

RAFAELO BALBINOT

**IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS GERADORAS DE CRÉDITOS DE
CARBONO: ESTUDO DE VIABILIDADE NO SUL DO ESTADO DO
PARANÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais na área de concentração de Manejo Florestal.

**Orientador:
Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Co-orientador:
Prof. Dr. Julio Eduardo Arce**

CURITIBA

2004



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER
Defesa nº. 575

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Rafaelo Balbinot* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**Implantação de florestas geradoras de créditos de carbono: estudo de viabilidade no sul do Estado do Paraná, Brasil**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em MANEJO FLORESTAL.

Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Universidade do Centro Oeste - UNICENTRO
Primeiro examinador

Dr. Graciela Ines Bolzon de Muniz
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador

Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 19 de novembro de 2004.

Graciela Ines Bolzon de Muniz
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-Coodenador do Curso

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, agradeço pela vida e pelo rumo que ela segue.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Professor Dr. Carlos Roberto Sanquetta, meu orientador, pelo aprendizado amizade e apoio os quais me foram fundamentais na vinda para Curitiba, e também por ter aberto as portas do setor florestal e ambiental no Paraná.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Julio Eduardo Arce pela amizade, colaboração e apoio para finalizar este trabalho.

Ao Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick e à Mestranda Ana Paula Dalla Corte pela colaboração no desenvolvimento e execução do estudo.

Ao Fundo Nacional do Meio Ambiente, pelo financiamento deste estudo através do Projeto de Cooperação Técnica firmado entre o Governo do Brasil e o Governo do Reino dos Países Baixos.

Ao Instituto Ecoplan pela oportunidade e autonomia confiadas desde a fase de elaboração do projeto até a conclusão dos trabalhos.

À CAPES pela concessão da Bolsa de Estudos.

Aos grandes companheiros Emerson Schoeninger e Luciano Farinha pelo incentivo a iniciar o curso e pelo auxílio na chegada a esta cidade, que me foram fundamentais.

Ao amigo Professor Dr. Henrique Soares Koehler pela convivência e aprendizado.

Aos professores Sebastião do Amaral Machado e Flávio Felipe Kirchner pelo exemplo e aprendizado extra-classe.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Inventário Florestal Vânia Portela, Edelberto Gebauer, Karla Weber, Rozane Eisfeld, Anabel de Mello, Maria Cristina B. S. Leal, Kleber, João Paulo, Lisiane e Edemílsom.

Aos amigos Marcelo Theoto Rocha e Leonardo Ribeiro, que me proporcionaram os primeiros conhecimentos acerca do mercado de carbono, e que considero como guias neste tema.

Aos Professores e Funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal e do Curso de Engenharia Florestal da UFPR, pela oportunidade de aprendizado e convivência, os quais tornaram o curso mais prazeroso. Aos colegas, pelo convívio harmônico durante estes anos, pelas críticas, idéias, sugestões e pelo crescimento pessoal e profissional. Em especial aos colegas Marcos Vinícius, Benício, Oscar Gauto, Rubens Rondon, Daniel Chies, Prata, Leopoldo, Gilnei, Ulisses, Nadal e tantos outros pelo companheirismo e pelos churrascos.

À minha esposa Letizia pela compreensão das noites de estudo, pelo apoio para concluir este trabalho e pelo incentivo em seguir este caminho.

Em especial aos meus pais Marlei Pavan Balbinot e Anestor Balbinot pelo seu amor e por sempre acreditarem em mim em qualquer condição.

SUMÁRIO

	LISTA DE TABELAS	7
	LISTA DE FIGURAS	9
	LISTA DE ANEXOS	10
	LISTA DE SIGLAS/SÍMBOLOS	11
	RESUMO	12
	ABSTRACT	13
1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	GERAL	16
1.1.2	ESPECÍFICOS	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	O CICLO DO CARBONO	18
2.2	MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EFEITO ESTUFA	20
2.3	A CONVENÇÃO DO CLIMA E O PROTOCOLO DE QUIOTO	23
2.4	MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)	25
2.5	OS ACORDOS DE MARRAQUECHE (COP 7)	26
2.6	A NONA CONFERÊNCIA DAS PARTES (COP 9)	28
2.7	O MERCADO DE CARBONO	31
2.8	DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA	32
2.9	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO POR SENSORIAMENTO REMOTO	35
2.10	A FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	37
2.11	AS PLANTAÇÕES FLORESTAIS	38
3	MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
3.1.1	Localização	41
3.1.2	Clima	42
3.1.3	Geologia e Solo	42
3.1.4	Vegetação Natural	42
3.2	MATERIAIS UTILIZADOS	43
3.3	METODOLOGIA	44
3.3.1	Elaboração dos Mapas de Uso do Solo com Ênfase nos Recursos Florestais	44

3.3.2	Elaboração do Mapa de Áreas Potencialmente Elegíveis para Implantação de Florestas Geradoras de Créditos de Carbono	47
3.3.3	Estimativas do Estoque de Carbono	48
3.3.3.1	Plantações Florestais	48
3.3.3.2	Florestas Naturais	49
3.3.4	Análise da Viabilidade Técnica e Econômica	50
3.3.4.1	Plantações Florestais	50
3.3.4.2	Florestas Naturais	52
4	RESULTADOS	54
4.1	MAPAS DE USO DO SOLO COM ÊNFASE NOS RECURSOS FLORESTAIS	54
4.2	QUANTIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO	57
4.2.1	Plantações Florestais	57
4.2.2	Florestas Naturais	60
4.4	ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA	61
4.4.1	Viabilidade Técnica	61
4.4.2	Viabilidade Financeira	65
4.4.2.1	Plantações Florestais	65
4.4.2.2	Florestas Naturais	69
5	DISCUSSÃO	72
6	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	CONSTITUINTES “PERMANENTES” E “VARIÁVEIS” DA ATMOSFERA E A SUA PORCENTAGEM EM RELAÇÃO AO VOLUME TOTAL.....	21
TABELA 2	POTENCIAIS IMPACTOS DECORRENTES DO AQUECIMENTO GLOBAL	22
TABELA 3	EQUAÇÕES DE BIOMASSA E COEFICIENTES PARA <i>Pinus</i> AJUSTADAS PELO LIF/UFPR.....	49
TABELA 4	BIOMASSA SECA E CARBONO POR HECTARE NOS DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	50
TABELA 5	ÁREAS DETERMINADAS SEGUNDO O USO DO SOLO, COM ÊNFASE NA COBERTURA FLORESTAL, PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO, EM 1993 E 2000	55
TABELA 6	BIOMASSA E CARBONO POR HECTARE NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DAS ÁRVORES DE <i>PINUS</i>	58
TABELA 7	ESTOQUE DE CARBONO DOS PLANTIOS DE <i>PINUS</i> NOS MUNICÍPIOS DE GENERAL CARNEIRO E BITURUNA EM 1993 E 2000, NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE	59
TABELA 8	ESTOQUE DE CARBONO NA FLORESTA NATURAL NOS MUNICÍPIOS DE GENERAL CARNEIRO E BITURUNA EM 1993 E 2000, NAS DIVERSAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS CONSIDERADAS	60
TABELA 9	ÁREAS DOS MUNICÍPIOS DE GENERAL CARNEIRO E BITURUNA CLASSIFICADAS DE ACORDO COM AS CLASSES DE ESTOQUE DE CARBONO	63
TABELA 10	DIÓXIDO DE CARBONO REMOVIDO DA ATMOSFERA, POR HECTARE, EM POVOAMENTOS DE <i>PINUS</i> EM SEUS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DAS ÁRVORES DE, NAS DIFERENTES IDADES	66
TABELA 11	FLUXO DE CAIXA COM VALORES PRESENTES, EM REAIS (R\$), PARA ANÁLISE DOS RENDIMENTOS DA ATIVIDADE FLORESTAL CONVENCIONAL, E ALIADA À FIXAÇÃO DE CARBONO (VALORES/ha).....	67
TABELA 12	COMPARAÇÃO DOS INDICADORES ECONÔMICOS NA IMPLANTAÇÃO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS DE <i>PINUS</i> “CONVENCIONAIS” E ASSOCIADOS A PROJETOS DE CARBONO (VALORES/ha).....	68
TABELA 13	DIÓXIDO DE CARBONO REMOVIDO DA ATMOSFERA, POR HECTARE, EM FLORESATAS NATURAIS EM SEUS DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS	69

TABELA 14	FLUXO DE CAIXA COM VALORES PRESENTES, EM REAIS (R\$), DA ATIVIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS NATURAIS COM E SEM A RECEITA ADVINDA DOS PROJETOS DE CARBONO (VALORES/ha).....	70
-----------	---	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	FLUXOS ANUAIS DE CO ₂ NA ATMOSFERA VERIFICADOS PARA MEADOS DOS ANOS 80, EM Gt.....	19
FIGURA 2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	41
FIGURA 3	CLASSES TIPOLOGICAS UTILIZADAS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM POVOAMENTOS FLORESTAIS DO GÊNERO PINUS	46
FIGURA 4	CLASSES TIPOLOGICAS UTILIZADAS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM FLORESTAS NATURAIS.....	46
FIGURA 5	MAPAS DE USO DO SOLO, COM ÊNFASE NOS RECURSOS FLORESTAIS, PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO	54
FIGURA 6	MAPAS DE ESTOQUE DE CARBONO NA VEGETAÇÃO PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO.....	62
FIGURA 7	MAPA DE ÁREAS ELEGÍVEIS PARA IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS GERADORAS DE CRÉDITOS DE CARBONO NOS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO.....	64

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1 MAPAS DE USO DO SOLO, COM ÊNFASE NOS RECURSOS FLORESTAIS, PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO
- ANEXO 2 MAPAS DE ESTOQUE DE CARBONO NA VEGETAÇÃO PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO
- ANEXO 3 MAPAS DE ESTOQUE DE CARBONO NA VEGETAÇÃO PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO

LISTA DE SIGLAS/SÍMBOLOS

C - carbono
CAP – circunferência à altura do peito (1,30m)
CE – Comércio de Emissões
CFCs – clorofluorcarbonos
CH₄ - gás metano
cm – centímetro
CO₂ – gás carbônico
COP – Conferência das Partes
CQNUMC – Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
CER – Certificados de Emissões Reduzidas
DAP – diâmetro à altura do peito (1,30 m)
FBMC – Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas
g – grama
G – área basal
Gg – 1 tonelada x 10⁹
GEE – Gases de Efeito Estufa
Gt – Gigatonelada (1000 toneladas)
ha – hectare
IC – Implementação Conjunta
IPCC – International Panel on Climate Change
LULUCF – Land Use, Land Use Change and Forestry
m - metro
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
Mg - tonelada
Mg ha⁻¹ – megagramas por hectare (mesmo que toneladas por hectare)
OGMs – Organismos Geneticamente Modificados
PABA – Plano de Ação de Buenos Aires
PFCs - perclorofluorcarbonos
PQ – Protocolo de Quioto
SIG - Sistema de Informações Geográficas
kg – quilograma
UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar a viabilidade de um projeto de florestas geradoras de créditos de carbono nos municípios de General Carneiro e Bituruna, no sul do Estado do Paraná, de acordo com os critérios e indicadores do Protocolo de Quioto. Primeiramente foi necessário identificar áreas com potencial (elegíveis) para a implantação deste tipo de projeto. Para isso foram gerados mapas do uso da terra, com ênfase nos recursos florestais, referentes aos anos de 1993 e 2000, e de acordo com os critérios e indicadores do Protocolo de Quioto e acordos subsequentes (linha de base). A seguir foram realizadas as estimativas da dinâmica do estoque de carbono nestas áreas, com ênfase nas plantações florestais e nas florestas naturais. Por fim, foi realizada a análise técnica e econômica sobre a viabilidade de implantação deste tipo de floresta na região. Na questão do uso do solo, foi identificado um aumento na área com cobertura florestal, tanto para plantações florestais como para florestas naturais, na ordem de aproximadamente 5.900 ha e 2.750 ha, respectivamente, que conseqüentemente promoveram um aumento no estoque de carbono nesta vegetação, para o período em análise, de aproximadamente 384.800 Mg de carbono, que correspondem a pouco mais de 1.411.000 Mg de CO₂ equivalente. Foram identificados em torno de 48.000 ha de áreas potenciais para implantação de reflorestamentos geradores de créditos de carbono. Financeiramente, o retorno advindo da venda dos créditos de carbono gerado, em ambos os tipos de floresta, não cobre o custo do investimento necessário para implantação de reflorestamentos com os preços praticados hoje, porém os retornos são melhorados significativamente, especialmente para plantações florestais, se as receitas advindas dos créditos de carbono com aquelas oriundas da venda da madeira. Concluiu-se que a implantação de florestas fixadoras de carbono é uma atividade tecnicamente viável, mas somente atrativa se o valor da madeira vendida pela colheita do reflorestamento for levada em conta na análise.

Palavras-chave: estudo de viabilidade, fixação de carbono, plantações florestais, florestas naturais, MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), Protocolo de Quioto.

ABSTRACT

This research aimed at evaluating the feasibility of a project of forests to generate carbon credits, in the municipalities of General Carneiro and Bituruna, located in southern Paraná State, Brazil, in accordance with criteria and indicators of the Kyoto Protocol. Firstly, it was necessary to identify potential areas (eligible) to establish such a project. To do so, land use maps with emphasis on the forest resources corresponding to 1993 and 2000, were elaborated, following the criteria and indicators of the Kyoto Protocol and subsequent conventions (baseline), identifying those areas. Secondly, estimates of the stock and dynamics of carbon were generated for those areas, taking into consideration natural forests and plantation forests. Thirdly, the technical and economical feasibility of the establishment of a forestry project was carried out taking into account the regional conditions. Regarding the land use changes, it was noticed an increase in the land cover in the period, totaling ca. 5,900 and 2,750 hectares in both municipalities, for plantation and natural forests, respectively. This represented an increase in the carbon stock in the vegetation of ca. 384.800 Mg during of the period of analysis, corresponding to ca. 1,411,000 Mg of CO₂ equivalent. There were identified in the two municipalities approximately 48,000 hectares of potentially suitable for establishment of plantation forests able to generate carbon credits. The results of the analysis showed that, from the financial point of view, the revenues coming from the sale of carbon credits do not overcome the investment needed to establish plantations with native and exotic fast-growing species; taking into account the current carbon prices. However, the revenue becomes highly improved if the income from wood sale is taken into consideration in the business. It was concluded that the establishment of plantations forests is technically possible, but it is only economically feasible if wood besides carbon is included in the analysis.

Key words: feasibility study, carbon sink, plantation forests, natural forests, CDM (Clean Development Mechanism), Kyoto Protocol.

1 INTRODUÇÃO

As ações decorrentes das atividades econômicas e industriais, principalmente após a Revolução Industrial, têm provocado alterações na biosfera resultando na quase duplicação da concentração dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, com destaque para o dióxido de carbono (CO₂), resultante principalmente da queima de combustíveis fósseis, queimadas e desmatamentos (IPCCb, 2001).

Mesmo que ainda haja dúvidas, a maioria dos cientistas e dos políticos concorda que existe um aquecimento em nível global da atmosfera, como consequência da intensificação do Efeito Estufa. As expectativas mais pessimistas temem a ocorrência de extremos climáticos como ventos fortes, chuvas intensas e secas prolongadas, e também a inundação de grandes áreas de terras baixas nos litorais, ou próximas a estes.

Para tratar dos possíveis problemas, consequentes das alterações do clima e do Efeito Estufa, foi estabelecida em 1992 a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (Convenção do Clima), que tem por meta propor ações para que os países industrializados, principais emissores de GEE, estabilizem suas emissões.

A 3ª Conferência da Partes (COP-3), realizada pelos países membros da Convenção do Clima, realizada em 1997 na cidade de Quioto (Japão), destacou-se pela elaboração do Protocolo de Quioto, que estabelece que os países industrializados devem reduzir suas emissões de GEE em 5,2%, em média, abaixo dos níveis observados em 1990, para os anos de 2008-2012. No decorrer das negociações, sob pressão destes países, foram criados mecanismos de flexibilização a fim de facilitar o alcance desta meta (UNFCCC, 1997).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um dos mecanismos de flexibilização do Protocolo de Quioto. O propósito do MDL é prestar assistência aos Países Não Anexo I da Convenção do Clima para que viabilizem o desenvolvimento sustentável por meio da implementação da respectiva atividade de projeto e contribuam para o objetivo final da Convenção. Por outro lado, prestar assistência aos Países Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e

redução de emissões de gases de efeito estufa, criando assim um atrativo de mercado para a redução das emissões globais.

Durante a 7ª Conferência da Partes realizada em Marrakesh 2001, foram definidas as regras operacionais para o tema Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, para o MDL. No caso do setor de gestão de uso da terra, esses podem incluir somente as atividades de florestamento e reflorestamento, ao menos durante o primeiro período de compromisso (FBMC, 2002).

O Brasil pode se beneficiar com o mercado de carbono sendo hospedeiro de projetos de MDL. No contexto atual, este mecanismo é particularmente relevante aos países em desenvolvimento, principalmente pelas novas oportunidades de atração de investimentos estrangeiros. Este cenário passou da situação de provável à totalmente real no dia 16 de fevereiro de 2005, data da ratificação do Protocolo de Quioto pela Federação Russa, a partir de deste momento o mercado de carbono existe legalmente e contará com todas as garantias legais de um tratado internacional. A concretização do mercado de carbono é um fato tão expressivo que mesmo com a declaração dos Estados Unidos, que é o maior emissor mundial de Gases de Efeito Estufa, de que não irá ratificar o Protocolo de Quioto, não impediu que este país criasse um mercado próprio para a negociação desta gama de projetos. A chamada Bolsa do Clima de Chicago reúne um grupo com mais de cinquenta grandes empresas americanas, com o interesse comum em adquirir projetos de fixação e carbono, inclusive florestais, seguindo regras inspiradas nas regras do Protocolo de Quioto e seus Mecanismos de Flexibilização.

O incremento na base florestal, tanto com espécies autóctones como exóticas, é uma necessidade atual, especialmente pela prevista falta de madeira em todo o sul do Brasil. Porém, a silvicultura é uma atividade que requer expressivos investimentos iniciais e tem um longo período de maturação, fato que dificulta a entrada de pequenos proprietários nesta atividade. A valoração da floresta por um benefício até então pouco difundido e reconhecido, que é remoção de dióxido de carbono da atmosfera, pode trazer uma nova variável a este quadro. Contudo, os produtores rurais não têm confiança suficiente para dar um avanço empreendedor mais arrojado, sem saber

exatamente os reais custos e benefícios que um projeto de implantação de florestas fixadoras de carbono pode lhes proporcionar.

