

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas se constituem em uma ameaça em longo prazo para os ecossistemas e possivelmente para a população terrestre. O responsável por tais alterações é o chamado Efeito Estufa que, devido a maior concentração de certos gases na atmosfera, tende a aumentar a temperatura média do planeta. Conforme informações do UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, 2003), os principais responsáveis pelo Efeito Estufa - os chamados Gases Efeito Estufa (GEE) - que provocam tal fenômeno, são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorcarbono (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆). A emissão destes gases é decorrente das atividades econômicas e industriais.

Este tema virou preocupação mundial, o que motivou a realização primeira Conferência Mundial sobre o Clima em 1979. No ano de 1988 foi estabelecido o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) e em seguida, em 1992, foi estabelecida a Convenção do Clima¹. Esta convenção teve como objetivo a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera em um nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Esta conferência entrou em vigor no ano de 1994. A partir do ano de 1995 as partes² têm se reunido para discutir a problemática e adotar medidas de mitigação para as mudanças climáticas nas chamadas Conferências das Partes (COP). O principal produto das conferências foi o Protocolo de Quioto, que propõe a redução das emissões em 5,2% abaixo dos níveis de 31 de dezembro de 1989.

Para que o Protocolo entrasse em vigor seria necessário que 55 países, que representassem pelo menos 55% das emissões de GEE, ratificassem o mesmo. Até o

¹ Em inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change* – UNFCCC.

² Atualmente fazem parte da Convenção do Clima 189 Partes ou Países (UNFCCC, 2004).

dia 15/11/2004, 128 países (44,2% das emissões) haviam ratificado o Protocolo de Quioto e no dia 16/11/2004 a Rússia, que sozinha é responsável por 17,4% das emissões, ratificou o mesmo. A ratificação pela Rússia foi conturbada. Depois de algumas declarações de que o país não assinaria o Protocolo, a notícia de que o país concordaria com o mesmo foi uma surpresa para muitos. Após passar pelo Conselho da Federação (com 98,6% de aprovação) o Presidente Vladimir Putin, no dia 4 de novembro de 2004, assinou a lei federal da ratificação do Protocolo. Assim, no dia 16 de novembro de 2004, o embaixador da Rússia no Conselho de Segurança da ONU, Andrey Denisov, entregou a documentação necessária ao Secretário Geral da ONU, Kofi Annan. Portanto, em 16 de fevereiro de 2005 o Protocolo de Quioto efetivamente entrou em vigor.

Uma das modalidades dentro do Protocolo de Quioto é o MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (Artigo 12 do Protocolo de Quioto). 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 florestas³; 4) Outros projetos de redução de emissões: projetos de aterros sanitários e projetos agropecuários (ROCHA, 2003).

A modalidade LULUCF (Uso da Terra e Mudanças no Uso da Terra ou em inglês *Land Use and Land use Change and Forestry*) prevê a implantação de florestas com a finalidade de fixar carbono existente na atmosfera na forma de poluentes. Assim os detentores de reflorestamentos podem se beneficiar desse processo mediante a elaboração de projetos que assem RCE (Reduções Certificadas de Emissões).

³ É nesta modalidade que está a maioria dos projetos de seqüestro de carbono, ou no inglês, "carbon sink".

Para que tais projetos sejam passíveis de aprovação é necessário que os mesmos apresentem os seguintes fundamentos: elegibilidade, adicionalidade e condições suficientes para seu monitoramento. No critério da elegibilidade existe uma restrição às áreas a serem incluídas em projetos de MDL. A restrição é que na data base de 31/12/1989 a área não tivesse cobertura florestal. No Acordo de Marrakesh (2001) ficou definido que as áreas de conservação florestal não são elegíveis no Protocolo de Quioto. A conservação florestal, que ficou de fora do MDL no primeiro período de compromisso, diz respeito à manutenção das áreas florestais já existentes com a finalidade de serem conservadas.

Segundo ROCHA (2003), o Acordo de Marrakesh, define as regras operacionais para LULUCF para os mecanismos de flexibilização e para os Artigos 5, 7 e 8 que tratam, respectivamente, da definição do sistema nacional para o inventário de emissões, das informações adicionais à Convenção derivadas do Protocolo e do processo de revisão das comunicações nacionais. Neste acordo foram estabelecidas regras que limitarão a utilização de créditos oriundos de florestas e agricultura.

Assim, abrem-se boas perspectivas para o Brasil desenvolver projetos florestais baseados no Protocolo de Quioto. Porém, também se sabe que o Protocolo de Quioto é bastante rígido e outros mercados mais flexíveis estão surgindo, especialmente nos EUA. Os EUA não ratificaram o Protocolo de Quioto e, embora reconheçam a problemática do Efeito Estufa, o país busca outros mecanismos que considera mais efetivos no combate às mudanças climáticas.

Ainda, no ano de 1998, o Governo da Costa Rica ofereceu na Bolsa de Chicago créditos de carbono provenientes de projetos de seqüestro de carbono em parques nacionais (SANDOR e WALSH, 2000). Esta foi uma das alternativas encontradas por algumas empresas florestais para ingressar no mercado de carbono - como por exemplo: a Klabin, Cia. Suzano, VCP e Aracruz- que buscaram a

comercialização dos créditos na Bolsa do Clima de Chicago (*Chicago Climate Exchange* – CCX). Estas negociações são as chamadas negociações bilaterais entre compradores e vendedores que estão ocorrendo em várias partes do mundo.

O Brasil possui um bom potencial para projetos florestais, apresenta muitas regiões com vocação florestal (com ótima produtividade silvicultural). Além disso, existem muitas áreas degradadas que podem se prestar bem aos propósitos do Protocolo de Quioto. Todos esses potenciais projetos também podem trazer impactos sociais positivos, além dos benefícios econômicos e ambientais já preconizados. Dentro dos limites da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná, vislumbra-se algumas áreas que teriam um bom potencial para desenvolvimento de projetos desta natureza.

Os projetos de MDL para as diferentes modalidades começaram a surgir, dando entrada em novos projetos no *site* do UNFCCC advindos das diferentes partes do mundo. Contudo, os projetos florestais ainda estão numa fase embrionária. Para que se possa propor projetos de carbono florestais é necessário analisar a viabilidade de tais empreendimentos, bem como identificar locais adequados ao seu estabelecimento. Nesse contexto é importante identificar áreas onde já existem áreas reflorestadas de forma a expandir a atividade através dos mecanismos de estímulo proporcionados pelo Protocolo de Quioto ou outros potenciais mercados, como a Bolsa do clima de Chicago. Alternativamente, é importante elucidar onde existem áreas degradadas, que requeiram recuperação, enquadrando-se nas restrições de elegibilidade impostas pelo Protocolo de Quioto.

Uma vez identificadas as áreas onde existe um potencial concreto para o desenvolvimento de projetos de carbono florestal, torna-se indispensável delinear a documentação que comprove a linha de base e descreva os procedimentos de monitoramento do projeto. Essas definições devem estar contidas em dois documentos: a proposição de nova metodologia de linha de base, monitoramento e o

chamado PDD (*Project Design Document* ou em português Documento de Concepção do Projeto). Os formulários para apresentação oficial desses documentos encontram-se no *site* da UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*).

A hipótese desta pesquisa é que existem regiões, dentro da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná, que possuem altas concentrações de carbono estocados na vegetação e que algumas destas áreas apresentam características que as tornam atrativas para implantação de projetos de fixação de carbono florestal, ou seja, as tornam elegíveis dentro das premissas do Protocolo de Quioto (linha de base) ou de outros possíveis mercados paralelos. Outro argumento que consubstancia esta pesquisa é o desequilíbrio entre oferta e demanda de madeira, o que estimula os proprietários rurais a investir em reflorestamento e, por conseguinte, desenvolver projetos de fixação de carbono em suas plantações florestais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivos Gerais

- Desenvolver uma metodologia para avaliação da elegibilidade, linha de base e monitoramento de projetos de MDL Florestal segundo as normativas do Protocolo de Quioto.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Quantificar e mapear as áreas florestais plantadas (reflorestamentos) nos limites da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná;
- Localizar e quantificar os principais focos de carbono fixado em reflorestamentos na região da Floresta Ombrófila Mista no Estado do

Paraná;

- Estimar os quantitativos de carbono capturados pela biomassa florestal nos dois municípios alvo do projeto, em duas ocasiões (1993 tem que ser 90 e 2000), caracterizando as mudanças ocorridas e a dinâmica de CO₂;
- Avaliar a elegibilidade de um projeto de MDL florestal para um estudo de caso em uma propriedade dentro dos municípios de Bituruna ou General Carneiro;
- Discorrer sobre a elegibilidade, a linha de base e o monitoramento de projetos de MDL nessa região;
- Avaliar cenários característicos da região alvo sob o aspecto econômico do MDL florestal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O EFEITO ESTUFA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As Mudanças Climáticas⁴ constituem uma ameaça em longo prazo para os ecossistemas de Terra e possivelmente para a população terrestre. Para moradores de ilhas, por exemplo, o aumento da temperatura global constitui um perigo real, e pode ser uma ameaça para agricultura, particularmente a agricultura de subsistência dos países. Porém, a real extensão dos danos potenciais ainda é desconhecida (IPCC, 1996 citado por KOOTEN et al., 2004).

Segundo publicação do UNFCCC (2003), os principais responsáveis pelo Efeito Estufa são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorcarbono (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆).

O Efeito Estufa aquece a superfície da Terra em 33°C em média. Esse aquecimento natural permite a existência de água líquida na superfície terrestre, o que se tornou à base para a evolução biológica. A temperatura média na superfície da Terra seria -18°C sem o Efeito Estufa. Porém, com o aumento da concentração de Gases de Efeito Estufa na atmosfera, existe uma tendência de aumento da temperatura global média em função do aumento da quantidade dessa concentração. Esta alteração afeta de maneira direta e indireta os ciclos biogeoquímicos, que são a base do funcionamento dos sistemas naturais do planeta. No entanto, o ciclo que está diretamente relacionado a esse processo é o ciclo do carbono (MARTINS, 2004).

