com grandes agricultores. Nestes projetos, pela legislação atual, é obrigatória a recuperação de 50% das áreas com o plantio de espécies nativas. Os outros 50% poderão ser cultivadas com árvores de crescimento rápido (nativas ou exóticas) e com atividades agricolas de ciclo anual e/ou pastagens.

Já existe no Brasil tecnologia e estrutura empresarial suficiente para a produção de mudas de plantas nativas, em larga escala, destacando-se entre as empresas a CESP, a CVRD e instituições de pesquisa e extensão como o INPA e a EMBRAPA. Portanto, estes projetos poderiam ser iniciados de imediato em pequena escala, crescendo ao longo do tempo. [35]

Neste trabalho, não fizemos uma avaliação precisa da demanda e dos custos operacionais reais da implantação deste tipo de projeto, portanto, os dados são indicativos, baseados em estimativas. Para implantar 20 mil hectares por ano, em uma escala inicial bastante factível, os investimentos necessários seriam da ordem de US$ 2,200 por hectare, ou seja, 44 milhões de dólares por ano, totalizando, em 20 anos, 880 milhões de dólares.

7.3 O CUSTO DO SEQUESTRO DE CO_2 ATRAVÉS DE FLORESTAS DE USO MÚLTIPLO NA MATA ATLÂNTICA.

Nas áreas indicadas pelo projeto FLORAM, fundamentalmente aquelas originalmente cobertas pela Mata Atlântica brasileira, a demanda de madeira é bastante diversificada:

- ✓ fonte de energia (lenha) ou carvão para uso siderúrgico e doméstico;
- ✓ estruturas na construção civil;
- ✓ containers em embalagens

Em toda esta região existe infraestrutura viária e institucional para implementar programa de reflorestamento, tanto com espécies de crescimento rápido, mas principalmente com espécies dos ecossistemas naturais.

Um programa inicial poderá prever o plantio de 15 mil hectares por ano, durante 20 anos. O estoque dinâmico de carbono gerado será da ordem de 11,6 milhões de toneladas de carbono. Os investimentos necessários são, em média, de 1.200 a 1.600 dólares por hectare, sem levar em conta o custo da terra. O total de investimento anual seria de 18 a 24 milhões de dólares, totalizando em 20 anos 360 a 480 milhões de dólares.

7.4 O CUSTO DO SEQUESTRO DE CO_2 ATRAVÉS DA RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES.

A Legislação Brasileira obriga a conservação das matas ciliares nas margens de rios, lagos e represas. Nos rios e represas com mais de 100 metros de largura deve ser conservada uma faixa de 100 m de floresta nativa ao longo de toda a calha do rio ou entorno da represa. Para os rios e represas com menos de 100 m a faixa obrigatória é de 30 m.

Em muitas regiões do Brasil, especialmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, existem programas governamentais de distribuição (ou venda) de mudas de espécies nativas. Estes programas objetivam incentivar as populações que vivem ao longo dos rios a restabelecer a mata ciliar original, uma vez que as áreas foram desmatadas antes da legislação em vigor.

8.CONCLUSÃO.

Indiscutivelmente as práticas relacionadas com o uso da terra, as mudanças no uso da terra e as florestas, englobadas nos textos oficiais sob a expressão LULUCF (da sigla Land-Use, Land-Use Change and Forestry) constituem um importante mecanismo de controle climático, tanto pela sua capacidade de emitir gás carbônico como de capturá-lo. Aprimorar as técnicas de uso do solo diminuindo o desmatamento e implementar tecnologias de manejo florestal sustentável significam emitir menos CO_2 . Plantar florestas significa retirar o CO_2 da atmosfera e imobilizá-lo, sob forma de carbono, tanto nas partes aéreas e lenhosas das plantas como no solo. A principal vantagem do aumento dos estoques de carbono terrestre, via o sequestro de gás carbônico é sua implementação imediata, plantar florestas não requer inovação tecnológica, e a oferta de um incentivo financeiro para proteção e uso sustentável das florestas.