Portanto, para a montagem de projetos florestais no moldes do MDL que sejam confiáveis e atendam às exigências do mercado, se torna necessária à realização de estudos preliminares para a identificação, quantificação e mapeamento de áreas potenciais. Inclusive testando tecnologias e gerando informações que possibilitem uma análise estratégica das potencialidades de uma região para estas atividades de projeto. Este quadro encorajou a elaboração deste trabalho, que procurou avaliar a viabilidade de implantação de um projeto de florestas fixadoras de carbono na região sul do Estado do Paraná, tendo como área piloto os municípios de General Carneiro e Bituruna.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

O objetivo central desta dissertação é avaliar a viabilidade de implantação de um projeto de florestas geradoras de créditos de carbono nos municípios de General Carneiro e Bituruna, na região sul do Estado do Paraná, de acordo como os critérios e indicadores do Protocolo de Quioto e do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

1.1.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desta dissertação foram os seguintes:

- Produzir mapas de uso da terra, com ênfase nos recursos florestais, referentes aos anos de 1993 e 2000;

- Quantificar o estoque de carbono existente nas florestas, tanto em 1993 como em 2000;
- Analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de reflorestamentos na região, considerando a geração dos créditos de carbono.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CICLO DO CARBONO

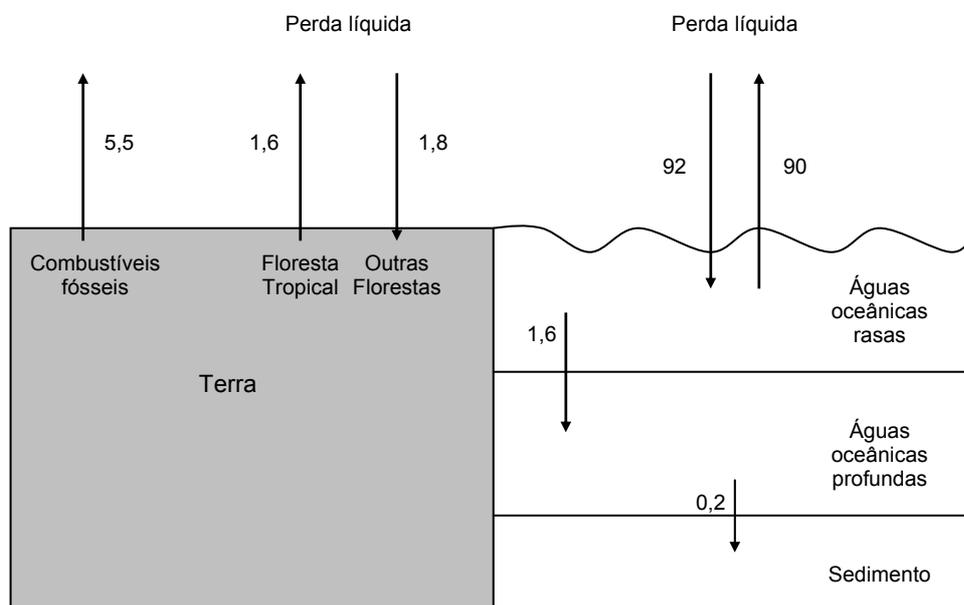
Estima-se que o estoque total de carbono na terra exceda os $26,10^{15}$ Mg, sendo que a maior parte está em compostos inorgânicos e somente cerca de 0,05% na forma orgânica. Os compostos orgânicos são encontrados na biomassa marinha e terrestre, detritos orgânicos e no solo terrestre, assim como nos sedimentos e detritos orgânicos dos oceanos (LARCHER, 2000).

A biomassa contém cerca de 650 Gt de carbono (Gt \rightarrow Gigatonelada = 10^9 Mg), valor próximo aos da atmosfera 755 Gt, que por sua vez é duas vezes menor que a quantidade de carbono presente no solo, aproximadamente 1.720 Gt. Os oceanos apresentam as maiores reservas de carbono, com 38.500 Gt (LARCHER, 2000).

De acordo com GARDNER e MANKIN (1981), os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa terrestre e cobrem aproximadamente 40% de sua superfície. As florestas apresentam uma elevada taxa de fixação de carbono, quando comparado com outras tipologias vegetais.

Segundo Houghton et al., (1995) apud BAIRD (2002), as quantidades anuais de dióxido de carbono que aportam e são removidas pela atmosfera, até a metade da década de 80 estão resumidas na Figura 1. A queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento liberaram 5,5 Gigatoneladas de carbono por ano, das quais 3,3 Gt não encontraram um sumidouro. As camadas superficiais dos oceanos absorveram cerca de 92 Gt, mas liberaram 90 Gt, tendo uma absorção de 2,0 Gt, e destas apenas 1,6 Gt é removida das camadas superficiais para as camadas intermediárias e profundas, e apenas 0,2 Gt depositam-se nos sedimentos mais profundos. Embora o desflorestamento tropical tenha contribuído anualmente com 1,6 Gt de carbono no ar, este valor foi ligeiramente superado pela retirada de cerca de 1,8 Gt ocorrida nas zonas de floresta temperada.

FIGURA 1– FLUXOS ANUAIS DE CO₂ NA ATMOSFERA VERIFICADOS PARA MEADOS DOS ANOS 80, EM Gt



FONTE: HOGHTON (1995) apud BAIRD (2002)

Uma análise das quantidades produzidas e absorvidas no início dos anos 90 indica que as emissões antropogênicas de CO₂ aumentaram para 6,0 Gt, porém isso foi superado pela retirada acelerada pela biosfera. Existem algumas evidências de que o súbito aquecimento global em razão do fenômeno El Niño, resultou em um aumento da absorção de dióxido de carbono pela vegetação e pelo solo, até cerca de dois anos depois de suas ocorrências. Contudo, em meados dos anos 90 o incremento atmosférico anual de dióxido de carbono já voltou ao valor médio observado até a metade dos anos 80, provavelmente pela diminuição da absorção de CO₂ pela biosfera (BAIRD, 2002).

As florestas são importantes para o equilíbrio do estoque de carbono global, pois armazenam em suas árvores e no solo mais carbono do que o existente atualmente na atmosfera. Se as florestas forem cortadas, a maior parte do carbono guardado nas árvores será liberada para a atmosfera rapidamente por meio de queimadas ou, mais lentamente, via decomposição (HOUGHTON, 1994).

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EFEITO ESTUFA

De acordo com a definição do Protocolo de Quioto, “Mudança do clima” significa uma mudança que possa 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 (UNFCCC, 1997).

Os raios solares aquecem a superfície da terra, em resposta a terra aquecida emite raios infravermelhos (térmicos) em todas as direções, estas ondas de calor são absorvidas pelos Gases de Efeito Estufa (GEE) e por moléculas de vapor d’água. Os Gases de Efeito Estufa recebem tal denominação por apresentarem a propriedade de reter o calor, da mesma forma que os vidros de um carro fechado ou o revestimento de uma estufa sob a incidência do sol. Assim, pela ação do efeito estufa natural a atmosfera se mantém cerca de 30°C mais aquecida, possibilitando, com isso, a existência de vida no planeta, que sem o efeito estufa natural seria um mero deserto gelado (BNDES e MCT, 1999), onde a temperatura média seria de 30 a 40° C menor do que a atual, que é de cerca de 15° C (SOARES e BATISTA, 2004). Embora o efeito estufa seja natural, há razões para se preocupar pelo aumento da concentração destes gases na atmosfera, que gira em torno de 25% desde o início da Revolução Industrial, no século XVIII. Estudos vêm demonstrando que a concentração de gás carbônico e a temperatura da atmosfera tem variado conjuntamente nas últimas dezenas de milhares de anos, reforçando a preocupação que o aumento destes gases possa provocar mudanças no clima (ALECHANDRE e BROWN, 2000).

Além dos constituintes sólidos e líquidos da atmosfera terrestre, como os particulados em suspensão e as nuvens, a atmosfera apresenta dois grupos de gases: os “permanentes” cuja concentração se mantém praticamente constante até o limite superior da atmosfera (cerca de 100 km), e caso contrário, são denominados “variáveis” (ALVES, 2001).

O ar atmosférico, de acordo com ALVES (2001), é constituído basicamente por nitrogênio, oxigênio e vapor d’água. Do ponto de vista radiativo, entretanto, alguns

gases minoritários como o carbônico e o óxido nitroso exercem papel relevante sobre as trocas energéticas na atmosfera, em maior ou menor grau, sendo a água nos seus três estados físicos: gasoso (vapor d'água), líquido (nuvens baixas e médias) e sólido (nuvens altas) o mais importante modulador climático do planeta, (vide Tabela 1).

TABELA 1- CONSTITUINTES “PERMANENTES” E “VARIÁVEIS” DA ATMOSFERA E A SUA PORCENTAGEM EM RELAÇÃO AO VOLUME TOTAL

Constituinte permanente	% do volume*	Constituinte variável	% do volume
Nitrogênio – N ₂	78,084	Vapor d'água – H ₂ O	0 a 7
Oxigênio – O ₂	20,948	Gás Carbônico – CO ₂	0,01 a 0,1
Argônio – Ar	0,934	Ozônio – O ₃	0 a 0,01
Neônio – Ne	0,001818	Dióxido de enxofre – SO ₂	0 a 0,0001
Hélio – He	0,000524	Dióxido de nitrogênio – NO ₂	0 a 0,000002
Metano – CH ₄	0,0002		
Criptônio - Kr	0,000114		
Hidrogênio – H ₂	0,00005		
Óxido Nitroso – N ₂ O	0,000027		
Xenônio – Xe	0,0000087		

*Considerando ausentes os constituintes variáveis.

FONTE: ALVES (2001)

As previsões sobre mudanças climáticas, associadas às ações do homem, não se referem propriamente ao efeito estufa que é uma propriedade natural da atmosfera, de fundamental importância para a vida no planeta. Tais previsões se referem à intensificação desse efeito pelas atividades antropogênicas, em que os GEE são lançados à atmosfera reforçando o bloqueio à saída da radiação infravermelha para o espaço. O vapor d'água, como dito anteriormente, é o mais importante gás atmosférico para o efeito estufa. Mas no contexto da intensificação deste efeito, as atividades antrópicas contribuem pouco para a alteração de sua concentração na atmosfera. Por outro lado, o efeito antrópico no aumento das emissões de outros gases como o gás carbônico (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (NO₂) e mais uma dezena de Perclorofluorcarbonados (PFCs) e Clorofluorcarbonados (CFCs), é muito mais

significativa (ALVES, 2001). Portanto são nestes gases que devem direcionadas as ações de remoção e redução de emissões.

Segundo IPCC (2001b), os impactos econômicos, sociais e ambientais, decorrentes do aquecimento global, afetarão todos os países, porém serão sentidos de maneira diferenciada. A Tabela 2 resume algumas previsões destes impactos em diversas regiões do mundo.

TABELA 2- POTENCIAIS IMPACTOS DECORRENTES DO AQUECIMENTO GLOBAL

Região:	Prováveis impactos
1. África	a. Diminuição da produção agrícola b. Diminuição da oferta de água na região do Mediterrâneo e países do sul c. Aumento dos vetores de diversas doenças d. Aumento da desertificação e. Extinção de animais e plantas
2. Ásia	a. Diminuição da produção agrícola b. Diminuição da disponibilidade de água na região árida e semi-árida c. Aumento do nível do mar deverá deslocar dezenas de milhões de pessoas
3. Austrália e Nova Zelândia	a. Diminuição da disponibilidade de água b. Extinção de animais e plantas
4. Europa	a. Desaparecimento de geleiras nos Alpes b. Aumento da produção agrícola em algumas regiões c. Impactos no turismo
5. América Latina	a. Diminuição da produção agrícola b. Aumento dos vetores de diversas doenças c. Extinção de animais e plantas
6. América do Norte	a. Aumento da produção agrícola em algumas regiões b. Aumento dos vetores de diversas doenças
7. Polar	a. Diminuição da calota polar b. Extinção de animais e plantas
8. Pequenas ilhas	a. Aumento do nível do mar deverá deslocar dezenas de milhões de pessoas b. Diminuição da disponibilidade de água c. Diminuição da atividade pesqueira

FONTE: Adaptado de IPCC (2001b)

A alteração da concentração dos GEE poderá desencadear um aumento da temperatura média no planeta entre 1,4 e 5,8°C nos próximos cem anos (IPCC, 2001a). Este aumento da temperatura irá ocorrer devido ao bloqueio da saída da radiação solar que estes gases causam. Esta 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.

2.3 A CONVENÇÃO DO CLIMA E O PROTOCOLO DE QUIOTO

Diante do problema do Aquecimento Global, em 1990, a Assembléia Geral das Nações Unidas iniciou negociações para estabelecer uma Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), adotada, finalmente, em maio de 1992. Em junho do mesmo ano, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, a chamada RIO-92, a CQNUMC foi firmada por 154 países estando hoje ratificada por 186 países (LOPES, 2002).

A CQNUMC estabeleceu um regime jurídico internacional para atingir seu objetivo principal de alcançar a estabilização das concentrações dos GEE na atmosfera em nível que impeça uma interferência “perigosa” no sistema climático. Embora não defina a forma de agir, ela estabelece mecanismos que dão continuidade ao processo de negociação em torno dos instrumentos (LOPES, 2002).

Desde então os países (Partes), vêm se reunindo para discutir o assunto e tentar encontrar soluções para o problema, sendo que até o momento foram realizados nove encontros, denominados Conferências das Partes (COPs) (ROCHA, 2003).

A Conferência das Partes realizada em Quioto em 1997 destaca-se como uma das mais importantes, pois estabeleceu entre as Partes um acordo onde se encontram definidas metas de redução de emissão dos GEE para os países do chamado Anexo 1 (países com compromisso de redução das emissões dos GEE), além de critérios e diretrizes para a utilização dos mecanismos de mercado. Este acordo ficou conhecido como Protocolo de Quioto, e estabelece que os países industrializados devem reduzir suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990 entre 2008-2012 (primeiro período de compromisso). Para que este protocolo entre em vigor é necessário que pelo menos 55 países, que representem pelo menos 55% das emissões de GEE, dos países Anexo 1 em 1990, o ratifiquem (ROCHA, 2003). Até o mês de

maio de 2004, 122 países o haviam ratificado, estes representavam 44,2% das emissões globais (MCT, 2004), valor ainda insuficiente para a entrada e vigor do Protocolo. Após várias negociações a Federação Russa assinou o Protocolo de Quioto em 16 de novembro de 2004, deste modo, no dia 16 de fevereiro de 2005 entrou em vigor. Porém, os EUA, principal poluidor mundial ainda não ratificou o protocolo.

O Protocolo de Quioto possui três instrumentos conhecidos coletivamente como “mecanismos de flexibilização”, destinados a facilitar o cumprimento das metas de redução da Convenção do Clima, sendo eles (UNFCCC, 1997).

Implementação Conjunta - IC (*Joint Implementation*), artigo 6 do Protocolo de Quioto. A IC refere-se a projetos de mitigação das mudanças climáticas implementados entre dois países do Anexo 1, ou seja, entre dois países industrializados.

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (*Clean Development Mechanism*). O MDL foi estabelecido pelo Artigo 12 do Protocolo de Quioto e se refere aos projetos de mitigação das mudanças climáticas realizadas entre países do Anexo 1 e outros países não Anexo 1. Neste mecanismo os investimentos em projetos devem contribuir para o desenvolvimento sustentável dos países hospedeiros Não-Anexo 1.

Comércio de Emissões – CE (*Emission Trading*), definido pelo Artigo 17 do Protocolo determina que os países do Anexo 1 podem transferir entre si partes de suas quantidades designadas de emissões de GEE. Sob este mecanismo, os países que emitirem menos, que o autorizado pelo Protocolo, poderão vender suas cotas excedentes.

O MDL é o único mecanismo de flexibilização que envolve atividades de projeto para países em desenvolvimento, sem compromisso de redução de emissões, como é o caso do Brasil.

2.4 MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)

O propósito do MDL é prestar assistência às Partes Não Anexo 1 da CQNUMC, para que viabilizem o desenvolvimento sustentável por meio da implementação da respectiva atividade do projeto e contribuam para o objetivo final da Convenção e, por outro lado, facilitar às Partes Anexo 1 para que cumpram seus compromissos quantificados de redução de emissões de GEE (LOPES, 2002).

Em resumo, a idéia do MDL consiste em que cada tonelada métrica de CO₂ retirada ou deixada de ser emitida, por um país em desenvolvimento, poderá ser negociada no mercado mundial, criando um novo atrativo para a redução das emissões globais. Os países do Anexo 1 estabelecerão em seus territórios metas para redução de CO₂ junto aos principais emissores. As empresas que não conseguirem (ou não desejarem) reduzir suas emissões poderão comprar **Certificados de Redução de Emissões (CRE)** de países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações (ROCHA, 2003).

A princípio, os projetos de MDL seriam divididos nas seguintes modalidades:

- 1) Fontes renováveis e alternativas de energia;
- 2) Eficiência / conservação de energia;
- 3) Reflorestamento e estabelecimento de novas florestas¹;
- 4) Outros projetos de redução de emissões: projetos de aterros sanitários e projetos agropecuários (ROCHA, 2003).

Podem participar de uma atividade de projeto do MDL as chamadas Partes Anexo I, Partes Não Anexo 1 ou entidades públicas e privadas destas partes, desde que por elas devidamente autorizadas. Atividades de projeto de MDL podem ser implementadas por meio de parcerias com o setor público ou privado (LOPES, 2002).

O setor privado tem grande oportunidade de participação, pois o potencial para reduzir emissões nesse setor é significativo. Além disso, é receptor de fluxos crescentes de investimentos que podem ser destinados a atividades de projeto de MDL, que é um mecanismo de mercado concebido para ter sua ativa participação (LOPES, 2002).

Para CARDOSO (2001), ao agregar valor comercial aos resultados de redução de emissões, o MDL pode conferir uma maior competitividade às práticas de conservação e uso de fontes renováveis de energia. No momento em que um país é pressionado pelo aumento da demanda por recursos energéticos (em especial de eletricidade), abre-se ao empresariado um importante leque de novas oportunidades de negócios.