Portanto, fica claro que o dióxido de carbono é um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa e sabe-se que as maiores emissões são decorrentes de atividades executadas em países desenvolvidos.

⁴ “As Mudanças Climáticas significam alterações no clima que possam ser direta ou indiretamente atribuídas às atividades humanas que alterem a composição da atmosfera mundial e que se somem aquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo dos períodos comparáveis” (Convenção do Clima, 1995).

Outro vetor de acúmulo de carbono na atmosfera é o desmatamento. Em geral o processo de desmatamento consiste na derrubada e queima das árvores. Neste processo o carbono contido na madeira, na forma de biomassa, é liberado para atmosfera na forma de CO₂.

O UNFCCC (2003) publicou uma explicação sobre as forças naturais e as antropogênicas e sua influência sobre a temperatura desde o ano de 1860 (Figura 1). Simulações realizadas em pesquisas demonstram que quando se incluem nos testes forças naturais com as antropogênicas às simulações são capazes de explicar as variações de temperatura. Desta forma, percebe-se que o responsável pelas mudanças na temperatura da terra é a interação entre as forças naturais e antropogênicas.

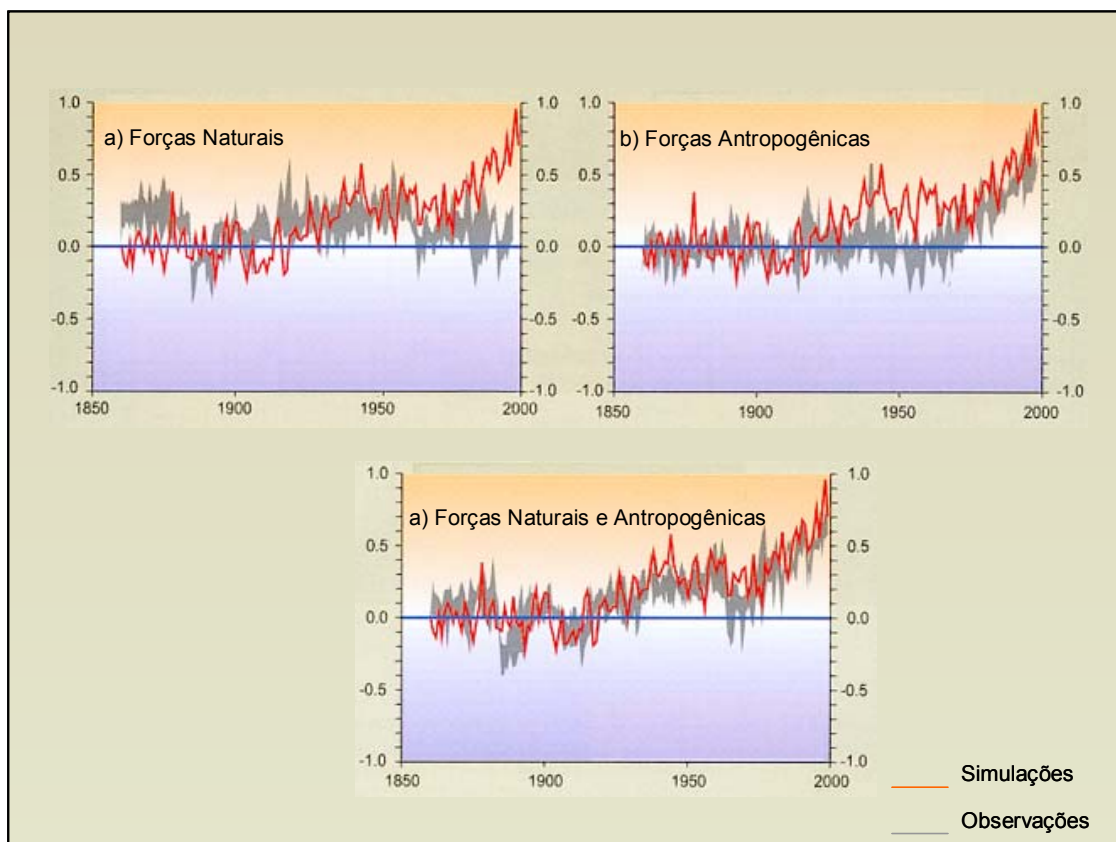


FIGURA 1 – COMPARAÇÕES ENTRE AS SIMULAÇÕES DE TEMPERATURA DESDE O ANO DE 1860 E O AUMENTO OBSERVADO

FONTE: UNFCCC (2003)

Na Figura 2 está apresentada uma explicação temporal dos principais processos dentro do ciclo de carbono. Os processos que emitem e captam muito rapidamente o carbono para a atmosfera são os relacionados com a vegetação (incêndios, fotossíntese e respiração) e a rápida emissão pelos combustíveis fósseis. Depois ficam as águas superficiais, como um processo rápido e, por último, como lento e muito lento as águas profundas e os sedimentos.

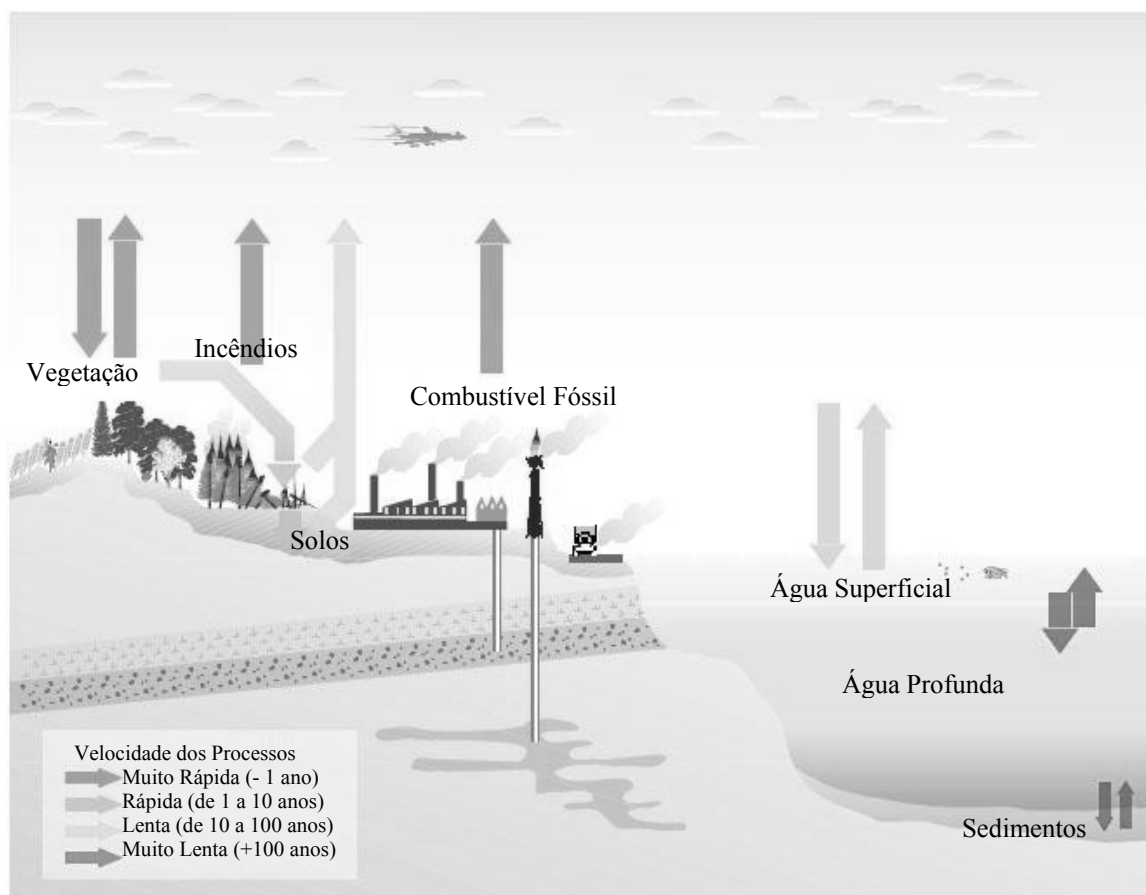


FIGURA 2 – VARIAÇÕES TEMPORAIS DOS PRINCIPAIS PROCESSOS DENTRO DO CICLO DO CARBONO
 FONTE: UNFCCC (2003)

2.2. CONVENÇÃO QUADRO DO CLIMA DAS NAÇÕES UNIDAS

Conforme UNFCCC (2004), a primeira Conferência Mundial sobre o

Clima aconteceu no ano de 1979. Posteriormente, no ano de 1988 foi estabelecido o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC – Painel Intergovernamental de mudanças climáticas).

Segundo CAMPOS (2001), a gradual percepção da necessidade de desenvolver políticas e instrumentos legais internacionais sobre a questão da mudança do clima levou a Assembléia Geral das Nações Unidas a estabelecer em seu período de sessões de 1990, o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (CIN/CQMC). O mesmo autor cita que segundo a CONVENÇÃO DO CLIMA (1995), mais de 150 países enviaram seus representantes que se encontraram durante cinco reuniões celebradas entre fevereiro de 1991 e maio de 1992 e, finalmente, em 9 de maio de 1992, foi adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima na Sede das Nações Unidas – CQNUMC. No ano de 1994 a Conferência entrou em vigor.

UNFCCC (2004) cita que o objetivo desta Convenção é estabilizar as concentrações de Gases Efeito Estufa na atmosfera num nível que impeça a interferência antrópica perigosa no sistema climático. CAMPOS (2001) complementa que os dois princípios básicos da Convenção são: precaução e responsabilidades comuns, porém diferenciadas. O primeiro refere-se ao fato de que a ausência de plena certeza científica não deve ser usada como razão para que os países posterguem a adoção de medidas para prevenir, evitar ou minimizar as causas da mudança do clima e mitigar seus efeitos. E, o segundo princípio diz que a maior parcela das emissões globais, históricas e atuais, de gases de efeito estufa é originária dos países desenvolvidos.