Entretanto persiste uma considerável incerteza científica quanto a quantidade de carbono absorvido pelos diferentes tipos florestais, até que idade as florestas continuam a absorver CO_2, quais os sistemas florestais mais indicados, se as florestas existentes, nativas ou plantadas, estão respondendo ao efeito fertilizador do gás carbônico, qual a área mundial disponível para reflorestamento. Também outras questões , menos científica, mas importantes como a avaliação, o monitoramento, os relatório, a verificação e certificação dos projetos de sequestro de carbono, ainda continuam sem respostas. Algumas questões como a conservação da biodiversidade, relatas à adicionalidade destes projetos, estão se tornado bastante importantes.

O reflorestamento deve ser visto como um dos mecanismos de controle do efeito estufa, eficiente, de implementação imediata, de baixo custo e com a capacidade de ampliar os estoques de carbono reduzindo os impactos negativos das mudanças climáticas globais de origem antrópica. Produtos derivados das florestas como a energia de biomassa produzidos continuamente, de forma sustentável, podem substituir parte das emissões dos combustíveis fósseis abrindo uma grande oportunidade para o Brasil.

LITERATURA

[1] Sigman, D.M., Boyle. E.A. 2000. Glacial / Interglacial Variations in Atmosferic Carbon Dioxide. *Nature* **407**, 859-869 pgs.

[2] Woodwel, G. (ed.) , 1990. **The Earth as Transformed by Human Action**. Cambridge University Press. New York..

[3] Goldemberg, J. 2001. O Efeito Estufa - Os Fatos. FBDS/FIESP. Nesta Série.

[4] Hougton, J.T, Jenkins, G.J, Ephraums, J.J. (Ed.). **Climate Change 1990**. IPCC - Intergovernamental Panel on Climate Change -. Cambridge University Press .

[5] IPCC. 1996. **Climate Change 1995. Contributions of Working Groups I**. - Intergovernamental Panel on Climate Change -.Cambridge University Press.

[6] The Woods Hole Research Center. **The Missing Carbon Sink**. 2001.

[7] Watson, R.T., Noble, I.R. Bolin, B., Ravindranath N.H., Verardo, D.J., Dokken, D.J (Edts). 2000**. Land Use, Land-Use Change and Forestry - A Special report of The IPCC**. Cambridge University Press, 377 pp.

[8] Phillips OL, Malhi Y, Higuchi N, Laurance WF, Nunez PV, Vasquez RM, Laurance SG, Ferreira LV, Stern M, Brown S, Grace J (1998) Changes in the carbon balance of tropical forests: Evidence from long-term plots. *Science* 282, 439-442..

[9] Nobre, C. 2001. Amazônia: Fonte ou Sumidoro de Carbono. 197-224 pgs. In: **Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia.** MMA-Brasília.

[10] Fan, S., Gloor, M., Mahlmam, J. et al. 1998. A large terrestrial Carbon Sink in North America implied by atmosferic and oceanic Carbon Dioxide data and Models. *Science* 282, 442-446 pgs.

[11] IPCC (2001) Summary for Policy Makers. In: **Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Cliimate Change** (eds. Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. http S://www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf

[12] FAO. 1999. **State of the World´s Forests**. FAO, Rome.

[13] World Resources Institute - **Forests of the World** - http://www.wri.com

[14] INPE. 2000. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, 1998-1999**. MCT-INPE.

[15] The Royal Society. 2001. The Role of Land Carbon Sink in Mitigation Global Climate Change. Policy Document 10/01. July 2001. http://www.royalsoc.ac.uk

[16] Brown, S. Sathaye, J. Cannell. M. and Kauppi, P. 1995. Management of Forests for Mitigation of Greenhouse Gas Emissions. In :**Climate Change 1995:Impacts, Adapatation and Mitigation of Climate Change: Scientific -technical Analyses**. Contribution of Working Group II. Chap.24.