2.5 OS ACORDOS DE MARRAQUECHE (COP 7)

A 7ª Conferência das Partes - COP7 foi o desfecho de um longo processo de negociação internacional iniciado com a Quarta Conferência das Partes - COP 4, realizada em Buenos Aires, em novembro de 1998, que estabeleceu o Plano de Ação de Buenos Aires (PABA). O PABA teve por objetivo criar um cronograma para o acordo acerca das regras operacionais do Protocolo de Quioto. O cronograma estabelecido em Buenos Aires apontava a 6ª Conferência das Partes - COP 6, realizada na Haia, Holanda, em novembro de 2000 como a conferência marco na qual as decisões sobre as regras operacionais deveriam ser aceitas. No entanto, conforme a conferência vinha se aproximando, entraves políticos dificultaram a conclusão dos trabalhos, e a COP 6 não conseguiu chegar a decisões acerca dos temas presentes no Plano de Ação de Buenos Aires, como: capacitação; transferência de tecnologia; efeitos adversos; mecanismos de flexibilização; uso do solo, mudança do uso do solo e florestas - LULUCF; as questões incluídas nos artigos 5, 7 e 8 do Protocolo (questões metodológicas, comunicação e revisão da informação), cumprimento de políticas e medidas. O anúncio pelos Estados Unidos de que não ratificaria o Protocolo de Quioto determinou em grande parte a falta de conclusão dos trabalhos, pois contribuiu para a rigidez das posições adotadas pelas Partes. Parecia que a regulamentação do Protocolo não iria ocorrer (FBMC, 2002).

Em virtude do impasse criado, foi convocada nova conferência, chamada de Sexta Sessão Re-convocada da Conferência das Partes - COP 6 parte II, ou COP 6,5,

¹ É nesta modalidade que está a maioria dos projetos de seqüestro de carbono, ou no inglês, "carbon sink".

realizada em Bonn, Alemanha, entre os dias 16 e 27 de julho de 2001. A Conferência teve forte teor político, devido a necessidade de se garantir a entrada em vigor do Protocolo após a saída dos Estados Unidos das negociações, pois os Estados Unidos são responsáveis por 36% das emissões referentes ao ano de 1990. A Conferência resultou nos Acordos de Bonn, que finalizaram a negociação de elementos importantes expressos no Plano de Ação de Buenos Aires, como capacitação, transferência de tecnologia, medidas de adaptação aos efeitos adversos da mudança do clima e mecanismo financeiro. No entanto, ficaram pendentes questões relacionadas a LULUCF, conformidade, mecanismos e os artigos 5, 7 e 8, que foram encaminhadas para decisão na Sétima Conferência das Partes – COP 7 (FBMC, 2002).

Os Acordos de Marraqueche, entre outras coisas, decidiram sobre algumas regras operacionais, entre elas uma das mais relevantes é o artigo 7, parágrafos (a), (b) e (c), da Decisão 17 das Modalidades e Procedimentos para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, conforme definido no Artigo 12 do Protocolo de Quioto. (UNFCCC, 2002).

Decide:

(a) Que a elegibilidade das atividades de projeto de uso da terra, mudança no uso da terra e florestas, no âmbito do mecanismo de desenvolvimento limpo, limita-se ao florestamento e ao reflorestamento;

(b) Que para o primeiro período de compromisso, o total de adições à quantidade atribuída de uma Parte, resultantes das atividades de projeto elegíveis de uso da terra, mudança no uso da terra e florestas, no âmbito do mecanismo de desenvolvimento limpo, não deve exceder um por cento das emissões do ano de base dessa Parte multiplicado por cinco;

(c) Que o tratamento das atividades de projeto de uso da terra, mudança no uso da terra e florestas, no âmbito do mecanismo de desenvolvimento limpo, em períodos de compromisso futuros, deve ser decidido como parte das negociações sobre o segundo período de compromisso;

A decisão enumera os princípios que devem guiar as atividades relacionadas a uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas. Os princípios são os seguintes: (1)

que o tratamento dessas atividades deve ter sólida base científica; (2) que metodologias consistentes sejam utilizadas nos diferentes tempos, para estimar e relatar essas atividades; (3) que a integridade ambiental do Protocolo de Quioto não se altere com a inclusão de atividades relacionadas ao uso da terra, mudança do uso da terra e florestas; (4) que a mera presença de estoques de carbono seja excluída da contabilidade; (5) que a implementação de atividades relacionadas ao uso da terra, mudança do uso da terra e florestas contribua para a conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais; (6) que a contabilidade das atividades de uso da terra, mudança de uso da terra e florestas não implique em transferência de responsabilidades para os próximos períodos de compromisso; (7) que a reversão de qualquer remoção devida a atividades relacionadas ao uso da terra, mudança de uso da terra e florestas seja contabilizada no tempo apropriado; (8) que a contabilidade dessas atividades exclua remoções decorrentes de: (i) elevação das concentrações de dióxido de carbono acima dos seus níveis pré-industriais; (ii) deposição indireta de nitrogênio; e (iii) efeitos dinâmicos associados à estrutura de idade resultantes de atividades e práticas antes do ano de referência (FBMC, 2002).

Uma importante decisão é que para participar do comércio de emissões não será exigido que a Parte envolvida tenha ratificado o Protocolo de Quioto. Assim, não há impedimento para que a maior economia do mundo, os Estados Unidos da América, participe de mercado, aumentando seu potencial. No entanto, a não obrigatoriedade da ratificação implicará numa barreira ao crescimento da demanda, podendo favorecer a redução do preço do carbono negociado (SQA-MMA, 2001).

2.6 A NONA CONFERÊNCIA DAS PARTES (COP 9)

As definições acordadas durante Nona Conferência das Partes (COP 9) referem-se as definições finais dos conceitos de Floresta, Florestamento, Reflorestamento, Reservatórios de Carbono, Limites de Projeto, Remoção líquida de gases de efeito estufa por sumidouros na linha de base, Remoção líquida real de gases

de efeito estufa por sumidouros, Fuga, Remoção antrópica líquida de gases de efeito estufa por sumidouros e Período de creditação, que são reproduzidas abaixo.

“Floresta: consiste numa área mínima de 0,05 a 1,0 hectare, com cobertura de copa de mais de 10 – 30%, com árvores com potencial de alcançar uma altura mínima de 2 – 5 metros na maturidade, in situ. Uma floresta pode consistir tanto de formações florestais fechadas, onde árvores de vários estratos e sub-bosques cobrem a maior parte da terra, ou florestas abertas. Formações naturais jovens e todas as plantações que ainda tiverem que alcançar uma densidade de copa de 10 – 30%, ou altura de árvore de 2 – 5 m são consideradas florestas, assim como áreas que normalmente fazem parte de uma área florestal que esta temporariamente destocada como resultado de intervenção humana ou desbaste ou causas naturais, mas que são esperadas reverter para floresta”.

“Florestamento: é a conversão induzida diretamente pelo Homem, de uma área que não foi florestada por um período de pelo menos 50 anos para uma área florestada, por meio de plantio, sementeira e/ou promoção de fontes naturais de sementes induzida pelo Homem”.

“Reflorestamento: é a conversão induzida pelo Homem, de uma área não florestada para área florestada por meio de plantio, sementeira e/ou promoção de fontes naturais de sementes induzida pelo Homem, em área que era florestada, mas que foi convertida para não-florestada. Para o primeiro período de compromisso, as atividades de reflorestamento ficarão limitadas aos reflorestamentos ocorridos naquelas áreas que não continham floresta em 31 de dezembro de 1989”.

“Reservatórios de Carbono: compreendem os cinco reservatórios seguintes: biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, serapilheira (littera), madeira e carbono orgânico no solo”.

“Limites de projeto: delimitam geograficamente as atividades de projeto de florestamento/reflorestamento sob controle dos participantes do projeto. A atividade de projeto pode conter mais do que uma área discreta”.

“Remoção líquida de gases de efeito estufa por sumidouros na linha de base: é a soma das mudanças nos estoques de carbono nos reservatórios de carbono dentro dos limites do projeto que ocorreriam na ausência da atividade de projeto de florestamento ou reflorestamento sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”.

“Remoção líquida real de gases de efeito de estufa por sumidouros: é a soma das mudanças verificáveis nos estoques de carbono nos reservatórios, dentro dos limites do projeto, menos o aumento das emissões de gases de efeito estufa por fontes, medidos em CO₂ equivalentes, que aumentam como resultado da implementação da atividade de projeto de florestamento/reflorestamento no MDL, evitando a dupla contagem dentro dos limites do projeto atribuíveis à atividade de projeto de florestamento/reflorestamento no MDL”.

“Fuga: refere-se ao aumento nas emissões de gases de efeito estufa por fontes, que ocorre fora dos limites da atividade do projeto de florestamento ou reflorestamento sob o MDL, mensurável e atribuível a atividade de projeto de florestamento e/ou reflorestamento. Um projeto deve ter como objetivo minimizar a fuga”.

“Remoção antrópica líquida de gases de efeito estufa por sumidouros: é a remoção líquida real de gases de efeito estufa por sumidouros menos a remoção líquida de gases de efeito estufa por sumidouros na linha de base menos a fuga”.

“Período de creditação: é o período estabelecido em que uma atividade de projeto de florestamento/reflorestamento no MDL pode gerar créditos. Ele começa no início da atividade de projeto de florestamento/reflorestamento no MDL”.

O período de creditação pode ser de:

1º - No máximo 20 anos, podendo ser renovado por no máximo duas vezes. A cada renovação, entretanto, a entidade operacional designada determina e informa a Junta Executiva se a linha de base original ainda é válida ou foi atualizada, levando em consideração nos novos dados.

2º - No máximo 30 anos, sem renovação.

Para KRUG (2004), uma das questões polêmicas discutidas em Milão referiu-se à utilização de espécies exóticas potencialmente invasivas e/ou organismos geneticamente modificados (OGMs) nas atividades de projeto de florestamento e reflorestamento no MDL. O documento inicial da COP 9, resultado de dois anos de intensa negociação, propunha vetar o uso destas espécies ou organismos no MDL. Este veto provocaria restrições significativas na implantação de atividades de projeto de florestamento/reflorestamento para fins comerciais, uma vez que as plantações de *Pinus* e *Eucalyptus* não poderiam ser consideradas. Para a Noruega, a consideração deste tema era essencial, tendo indicado que não aceitaria qualquer texto que não

tratasse das questões de espécies exóticas e OGMs de uma forma explícita, adicionalmente as ONGs eram também favoráveis. Após intensas negociações, o texto final, indica que as Partes Hospedeiras avaliem, de acordo com suas leis nacionais, os riscos associados ao uso de espécies exóticas potencialmente invasivas ou OGMs nas atividades de projeto de florestamento/reflorestamento no MDL, e que as Partes do Anexo 1 avaliem, de acordo com suas leis nacionais, o uso de certificados resultantes de projetos que utilizem estas espécies.

2.7 O MERCADO DE CARBONO

A criação de um mercado de emissões é similar ao estabelecimento de qualquer outro mercado de commodities. O desenvolvimento deste novo mercado começa com o governo definindo a quantidade de emissão que pode ser negociada. Um número correspondente de permissões é então colocada a disposição dos agentes. Cada permissão irá definir “o direito de emitir uma determinada quantidade de GEE em um determinado período de tempo” (ROCHA, 2003).

Atualmente os mercados de carbono encontram-se no estágio de “Grey market”, onde não existem legislações domésticas ou internacionais que possam legitimar os direitos associados às permissões ou créditos oriundos de projetos de sequestro ou de redução de emissões que estão em andamento. Como consequência, existem incertezas quanto à aceitação destas permissões e créditos nos mercados que irão se formar. Esta incerteza está refletida nos baixos preços do carbono observados atualmente (ROCHA, 2003).

Desde que tiveram início os debates e as negociações do Protocolo de Quioto, uma série de instituições internacionais vem se dedicando a realizar estudos e análises a respeito das questões econômico-financeiras envolvidas na sua implementação. No caso mais específico da América Latina, os estudos da Comissão Econômica para América Latina e Caribe (CEPAL), que adota uma postura conservadora nas estimativas de preço, indicam que é possível trabalhar com valores de US\$ 10,00 a US\$ 20,00 para a remuneração da tonelada de CO₂ removida em projetos de MDL

associados a sumidouros de carbono em atividades do setor florestal (OCAMPO, 2001).

Ao tratarmos exclusivamente de créditos de carbono em florestas, KRUG (2004) observa que os países podem utilizar apenas a quantidade de créditos equivalente a no máximo 1% de suas respectivas emissões de CO₂ em 1990, vezes cinco, isto entre 2008 e 2012. Considerando que o total de emissões de CO₂ pelas Partes Anexo 1, em 1990, totalizou 13.728.306 Gg CO₂, o limite de 1% corresponde a 137.283 Gg CO₂.

Este total, entretanto, refere-se ao limite superior da quantidade permitida para utilização, que somente será atingido caso todas as Partes Anexo 1 ratifiquem o Protocolo de Quioto, e façam uso total do limite permitido. Com a decisão de não ratificação do referido Protocolo pelo governo americano, ou seja, com a exclusão dos Estados Unidos, responsáveis por 36,1% das emissões de 1990, o teto máximo passa a ser 87.712 Gg CO₂ por ano. Considerando, ainda, que a União Européia tem verbalizado sua intenção de não utilizar créditos provenientes de MDL florestais, este teto passa a ser ainda menor. Com a exclusão, por exemplo, da Alemanha (7,4%), Reino Unido (4,3%), Itália (3,1%) e França (2,7%), o teto revisado passa a ser 63.793 Gg CO₂ por ano.

Esta é, dentro do Protocolo de Quioto, a dimensão mais otimista das oportunidades associadas ao MDL florestal, até 2012.

2.8 DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA

HOUGHTON (1994) comenta que tipos diferentes de floresta armazenam diferentes quantidades de carbono dentro de sua biomassa, e locais diferentes dentro de um mesmo tipo de floresta também variam muito com relação à quantidade de biomassa. Esta afirmação é feita em função da maioria das estimativas de biomassa ser feita apenas nas partes aéreas da planta, considerando-se somente as partes vivas da planta acima do solo. O autor sugere que adaptações devam ser feitas para as estimativas das árvores menores, da vegetação rasteira no solo e da vegetação viva

abaixo do solo (raízes), devendo-se incluir também a vegetação morta, tanto acima como abaixo do solo, em pé ou caída.

Para SALATI (1994), a utilização de métodos destrutivos é aplicável somente em pequenas áreas, e também como forma de “calibração” das equações utilizadas para determinações indiretas, devido ao mesmo permitir um conhecimento detalhado da biomassa nos diferentes compartimentos da floresta. O autor ainda comenta que o método utilizado por HIGUCHI e CARVALHO JUNIOR (1994) parece ser apropriado para estimar a biomassa acima do solo, incluindo biomassa viva e morta, ressaltando que devem ser utilizadas técnicas específicas para a estimativa de biomassa e não aquela utilizada para realizar medidas do volume de madeira de uma floresta. Com relação à validade das informações quando da utilização de equações alométricas, deve-se atentar muito para o erro de amostragem. O autor recomenda tomar cuidados com relação às medidas realizadas em árvores com maiores diâmetros. Salienta também que as variações entre as estimativas são grandes quando se utilizam métodos convencionais de inventário florestal para estimativas de biomassa.

Os autores BROWN, GILLESPIE e LUGO (1989) comentam que a realização de amostragem destrutiva produz valores consistentemente mais altos do que as estimativas volumétricas podendo haver tendenciosidades na escolha do local de estudo e falta de representatividade. Os autores afirmam que medidas diretas da distribuição entre os componentes da biomassa florestal acima do solo são necessárias para identificar fatores que estimem componentes tais como cipós, sub-bosque, serapilheira e madeira morta. Os componentes subterrâneos incluem os “fustes subterrâneos” e as raízes, valores estes que muitas vezes têm sido subestimados porque praticamente a maioria das mensurações não tem incorporado estes valores de biomassa.

O termo biomassa florestal, conforme SANQUETTA (2002), pode significar toda a biomassa existente na floresta ou apenas a fração arbórea da mesma, podendo-se também utilizar o termo fitomassa florestal ou fitomassa arbórea. Ao reportar-se sobre os diferentes métodos de determinação. O autor comenta ainda, que os métodos diretos, onde os procedimentos de campo utilizados nas determinações de biomassa de

florestas podem variar amplamente, segundo os objetivos e as restrições técnicas e orçamentárias atinentes ao trabalho. Segundo o autor, os métodos indiretos não podem ser utilizados sem o ajuste e a calibragem prévia das equações, devendo ser empregados conjuntamente com os métodos diretos.

No ano de 2003 o Painel Intergovernamental para Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), elaborou o Guia de Boas Práticas para Uso do Solo, Mudança do Uso do Solo e Florestas, que definindo quais são os reservatórios que podem ser considerados para a quantificação da fixação de carbono, sendo eles: Biomassa Viva (acima e abaixo do solo); matéria orgânica morta (madeira morta; serapilheira) e matéria orgânica no solo (IPCC, 2003). A seguir são apresentadas suas definições:

Biomassa Viva:

Biomassa acima do solo: toda a biomassa viva (expressa em toneladas de peso seco) acima do solo, incluindo galhos, troncos, tocos e folhas.

Biomassa abaixo do solo: toda a biomassa viva de raízes. Raízes finas menores do que 2 mm de diâmetro (sugestão) são normalmente excluídas, pois freqüentemente não podem ser discriminadas da matéria orgânica do solo ou serapilheira (liteira).

Matéria Orgânica Morta:

Madeira morta: inclui toda a biomassa arbórea morta não incluída na serapilheira, em pé ou sobre o solo. Madeira morta inclui, madeira sobre a superfície, raízes mortas, e tocos de diâmetros maior ou igual a 10 cm, ou de qualquer outro diâmetro utilizado pelo país.

Serapilheira (liteira ou lixeira): inclui toda a biomassa com diâmetro menor que o diâmetro mínimo utilizado pelo país para madeira morta caída, em vários estágios de decomposição, acima do solo mineral ou orgânico. Inclui a serapilheira, e

as camadas fúmicas e úmicas. Raízes finas vivas (com diâmetro menor do que o limite estabelecido para biomassa abaixo do solo) são incluídas na serapilheira quanto não são empiricamente discriminadas desta.

Solos:

Matéria orgânica no solo: inclui carbono orgânico em solos minerais e orgânicos (incluindo turfa) até a profundidade especificada pelo país e aplicada consistentemente ao longo do tempo. Raízes finas vivas (com diâmetro menor do que o limite estabelecido para biomassa abaixo do solo) são incluídas na serapilheira quando não puderem ser empiricamente discriminadas desta.