Com base nesta responsabilidade diferenciada é que foram criados dois grandes grupos dos países, os países do Anexo I⁵ e países não Anexo I⁶. Assim estas

⁵ São eles: Alemanha, Austrália, Áustria, Belarus, Bélgica, Bulgária, Canadá, Comunidade Européia, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos da América, Estônia, Federação Russa, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein,

partes (países) devem se reunir para discussões de mecanismos que possam contribuir para que o objetivo da convenção se concretize conforme será explicado posteriormente.

2.3. O PROTOCOLO DE QUIOTO E AS CONFERÊNCIAS DAS PARTES

A partir do ano de 1995 as partes têm se reunido para discutir à problemática das mudanças climáticas nas chamadas Conferências das Partes (COP). Durante a COP 3, realizada em Quioto em 1997, foi criado o Protocolo de Quioto. Este Protocolo estabelece que durante o primeiro período de compromisso (2008-2012) os países pertencentes ao Anexo I deveriam reduzir suas emissões em um nível de no mínimo 5,2% em relação às emissões do ano de 1990. O Protocolo de Quioto entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, após conseguir uma ratificação mínima⁷. Posteriormente aconteceram as Conferências das Partes: COP 4 em Buenos Aires no ano de 1998, COP 5 em Bonn no ano de 1999, COP 6 em Haia no ano de 2000, COP 6,5 em Bonn no ano de 2001, COP 7 em Marrakesh no ano de 2001, COP 8 em Nova Déli no ano de 2002, COP 9 em Milão no ano de 2003 e COP 10 em Buenos Aires no ano de 2004 (UNFCCC, 2004).

Durante a COP 6,5 foi criado o Acordo de Bonn que, segundo ROCHA (2004), foi um acordo político que garantiu a sobrevivência do Protocolo. Depois na COP 7 foram concluídos os detalhes técnicos relativos ao Protocolo de Quioto no denominado Acordo de Marrakesh. O Acordo de Marrakesh definiu as regras para o *Land Use, Land Use change and Forestry* (LULUCF), para o Mecanismo de

Lituânia, Luxemburgo, Mônaco, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, República Tcheca, Romênia, Suécia, Suíça, Turquia e Ucrânia.

⁶ Todas as outras partes da convenção não listadas no Anexo I.

⁷ No mínimo 55 países que, representem pelo menos 55% das emissões de dióxido de carbono dos países inclusos no Anexo I.

Desenvolvimento Limpo (MDL)⁸, Implementação conjunta (*Joint Implementation* e *Emission Trading*).

Conforme publicação do IPCC (2000), o LULUCF foi proposto para mitigar as mudanças climáticas em função do uso da terra, na mudança do uso da terra e silvicultura.

Posteriormente, durante a COP 9, foram concretizadas as definições e modalidades para a inclusão de atividades de projetos de reflorestamento e florestamento MDL para o primeiro período de compromisso⁹ tão importantes na discussão da elegibilidade dos projetos.

Conforme KRUG (2004), na Conferência das Partes¹⁰ (COP 9), realizada em Milão, foram acordados que as definições de floresta, florestamento, reflorestamento e reservatórios de carbono seriam as mesmas para aplicação, pelas partes Anexo I, dos Artigos 3.3 e 3.4 do Protocolo de Quioto, que se referem ao setor LULUCF.

2.4. MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

Dentro desse contexto, uma das estratégias defendidas em fóruns internacionais, que seguem o Protocolo de Quioto, é o MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo ou CDM (*Clean Development Mechanism*) (Artigo 12 do Protocolo de Quioto), no qual existe a previsão de se incentivar a implantação de florestas com a finalidade de fixar carbono existente na atmosfera na forma de poluentes.

O objetivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo deve ser assistir às

⁸ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ou *Clean Development Mechanism* (CDM): O MDL é citado no artigo 12 do Protocolo de Quioto sendo um mecanismo de flexibilização do Protocolo de Quioto. Sendo assim a proposta é que cada tonelada de CO₂ evitada de emissão ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial.

⁹ Decisão esta que pode ser encontrada pela referência 19/COP 9.

¹⁰ Reuniões internacionais para discutir a problemática das mudanças climáticas.

Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões (Protocolo de Quioto, 1997). Outra citação importante do Protocolo de Quioto (Artigo 12.3) é apresentada abaixo:

- (a) *As Partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões; e*
- (b) *As Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de Reunião das Partes deste Protocolo – COP-MOP.*

CAMPOS (2001) cita que os projetos de MDL deverão sujeitar-se à autoridade e orientação da COP-MOP e à supervisão de um conselho executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. As reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto deverão ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela COP-MOP, desde que a participação seja voluntária e aprovada por cada Parte envolvida; os benefícios deverão ser reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima; e que as reduções de emissões deverão ser adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto (Protocolo de Quioto, 1997).

Assim, as empresas que não conseguirem/quiserem reduzir suas emissões, poderão comprar Reduções Certificadas de Emissões (RCE) em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações, embora o uso deste mecanismo esteja limitado apenas a uma parcela de seus compromissos de redução

(ROCHA, 2004). Para tanto, existem algumas etapas que um projeto de MDL deverá seguir de forma que os RCE possam ser emitidos (Vide Figura 3).

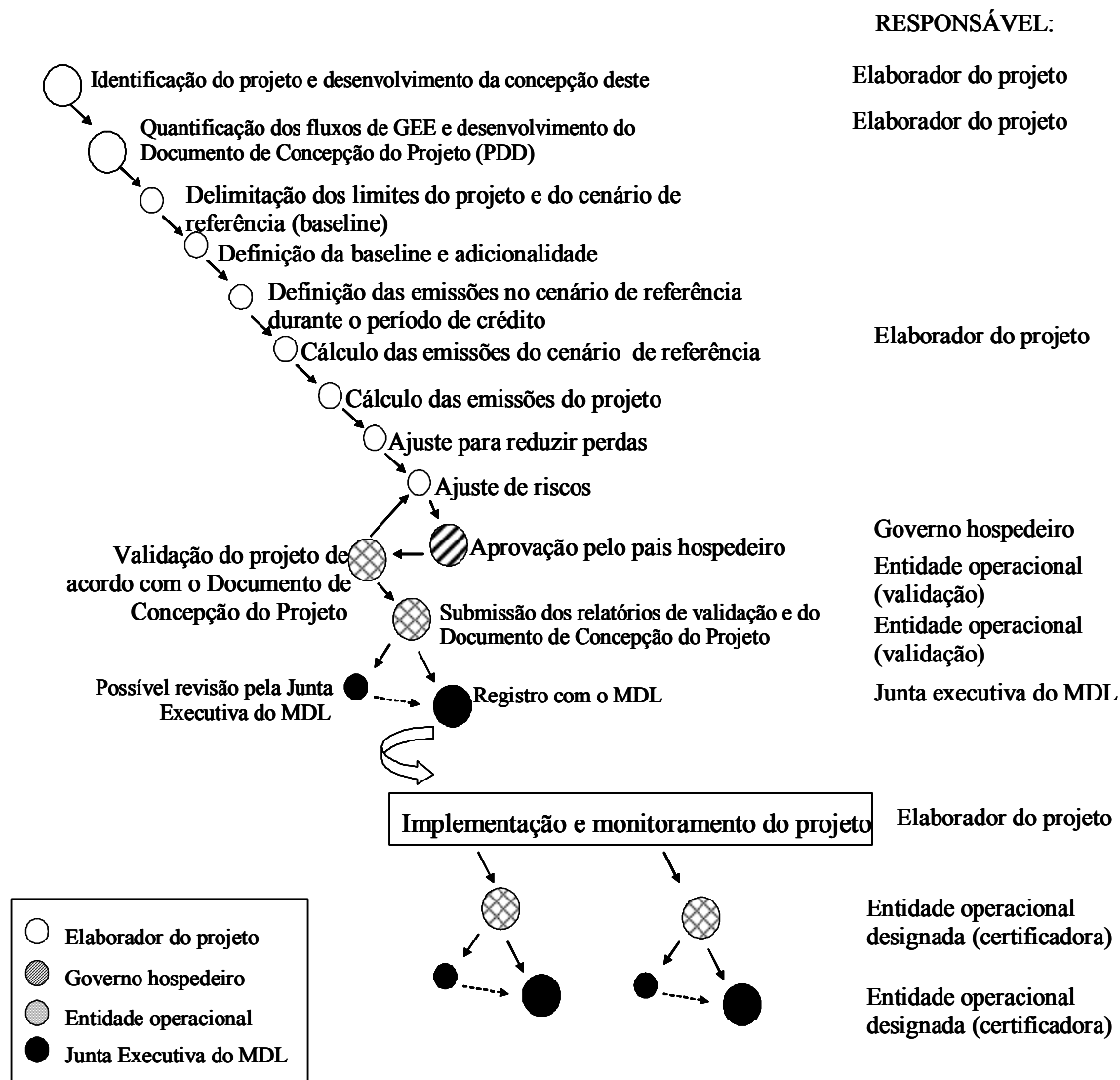


FIGURA 3 – ETAPAS DE UM PROJETO DE MDL PARA CONSEGUIR RECEBER O CRE
 FONTE: AUKLAND et al. (2002)

2.5. LAND USE, LAND USE CHANGE AND FORESTRY - LULUCF

O Acordo de Marrakesh definiu as regras para o LULUCF. Conforme

publicação do IPCC (2000), o LULUCF foi proposto para mitigar as Mudanças Climáticas em função do uso da terra, na mudança do uso da terra e silvicultura. KRUG (2004) cita a Definição 19 apresentada como resultado da COP 9:

“Floresta: consiste em uma área mínima de 0,05-1,0 hectares, com cobertura de copa (ou nível de estoque equivalente) de mais de 10-30 por cento, 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-bosque 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 por cento, ou altura de árvore de 2-5 metros são consideradas florestas, assim como áreas que normalmente fazem parte de uma área florestal que está temporariamente desestocada como resultado da 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, através de plantio, semeadura e /ou promoção de fontes naturais de sementes induzidas pelo homem.

Reflorestamento: é a conversão induzida diretamente pelo homem, de área não florestada para área florestada através de plantio, semeadura 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

(liteira), madeira morta e carbono orgânico do solo.”