[17] Prentice IC, Farquhar GD, Fasham MJR, Goulden ML, Heimann M, Jaramillo VJ, Kheshgi HS, Le Quére C, Scholes RJ, Wallade DWR. 2001. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. In **Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Cliimate Change** (eds. Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. httpS://www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf

[18] Idso,S.B. 1999. The Long-term Response of Trees to Atmosferic Enrichment. Global Change Biology 5: 439-495.

[19] Orem, R. et al., 2001. Soil Fertility Limits Carbon Sequestration by Forest Ecosystem in a CO_2 Enriched Atmosphere. *ature* 411, 469-472 pgs.

[20] Idso, C.D., Idso, K.E. 2001. Trees: The Incridible Shring Carbon Sinks. Editorial Commentary. CO_2 Science Magazine.V.4, N.22, 30/5/2001.Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change.

[21] Brown,S. Sampson, R.N. Schlamadinger, B. and Kinsman, J., 2001. Policy Considerations for Using Forests to Mitigate Carbon Dioxide Emissions. *The scientific World 2001*.

[22] Davidson, E.A., Hirsch, A. 2001. Fertile Forest Experiments. *Nature* 411, 431-432 pgs.

[23] Lloyd,J. 1999. The CO_2 dependence of photosynthesis, plant regrowth resposes to elevated CO_2 concentratios and interaction with soil nutrients status, II. Temperate and Boreal forest

produvtivity and the combined effects of increasing CO2 concentrations and increased nitrogen deposition at a global scale. *Functional Ecology* 13:439-459 pgs.

[24] Summary. 1999. US Department of Energy. **Workshop on Carbon Sequestration Research Needs** Gaithrsburg, MD, Sept. 14-15.

[25] Fearniside, P.M., 2001. Efeito do Uso da Terra e Manejo Florestal no Ciclo de Carbono na Amazônia Brasileira. 173-197 pgs. In: **Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia.** MMA-Brasília.

[26] Indiana University. **Current Studies Costing Carbon Sequestration**. 2/200

[27] Brown,S.P.A. 1999. Global Warming Policy Some Economic implications.. *NCPA Policy Report* 24.

[28] Ellerman, A.D., Jacoby, H. Decaux, A.1998. The effects of Developping Countries on tha Kyoto Protocol and CO2 Emissions Trading. **MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change Report.** .

[29] IPPC.2000. **Land Use, Land Use Change, and Forestry**. R.T. Watson, I.R.Noble, B.Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, D.J. Dokken. IPCC Special Report . Cambridge Press.

[30] Salati, E. and A. A. Santos. 1998. The Amazon and the Global Issues in Amazonia: In: **Heaven of a New World,** Freitas, M.L.D. (Editor) *CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*.

[31] Marcovitch, J. 1990. As Origens do Projeto Floram. *Estudos Avançados* 4: 7-14.

[32] Barrichelo, L. E. G. 1990. O Floram em Discussão. *Estudos Avançados* 4: 15-1

[33] FBDS 1998. Avaliação das emissões de gases de efeito estufa devido as mudanças nos estoques de florestas lantadas. *Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentado*, Rio de Janeiro, RJ.

[34] FBDS 1998. Avaliação das emissões de gases de efeito estufa devido as mudanças nos estoques de florestas plantadas. Secretaria de Mudanças Climáticas Globais -MCT. *Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentado*, Rio de Janeiro, RJ.

[35] Serrão, A.E. 1995 - Desenvolvimento Agropecuário Florestal na Amazônia: Situação Atual e Alternativas para o Desenvolvimento Sustentável com Base no Conhecimento Científico e Tecnológico. In: **Diagnóstico Ambiental, Análises Temáticas e Sistemas de Informação**

Geográfica para o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal - Volume 4. *Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável*. 1995.