2.9 ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO POR SENSORIAMENTO REMOTO

Um dos primeiros trabalhos utilizando imagens de satélite realizados no Brasil foi feito por SANTOS (1988), o qual realizou estudo da biomassa acima do solo da vegetação de Cerrado, estimando e correlacionando com dados do sensor “Thematic Mapper” do satélite LANDSAT, no qual o objetivo principal foi avaliar a relação entre a biomassa foliar do Cerrado (*stricto sensu*) e os índices de vegetação (razão simples, razão normalizada e transformada). A abordagem metodológica compreendeu: características da estrutura e valores de biomassa (método destrutivo), determinação dos parâmetros espectrais e sua contribuição nas bandas no relacionamento dos índices com a biomassa foliar. Os resultados evidenciaram que a banda três apresenta melhor correlação com a biomassa foliar quando comparada com as outras bandas, sendo que os modelos linear e exponencial não diferiram significativamente quanto ao ajuste. O autor ressaltou a importância das técnicas de sensoriamento remoto, principalmente com os índices de vegetação na estimativa de biomassa dos cerrados, principalmente no monitoramento contínuo desta cobertura.

Para SOUZA e PONZONI (1998), as técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizadas em aplicações e estudos na área florestal, destacando-se

trabalhos que visam quantificar a biomassa florestal. A utilização de imagens de satélite constitui-se num método indireto e não destrutivo, podendo-se estimar parâmetros biofísicos (biomassa, carbono, volume de madeira), pelas propriedades espectrais da vegetação que a constitui (folhas, galhos, troncos, dentre outros). Apesar da viabilização das imagens, sua utilização para a quantificação de biomassa florestal ainda é pouco conhecida, principalmente em florestas naturais, devido às mesmas terem uma grande diversidade florística, fisionômica e fenológica, bem como a disponibilidade de levantamentos de dados em campo coincidirem com a mesma data da tomada da imagem. As plantações florestais possuem algumas vantagens para trabalhar com sensoriamento remoto, em função das mesmas serem na maioria das vezes de apenas um gênero, e serem inventariadas periodicamente.

Na avaliação da alteração do estoque de carbono de uma região do sudeste do Pará entre 1973 e 1997, PEREIRA et al. (2000) tiveram como objetivo monitorar a diminuição do estoque de carbono utilizando imagens do satélite LANDSAT e técnicas de geoprocessamento, estimando a diminuição do estoque de carbono da área utilizando dados específicos e dados de literatura. Foi verificada a consistência da estimativa de mudança no estoque de carbono em função dos erros de classificação. Para atribuir a quantidade de carbono a cada pixel em cada classe de uso do solo, utilizou-se de valores estimados de biomassa (Mg ha^{-1}) e taxas de acúmulo da mesma, retirados da literatura. A conversão de quantidade de biomassa em quantidade de carbono, conversão de toneladas por hectares para toneladas por pixel, foi considerado que o conteúdo de carbono é de 50% da massa seca. Como conclusão do trabalho, os autores salientam que se deve utilizar dados de biomassa mais localizados e não dados gerais, obtendo-se assim informações mais adequadas. Com relação à utilização da imagem deve-se atentar para problemas com relação às áreas com capoeiras novas, por terem sido as mesmas classificadas como pastagens, as quais acarretaram erros na estimativa do estoque de carbono.

2.10 A FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária originalmente distribuía-se numa superfície de cerca de 200.000 km² (CARVALHO, 1994). A Floresta com Araucária se caracteriza por abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira, a Araucária (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze.), e por sua grande importância sócio-econômica advinda da exploração madeireira. Conhecida também como “mata-de-arauucária ou pinheiral”, é um tipo de vegetação do Planalto Meridional, onde ocorria a maior frequência. Segundo o IBGE (1992), esta área é considerada como o seu atual “clímax climático”, contudo esta floresta apresenta disjunções florísticas em refúgios situados nas Serras do Mar e Mantiqueira, muito embora no passado tenha se expandido bem mais ao norte porque a família Araucariaceae apresentava dispersão paleogeográfica que sugere uma ocupação diferente da atual.

LIDMAN (1974), as “matas-de-arauucária” são muito altas, característica esta que assemelha-se essencialmente as outras matas do Brasil, diferenciando-se apenas pela presença da mistura da *Araucaria angustifolia*, sendo esta a maior das árvores do sul do Brasil. O autor afirma que se desenvolve juntamente com outras árvores de mata virgem comum. Nesta companhia superior estas espécies representam o papel inferior de mata baixa, as espécies que ocorrem em associação são: *Cedrella fissilis*, *Cupania vernalis*, *Apuleia leiocarpa*, *Paraptadenia rigida*, *Tectona alba*, entre muitas outras espécies de Mirtáceas e outras.

Ao longo do processo histórico de ocupação do sul do Brasil, iniciado a partir de 1895, assistiu-se a uma rápida eliminação de sua cobertura florestal, tanto para fins de extração de madeira como para dar espaço para as atividades agropecuárias (MAACK, 1968). No Paraná, a cobertura original do bioma era estimada em 73.780 km², sofrendo uma redução, ao final da década de 70, para apenas 3.166 km², ou seja, 4,3%. Em 1980, a área da Floresta com Araucária no Paraná foi reduzida para 2696 km².

Em estudo desenvolvido por WATZLAWICK (2003) foi realizada a quantificação do carbono orgânico arbóreo na Floresta Ombrófila Mista Montana, que totalizou 104,17 Mg ha⁻¹. Deste total, as espécies que mais contribuíram foram: *Ocotea porosa*, *Araucaria angustifolia*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Ocotea pulchella*, *Cupania vernalis* e *Nectandra magapotamica*, as quais representaram 70,43% da biomassa arbórea. A distribuição da biomassa acima do solo seguiu a seguinte ordem decrescente: galhos vivos (45,01%) > madeira do fuste (40,53%) > casca do fuste (9,99%) > folhas (2,40%) > galhos mortos (1,16%) > e miscelânea (0,97%).

A exuberância e a ampla extensão das áreas florestais no Paraná em todo o sul do Brasil foi um ponto fundamental para a colonização e o desenvolvimento da atividade extrativista. No início do século, começaram a chegar levas de imigrantes, inicialmente interessados em desenvolver agricultura e uma pecuária ainda rudimentar, de forma a sobreviver e esporadicamente auferir algum rendimento com a venda de seus produtos.

Conservar os recursos naturais no bioma Floresta com Araucária é um grande desafio para o Paraná e todo o Centro-Sul do Brasil. A preservação integral dos fragmentos florestais por força da lei e da fiscalização não é por si só capaz de manter em quantidade e qualidade o que resta. Desestruturação e perda da diversidade das florestas remanescentes são indicadores incontestáveis da ineficácia da política que hoje se impõe.

2.11 AS PLANTAÇÕES FLORESTAIS

Durante as atividades de avaliação por unidade de área, pode ocorrer que uma área definida e delimitada esteja com seu potencial de crescimento praticamente estabilizado, ou seja, que os indivíduos ali presentes estão ocupando todo o potencial do sítio. Isto ocorre em florestas estagnadas, quando a capacidade de crescimento e armazenamento de carbono estando, teoricamente, em seu limite máximo. As florestas naturais e inexploradas podem ser classificadas nesta categoria, em função de suas

características. Quanto às plantações florestais para fins econômico-comerciais, esta situação raramente ocorre. Nestas, a época de colheita é orientada por critérios técnicos e econômicos, mas durante sua existência, estas florestas realizam a atividade de remoção e fixação de carbono, logo durante o período de existência destas florestas, as mesmas retiraram e imobilizaram uma quantidade significativa de carbono existente na atmosfera (MCT, 2002).

Em 2002 a Coordenação Geral de Mudanças Globais do Ministério da Ciência e Tecnologia publicaram um Relatório de Referência sobre as emissões e reduções de CO₂ originadas por mudanças nos estoques de plantações florestais. Este estudo faz parte do primeiro relatório brasileiro de emissões antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Os dados sobre a área de plantações florestais, por gênero, sendo que *Eucalyptus* e *Pinus* respondem por mais de 80% da área plantada no Brasil, foram obtidas da Associação Nacional de Fabricantes de Papel e Celulose (ANFPC), e da Associação Brasileira de Florestas Renováveis (ABRACAVE), referentes ao período de 1990 a 1994. As estimativas foram de que neste período a mudança total do estoque de carbono, considerando tronco, copa e raízes, foi de 43,74 milhões de Mg, passando de 127,34 milhões de Mg em 1990 para 171,08 milhões de Mg em 1994, destes totais o gênero *Pinus* representava 23,07 milhões de Mg em 1994 e *Eucalyptus*, o restante, ou seja, 148,01 milhões de Mg de CO₂ (MCT, 2002).

SCHUMACHER (2002) realizou trabalhos para estimar a quantidade de carbono orgânico na biomassa arbórea de uma plantação de *Pinus taeda* com 20 anos de idade, localizado no município de Cambará do Sul – RS. Obteve-se como resultado de carbono acumulado nos componentes acículas, galhos, casca do tronco e madeira foi de 3,5; 17,6; 4,1 e 90,4 Mg ha⁻¹, respectivamente. Já em povoamentos com 10 anos de idade, quantificando os mesmos componentes, o autor encontrou como resultados os seguintes valores: 6,1; 3,7; 3,2 e 28,3 Mg ha⁻¹ de carbono acumulado respectivamente.

WATZLAWICK (2003) estudando plantações de *Pinus taeda* e *Araucaria antustifolia* no município de General Carneiro, concluiu que o estoque de biomassa e carbono arbóreo, arbustivo, na raiz e serapilheira nas diferentes idades consideradas

variaram bastante, principalmente em função das diferenças existentes entre as idades, também relacionadas às condições de manejo, como desbastes, desramas e densidade de indivíduos por hectare. O mesmo autor também concluiu que para as plantações de *Pinus taeda*, considerando o carbono em todos os compartimentos a distribuição média do peso é de 80,18% na vegetação arbórea, 1,81% no sub-bosque, 7,68% na serapilheira e 10,32% nas raízes.

Os fatores que influenciam nas diferenças de produção de biomassa e acúmulo de carbono orgânico em plantações florestais sob as mesmas condições edafoclimáticas, relacionam-se principalmente ao potencial genético da espécie e fatores próprios inerentes à planta. Conforme LUGO, BROWN e CHAPMAN (1988) alguns estudos relacionam a produção com fatores climáticos, mas poucos relacionam a produção com fatores inerentes ao sítio.

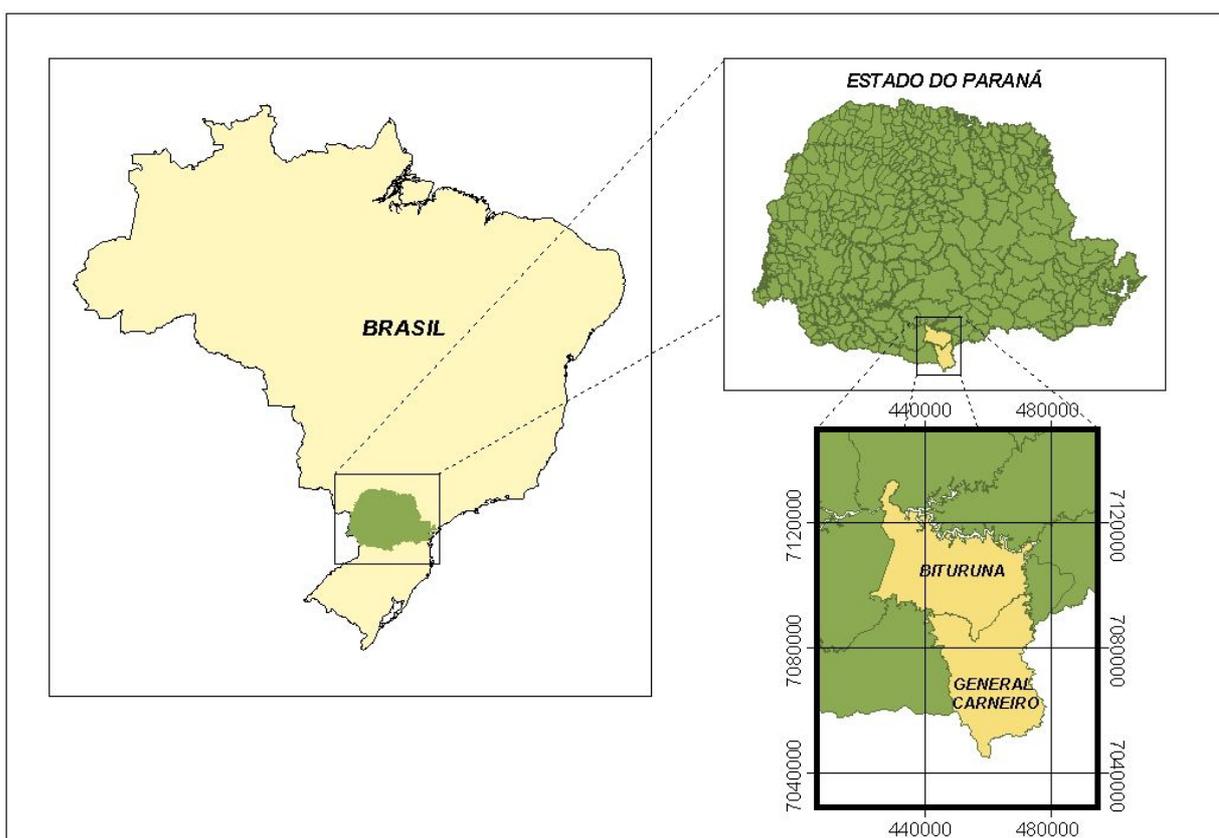
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização

Este estudo foi desenvolvido nos municípios de General Carneiro e Bituruna, localizados no extremo-sul do Estado do Paraná, região tradicionalmente conhecida como “Cinturão da Fome”, por ser das mais carentes de todo o Paraná (Figura 2).

FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Fonte: Balbinot (2004)

A sede do município de General Carneiro encontra-se a 280 km da cidade de Curitiba, capital do Paraná, próximo à divisa com o Estado de Santa Catarina. O

município de Bituruna é vizinho a General Carneiro ficando localizado a aproximadamente 320 km de Curitiba. O acesso aos municípios é realizado pelas rodovias BR153 e PR170, respectivamente.

3.1.2 Clima

O clima da região, conforme classificação de Köppen, é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), tendo os verões frescos e os invernos com ocorrência de severas geadas, não apresenta estações secas. A média das temperaturas dos meses mais quentes é inferior a 22°C e a dos meses mais frios superior a 18°C (PARANÁ, 1987).

3.1.3 Geologia e Solo

Conforme BOLETIM DE PESQUISA (1984), o substrato geológico da região é formado pelo derrame de Trapp da formação da Serra Geral. Os solos são orgânicos e hidromórficos, com o predomínio de Neossolos Litólicos, Cambissolos e Argissolos (PARANÁ, 1987). As características topográficas dividem-se em plana, ondulada e montanhosa, sendo a ultima de maior predominância (EMBRAPA, 1999).

3.1.4 Vegetação Natural

A vegetação natural é a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária (IBGE, 1992), a qual cobria originalmente cerca de 200.000 km² em todo o Brasil, ocorrendo no Paraná (40% de sua superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e em manchas esparsas no sul do Estado de São Paulo (3%), adentrando até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1%) (CARVALHO, 1994).

Na realização do projeto de Conservação do Bioma Floresta com Araucária, CASTELA et al. (2001) descreveram a Floresta Ombrófila Mista Montana da região de

General Carneiro e Bituruna em três estágios de sucessão inicial, intermediário e avançado.

No estágio inicial, os autores acima referenciados observaram as seguintes espécies: *Casearia obliqua*, *Cedrela fissilis*, *Mimosa scabrella*, *Piptocarpha angustifolia*, *Schinus terebinthifolius*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Clethra scabra*, *Ocotea porosa*, *Prunus sellowii*, *Ilex paraguariensis*, *Myrsine ferruginea*, *Sapium glandulatum* e *Piptocarpha axillaris*. Na floresta no estágio médio, na maior parte dos fragmentos estudados, foi observada a ocorrência de *Araucaria angustifolia*, porém com baixa frequência, sendo as principais espécies observadas: *Casearia decandra*, *Cedrela fissilis*, *Clethra scabra*, *Ilex brevicuspis*, *Ilex theezans*, *Jacaranda puberula*, *Lithraea brasiliensis*, *Matayba elaeagnoides*, *Mimosa scabrella*, *Ocotea porosa*, *Piptocarpha angustifolia*, *Piptocarpha axillaris*, *Prunus sellowii*, *Myrsine ferruginea*, *Myrsine umbellata*, *Sapium glandulatum*, *Sebastiania brasiliensis*, *Sloanea lasiocoma*, *Syagrus romanzoffiana*, *Symplocos celastrine*, *Tibouchina sellowiana*, *Vernonia discolor* e *Zanthoxylum rhoifolium*.

Já no estágio avançado da floresta os autores encontraram a *Araucaria angustifolia* ocorrendo no estrato dominante juntamente com outras espécies. As principais espécies encontradas foram *Campomanesia xanthocarpa*, *Cupania vernalis*, *Ilex brevicuspis*, *Matayba elaeagnoides*, *Mimosa scabrella*, *Ocotea porosa*, *Ocotea pulchella*, *Podocarpus lambertii*, *Prunus sellowii*, *Myrsine* sp. e *Sloanea lasiocoma* (CASTELA et al., 2001).

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados microcomputadores, impressoras, scanner de mesa, entre outros. Também foram utilizadas imagens orbitais do satélite LANDSAT 5 para ano de 1993, especificamente do dia 02/11/1993, e do satélite LANDSAT 7 para o ano de 2000, do dia 24/07/2000, sendo a órbita-ponto para localização destas cenas a número 222/078. Para o processamento das imagens foi

utilizado o software ARCVIEW 3.1 by ERSI, licenciado para a UFPR e disponível no Laboratório de Inventário Florestal.

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 Elaboração dos Mapas de Uso do Solo com Ênfase nos Recursos Florestais

O conhecimento do uso da terra é imprescindível para a elaboração de um cenário de referência para projetos de MDL, principalmente na modalidade florestamento/reflorestamento, que necessita de espaço disponível, além disso, sejam elegíveis para a geração de créditos de carbono.