Ainda, segundo KRUG (2004), a decisão 19 da COP 9 faz referência ao Guia de Boas Práticas para Uso da Terra, Mudança no Uso da terra e Florestas aprovado pelo IPCC em novembro de 2003, encorajando os participantes do projeto a utilizar, conforme apropriado e tanto quanto possível, o referido Guia, na concepção e implementação de atividades de projetos de florestamento/reflorestamento no MDL. Os países não-Anexo I foram também encorajados a utilizar o Guia na preparação de seus inventários de gases efeito estufa a ser incluído nas Comunicações Nacionais.

AUCKLAND et al. (2002) diz que o papel da silvicultura em relação aos objetivos da Convenção Sobre Mudanças Climáticas foi objeto de grandes controvérsias ao longo de todas as negociações do Protocolo de Quioto. Embora se reconheça que a gestão de uso da terra seja fundamental para o ciclo do carbono, são muitas as opiniões e divergências sobre seu papel com relação às metas de redução de emissão de CO₂. Em julho de 2001, participantes de uma reunião realizada em Bonn decidiram que o florestamento e o reflorestamento serão as únicas atividades de gestão de uso da terra passíveis de se candidatarem ao MDL. Essas atividades podem ser implantadas em grande ou pequena escala, fazendo-se uso de uma ou várias espécies florestais e envolvendo áreas florestais ou sistemas agrícolas, tais como:

- Estabelecimento de plantios em áreas comunitárias;
- Reflorestamento de áreas marginais com espécies nativas, por exemplo, áreas ripárias, encostas, áreas de entorno e entre fragmentos existentes de floresta nativa (através do plantio e da regeneração natural);
- Novas plantações em escala industrial (florestamento);
- Estabelecimento de plantações para produção de biomassa e geração de energia para substituição de combustíveis fósseis;

- Plantações em pequena escala feitas por pequenos fazendeiros;
- Introdução de árvores em sistemas agrícolas existentes (agrosilviculturais);
- Recuperação de áreas degradadas através do plantio de árvores ou de regeneração natural assistida.

Outra questão importante discutida na COP 9 em Milão diz respeito à utilização de espécies exóticas e organismos geneticamente modificados. Segundo KRUG (2004), o documento inicial das negociações a este respeito propunha o veto ao uso destas espécies ou organismos no MDL. Assim, plantações com *Pinus* e/ou *Eucalyptus* não seriam consideradas. A Noruega via esta consideração como essencial, dando indícios de que não aceitaria qualquer texto que não tratasse da questão das espécies exóticas e organismos geneticamente modificados de forma explícita. Então, após muitas negociações, a forma do texto final, na decisão 19 da COP 9, cita que as partes hospedeiras avaliem de acordo com suas leis nacionais, os riscos associados ao uso de espécies exóticas potencialmente invasivas ou/e organismos geneticamente modificados nas atividades de projeto de florestamento/reflorestamento no MDL, e que as Partes do Anexo I avaliem, de acordo com suas leis nacionais, o uso de tCREs e/ou ICREs resultantes de atividades de projeto que utilizam espécies exóticas potencialmente invasivas e/ou organismos geneticamente modificados.

2.6. ELEGIBILIDADE

Conforme ROCHA (2004), o primeiro passo para elaborar um projeto de MDL é caracterizar a elegibilidade das atividades do projeto. E, da mesma forma, é importante ressaltar que para o MDL somente as atividades de reflorestamento e florestamento são elegíveis. Desta forma, para a comprovação da elegibilidade alguns itens devem ser cumpridos entre eles: as áreas a serem reflorestadas e/ou

florestadas precisam ser caracterizadas como não-florestais; para reflorestamento somente seriam elegíveis as áreas que em 31 de dezembro de 1989 não continham floretas e para o florestamento somente seriam elegíveis as áreas que não continham florestas por um período de pelo menos 50 anos; as atividades do projeto serão adicionais se as suas remoções atuais líquidas forem maiores que as mudanças, que ocorreriam na ausência das atividades do projeto, nos estoques dos reservatórios de carbono dentro dos limites do projeto.

2.7. LINHA DE BASE

MARTINS (2004) cita que a linha de base da remoção líquida de gases estufa por sorvedouros é a soma das alterações dos fluxos de estoque de carbono nos reservatórios dentro das fronteiras do projeto que ocorreriam sem a implantação do projeto.

MARTINS (2004) complementa que a linha de base serve de referência para a contabilidade dos fluxos de carbono. Nela é determinada qual a quantidade de carbono que estaria armazenada na área do projeto para que seja possível determinar a remoção líquida de carbono atmosférico. Em termos práticos isto representa a diferença da quantidade de carbono presente na área de projeto e quanto haverá na mesma área quando o projeto tiver implementado. A elaboração do *baseline* implica na construção de um cenário que represente qual seria a situação, dentro das fronteiras do projeto, se o mesmo não fosse implantado. Em geral é um cenário tendencial extrapolado a partir de dados históricos da área de estudo.

2.8. MERCADO DE CARBONO

Conforme BELMIRO (2004) o mercado de carbono, mesmo com a demora na ratificação do Protocolo de Quioto, vem aumentando progressivamente a

comercialização dos créditos de carbono desde 1996. Segundo a *Point Carbon* citado por BELMIRO (2004), o mercado de carbono movimentou em 2003 aproximadamente US\$ 300 milhões e somente nos quatro primeiros meses de 2004 o montante chegou a quase US\$ 260 milhões. Acrescenta ainda que a maior parte destes créditos foi comercializada a uma média de US\$ 5.00/tCO_{2e}, para os projetos dentro da regra do Protocolo de Quioto. Apenas uma porcentagem está sendo comercializada, por exemplo, pela Bolsa Climática de Chicago, num regime denominado “*no Kyoto Compliance*”, que paga hoje menos de US\$ 1.00/tCO_{2e}.

BELMIRO (2004) complementa que já na primeira semana de outubro de 2004, após o anúncio de que a Rússia ratificaria o Protocolo, as negociações quase triplicaram, considerando a média semana de setembro. Segundo este autor, este é um indicativo de que o mercado estaria segurando a negociação de maiores volumes em função de um eventual risco de não ratificação do Protocolo. Complementa ainda que especialistas de mercado afirmam que independente do Protocolo de Quioto, o comprometimento de redução é um fato, dadas as ações independentes já implantadas no mercado comum europeu e a iniciativa da Bolsa Climática de Chicago (*no Kyoto Compliance*), onde governos europeus, no primeiro caso, e as empresas americanas privadas reconhecem a necessidade da redução de emissões como um fato, independente de seguir ou não o acordo específico de Quioto.

2.9. AS FLORESTAS COMO SUMIDOUROS DE CARBONO

Conforme mencionado pelo IPCC (2003a), as florestas, as terras agrícolas e outros ecossistemas terrestres oferecem um grande potencial de mitigação de carbono. A mitigação poderia acontecer através de três estratégias: (a) conservação de carbono existente em florestas existentes, (b) expansão de áreas florestais, e (c) sustentabilidade para a substituição de produtos biológicos.

A remoção do dióxido de carbono da atmosfera pelas florestas ocorre por meio da fotossíntese e sua liberação no processo de respiração, sendo parte deste carbono armazenado nos diversos componentes das plantas, conforme SIMPSON e BOTKIN citados por CALDEIRA et al. (2003). MARTINS (2004) cita que nas plantas o carbono entra e sai por difusão, na forma de CO₂, através dos estômatos presentes na epiderme das folhas. Entrando, o CO₂ vai servir como matéria-prima de compostos orgânicos, durante a fotossíntese. Saindo, o CO₂ é um dos produtos finais da respiração. Já os animais realizam apenas a respiração, liberando o CO₂ na atmosfera, e obtêm o carbono de que precisam de forma direta, se herbívoros, ou de forma indireta se forem carnívoros.

Segundo GONÇALVES (2004), o reflorestamento de pinus pode ser visto como alternativa de renda no longo prazo para o pequeno produtor, apresentando a vantagem de requerer baixa utilização de mão-de-obra e de insumos.

SAWINSKI (2000), citado por GONÇALVES (2004), compara alternativas de renda para o pequeno produtor, confrontando algumas culturas com o cultivo do Pinus, concluindo que esta é uma boa opção de geração de renda para capitalização de dinheiro a médio-longo prazo, a chamada “poupança verde”.

Então, quando se pensa em áreas florestais, logo se percebe a importância na quantificação de áreas com estoque de carbono e sua dinâmica. O primeiro item a ser considerado é a questão do mapeamento das áreas alvo desta detecção com seus usos em diferentes espaços temporais. Segundo BATISTA et al. (2003), a dinâmica de uso e cobertura da terra é entendida como as mudanças, ao longo do tempo, da cobertura vegetal em diferentes classes de vegetação, sendo que cada uma destas classes possui estoques de carbono diferentes e a dinâmica de uso e cobertura implica na emissão ou sequestro de carbono para a atmosfera.

Os vegetais possuem a capacidade de capturar e fixar carbono, que associado com outros elementos, resulta em substâncias complexas dentre as quais

compostos celulósicos, principalmente madeira. As florestas se constituem num tipo exclusivo dentre os vegetais, porque possuem a capacidade de capturar e fixar carbono por décadas e armazená-lo na forma de produtos oriundos da madeira.

O período de vida de uma árvore pode ser de décadas e até de séculos, embora, após a fase de maturidade, os incrementos geralmente sejam bem menores que aqueles verificados em fases anteriores. Então, é possível mencionar que árvores possuem a capacidade permanente de captura e fixação de carbono enquanto vivas. Daí vem a importância de florestas como meio de armazenamento de carbono por períodos longos (MCT, 2002).

2.10. USO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA ESTIMATIVAS DE ÁREAS FLORESTAIS E O COMPORTAMENTO DESTES ALVOS

Segundo CINTRA et al. (2003), em todos os lugares o aumento contínuo da população e as pressões econômicas resultam inexoravelmente no desmatamento e na fragmentação das florestas. FOODY e CURRAN (1994) desenvolveram um estudo para acompanhar o desflorestamento e a regeneração de florestas tropicais em Ghana na África. Os estudos de MORAIN e KLANKAMSORN (1978), LANLEY (1982) e WOODWELL et al. (1984) citados por FOODY e CURRAN (1994) são pioneiros no que diz respeito ao potencial do uso de imagens de satélite para o monitoramento do desmatamento.