Para a produção dos mapas de uso do solo a escolha das datas das imagens usadas como base, levou em consideração o critério estabelecido pelo Protocolo de Quioto em que os países industrializados devem reduzir suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990. Logo, as considerações sobre o cenário de referência² dos projetos devem promover adicionalidade³ na fixação de carbono também com base nos valores observados em 1990, ou a data mais próxima que se tenha informações sobre o uso do solo.

A segunda data de referência do projeto, o ano de 2000, foi determinada em função do disposto no artigo 12.1 do Protocolo de Quioto, que diz que os créditos de carbono podem ser contabilizados a partir deste ano, para serem validados durante o primeiro período de compromisso de 2008 a 2012.

Artigo 12.10 do Protocolo de Quioto:

Reduções certificadas de emissões obtidas durante o período do ano 2000 até o início do primeiro período de compromisso podem ser utilizadas para auxiliar

² Cenário que quantifica e qualifica as emissões de gases de efeito estufa na ausência da atividade de projeto do MDL.

³ Critério fundamental para que uma determinada atividade de projeto seja elegível ao MDL, consiste na redução de emissões de gases de efeito estufa ou no aumento das remoções de CO₂ de forma adicional ao que ocorreria na ausência de tal atividade.

no cumprimento das responsabilidades relativas ao primeiro período e compromisso.

O meio utilizado foi o de classificação de imagens de satélite que recobrissem a área de interesse, isto é, os municípios de General Carneiro e Bituruna. Neste contexto, os materiais que melhor esclareceram este caso foram as imagens do satélite LANDSAT 5 para ano de 1993 especificamente do dia 02/11/1993 e do satélite LANDSAT 7 para o ano de 2000 do dia 24/07/2000. A órbita-ponto para localização destas cenas é 222/078.

No caso deste trabalho não foi possível obter imagens de satélite satisfatórias para o ano de 1990, nem tampouco para os anos 1991 e 1992. Isso ocorreu por problemas das próprias imagens, que na época não estavam disponíveis em qualidade adequada, sempre apresentando nuvens ou problemas radiométricos. A imagem do ano de 1993 foi a mais próxima a 1990 que apresentava qualidade tecnológica aceitável para o trabalho e disponível em arquivo digital. Há uma imagem da mesma área do ano de 1991, porém esta apresenta um defeito na sobreposição das bandas do satélite, originada por falha no sensor do satélite, que impossibilita estimativas exatas a partir deste material.

A digitalização da base cartográfica dos municípios alvo do projeto, com caracterização da hidrografia, infra-estrutura e demais detalhes, foi realizada com base em Cartas Topográficas do DSG (Exército Brasileiro) e do IBGE em escala 1:50.000, sendo elas numeradas da seguinte forma: 2854, 2864, 2865 e 2877, que recobrem a área alvo do estudo.

Para realização da classificação das imagens de satélite foi realizada coleta de pontos de controle, tendo como auxílio aparelho de GPS. Para aquisição destes pontos levou-se em consideração que os mesmos fossem de fácil reconhecimento no campo e na imagem, bem como abrangessem todos os temas (tipologias florestais) a serem classificados.

As informações contidas nos mapas de uso do solo estão integradas em banco de dados espacializado com as feições do terreno em ambas ocasiões (1993 e 2000),

em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) garantindo uma fácil manipulação e análise dos dados.

O mapa de uso do solo dá ênfase à cobertura vegetal tipo florestal, deste modo, foram definidas diferentes tipologias, tanto para as plantações florestais, que no caso desta região são formadas quase que exclusivamente por reflorestamentos do gênero *Pinus*, quanto para as florestas naturais, onde se seguiu a definição de suas fases sucessionais, como é apresentado pelas Figuras 3 e 4.

FIGURA 3- CLASSES TIPOLÓGICAS UTILIZADAS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM PLANTAÇÕES DO GÊNERO *Pinus*

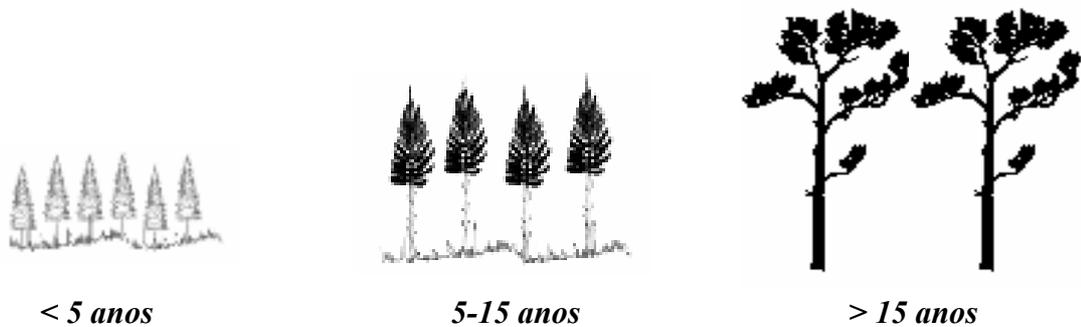
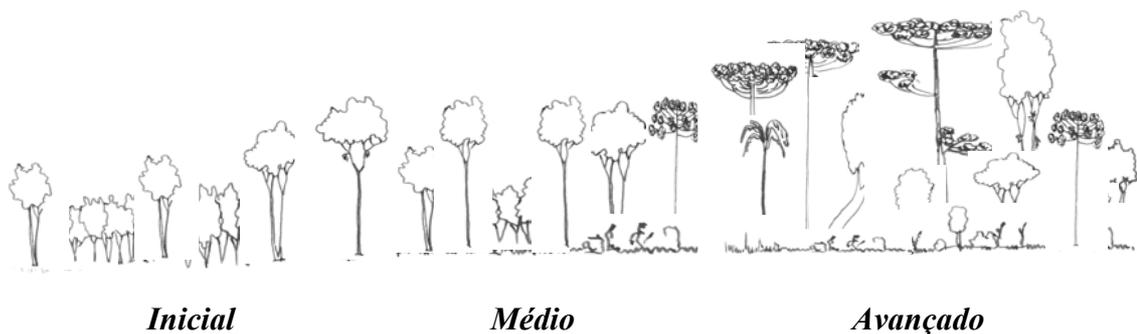


FIGURA 4 - CLASSES TIPOLÓGICAS UTILIZADAS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM FLORESTAS NATURAIS



3.3.2. Elaboração do Mapa de Áreas Potencialmente Elegíveis Para Implantação de Florestas Geradoras de Créditos de Carbono

Para que uma área seja considerada potencialmente elegível para implantação florestamentos e reflorestamentos geradores de créditos de carbono, esta área deverá estar isenta de cobertura vegetal tipo florestal de acordo com os preceitos dos artigos 3.3 e 3.4 do Acordo de Marrakesh de 2001, confirmados durante a COP 9 em Milão em 2003, que definem conceitualmente as atividades de florestamento e reflorestamento, que também devem ser considerados na construção do cenário de referência, para projetos de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas, em inglês *Land Use, Land Use Change and Forestry - LULUCF*.

Para se mapear as áreas elegíveis para implantação de florestas geradoras de créditos de carbono, ou seja, aquelas áreas desprovidas de cobertura florestal em 1993, e que continuaram assim em 2000, foi criado um sistema de mapeamento que dividiu a área dos dois municípios em quadriculas de 1 (um) hectare no terreno. Em cada uma destas quadriculas foi avaliada a cobertura vegetal do solo de acordo com as tipologias predeterminadas para florestas naturais (estágios inicial, médio e avançado) e para plantações de *Pinus* (< 5, $5 \geq 15$ e >15 anos). Assim, as áreas que estivessem totalmente isentas de cobertura florestal foram consideradas de interesse para o projeto.

Como não seria possível identificar, a partir das imagens de satélite, todas as tipologias de uso do solo, além das florestais, e partindo do princípio que cada tipologia florestal corresponde a um determinado estoque de carbono, as áreas foram separadas em quatro classes de estoque de carbono, sendo:

- 1) Alto estoque de carbono ($> 60 \text{ Mg C ha}^{-1}$);
- 2) Médio estoque de carbono ($30\text{-}60 \text{ Mg C ha}^{-1}$);
- 3) Baixo estoque de carbono ($10\text{-}29 \text{ Mg C ha}^{-1}$);
- 4) Muito baixo estoque de carbono ($< 10 \text{ Mg C ha}^{-1}$).

A definição do intervalo destas classes foi arbitrária, e visou, principalmente, identificar as áreas que apresentassem um estoque de carbono muito baixo - Classe 4 - com menos de 10 Mg de carbono por hectare nas duas datas estudadas. Estas áreas são consideradas como potencialmente elegíveis para projetos, pois este estoque de carbono dificilmente representaria uma vegetação florestas, sendo provavelmente áreas com agricultura, pastagens ou degradadas

O critério adotado para a classificação de cada quadrícula como elegível ou para o projeto, foi a área da quadrícula preenchida com determinado uso do solo. Quando esta condição dominasse mais de 50% da quadrícula, esta era determinada como elegível para implantação de florestas geradoras de créditos de carbono.

3.3.3 Estimativas do Estoque de Carbono

3.3.3.1 Plantações Florestais

No Brasil, a Universidade Federal do Paraná, dentro do Curso de Engenharia Florestal, vem se tornando referência em estudos de carbono em ecossistemas florestais, uma vez que as várias pesquisas já produziram informações relevantes sobre o papel das florestas na remoção do carbono atmosférico. O Laboratório de Inventário Florestal (LIF) vem desenvolvendo estudos sobre fixação carbono em florestas brasileiras, especialmente para as espécies silviculturalmente importantes para o sul do Brasil.

Deste modo puderam ser utilizadas neste trabalho, as equações alométricas de biomassa para *Pinus* desenvolvidas pelo LIF/UFPR, para seus diferentes compartimentos, sendo eles: Peso de Fuste (PF), Peso de Acículas (PAC), Peso de Galhos (PG) e Peso de Raízes (PR), que estão apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 - EQUAÇÕES DE BIOMASSA E COEFICIENTES PARA *Pinus* AJUSTADAS PELO LIF/UFPR

Compartimento	Equação	Coeficientes da equação		R ² %	Syx%
		a	b		
PF		0,0595	0,9279	95,07	13,46
PAc	a+(DAP ² H) ^b	0,0012	1,0480	78,37	18,67
PGv		0,0001	1,3922	77,29	19,03
PR		0,4484	0,5619	63,64	32,98

Fonte: LIF/UFPR (2003)

Após o cálculo da biomassa, estes valores foram convertidos para peso de carbono, em cada compartimento, por meio de sua multiplicação do valor da biomassa pelo teor médio de carbono de cada compartimento das árvores de *Pinus*.

3.3.3.2 Florestas Naturais

Para quantificação do estoque de carbono nas áreas com floresta natural, em seus três estágios de sucessão considerados (inicial, médio e avançado), foram utilizados os dados gerados por WATZLAWICK (2003), que coletou dados de biomassa a campo, utilizando o método destrutivo, e posteriormente estimou seus estoques de carbono.

Os valores médios de biomassa e carbono das partes aérea e subterrânea das árvores bem como para os diferentes estágios de regeneração da Floresta Ombrófila Mista Montana, no centro-sul do Estado do Paraná, considerados para o desenvolvimento deste estudo estão na Tabela 4.

TABELA 4 - BIOMASSA SECA E CARBONO POR HECTARE NOS DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Estágio da Floresta	Biomassa (Mg ha⁻¹)	Carbono (M ha⁻¹)	% Carbono na Biomassa
Inicial	139,24	56,27	40,41
Médio	238,60	97,75	41,97
Avançado	461,99	189,56	40,03

Fonte: WATZLAWICK (2003)

A variável utilizada por WATZLAWICK (2003) para diferenciação dos estágios de regeneração foi a área basal (G), diferenciando da seguinte maneira: $G < 25 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ considerado estágio inicial, caso área basal fosse $25 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \leq G \leq 50 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ corresponde ao estágio médio e quanto a $G > 50 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ é considerado como estágio avançado de regeneração.

Os dados de biomassa foram coletados por WATZLAWICK (2003), no campo pelo do método destrutivo foi desenvolvido da seguinte maneira. No caso da parte arbórea, foram utilizados indivíduos com $DAP \geq 10 \text{ cm}$, e unidades amostram de $12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$, sendo amostradas sete unidades para o estágio inicial, seis unidades para o estágio médio e sete unidades para o estágio avançado. Para a parte arbustiva (sub-dossel) foram realizadas três sub-unidades amostrais de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, onde se coletava toda vegetação com $DAP < 10 \text{ cm}$. Para a coleta das raízes foram realizadas também três sub-unidades, que se constituíam de trincheiras de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ e $0,5 \text{ m}$ de profundidade onde se coletava todas as raízes com diâmetro $\geq 1 \text{ cm}$.

3.3.4 Análise da Viabilidade Técnica e Econômica

3.3.4.1 Plantações Florestais

Os custos com a administração, planejamento das atividades, realização das análises econômicas, inventário florestal, manejo florestal, gerenciamento financeiro,

etc., foram estimados com base em valores colhidos na região na época do estudo. O índice de produtividade utilizado determinou, propositalmente, um cenário conservador às estimativas de crescimento da floresta, sendo 21 o índice de sítio⁴ adotado como médio para a região. O espaçamento de plantio utilizado nas análises foi 3 x 2 m, totalizando 1.600 árvores por hectare, com sobrevivência inicial de 95%.

A simulação considerou a realização de três desbastes sendo aos 8, 12 e 16 anos com corte raso aos 20 anos. O primeiro desbaste foi sistemático e seletivo, sistemático pela remoção de 1 linha de plantio em cada 6 linhas, e seletivo pela remoção de 304 árvores por hectare de acordo com características indesejáveis nestas árvores. O segundo desbaste foi somente seletivo e foram retiradas 379 árvores por hectare. O terceiro e último desbaste, também seletivo, promoveu a remoção de 228 árvores por hectare. Posteriormente foram simuladas as produções para o corte raso aos 20 anos de idade.

As prognoses das produções das plantações de *Pinus* foram feitas utilizando o simulador SISPINUS⁵, desenvolvido pela EMBRAPA Florestas e pela UFPR (OLIVEIRA, 1995). Após a simulação dos desbastes foi possível estimar os custos com a realização dos mesmos bem como as receitas oriundas dessa produção ao longo do período de rotação.

Os valores das produções foram estimados por tipo de sortimento⁶, sendo eles: laminação, serraria, celulose e energia, possibilitando assim um valor mais exato da receita total, pois cada sortimento de madeira roliça (em tora em pé) equivale a um certo valor no momento da sua venda.

Nesta análise foi considerada uma taxa de desconto, ou de juro, para o capital investido de 10%. Foram calculados os custos e as receitas, tanto para valores correntes quanto para valores presentes, permitindo que os dados dos diferentes anos fossem passíveis de comparação. Valores presentes equivalem aos valores correntes já corrigidos para a taxa de juros considerada.

⁴ Altura média das árvores mais altas do povoamento aos 15 anos de idade (altura dominante), que expressa a produtividade de um sítio.

⁵ Software utilizado para prever o crescimento e a produção de madeira na floresta, em qualquer idade.

⁶ Finalidades potenciais de uso industrial da madeira (laminação, serraria, celulose, etc.).

Para a remuneração do carbono removido da atmosfera foi considerado o estoque total aos 20 anos de idade, dividido pelo período correspondente do projeto, prevendo uma renda anual e fixa ao longo dos anos de duração do projeto ao produtor florestal. O valor de venda considerado para o Mg de CO₂ foi de US\$ 4.00 a uma cotação de R\$ 3,00 por US\$ 1.00. Este valor de US\$ 4.00 mantém um cenário levemente conservador, pois a média dos demais projetos no Brasil é de US\$ 5.00 a US\$ 6.00 por Mg de CO₂, e a média mundial está em torno de US\$ 10.00 por Mg de CO₂ (CHANG, 2002).

Para evidenciar o ganho no fluxo de caixa de florestas fixadoras de carbono em relação a florestas convencionais foram utilizadas técnicas de análise de investimentos, considerando os seguintes critérios decisórios:

- Valor Presente Líquido (VPL): a atividade é atrativa se o VPL for maior que o valor do investimento, pagando-se a taxa de juros determinada para o uso alternativo daquele dinheiro;
- Taxa Interna de Retorno (TIR): a regra de decisão indica que o empreendimento somente será atrativo se a TIR for maior que a taxa de juros no mercado financeiro. A escolha de um investimento deve necessariamente recair sobre aquele que tiver a maior TIR. Quanto maior a TIR mais atrativo é o investimento;
- Índice Benefício Custo (IBC): indica quantas unidades de capital recebido como benefícios são obtidas para cada unidade de capital investido, ou seja, quantos reais/dólares se recebe por cada real/dólar investido;
- Valor Esperado da Terra (VET): é um termo florestal utilizado para representar o Valor Presente Líquido de uma área de terra nua a ser utilizada para a produção de madeira, calculada com base em uma série infinita de rotações.

3.3.4.2 Florestas Naturais

Para a análise do retorno financeiro das florestas naturais foi considerado como único benefício econômico direto à receita advinda dos créditos de carbono. Porém,

concomitantemente esta poderia gerar renda pela extração racional de folhas (no caso da erva-mate), energéticos (no caso da bracatinga) e outros como plantas medicinais, ornamentais, apicultura, etc. A fixação de carbono em florestas naturais foi considerada em um período de 30 anos, considerando que os créditos de carbono gerassem uma renda anual neste período.

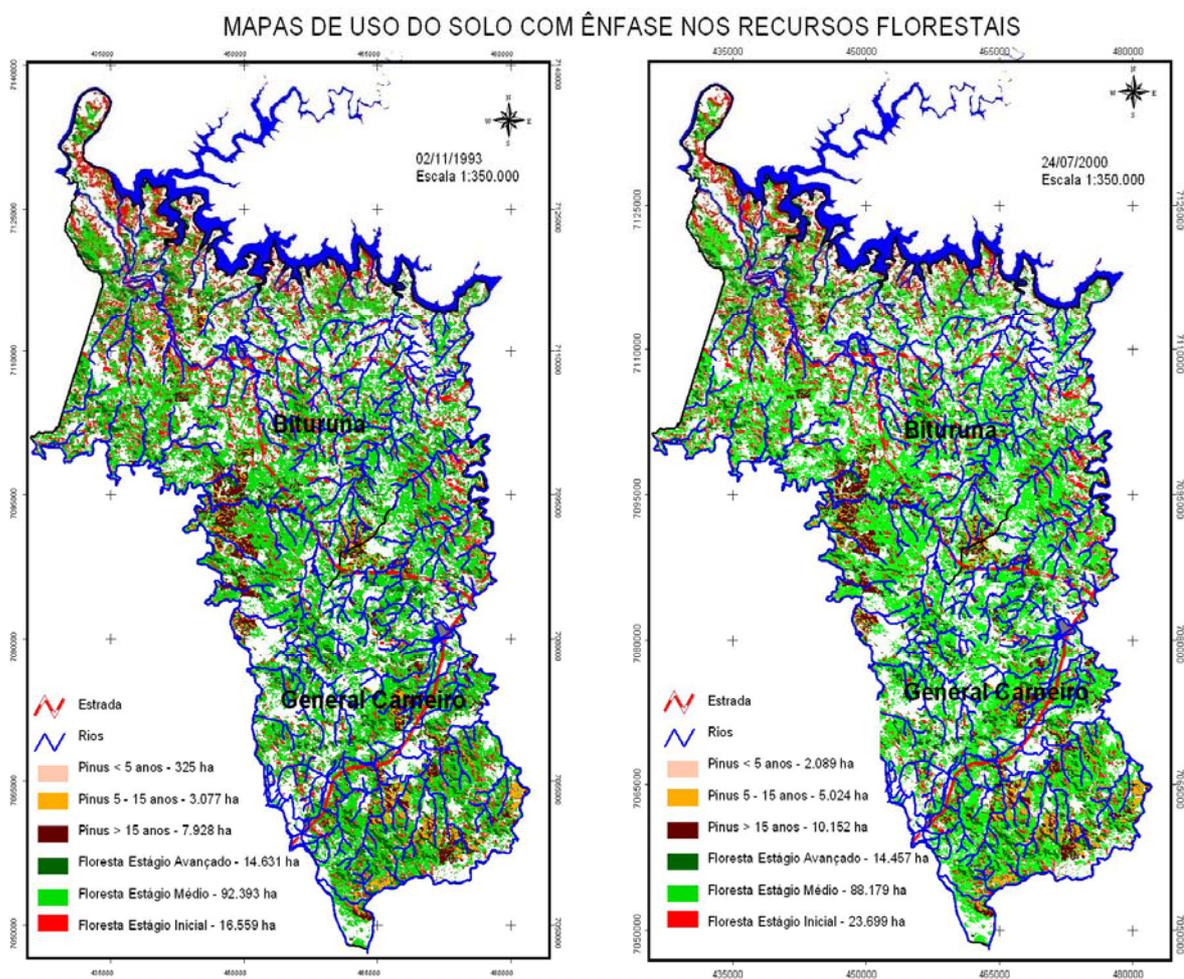
O valor para a venda do Mg de CO₂ fixado pelas florestas naturais foi o mesmo previsto para os plantios de *Pinus*, ou seja, US\$ 4.00 por Mg de CO₂ fixado na biomassa, considerando a cotação do dólar a R\$ 3,00.

4 RESULTADOS

4.1 MAPAS DE USO DO SOLO COM ÊNFASE NOS RECURSOS FLORESTAIS

Como resultado da classificação do uso do solo nas duas ocasiões, em 1993 e 2000, obteve-se o mapa de uso do solo para os dois municípios. A Figura 5 apresenta o do mapa gerado, que consta em formato ampliado no Anexo 1 deste trabalho.

FIGURA 5- MAPAS DE USO DO SOLO, COM ÊNFASE NOS RECURSOS FLORESTAIS, PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO



OBS: Escala válida somente para os mapas em anexo.

Para melhor detalhar e apresentar as informações da figura acima foi elaborada a Tabela 5, que apresenta os dados referentes às tipologias florestais naturais e plantadas nos municípios de General Carneiro e Bituruna. As áreas com cobertura de plantações florestais encontradas foram essencialmente de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

TABELA 5- ÁREAS DETERMINADAS SEGUNDO O USO DO SOLO, COM ÊNFASE NA COBERTURA FLORESTAL, PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO, EM 1993 E 2000 (áreas em ha)

Tipologia Florestal	Ano de 1993	% do total	Ano de 2000	% do total	Diferença 1993-2000	% de mudança
Pinus < 5 anos	325,00	2,87	2.089,00	12,10	1.764,00	542,77
Pinus 5-15 anos	3.077,00	27,16	5.024,00	29,10	1.947,00	63,45
Pinus >15 anos	7.928,37	69,97	10.152,00	58,80	2.223,63	28,05
Sub-total	11.330,37	100,00	17.265,00	100,00	5.934,63	52,38
Estágio Inicial	16.558,83	13,40	23.699,00	18,76	7.140,17	43,12
Estágio Médio	92.393,04	74,76	88.179,00	69,80	-4.214,04	-4,56
Estágio Avançado	14.630,82	11,84	14.457,00	11,44	-173,82	-1,19
Sub-total	123.582,69	100,00	126.335,00	100,00	2.752,31	2,23
Total	134.913,06		143.600,00		8.686,94	6,44

Fonte: Balbinot (2004)

Apresentando, primeiramente, os resultados referentes às plantações florestais, foi observada no ano de 1993 uma baixíssima área com plantios de *Pinus* nas idades inferiores a cinco anos, apenas 325,00 ha. Esta área muito reduzida em relação às áreas de plantios de outras idades é, provavelmente, uma conseqüência do fim dos incentivos fiscais em meados dos anos oitenta. Deve-se levar em conta que nessa época o futuro das florestas de *Pinus* ainda era incerto. Deste modo, sem incentivos ou perspectivas que motivassem o investimento neste setor, houve a formação de uma lacuna na continuidade do plantio, conseqüentemente na oferta da madeira de *Pinus*. Este fato foi percebido pelas empresas de base florestal, que começaram a reagir

plantando florestas com recursos próprios, fato que ocorreu mais intensamente no final da década de noventa.

O efeito desta iniciativa já pode ser constatado no ano de 2000 quando existem na área dos dois municípios aproximadamente 2.089 hectares de *Pinus* com idades inferiores a 5 anos, um aumento considerável de 542%. Analisando a dinâmica das plantações de *Pinus* com idades entre 5 e 15 anos e também os com mais de 15 anos, constatou-se que nos dois casos houve aumentos em suas áreas plantadas da ordem de 63% e 28% respectivamente. Este aumento pode parecer pequeno diante dos 542% das florestas com menos de 5 anos, porém isto representa uma área de aproximadamente 4.171 hectares.

De um modo geral, houve um aumento médio de mais de 52% na área com uso do solo de plantações florestais, porém ainda existe uma grande diferença entre as áreas com florestas acima de 15 anos que representam 58% do total, às florestas com 5 e 15 anos que somam 29,1% do total e, principalmente, em relação às florestas menores de 5 anos que representam apenas 12,1% do total da cobertura de plantações florestais. Ou seja, o risco de falta de madeira é um fato, principalmente se considerarmos a tendência de aumento do consumo de produtos de base florestal.

Quanto às florestas naturais, foi possível identificar um aumento de 43% nas áreas com cobertura vegetal caracterizada como estágio inicial, o que representa, em termos de área, mais de 7 mil hectares, totalizando nos dois municípios aproximadamente 23.700 hectares. Este fato advém, principalmente, de dois fatores: em primeiro lugar pelo abandono das áreas de agricultura onde não é possível sua mecanização, e em segundo lugar pelo abandono em si das propriedades.

As áreas com cobertura de floresta natural em estágio médio de sucessão são as que possuem a maior área de uso do solo, dentre todos os tipos florestais estudados, com mais de 88 mil hectares (ano base 2000). Conseqüentemente, foi o tipo de cobertura vegetal com maior decréscimo de área, no período 1993-2000 perdeu em torno de 4.200 hectares. Fato este promovido, principalmente, pela abertura de áreas para agricultura mecanizada, que substituem as antigas roças manuais, que vem sendo abandonadas.

No caso das florestas em estágio avançado, foi identificada uma redução de área pouco significativa passando de 14.630 hectares em 1993 para 14.457 hectares em 2000. Por ser esta diferença de pouco mais de 1% é possível deduzir que tecnicamente não houve alteração nestas áreas. A justificativa para este fato é que estes remanescentes florestais se encontram em locais onde não é viável sequer a retirada da madeira, quanto mais a implantação de alguma atividade agropecuária, e também devido à legislação ambiental.

Numa visão geral sobre as florestas naturais foi identificado um aumento de pouco mais de 2% nas áreas com este uso de solo, passando de 123.582 ha em 1993, para 126.335 ha em 2000. Porém, juntamente com o aumento quantitativo da área com cobertura florestal natural, pode-se afirmar que houve um decréscimo em sua qualidade, pois as áreas florestas naturais em estágio médio e avançado de sucessão, com maior biodiversidade, tiveram uma redução das suas áreas de cobertura.

No cômputo geral, de plantações florestais e florestas naturais no período de 1993 a 2000, houve um aumento em área de aproximadamente 8.600 hectares nos dois municípios de interesse, motivado principalmente pelo crescimento da atividade florestal produtiva (5.934 ha) e pelo abandono de áreas de agricultura e pecuária com conseqüente estabelecimento de florestas naturais em estágios sucessionais mais precoces (2.752 ha).

4.2 QUANTIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO

4.2.1 PLANTAÇÕES FLORESTAIS

As estimativas de biomassa e carbono para as plantações florestais foram inicialmente calculados para os diferentes compartimentos das plantas, por meio do uso de equações alométricas.

A seguir, na Tabela 6, são apresentados os valores estimados de biomassa e carbono por hectare para fuste, acículas, galhos vivos e raízes. Estes valores apresentados para cada classe de idade das plantações de *Pinus* são valores líquidos do

total de carbono fixado pela floresta, ou seja, descontadas as remoções provocadas por ocasião da aplicação dos desbastes.

TABELA 6- BIOMASSA E CARBONO POR HECTARE NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DAS ÁRVORES DE *Pinus*

Idades (anos)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)				
	Fuste	Acículas	Galhos vivos	Raízes	Total
< 5	33,40	1,73	1,57	20,23	56,93
5 – 15	113,02	7,18	11,66	36,05	167,91
> 15	156,69	11,72	30,15	29,95	228,41

Idades (anos)	Carbono (Mg ha ⁻¹)				
	Fuste	Acículas	Galhos vivos	Raízes	Total
< 5	15,17	0,77	0,68	8,95	25,57
5 - 15	51,33	3,20	5,06	15,96	75,55
> 15	71,13	5,23	13,08	13,26	102,70

Fonte: BALBINOT (2004)

Pode se perceber também que o fuste representa o maior percentual de biomassa e carbono de uma plantação, e tende a aumentar à medida que este envelhece. No caso deste trabalho o carbono presente na biomassa do fuste totalizou pouco mais de 71 Mg ha⁻¹, representando cerca de 70% de todo carbono fixado.

Outro resultado marcante é a importância das raízes no total do carbono fixado, chegando a representar no caso das plantações com menos de 5 anos 35% do carbono fixado, 21 % para plantações entre 5 e 15 anos e 13% nos com mais de 15 anos. Estes valores de biomassa e carbono encontrados nas raízes de plantações florestais mostram que, se quisermos apresentar estimativas corretas sobre a capacidade das florestas de fixar carbono atmosférico, e conseqüentemente, gerar créditos comerciáveis por isto, não se pode prescindir da quantificação do carbono presente no sistema radicial.

O valor total de carbono fixado pelas plantações de *Pinus* com mais de 15 anos, aproximadamente 102 Mg de carbono por hectare, se aproximou do valor encontrado por SCHUMACHER et al. (2002) de 114,84 Mg ha⁻¹ 133,39 Mg ha⁻¹ em plantações de *Pinus taeda* no Rio Grande do Sul com 15 e 20 anos respectivamente.

A partir das quantificações do total de carbono fixado por hectare, para as plantações de *Pinus* da região, foi gerada a Tabela 7 que apresenta a evolução do estoque de carbono no período considerado (1993-2000), de acordo com a área calculada para cada classe de idade.

TABELA 7– ESTOQUE DE CARBONO DOS PLANTIOS DE *Pinus* NOS MUNICÍPIOS DE GENERAL CARNEIRO E BITURUNA EM 1993 E 2000, NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE

Tipologia Florestal	Carbono (Mg ha ⁻¹)					
	Ano de 1993 (Mg)	% do total	Ano de 2000 (Mg)	% do total	Diferença 1993-2000	% de mudança
Pinus < 5 anos	8.310	0,79	53.415	3,62	45.105	542,78
Pinus 5 ≥15 anos	232.467	22,03	379.563	25,72	147.096	63,45
Pinus >15 anos	814.243	77,19	1.042.610	70,66	228.367	28,05
Total	1.055.020	100	1.475.588	100	420.569	39,86

Fonte: BALBINOT (2004)

Como discutido anteriormente, houve um aumento na área de ocupação do uso do solo com plantações de *Pinus* na região dos dois municípios alvo deste trabalho, assim conseqüentemente, houve também um aumento do total de carbono estocado nesta vegetação no período de 1993 a 2000. Este aumento foi de mais de 420 mil Mg de carbono ou aproximadamente 1,5 milhão de toneladas de CO₂, com certeza um valor significativo, estando grande parte concentrada nas áreas com plantações com idade superior a 15 anos.

4.2.2 FLORESTAS NATURAIS

Seguindo a lógica do aumento do número de áreas com cobertura de floresta natural em estágio inicial, esta tipologia foi responsável por um aumento no estoque de carbono de mais de 264 mil Mg de carbono. Porém, este efeito positivo para o objetivo da remoção de dióxido de carbono da atmosfera foi anulado pelos saldos negativos apresentado pelos estágios médio e avançado de regeneração que juntos foram responsáveis por uma emissão de quase 300 mil Mg de carbono. Apesar do aumento em área ser muito maior no estágio inicial, os estágios médio e avançado possuem um estoque por hectare muito superior. A dinâmica do estoque de carbono das florestas naturais dos municípios de General Carneiro e Bituruna, em cada uma de suas tipologias, no período de 1993 a 2000 é apresentada na Tabela 8 a seguir.

TABELA 8- ESTOQUE DE CARBONO NA FLORESTA NATURAL NOS MUNICÍPIOS DE GENERAL CARNEIRO E BITURUNA EM 1993 E 2000, NAS DIVERSAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS CONSIDERADAS

Tipologia Florestal	Carbono (Mg ha ⁻¹)					
	Ano de 1993 (Mg)	% do total	Ano de 2000 (Mg)	% do total	Diferença 1993-2000	% de mudança
Estágio Inicial	612.511	7,07	876.626	10,17	264.115	43,12
Estágio Médio	6.057.287	69,97	5.781.015	67,05	-276.272	-4,56
Estágio Avançado	1.987.743	22,96	1.964.128	22,78	-23.615	-1,19
Total	8.657.541	100	8.621.769	100	-35.772	-0,41

Fonte: BALBINOT (2004)

Deste modo tem-se um resultado praticamente nulo, que representa a existência de uma certa estabilidade do estoque de carbono presente na floresta natural dos dois municípios, e se considerarmos que estas florestas iniciais irão atingir os estágios

seguintes de regeneração poderemos ter nos anos seguintes remoções significativas de CO₂ da atmosfera, desde que também sejam preservados os atuais estoques nos estágios médio e avançado.

4.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

4.4.1 Viabilidade Técnica

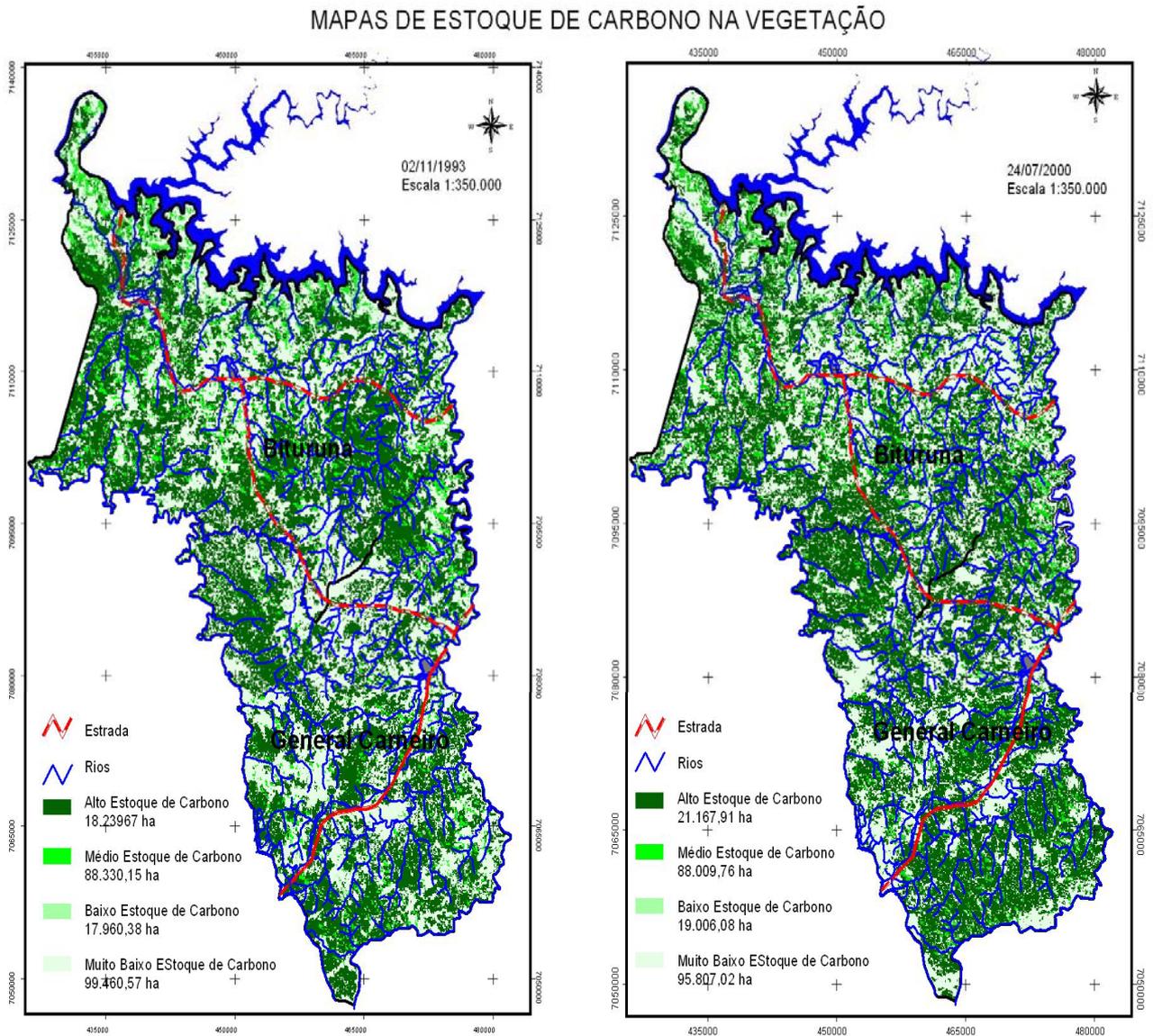
A análise da viabilidade técnica para implantação de reflorestamentos geradores de créditos de carbono foi baseada principalmente na elegibilidade das áreas frente aos critérios do Protocolo de Quioto e suas definições quanto à presença ou não de cobertura florestal. É muito provável que nem todas as áreas identificadas como potenciais, ou seja, aquelas que apresentaram um estoque de carbono muito baixo (< 10 Mg C ha⁻¹) nas duas ocasiões analisadas, sejam elegíveis. Provavelmente, estas áreas estão sendo utilizadas para agricultura, pecuária e outras atividades, que não podem ser totalmente substituídas nem por plantações florestais e nem por florestas naturais.