Segundo WATZLAWICK et al. (2002), as imagens de satélites podem ser importantes para realizar estimativas, tanto no cálculo de áreas, bem como os avanços tecnológicos no que se refere ao tratamento digital das imagens de satélite, permitindo a caracterização das diferentes estruturas florestais, associando o conteúdo de biomassa e carbono a essas imagens.

Uma das formas de se obter a quantidade de carbono fixado na vegetação é

citada por MACIEL (2002), sendo uma relação entre a medida de reflectância as propriedades desse alvo, sendo necessário assim, o conhecimento do comportamento espectral, bem como os fatores que o influenciam.

Conforme CROSTA e SOUZA FILHO (1997), a radiação eletromagnética utilizada em sensoriamento remoto abrange diferentes partes do espectro eletromagnético, o qual apesar de representar quase um contínuo, foi dividido em regiões com denominações específicas em função das fontes e tipos de processos envolvidos na geração de radiação. Os diferentes tipos de radiação eletromagnética podem ser divididos de acordo com seu comprimento de onda (λ), geralmente medidos em microns (μm) (10^{-6} m), ou de acordo com sua frequência (ν) (Figura 4).

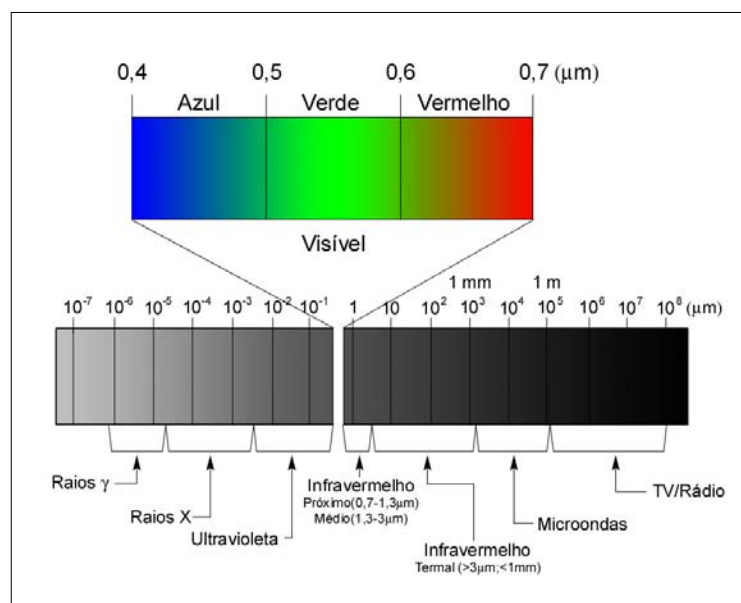


FIGURA 4 – RADIAÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO UTILIZADOS NOS SENSORES REMOTOS

FONTES: MOREIRA (2003)

A radiação eletromagnética, antes de ser captada pelos sensores atravessa a atmosfera, sofrendo alterações. As principais interações que ocorrem entre a energia e a atmosfera são: o espalhamento (difusão da energia pelas partículas atmosféricas) e absorção (parte da energia é absorvida pelos gases atmosféricos, como vapor de água, CO_2 e ozônio), em ambos os casos uma parcela de energia é perdida, sendo

que a parcela remanescente sofre modificações antes de ser captada pelo sensor (ROSA, 1992).

A imagem gerada por um sensor remoto é constituída por uma matriz de pontos denominados pixel, onde cada um representa através de um número digital, a quantidade de radiação refletida ou emitida pela parte da cena que representa.

Conforme ROSA (1992), os sensores captam informações resultantes da interação da energia eletromagnética ou radiação eletromagnética com objetos (alvos) da superfície terrestre, onde essa energia pode ser: refletida, transmitida, absorvida ou emitida pela superfície. Sendo assim, a quantidade de energia que será refletida, absorvida ou transmitida depende das propriedades físico químicas, da estrutura e da posição do alvo em relação à radiação eletromagnética cuja quantidade e qualidade depende da natureza e da temperatura dos mesmos.

É sabido que existe uma interação entre a radiação solar com a planta. MOREIRA (2003) explica que nem toda a radiação solar que incide na planta tem algum efeito sobre ela. Acrescenta ainda que as radiações eletromagnéticas, cujos comprimentos de ondas são capazes de induzir a uma resposta fisiológica na planta, isto é capaz de provocar uma resposta fotoquímica, são denominadas radiação fisiologicamente ativa (RFA). O mesmo autor acrescenta que a radiação solar que atinge a terra, ao atingir a planta, interage com ela resultando em três frações. Sendo assim, cerca de 50% da radiação é absorvida pelos pigmentos contidos na folha e participa na síntese de compostos ricos em energia (fotossíntese), altera estruturas celulares, acelera reações em cadeia, como a fotooxidação das xantofilas, ou ainda destrói estruturas de uma molécula. Outra parte seria a refletida pelas folhas, fenômeno denominado de reflexão. E, por final, uma parte sofre o processo de transmissão, através das camadas que compõem a copa e daquelas que constituem a folha, como a cutícula, o parênquima paliçádico, o lacunoso, etc. (Figura 5).

Conforme MENESES e MADEIRA NETTO (2001), os vegetais absorvem

desta radiação eletromagnética emitida pelo sol parte da energia que necessitam para viver, sendo que a interação entre essa radiação e a vegetação passou a ser estudada detalhadamente. Complementa ainda que uma das tecnologias que mais contribuíram e ainda vem contribuindo e motivando o avanço nos conhecimentos de como a vegetação processa a radiação eletromagnética é o sensoriamento remoto. Citam também que esta tecnologia não apenas tem a capacidade de mapear extensas áreas da superfície terrestre, monitorar, fiscalizar ou controlar a exploração, mas também viabilizou diversos estudos de fisiologia vegetal em laboratório.

Como se sabe, cada alvo imageado possui características próprias no que diz respeito a reflectância. NOVO (1989) afirma que além desta reflectância do próprio alvo, existe também aquela referente aos alvos adjacentes. O comportamento espectral da vegetação fotossinteticamente ativa vem sendo alvo de muitos estudos e pesquisas. O mesmo autor complementa ainda que: a) até $0,7\mu\text{m}$ a reflectância dominando a absorção da radiação incidente pelos pigmentos da planta em $0,48\mu\text{m}$ (carotenóides) e em $0,62\mu\text{m}$ (clorofila); b) de $0,7\mu\text{m}$ a $1,3\mu\text{m}$ temos a região dominada pela alta reflectância da vegetação devido a interferência da estrutura celular; c) entre $1,3\mu\text{m}$ e $2,5\mu\text{m}$ a reflectância da vegetação é dominada pelo conteúdo de água das folhas.

VERBYLA (1995) complementa que a vegetação normalmente apresenta baixa reflectância na parte visível do espectro. Isso se deve principalmente à capacidade dos pigmentos das folhas em absorver luz. Este mesmo autor complementa que as luzes violeta, azul e vermelha são absorvidas pelas plantas para o processo de fotossíntese. Então, como a luz verde não é absorvida, a maioria das plantas aparece verde.

MOREIRA (2003) cita que apesar da energia absorvida pela planta ser a mais importante do ponto de vista biológico e bioquímico, a refletida é a que grande parte dos sensores remotos consegue medir. Isso é explicado pela razão de que a

energia refletida pela vegetação tem sido a mais utilizada, porque é nesta faixa do espectro eletromagnético que se dispõe da maior quantidade de sensores orbitais e suborbitais capazes de registrar informações da superfície terrestre. Na Figura 6 está apresentada a característica da reflectância e transmitância espectral da vegetação para diferentes comprimentos de onda.

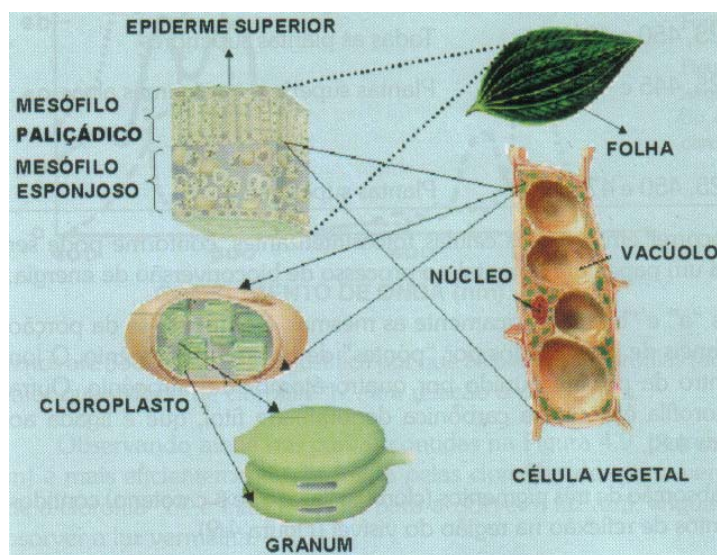


FIGURA 5 – CORTE TRANSVERSAL DE UMA FOLHA MOSTRANDO AS CAMADAS, UMA CELULA, O CLOROPLASTO E O GRANUM
 FONTE: MOREIRA (2004)

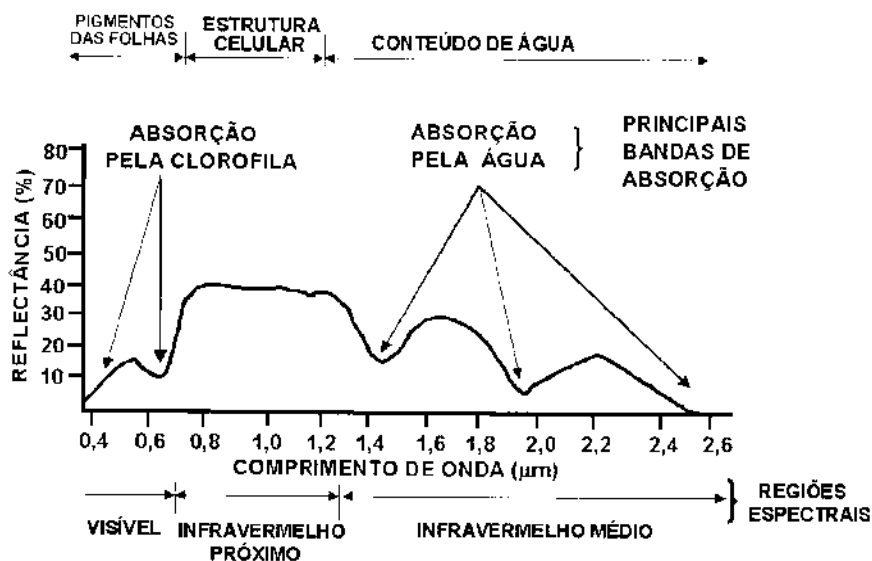


FIGURA 6 – ESPECTRO DE REFLECTÂNCIA DE UMA FOLHA DE VEGETAÇÃO VERDE E SADIA

Neste sentido, existem diversos trabalhos apresentados utilizando diferentes sensores remotos, como é o caso de LACRUZ et al. (2001). WATZLAWICK (2003) utilizou imagens do satélite IKONOS II para quantificar o carbono estocado em floresta.

GUOXIANG e DAWEI (1990) citam o uso de técnicas de extração de informação das imagens de satélites interligadas ao inventário de biomassa na agricultura, onde o primeiro passo seria a construção de um mapa de uso do solo e depois a realização de estimativas através de modelos, para monitorar o crescimento e a produção final. Estes autores comentam a respeito de um programa chamado TIGER (*Terrestrial Global Environment Research*), que monitora as áreas de deflorestamento em grandes escalas no Brasil e na África. Este programa utiliza imagens dos satélites NOAA (*Advanced Very High Resolution Radiometer – AVHRR*), ERS-1 (*European Remote Sensing*), JERS-1 (*Japanese Earth Resources Satellite Fuyo-1*) e Sarex.

2.11. IMAGENS CBERS

A possibilidade de interrupção de serviços de LANDSAT e o custo alto de imagens remotas da Terra eram um problema importante aos investigadores brasileiros, segundo LINO, LIMA e HUBSCHER (2000). Diante da dificuldade citada acima, o Brasil, para não ficar alheio ao desenvolvimento do sensoriamento remoto em outros países, estabeleceu um programa espacial denominado MECB (Missão Espacial Completa Brasileira) e, mais tarde, em parceria com a China, criou em julho de 1988 o programa denominado CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite* ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), conforme MOREIRA (2003). O programa CBERS, lançado em outubro de 1999, disponibilizou suas

imagens a qualquer brasileiro, dentro das finalidades que se enquadrassem na licença de uso. O satélite CBERS-2 possui três tipos de sistemas de sensores de coleta de dados de sensoriamento remoto para recursos naturais: o CCD, o IR-MSS e o WFI (MOREIRA, 2003). Abaixo, na Figura 7, está uma representação do satélite CBERS com seus componentes.

Segundo SANTOS (2004), é importante estabelecer experiências no uso deste produto, visto que tal satélite e os sensores nele instalados irão ocupar, de certo modo, uma lacuna de aquisição de informação sensoriadas nessa categoria óptica.

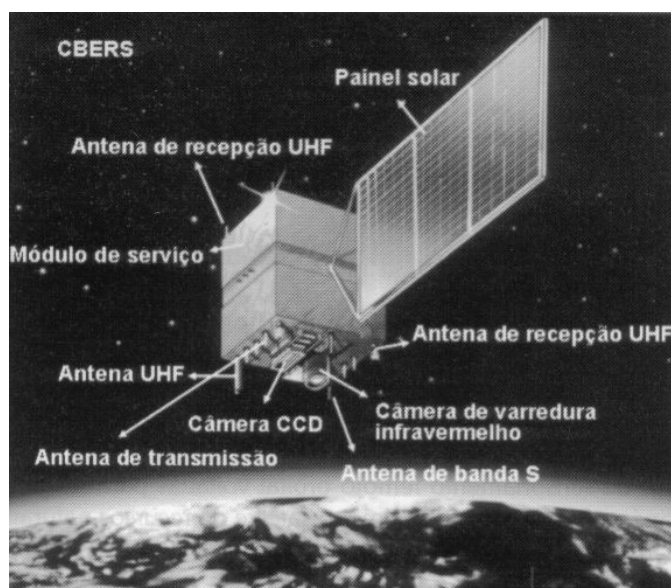


FIGURA 7 – ILUSTRAÇÃO DO SATÉLITE CBERS E SEUS COMPONENTES
 FONTE: MOREIRA (2004)

Segundo SANTOS (2004), é importante estabelecer experiências no uso deste produto, visto que tal satélite e os sensores nele instalados irão ocupar, de certo modo, uma lacuna de aquisição de informação sensoriadas nessa categoria óptica.

A câmara CCD (*Charge-Coupled Device*) fornece imagens com uma resolução de 19,5 x 19,5 m operando em 5 faixas espectrais, sendo uma no pancromático, uma no azul, uma no verde, uma no vermelho e uma no infravermelho próximo (ESPINDOLA et al., 2003). A câmara deste sensor é considerada de alta resolução onde a faixa de imageamento é de 113km de largura

no terreno (MOREIRA, 2003).

Na Tabela 1 podem-se observar as características espectrais e espaciais do sensor CCD do satélite CBERS.

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DO SENSOR CCD DO SATÉLITE CBERS

Bandas	Faixas espectrais (nm)	Região espectral	Resolução espacial (m)
B1	450-520	Azul	19,5
B2	520-590	Verde	19,5
B3	630-690	Vermelho	19,5
B4	770-890	IV próximo	19,5
B5	510-730	VIS-IV próximo	19,5

FONTE: INPE (2004)

Outras características do sensor CCD do satélite CBERS são citados pelo Manual do Usuário fornecido pelo INPE, onde a resolução espacial e temporal bem como o campo de visada e as faixas de imageamento são abordados (Tabela 2).

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO SENSOR CCD DO SATÉLITE CBERS

Características do sensor CCD	
Resolução espacial (Nadir)	19.5 m
Largura da faixa de imageamento	113 (Nadir) a 170 km (32°)
Campo de visada	8.3°
Apontamento do espelho	+/- 32°
Resolução temporal	26 dias

FONTE: INPE (2004)

2.12. IMAGENS LANDSAT 7

Segundo ROCHA (2002), o Landsat foi colocado em órbita em 1972, com o nome de ERTS-1 (*Earth Resources Technological Satellite – 1*), com um desempenho tão significativo que foi transformado na série Landsat. O mesmo

autor complementa que o Landsat 5 já está operando desde 1984, muito além da vida útil prevista na época do lançamento. Este satélite trabalha com os sensores MSS (*Multispectral Scanner Subsystem*) e TM (*Thematic Mapper*), com respectivamente 4 e 7 bandas. A melhor resolução obtida foi de 30 metros. O Landsat 6 foi destruído no lançamento ao perder-se no mar.

O Landsat 7 foi lançado em 1999, com os sensores ETM + (*Enhanced Thematic Mapper*) e PAN (Pancromático), operando com 7 canais multiespectrais e 1 canal PAN, respectivamente. A banda PAN consegue resoluções espaciais de até 15 metros, possibilitando escalas de até 1:25.000. A operação do satélite em órbita é administrada pela NASA – *National Space and Space Administration* e sua produção e comercialização de imagens fica sob os cuidados da USGS – *United States Geological Survey* (ROCHA, 2004). Abaixo, na Tabela 3, estão apresentadas as características espectrais e espaciais do sensor ETM + do satélite Landsat 7.

TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DO SENSOR ETM+ DO SATÉLITE LANDSAT 7

Bandas	Faixas espectrais (Nm)	Região do espectro	Resolução espacial (m)
B1	450-520	Azul	30
B2	520-610	Verde	30
B3	630-690	Vermelho	30
B4	790-900	IV próximo	30
B5	1550-1750	IV Médio	30
B6	10400-12500	IV Termal	120
B7	2080-2350	IV Médio	30
B8 - PAN	520-900	VIS IV Próximo	15

FONTE: MOREIRA (2004)

Abaixo, na Tabela 4, estão apontadas as principais características do sensor utilizado no satélite Landsat 7.

TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS DO SENSOR DO SATÉLITE LANDSAT 7

Características do sensor	
Resolução espacial (Nadir)	30m
Largura da faixa	185km
Resolução temporal	16 dias

FONTE: MOREIRA (2004)

2.13. FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

Conforme XAVIER-DA-SILVA (2000), citado por ROCHA (2002), Geoprocessamento é definido como o conjunto de técnicas de processamento de dados, destinado a extrair informação ambiental a partir de uma base de dados georreferenciada. CÂMARA e MEDEIROS (1998), citados por ROCHA (2002), complementam que o termo Geoprocessamento denota de uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações. Sabe-se que a principal ferramenta do geoprocessamento é o Sistema de Informações Geográficas (SIG). Assim, ROCHA (2002) cita a definição de BURROUGH e McDONNELL (1998) onde citam que *Geographical Information Systems – GIS* é um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um objetivo específico. Esta definição enfatiza as ferramentas de GIS: hardwares, softwares, bancos de dados e Sistema de Gerência de Bancos de dados.

2.14. METODOLOGIAS DE DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA E CARBONO

Conforme SANQUETTA et al. (2004) a quantidade de carbono sequestrada depende da variável biomassa, a qual, segundo SANQUETTA (2002), precisa ser estimada de forma fidedigna, caso contrário não haverá consistência na

quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais. Inúmeros estudos do conteúdo de carbono em florestas vêm sendo desenvolvidos recentemente e a maioria versa sobre amostragem destrutiva da biomassa e ajuste de modelos alométricos para sua estimativa. A quantificação das frações raiz, tronco e folha, portanto, se reveste de grande importância e, metodologias de amostragem e modelagem para sua inferência, tornam-se prioritárias para embasar as tomadas de decisão.