A partir do mapa de uso do solo com ênfase na vegetação florestal, e nas estimativas do estoque de carbono para plantações de *Pinus* em diferentes idades e para a floresta natural em seus diferentes estágios sucessionais foi produzido um mapa do estoque de carbono na vegetação, de acordo com as quatro classes de estoque (Anexo 2), apresentado na Figura 6.

A seleção das áreas elegíveis por meio de imagens orbitais mostrou-se muito eficiente para definir panoramas estratégicos em uma determinada região, e sua evolução no contexto da fixação de carbono. Porém, para realizar uma seleção de produtores, no caso, que apresentem outras condições técnicas, e principalmente sociais, que os tornem elegíveis para esta classe de projetos, será necessário à realização de incursões a campo para verificação *in loco* das reais condições da área, seu histórico para quantificação exata de seu potencial de remover dióxido de carbono

da atmosfera, tanto para plantações de *Pinus* quanto para recuperação de áreas com floresta natural.

FIGURA 6- MAPAS DE ESTOQUE DE CARBONO NA VEGETAÇÃO PARA OS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO



OBS: Escala válida somente para os mapas em anexo.

Fonte: BALBINOT (2004)

Por meio da análise do mapa de estoque de carbono na vegetação pudemos identificar que não houve uma alteração muito significativa na quantidade de áreas em uma determinada classe de estoque conforme nos apresenta a Tabela 9. Porém,

houveram alterações bem difusas por toda área de estudo, talvez consequência do modo de divisão fundiária que apresenta um grande número de pequenas propriedades.

TABELA 9- ÁREAS DOS MUNICÍPIOS DE GENERAL CARNEIRO E BITURUNA CLASSIFICADAS DE ACORDO COM AS CLASSES DE ESTOQUES DE CARBONO

Estoque de Carbono (Mg ha)	Área (ha)	
	Ano de 1993	Ano de 2000
Alto	106.570	109.178
Médio	17.960	19.006
Baixo	169	1.723
Muito Baixo	99.292	94.084
TOTAL	223.991	223.991

Fonte: BALBINOT (2004)

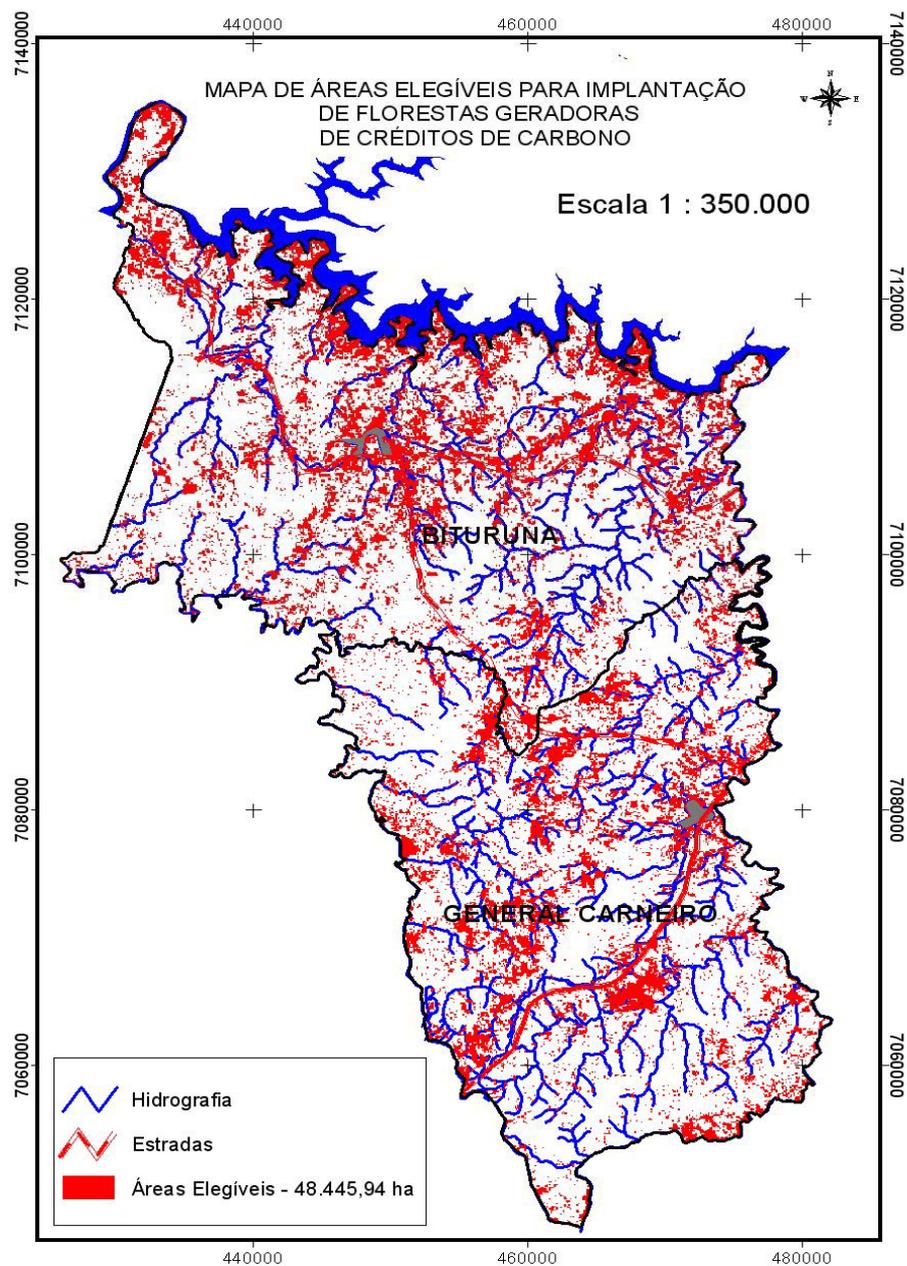
As áreas de Alto e Médio estoque tiveram pequeno aumento de área, passando de 106.750 ha e 17.960 ha para 109.178 ha e 19.006 ha respectivamente, um aumento geral de 3.654 ha, e quanto às áreas com baixo estoque estas somaram no ano de 2000 um total de 1.723 ha. Como houve aumento de área em todas as classes anteriores, conseqüentemente, as áreas com estoque de carbono muito baixo sofreram redução, somavam em 1993 um total de 99.292 ha e em 2000 diminuíram para 94.084 ha.

Apesar de existir mais de 90.000 ha de área com baixo estoque de carbono, nas duas ocasiões, isto não significa que toda esta área seja elegível para um projeto, pois estas áreas não se encontram nas mesmas localizações nos dois momentos da análise, fator principal para seleção das áreas.

A análise do mapa apontou que existem quase 48.445 hectares de áreas, a princípio, elegíveis para implantação destas florestas. Porém, é evidente, e nem seria indicado, que todas estas áreas se transformassem em plantações florestais e nem mesmo em floresta natural e, além disso, nem todas essas áreas estão desobstruídas e livres para implantação de florestas comerciais, sendo utilizadas para agricultura e pecuária, muito embora essas atividades são muito restritas na região em função da

topografia acidentada. Mas o indicativo de que existe tamanha área, como dito a princípio elegível para o projeto, da certeza que um projeto de menor escala pode ser implantado na região.

FIGURA 7- MAPA DE ÁREAS ELEGÍVEIS PARA IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS GERADORAS DE CRÉDITOS DE CARBONO NOS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO



OBS: Escala válida somente para os mapas em anexo.
Fonte: BALBINOT (2004)

Se esta informação for associada aos estudos desenvolvidos pela SEMA/IAP em 2002, que prevêem para o ano de 2005 que a demanda de madeira no Estado do Paraná será superior às condições de oferta, e que a reversão deste quadro só acontecerá caso haja uma suplementação de área plantada, e, além disso, não sejam instaladas novas indústrias consumidoras de madeira neste período, este fato tornaria atrativo o investimento em florestas.

Vale lembrar que estas áreas elegíveis são aquelas que não possuíam, tanto em 1993 como em 2000, cobertura vegetal que se enquadre dentro do conceito de floresta definido pela Resolução 19 da COP 9. Porém, no futuro, quanto da implantação de um projeto, estas áreas para serem efetivamente elegíveis, deverão ser novamente analisadas quanto a sua cobertura vegetal.

4.4.2 Viabilidade Financeira

4.4.2.1 Plantações Florestais

A partir das estimativas geradas sobre as quantidades de carbono fixadas por hectare em plantações de *Pinus* da Tabela 6, foram estimadas também as quantidades de CO₂ que seriam removidas da atmosfera, por ocasião do uso do carbono pelas plantas, conforme é apresentado na Tabela 10. A obtenção deste valor foi feita por meio da multiplicação do peso atômico do carbono por 3,6667, que é o fator de conversão dos pesos atômicos da molécula de C (peso atômico 12) para a de CO₂ (peso atômico 44), que é o gás sobre o qual é valorado o serviço da floresta de fixar carbono, e que deve servir de base para os cálculos do fluxo de caixa para um possível projeto.

TABELA 10- DIÓXIDO DE CARBONO REMOVIDO DA ATMOSFERA, POR HECTARE, EM PLANTAÇÕES DE *Pinus* NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DAS ÁRVORES E EM DIFERENTES IDADES

Idades (anos)	Dióxido de Carbono (Mg ha ⁻¹)				
	Fuste	Acículas	Galhos vivos	Raízes	Total
< 5	55,63	2,82	2,49	32,82	93,77
5 ≥ 15	188,23	11,73	18,55	52,52	277,04
> 15	260,83	19,18/	47,96	48,62	376,60

Fonte: BALBINOT (2004)

Assim, considerando-se a média de 376,6 Mg de CO₂ removidas da atmosfera por plantações de *Pinus* com mais 15 anos, a um valor de comercialização de US\$ 4.00 sob uma cotação do dólar de R\$ 3,00 ter-se-ia uma remuneração de aproximadamente R\$ 4.519,00.

A renda advinda dos créditos de carbono foi computada por meio de entradas fixas anuais. Um dos objetivos da opção por computar este valor em entradas anuais de valores é resolver, em parte, o longo período de retorno do investimento florestal, que leva de 6 a 8 anos para começar a dar retorno. Assim os projetos de fixação de carbono podem ser uma solução para que os pequenos e médios proprietários rurais, silvicultores tenham uma receita anual que possa lhes auxiliar na capitalização e/ou melhoria de sua propriedade.

A Tabela 11 apresenta os resultados do fluxo de caixa com valores presentes para um hectare de plantio de *Pinus* “convencional”, ou seja, sem a interferência da receita do carbono, e comparativamente incluindo a possível receita advinda da comercialização destes créditos.

TABELA 11- FLUXO DE CAIXA COM VALORES PRESENTES, EM REAIS (R\$), PARA ANÁLISE DOS RENDIMENTOS DA ATIVIDADE FLORESTAL CONVENCIONAL, E ALIADA À FIXAÇÃO DE CARBONO (VALORES/ha)

Ano	Valores Presentes para 1 ha de Floresta Convencional				Valores Presentes para 1 ha de Floresta + Carbono			
	Custos	Receitas	Fluxo Anual	Fluxo Acumulado	Custos	Receitas	Fluxo Anual	Fluxo Acumulado
Ano 0	915,00	0,00	-915,00	-1.009,55	919,00	61,62	-857,38	-899,54
Ano 1	94,55	0,00	-94,55	-1.104,09	98,18	56,02	-42,16	-941,71
Ano 2	85,95	0,00	-85,95	-1.190,04	89,26	50,93	-38,33	-980,04
Ano 3	63,86	0,00	-63,86	-1.253,90	66,87	46,30	-20,57	-1000,61
Ano 4	78,55	0,00	-78,55	-1.332,45	81,28	42,09	-39,19	-1039,80
Ano 5	9,31	0,00	-9,31	-1.341,76	11,80	38,26	-26,46	-1013,34
Ano 6	8,47	0,00	-8,47	-1.350,23	10,73	34,78	24,06	-989,28
Ano 7	81,85	762,55	680,70	-669,53	83,90	794,17	710,27	-279,01
Ano 8	7,00	0,00	-7,00	-676,52	8,86	28,75	19,88	-259,12
Ano 9	6,36	0,00	-6,36	-682,89	8,06	26,13	18,08	-241,05
Ano 10	5,78	0,00	-5,78	-688,67	7,33	23,76	16,43	-224,62
Ano 11	22,43	1.227,43	1.205,00	516,33	23,83	1.249,03	1.225,19	1.000,58
Ano 12	4,78	0,00	-4,78	511,55	6,05	19,63	13,58	1.014,16
Ano 13	4,34	0,00	-4,34	507,21	5,50	17,85	12,35	1.026,50
Ano 14	3,95	0,00	-3,95	503,26	5,00	16,23	11,22	1.037,73
Ano 15	27,17	1.490,22	1.463,04	1.966,30	28,13	1.504,97	1.476,84	2.514,56
Ano 16	3,26	0,00	-3,26	1.963,04	4,13	13,41	9,28	2.523,84
Ano 17	2,97	0,00	-2,97	1.960,07	3,76	12,19	8,43	2.532,27
Ano 18	2,70	0,00	-2,70	1.957,37	3,42	11,08	7,67	2.539,94
Ano 19	62,87	5.009,56	4.946,69		63,52	5.019,63	4.956,11	

Fonte: BALBINOT (2004)

A tabela acima mostra claramente que a contribuição do projeto de carbono no fluxo de caixa do empreendimento florestal promove uma antecipação das receitas e a inversão do fluxo financeiro anual, que já se torna positivo a partir do sexto ano. Isto significa uma menor descapitalização ao produtor, que poderá aliviar sua situação econômica com o ingresso de recursos advindo dos créditos de carbono.

Analisando a viabilidade econômica deste projeto, nota-se que a renda advinda da venda dos créditos de carbono, exclusivamente, não cobre os custos de implantação da floresta, ou seja, não compensa economicamente plantar floresta para gerar exclusivamente créditos de carbono, ao menos considerando a cotação utilizada neste estudo. Porém, quando analisamos as receitas advindas da madeira somadas às do carbono, estes tornam o investimento em florestas muito mais atraente.

A seguir a Tabela 12 mostra o efeito da complementação da receita de plantios de *Pinus* sobre os indicadores econômicos considerados.

TABELA 12- COMPARAÇÃO DOS INDICADORES ECONÔMICOS NA IMPLANTAÇÃO DE PLANTAÇÕES DE *Pinus* “CONVENCIONAIS” E ASSOCIADOS A PROJETOS DE CARBONO (VALORES/ha)

Resultados Econômicos	Floresta	Floresta + Carbono
Valor Líquido Presente	R\$ 666,13	R\$ 961,28
Taxa Interna de Retorno	14,01%	16,31%
Valor Esperado da Terra	R\$ 782,44	R\$ 1.129,12
Relação Benefício-Custo	R\$ 1,58	R\$ 1,82

Fonte: BALBINOT (2004)

Observa-se que para a plantação florestal convencional o valor líquido presente calculado foi de R\$ 666,13 sendo que para o projeto da plantação florestal aliada à fixação de carbono o valor obtido passou para R\$ 961,28.

Para o investimento em plantios florestais convencionais a TIR foi de 14,01% e consideração também a receita anual do projeto de carbono esta se elevou para 16,31%. Esta diferença pode não parecer tão expressiva, porém, se for levado em conta o fato de que este benefício será concedido sem aumento significativo dos gastos, se tornará um grande atrativo.

A relação Benefício Custo encontrada na implantação dos plantios convencionais foi de R\$ 1,58 e para estes plantações mais o carbono foi de R\$ 1,82. Já o Valor Esperado da Terra (VET) encontrado para o plantio convencional foi de R\$ 782,44 e para o plantio mais o projeto de fixação de carbono foi de R\$ 1.129,12, ou

seja, pode-se dizer que a disponibilidade de recurso para pagamento do fator terra será maior quando a plantação florestal e o projeto de carbono forem associados.

O interesse dos produtores rurais em implantar florestas é bastante significativo, especialmente para áreas e solos marginais sem aptidão para a agricultura. Assim, o produtor viabiliza economicamente algumas áreas não utilizadas e o reflorestamento será uma “poupança verde”, à qual poderá recorrer de acordo com sua necessidade, além de receber, durante o período do projeto, os valores referentes à remoção de CO₂ atmosférico por sua floresta.

O cenário apresentado, considerando a implementação de um projeto, gera uma quantidade de benefícios que pode trazer efeitos positivos sobre melhoria da qualidade de vida da população dos municípios de General Carneiro e Bituruna, bem como sobre a mitigação da concentração do CO₂ na atmosfera.

4.4.2.2 Florestas Naturais

Teoricamente não há receita específica advinda desta recuperação, logo o fluxo de caixa será sempre negativo, a não ser que algum tipo de remuneração pelos benefícios proporcionados por esta floresta. A Tabela 13 apresenta os totais de dióxido de carbono removidos pelas florestas natural da região em seus diferentes estágios.

TABELA 13- DIÓXIDO DE CARBONO REMOVIDO DA ATMOSFERA, POR HECTARE, EM FLORESTAS NATURAIS EM SEUS DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS

Estágio	Dióxido de Carbono (Mg ha⁻¹)
Inicial	135,64
Médio	240,41
Avançado	498,20

Fonte: BALBINOT (2004)

De acordo com os valores e cotações utilizados neste trabalho, se considerarmos o estágio médio de regeneração que pode ser atingido em 30 anos, teríamos uma geração de R\$ 2.884,92 por hectare recuperado.