Ainda LOPERA e GUTIÉRREZ (2001) citados por CAMPOS (2001), afirmam que para realizar projetos florestais de captura de CO₂ é necessário desenvolver metodologias que permitam medir e quantificar de maneira confiável e a baixo custo o carbono armazenado, mas também predizer seu comportamento em qualquer momento durante o crescimento da plantação. Assim, quando a floresta ainda não é existente, projetar a curva de crescimento esperada, torna-se a base para negociação de créditos de carbono entre as partes interessadas. Em termos de planejamento na definição dos locais mais aptos para efetivação de projetos de seqüestro de carbono, sistemas de predição de produção que levem em consideração as condições ambientais locais como limitantes ao crescimento, se constituem em ferramentas igualmente úteis.

Segundo SOARES e OLIVEIRA (2002), citados por SANQUETTA et al. (2004), é necessário o desenvolvimento de metodologias que permitam utilizar estimativas de volume e biomassa em diferentes partes das árvores e em compartimentos das florestas, as quais são convertidas em quantidades de carbono através da utilização de fatores de conversão, ou seja, a quantidade de carbono estocada nas florestas de forma indireta principalmente devido ao custo elevado para obtenção da quantidade de carbono presente em diferentes compartimentos da floresta.

Segundo SANQUETTA et al. (2004), uma questão a ser resolvida nas

metodologias para estimativa dos estoques de carbono e seu monitoramento é carência de um caráter integrador entre as diferentes ferramentas empregadas para se obter informações adequadas nos distintos padrões espaciais e temporais requeridos. Existe pouca informação na literatura que aborde o assunto com um enfoque articulado, demonstrando como pode-se extrair informações qualitativas e quantitativas apropriadas das diferentes técnicas que compõem uma metodologia de quantificação e monitoramento de carbono para fins de aplicação em projetos de MDL.

O IPCC possui um Guia de Boas Práticas (*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, 2003) que orienta na medição, monitoramento e informação do carbono estocado e as mudanças do carbono para uso da terra, mudança do uso da terra e silvicultura.

2.15. INVENTÁRIOS FLORESTAIS

Segundo SANQUETTA et al. (2004), as determinações e estimativas de biomassa requerem intenso trabalho de campo e não podem ser realizadas em grandes extensões. Pelo contrário, é preciso concentrar o trabalho para que se possa obter informações específicas que serão então empregadas em extrapolações para a área alvo em maior grau de abrangência espacial.

O mesmo autor complementa que as estimativas de biomassa devem ser baseadas em dados advindos das determinações diretas via pesagens e também de informações de outros estudos realizados de forma integrada aos estudos de biomassa, como o mapeamento, a determinação de áreas e o inventário florestal. No mapeamento gera-se o multiplicador fundamental (área) para extrapolar as estimativas por unidade de área para a população como um todo. O inventário florestal, por sua vez, gera estimativas mais amplas de campo, valendo-se de maior

intensidade amostral, com muitas medições de diâmetros, alturas e outras variáveis em parcelas, com a finalidade de ampliar a abrangência do levantamento, dando maior representatividade à amostragem. O inventário florestal vem fazer a ligação entre o mapeamento e os levantamentos de biomassa, que não podem abranger amostras muito grandes, pois são demorados, onerosos e tediosos. Entender esse processo de amostragem em múltiplos estágios é fundamental para um melhor desempenho técnico nos estudos de biomassa em florestas.

Existem diferentes formas de unidades amostrais, podendo variar de um indivíduo até mesmo uma área pré-determinada (parcela).

As unidades circulares ganham eficiência porque entre todas as formas possíveis, considerando-se a mesma área, as circulares são as que possuem menor perímetro e, conseqüentemente, minimizam o problema de árvores marginais, PRODAN (1965) citado por PÉLLICO NETTO e BRENA (1997). Com relação a área da parcela, percebe-se uma tendência na utilização entre 400 e 600 m².

A locação das unidades amostrais pode se dar de modo aleatório, sistemático ou misto. Esses aspectos técnicos definem métodos e processos de amostragem (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

SANQUETTA et al. (2004) complementam que na definição dos métodos e processos a utilizar deve se ter em conta que a amostragem precisa atender três premissas básicas:

- Ser representativa: a amostra instalada na população alvo deve representá-la com fidelidade;
- Ser abrangente: deve cobrir toda a população de forma a captar amplamente todas as suas realidades;
- Ter validade estatística: a distribuição das unidades amostrais deve ser um processo inconsciente e livre de arbitrariedades, fazendo com que o princípio da casualidade prevaleça e os fundamentos probabilístico façam-se valer.

Ainda SANQUETTA et al. (2004) acrescentam que em muitos levantamentos florestais realizados sem levar a sério essas prerrogativas, são alvos fáceis de críticas e sujeitos ao descrédito. Levantamentos sem validade amostral e estatística têm valor meramente descritivo e devem ficar limitados a esse propósito.

Ainda SANQUETTA et al. (2004) citam que quando da realização de inventários florestais com foco sobre a quantificação de biomassa e carbono, três estimadores merecem especial destaque, quais sejam:

- Intensidade amostral: refere-se à quantidade de unidades amostrais posta na população florestal alvo do trabalho, a qual deve ser suficiente para se obter estimativas precisas a um determinado nível probabilístico. O nível de precisão depende do objetivo, mas geralmente 90% é um grau aceitável, enquanto a probabilidade geralmente apregoada é de 95% de confiança;
- Erro de amostragem: é o erro que se comete por se ter medido apenas parte da população, ou seja, é a diferença entre o valor verdadeiro e o valor estimado decorrente da aplicação de amostragem. O erro de amostragem aceitável na maioria dos casos fica em 10% da média estimada;
- Intervalo de confiança: explicita a validade estatística das estimativas da média e do total estimado a um nível probabilístico. Os dois limites são o limite inferior e o superior, os quais demonstram a amplitude das estimativas média e total.

SANQUETTA et al. (2004) complementam que na realização de estudos de quantificação de biomassa e carbono o técnico é alertado a observar todas as prescrições mínimas para a aplicação de técnicas de amostragem, visando conferir confiabilidade às estimativas obtidas. A não utilização dos conceitos e aplicações enunciadas pela amostragem pode levar à contestação de resultados e descrédito profissional.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

3.1.1. Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná

O Estado do Paraná possui cerca de 199.323,9 km², ou seja, 2,34% da área do Brasil. Segundo SANQUETTA e TETTO (2000), a área original da Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária no Paraná foi reduzida de 73.780 km², ou seja, de 36,97% da superfície do Estado em 1895, para 1.180 km², ou seja, 0,59% do Estado no ano de 1994.

A categorização de Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária advém da classificação das regiões fitoecológicas efetuada pelo IBGE (1992), correspondendo ao sistema primário de hierarquia das formações. Sendo assim, a área da Floresta Ombrófila Mista segundo mapa do IBGE é de 99.415,5 km² (Vide Figura 8).

De acordo com CARVALHO (1994), citado nos estudos de FUPEF (2002), a Floresta Ombrófila Mista ocorrente no Brasil, originalmente estendia-se em uma superfície de aproximadamente 200.000 km², ocorrendo nos Estados do Paraná (40% de sua superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e em manchas isoladas no sul de São Paulo (3%), internando-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1%).

Com base na definição adotada pelo IBGE (1992) pode-se classificar a Floresta Ombrófila Mista como uma floresta característica do planalto meridional, onde ocorria com maior frequência. Esta área é considerada como o seu atual “clímax climático”, contudo esta floresta apresenta disjunções florísticas em refúgios situados nas Serras do Mar e da Mantiqueira, muito embora no passado

tenha se expandido bem mais ao norte porque a família Araucariaceae apresentava dispersão paleológica sugere uma ocupação diferente da atual. Ocorre sob clima Ombrófilo, com temperatura média inferior aos 15 ° C. As formações arbóreas do Planalto Meridional refletem situações específicas de duas floras que aí se encontram: a Tropical Afro-Brasileira e a Temperada Austro-Brasileira, tendo a *Araucaria angustifolia* como espécie caracterizadora (IBGE, 1992).

Segundo estudos realizados por FUPEF (2002), a Floresta Ombrófila Mista consiste em um dos mais impressionantes ecossistemas brasileiros, por abrigar uma complexidade de espécies vegetais e animais, dentre as quais destaca-se a conífera mais importante do País, ou seja, *Araucaria angustifolia*, que dá nome ao bioma e define de forma inequívoca os seus limites.