A partir destas quantificações foi realizado o fluxo de caixa para um hectare de floresta natural recuperada na região sem a geração dos créditos de carbono e com a geração dos créditos de carbono (Tabela 14).

TABELA 14 - FLUXO DE CAIXA COM VALORES PRESENTES, EM REAIS (R\$), DA ATIVIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS NATURAIS COM E SEM A RECEITA ADVINDA DOS PROJETOS DE CARBONO (VALORES/ha)

Ano	Valores Presentes para 1 ha de Floresta Natural				Valores Presentes para 1 ha de Floresta Natural + Carbono			
	Custos	Receitas	Fluxo Anual	Fluxo Acumulado	Custos	Receitas	Fluxo Anual	Fluxo Acumulado
Ano 0	2.000,00	0,00	-2.000,00	-2.000,00	2.000,00	54,30	-1.945,70	-1.945,70
Ano 1	136,36	0,00	-136,36	-2.136,36	136,36	49,36	-87,00	-2.032,70
Ano 2	82,64	0,00	-82,64	-2.219,01	82,64	44,88	-37,77	-2.070,46
Ano 3	75,13	0,00	-75,13	-2.294,14	75,13	40,80	-34,33	-2.104,80
Ano 4	54,64	0,00	-54,64	-2.348,78	54,64	37,09	-17,55	-2.122,35
Ano 5	8,69	0,00	-8,69	-2.357,47	8,69	33,72	25,02	-2.097,33
Ano 6	7,90	0,00	-7,90	-2.365,38	7,90	30,65	22,75	-2.074,58
Ano 7	7,18	0,00	-7,18	-2.372,56	7,18	27,87	20,68	-2.053,90
Ano 8	6,53	0,00	-6,53	-2.379,09	6,53	25,33	18,80	-2.035,10
Ano 9	5,94	0,00	-5,94	-2.385,03	5,94	23,03	17,09	-2.018,01
Ano 10	5,40	0,00	-5,40	-2.390,43	5,40	20,94	15,54	-2.002,47
Ano 11	4,91	0,00	-4,91	-2.395,33	4,91	19,03	14,13	-1.988,34
Ano 12	4,46	0,00	-4,46	-2.399,79	4,46	17,30	12,84	-1.975,50
Ano 13	4,06	0,00	-4,06	-2.403,85	4,06	15,73	11,67	-1.963,83
Ano 14	3,69	0,00	-3,69	-2.407,54	3,69	14,30	10,61	-1.953,21
Ano 15	3,35	0,00	-3,35	-2.410,89	3,35	13,00	9,65	-1.943,57
Ano 16	3,05	0,00	-3,05	-2.413,93	3,05	11,82	8,77	-1.934,80
Ano 17	2,77	0,00	-2,77	-2.416,70	2,77	10,74	7,97	-1.926,82
Ano 18	2,52	0,00	-2,52	-2.419,22	2,52	9,77	7,25	-1.919,57
Ano 19	2,29	0,00	-2,29	-2.421,51	2,29	8,88	6,59	-1.912,98
Ano 20	2,08	0,00	-2,08	-2.423,59	2,08	8,07	5,99	-1.906,99
Ano 21	1,89	0,00	-1,89	-2.425,48	1,89	7,34	5,45	-1.901,55
Ano 22	1,72	0,00	-1,72	-2.427,20	1,72	6,67	4,95	-1.896,60
Ano 23	1,56	0,00	-1,56	-2.428,77	1,56	6,06	4,50	-1.892,10
Ano 24	1,42	0,00	-1,42	-2.430,19	1,42	5,51	4,09	-1.888,00
Ano 25	1,29	0,00	-1,29	-2.431,48	1,29	5,01	3,72	-1.884,28
Ano 26	1,17	0,00	-1,17	-2.432,66	1,17	4,56	3,38	-1.880,90
Ano 27	1,07	0,00	-1,07	-2.433,72	1,07	4,14	3,07	-1.877,83
Ano 28	0,97	0,00	-0,97	-2.434,69	0,97	3,77	2,79	-1.875,03
Ano 29	0,88	0,00	-0,88	-2.435,58	0,88	3,42	2,54	-1.872,49

Fonte: BALBINOT (2004)

Como pôde ser observado, mesmo quando considerada a entrada de recursos proporcionada pelos créditos de carbono, negociados a US\$ 4.00 considerando uma cotação de R\$ 3,00, igualmente à cotação usada para avaliação das plantações de *Pinus*, não é possível sequer cobrir os custos de implantação destas florestas naturais.

Para que se pudesse cobrir os custos de implantação da floresta e administração do projeto, o valor de venda da Mg de C deveria ser de US\$ 6.00 ou R\$ 18,00. Isto mostra claramente a tendência de diferenciação do preço da tonelada de carbono fixada em projetos florestais comerciais e em projetos de recuperação de florestas naturais.

Portanto, para que seja atrativo o investimento em projetos de implantação de florestas fixadoras de carbono, por meio da recuperação com espécies nativas, deverão ser incluídos no projeto outros rendimentos possíveis destas áreas, tais com sementes florestais, plantas medicinais, apicultura, etc. e/ou haver uma valoração dos benefícios indiretos proporcionados pela floresta em relação à qualidade da água, biodiversidade, corredores ecológicos, etc.

5 DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise de uso do solo em 1993 e em 2000 mostraram que houve um aumento da base florestal, ou seja, das plantações florestais de pinus. O aumento de área plantada promoveu, conseqüentemente, um aumento do estoque de carbono, ou seja, a região pertencente aos dois municípios em estudo está contribuindo positivamente para a remoção de dióxido de carbono da atmosfera. Se considerarmos este cenário para os dias de hoje, o que é válido, pois o país vive um período de crescimento econômico e, principalmente, das suas exportações que incluem papel e madeira, existe consumo para o produto madeira, logo há também a necessidade de plantar florestas, que continuarão a fixar carbono. Este cenário nos apresenta uma linha de base onde a soma das mudanças nos estoques de carbono nos reservatórios de carbono é positiva, e este aumento nos estoques aconteceu de 1993 a 2000, e provavelmente continua, note-se, sem a presença de projetos de florestamento ou reflorestamento sob o MDL. Este fato é desfavorável ao intuito de implantar projetos de florestas fixadoras de carbono, pois a própria Decisão 19 da COP 9 parágrafo 20 (c), indica que para o cálculo da linha de base devem ser consideradas as políticas e circunstâncias nacionais e/ou setoriais relevantes, tais como uso da terra histórico e tendências econômicas.

Todas estas considerações podem ser transportadas para o caso das florestas naturais, pois o seu estudo também apresentou um aumento na sua área de ocupação do solo, principalmente por formações em estágio inicial de regeneração, todavia este aumento não se refletiu no estoque de carbono. Isto se deve a perda na qualidade destas florestas, ocasionada pela redução das áreas de florestas em estágio avançado de desenvolvimento, que tem um estoque de carbono muito maior. Porém, mesmo com esta consideração a variação no estoque foi de menos de 1%, e o ponto principal reside no fato de que estas formações iniciais permanecem crescendo e fixando carbono, aumentando seus estoques.

Apesar deste cenário, que não se apresenta muito propício à implantação de projetos florestais de MDL, a interseção dos mapas de uso do solo de 1993 e 2000

identificou 48.445 hectares de áreas potencialmente elegíveis para este tipo de projeto, ou seja, áreas sem cobertura florestal em nas duas ocasiões. Porém, estas áreas incluem também lavouras, pastagens, estradas e áreas urbanas que não são passíveis de implantação destes projetos.

Outro aspecto sobre as áreas potencialmente elegíveis, é que o processo de identificação em campo das coordenadas das áreas indicadas no mapa é muito complexo e não levaria a resultados satisfatórios. Tanto que, em uma tentativa piloto de realizar esta identificação, a Dra. Manyu Chang sugeriu a inversão da etapa de mapeamento, realizando primeiro o diagnóstico das comunidades e seleção das propriedades com interesse em reflorestar, e depois confirmar com uma análise temporal das imagens de satélite a dinâmica da cobertura florestal para efeitos de elegibilidade.

Considerando esta proposta e o resultado deste trabalho chega-se à conclusão que as duas etapas serão necessárias para a implantação de um projeto de reflorestamento no molde do MDL. Em primeiro lugar a análise temporal com uso de imagens em escala regional ou até estadual, será de grande importância estratégica na definição das micro-regiões com maiores concentrações de áreas elegíveis e, mais importantes ainda na análise da dinâmica dos estoques de carbono, fundamentais para a elaboração da linha de base do projeto. Num segundo momento após definida a superfície de atuação ocorrerá a inversão do processo, partindo para o contato com os proprietários interessados procedendo o geo-referenciamento dos futuros talhões, e trabalhando com imagens de maior resolução espacial.

Sob o aspecto da viabilidade financeira observase que a remuneração advinda da fixação do carbono melhora significativamente os indicadores econômicos do investimento florestal, porém ainda esta muito distante do valor necessário para cobrir os custos totais desta atividade. A consequência deste fato é que, só irão ter condições de gerar estes projetos indivíduos ou instituições que já desenvolvam atividades de florestamento/reflorestamento. A diferença estará na forma de elaborar o projeto, que deverá contemplar todos os critérios e indicadores do mercado de carbono. Se ocorrer desta forma o Protocolo de Quioto, e o mercado de carbono de uma forma geral, serão

agentes concentradores de renda, pois somente que já tem recursos financeiros poderá participar de projetos, e desta forma não irá contribuir para o desenvolvimento sustentável do país hospedeiro como preconiza o MDL.

Em resposta a esta evolução dos projetos de MDL, foram definidos e acordados, no âmbito das COPs, os chamados Projetos de Pequena Escala, que tiveram suas modalidades e procedimentos simplificados, com o objetivo de serem implementadas por comunidades de baixa renda e indivíduos, conforme definido pelo país hospedeiro. Estes projetos têm uma limitação na quantidade de CO₂ removido da atmosfera da ordem de 8 mil toneladas por ano, que correspondem a 2.180 toneladas de carbono. Este processo facilita a participação de pequenos produtores no mercado de carbono, porém não é suficiente, deve haver também um incentivo técnico e financeiro ao associativismo dos pequenos produtores rurais. Partindo desde a elaboração e financiamento de estudos sobre as potencialidades regionais para implantação de projetos, a exemplo deste, até isenção de impostos como recomenda RENNER (2004). O problema da falta de opção para o desenvolvimento agropecuário para os pequenos produtores da região centro-sul o Estado do Paraná pode ser mitigado, em parte, com a inclusão da atividade da silvicultura nos seus sistemas de produção, principalmente aproveitando-se das áreas de roça no toco que vem sendo gradualmente abandonadas. Porém, para que isso se concretize é necessária a disponibilização de linhas de crédito próprias que viabilizem a atividade de reflorestamento. A inclusão dos pequenos produtores na atividade de silvicultura vem ao encontro da necessidade de aumentar a oferta de madeira, para atender o setor florestal, bem como cumpre os critérios do MDL nos quesitos referentes a adicionalidade e o desenvolvimento sustentável.

Toda esta problemática sobre as regras do MDL acabaram por causar uma redução na oferta de projetos florestais em relação ao esperado no início da Convenção do Clima. Isto decorre desta série de fatores que discutimos, entre os quais destaca-se a menor competitividade dos projetos florestais resultante de uma série de regulamentos exigidos pelo PQ, como as controvérsias no desenho da linha de base, adicionalidade e pelo maior risco e dificuldade em medir e monitorar o carbono fixado em florestas.

6 CONCLUSÕES

1- A região de estudo está contribuindo positivamente na remoção de dióxido de carbono da atmosfera, pois foi constatado um aumento no estoque de carbono na vegetação florestal durante o período analisado, e este aumento ocorreu de forma independente à presença de projetos florestais de MDL. Comparativamente a uma região onde tenha ocorrido uma redução no estoque de carbono, a região dos municípios de Bituruna e General Carneiro, será menos atrativa para a implantação de projetos florestamento e reflorestamento que visem geração de créditos de carbono;

2 - Para a implantação de um projeto com o objetivo de geração de créditos de carbono através de reflorestamentos, será necessário um aprofundamento na questão do conhecimento do uso do solo e, principalmente, das condições sócio-econômicas do público envolvido, com vistas a cumprir o requisito da adicionalidade do projeto, frente a este aumento do estoque de carbono identificado por este estudo;

3 - O acréscimo no retorno financeiro da floresta promovido pela geração dos créditos de carbono não cobre os custos de implantação das florestas, porém promove uma melhora significativa nos indicadores financeiros desta atividade;

4 – A tecnologia de classificação de imagens de satélite LANDSAT, utilizada para analisar a evolução do uso da terra e dos estoques de carbono da vegetação florestal, à luz dos conceitos do PQ, mostrou-se viável e de custo relativamente baixo, especialmente para estudos estratégicos.

7 REFERÊNCIAS

ALECHANDRE, A.S.; BROWN, I.F.O. Carbono nos ecossistemas brasileiros. **In:** As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros. Brasília, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, The woods hole reserach center, Environmental Defense, 2000. p. 51-54.

ALVES, A. R.; Efeito estufa e mudanças climáticas. **Revista Ação Ambiental**, Ano IV, nº 18. MCT. Viçosa, 2001. p. 7-15.

ARAÚJO, L.S. **Análise da cobertura vegetal e de biomassa em áreas de contato floresta/savana a partir de dados TM/LANDSAT e JERS-1.** INPE: São José dos Campos, 1999. 129f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

BAIRD, C. **Química ambiental.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
BNDES e MCT **Efeito estufa e a convenção sobre o clima.** Brasília – DF, 1999. 40 p.

BOLETIM DE PESQUISA, Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina: n. 27, t. 1 e 2, 1984.

BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v. 35, 1989. p. 881-902.

CASTELA, P.R. (Coord.) et al. **Conservação do bioma Floresta com Araucária:** relatório final. Curitiba: FUPEF, 2001. v.1/2.

CARDOSO, P. H. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.** São Paulo: Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, 2001. 31 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas Florestais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640p.

CHANG, M.Y. Caracterização e tipologia dos projetos de seqüestro de carbono no Brasil. **In:** SANQUETTA, C.R. et al. (eds.) As florestas e o carbono. Curitiba, 2002b. P. 59-88.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FBMC **Sétima Conferência das Partes - Os Acordos de Marraqueche**. Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2002, 1ª edição. 58 p.

GARDNER, R. H.; MANKIN, J. B. Analysis of biomass allocation in forest ecosystems of the IBP. **In:** REICHLER, P. D. Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press. 1981. p. 451-497.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JUNIOR, J. A. de. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. **In:** EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994. Anais... Rio de Janeiro, 1994. p. 125–153.

HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. **In:** EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994. Anais... Rio de Janeiro, 1994. p. 38–76.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Vegetação e geografia do Brasil – Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2. 419 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: série manuais técnicos em geociências**. 1992. 92p. Rio de Janeiro, n.1, 1992.

IPCCa. **Climate Change 2001 – The scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguer, m.; van der Linden, P.J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C.A. (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 2001.

IPCCb. **Climate Change 2001 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. McCarthy, J.J; Canziani, O.F.; Leary, N.A.; Dokken, D.J.; White, K.S. (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 2001.

IPCC. **Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry**. 2003.

KRUG, T. O papel das atividades de projeto de florestamento e reflorestamento do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na fixação de CO₂ atmosférico. **In:** SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R.; e ZILLIOTTO, M.A. Fixação de Carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisas. Curitiba, 2004. p. 39-54.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária Ltda, 2000. 320p.

LINDMAN, C. A. M; FERRI, Mario Guimarães. **A vegetação do Rio Grande do Sul**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974. 377 p.

LOPES, I. V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação**, Ignez Vidigal Lopes (Coord.), Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. 90 p.

LUGO, A.E.; BROWN, S.; CHAPMAN, J. An analytical review of production rates and stem wood biomass of tropical forest plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 23, p. 179-200, 1998.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Livraria José Olympio, 1968. 442p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Status da Ratificação do Protocolo de Quioto**. <http://www.mct.gov.br/clima/quioto/signata.htm> (15 out. 2004).
OCAMPO, J.A. **Oportunidades para América Latina y el Caribe dentro del MDL**. CEPAL, 2001

OLIVEIRA, E.B. **Um sistema computadorizado de prognose do crescimento e produção de *Pinus taeda* L., com critérios quantitativos para avaliação técnica e econômica de regimes de manejo**. Curitiba, 1995, 134 p. (Tese – Doutorado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PARANÁ. Secretária de Estado de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. **Atlas do Estado do Paraná**, Curitiba, 1987. 73 p.

PEREIRA, J.L.G. et al. Alteração do estoque de carbono de uma região do sudeste do Pará entre 1973 e 1997. **In: GISBRASIL, 6., 2000. Anais...** Salvador, 2000. 1 CD-ROM.

ROCHA, M.T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba, 2003. 196 p.

SALATI, E. Emissão X seqüestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. **In: EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994**. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 1994 p.13–37.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. **In:** SANQUETTA, C.R. et al. (eds.) As florestas e o carbono. Curitiba, 2002. p.119-140.

SANTOS, J.R. **Biomassa aérea da vegetação de cerrado: estimativa e correlação com dados do sensor “Thematic Mapper” do satélite LANDSAT.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1988. 156 p.

SCHUMACHER, M.V. **Quantificação do carbono orgânico em florestas de *Pinus taeda* L., com diferentes idades.** Santa Maria: UFSM, 2000. (Relatório de pesquisa).
SOARES, R.V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal.** Curitiba, 2004. 195 p.

SOUZA, C.L.; PONZONI, F.J. Avaliação de índices de vegetação e de bandas TM/LANDSAT para estimativa de volume de madeira em floresta implantada de *Pinus* spp. **In:** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998. Anais... Santos:INPE, 1998. 1 CD-ROM.

SQA-MMA. **Relatório da COP7 da CQNUMC.** Brasília, DF. 2001. 13p.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). **Kyoto Protocol, COP 7 / 1997.**

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). **Relatório da Conferência das Partes sobre sua Sétima Sessão, Realizada em Marraqueche em 2001.** Parte Dois: Ações tomadas pela Conferência das Partes (Vol. 2). 2002. 71 p.

WATZLAWICK, L.F. et al. O papel do sensoriamento remoto nos estudos de carbono. **In:** SANQUETTA, C.R. et al. (eds.) As florestas e o carbono. Curitiba, 2002. P .215-235.

WATZLAWICK L.F. **Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens de satélite Ikonos II.** Curitiba, 2003. 118 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.