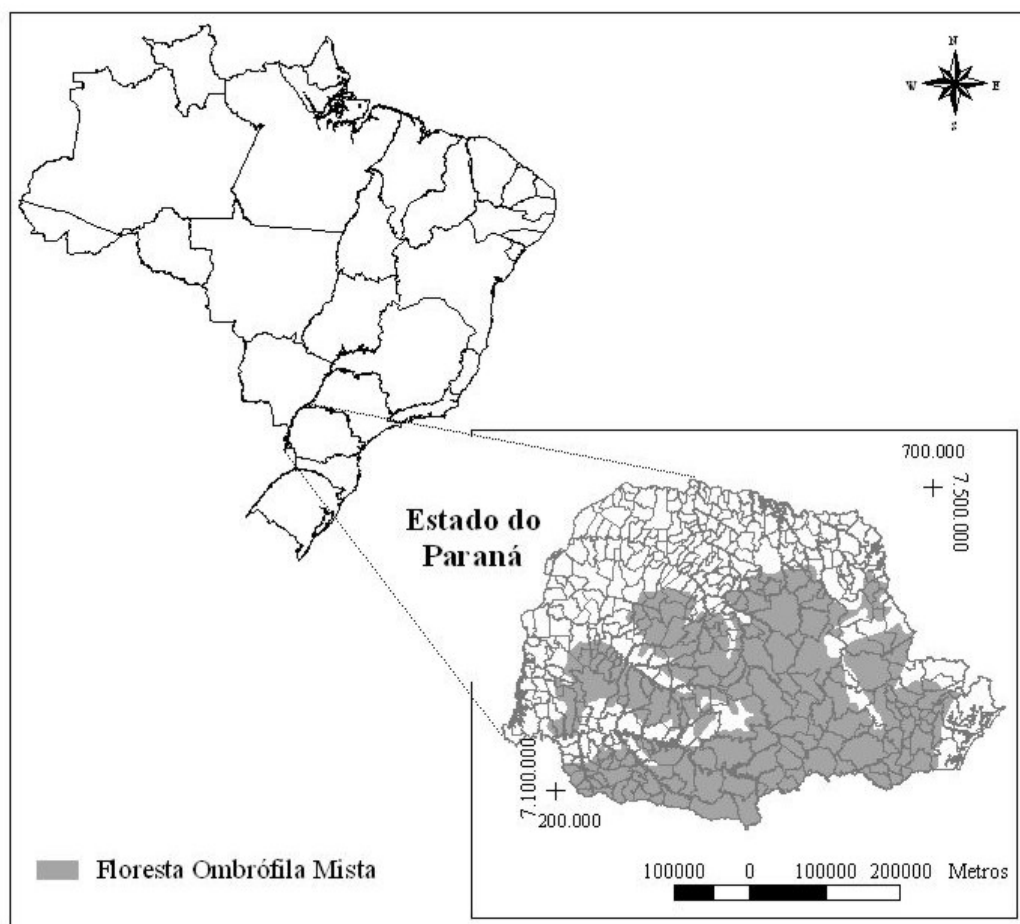


FIGURA 8 – LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PARANÁ

A composição florística deste tipo de vegetação, caracterizado por gêneros primitivos como *Drymis* e *Araucaria* (Australásicos) e *Podocarpus* (Afro-Asiáticos), sugere, em face da altitude e da latitude do Planalto Meridional, uma ocupação recente, a partir de refúgios alto-montanos, apresentados em quatro formações diferentes, ou seja: aluvial, submontana, montana e alto-montana (IBGE, 1992).

Abaixo na Figura 9 estão apresentadas as mesoregiões paranaenses que ocorrem dentro da Floresta Ombrófila Mista no Paraná.

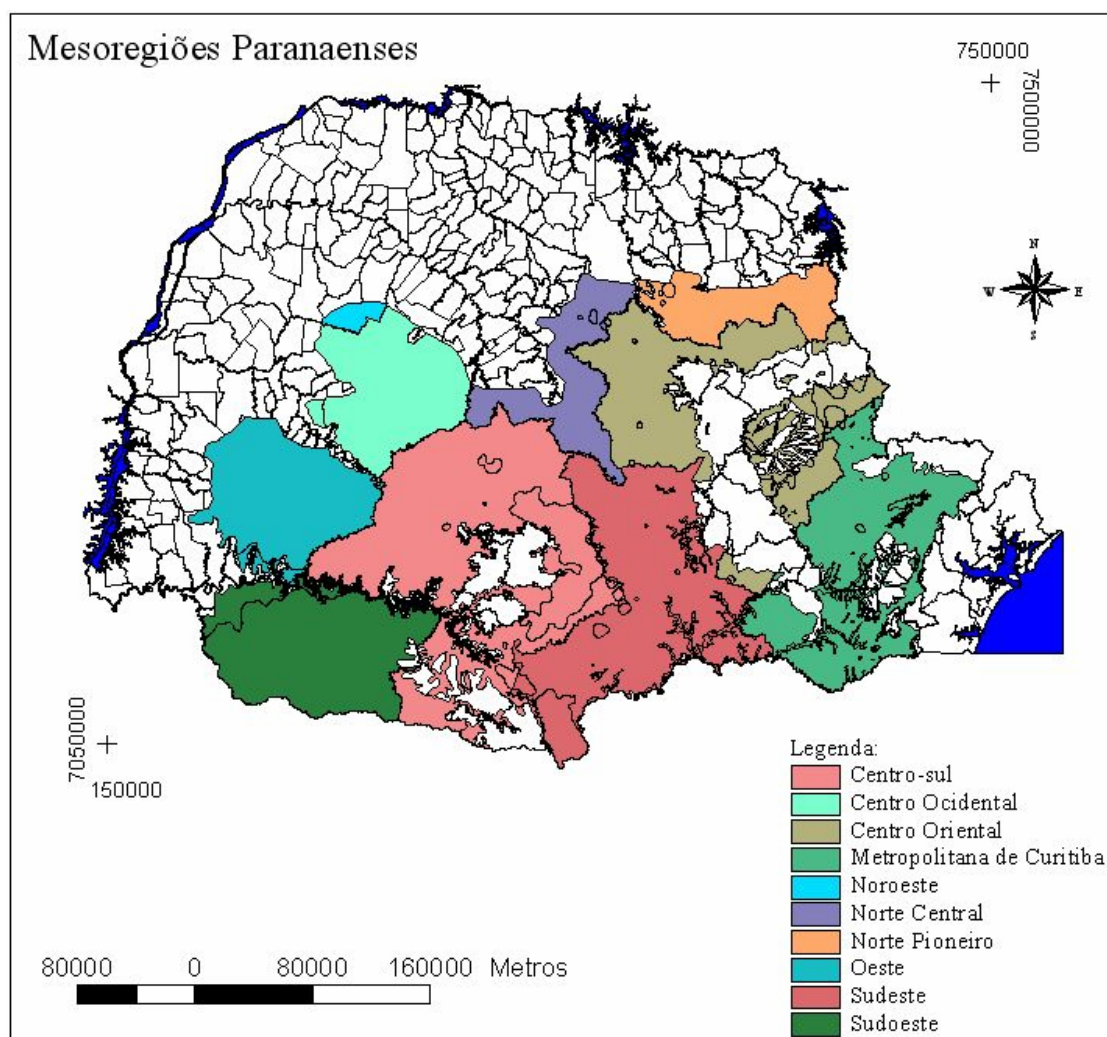


FIGURA 9 – MESOREGIÕES PARANAENSE NOS LIMITE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

3.1.2. Bituruna e General Carneiro

A análise regional feita nesta pesquisa centrou-se nos municípios de General Carneiro e Bituruna, localizados no extremo-sul do Estado do Paraná, situadas na Floresta Ombrófila Mista numa região tradicionalmente conhecida como “Cinturão da Fome”, por ser uma das mais pobres e carentes de todo o Estado (Figura 10).

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. O acesso aos municípios é realizado através das rodovias BR153 e PR170, respectivamente.

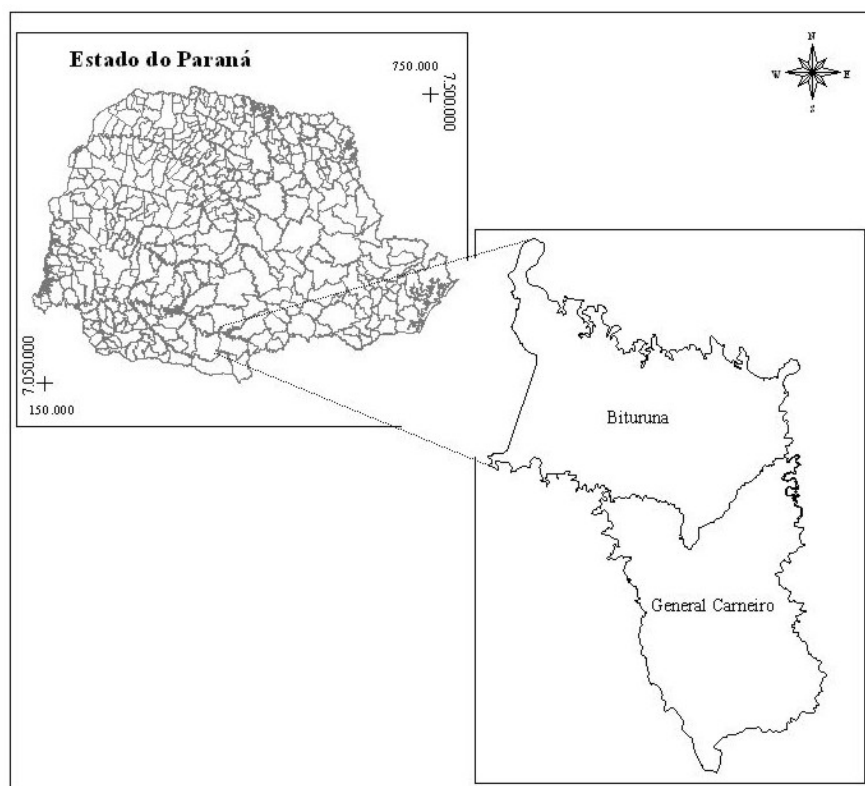


FIGURA 10 – LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO

Esta região é caracterizada por ter uma forte tradição florestal, desde a década de 30. Durante décadas a principal atividade foi a exploração de madeira em regime extrativista, em especial daquelas de maior valor comercial, como a araucária (*Araucaria angustifolia*) e a imbuia (*Ocotea porosa*), espécies que tiveram seus estoques drasticamente reduzidos, o que ocasionou a proibição do seu corte nos dias de hoje pela Resolução 278 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2001).

A topografia regional e a baixa fertilidade natural dos solos, aliadas ao isolamento geográfico e infra-estrutural desta região, têm impedido o desenvolvimento da agricultura moderna, de alta produtividade e maior rentabilidade. A agropecuária de subsistência nos dias de hoje é incapaz de manter o homem no campo, o que tem levado legiões de famílias a migrarem para as cidades em busca de oportunidades ou apenas sobrevivência.

Opções de produção rural têm sido buscadas, como a fruticultura, a cultura da erva-mate ou a suinocultura. Contudo, tais iniciativas não têm revertido o quadro alarmante de pobreza que assola a região.

A vocação florestal da região é inequívoca. Hoje a atividade de silvicultura é a principal alavanca do desenvolvimento sócio-econômico da região. Nos dias de hoje, o gênero *Pinus* tem sido o preferido para uso nos plantios florestais nesta região, dada a sua boa adaptação ao clima e às condições edáficas preponderantes.

3.1.3. Propriedade Esperança

A propriedade Esperança está localizada no município de Bituruna no Estado do Paraná. A área da mesma é de 316,50 hectares. Esta propriedade era utilizada para agropecuária tendo na bovinocultura o seu carro mestre. Abaixo, na Figura 11, está apresentada a localização da propriedade em questão.

Abaixo se observa a localização das estradas e da hidrografia presentes na propriedade.

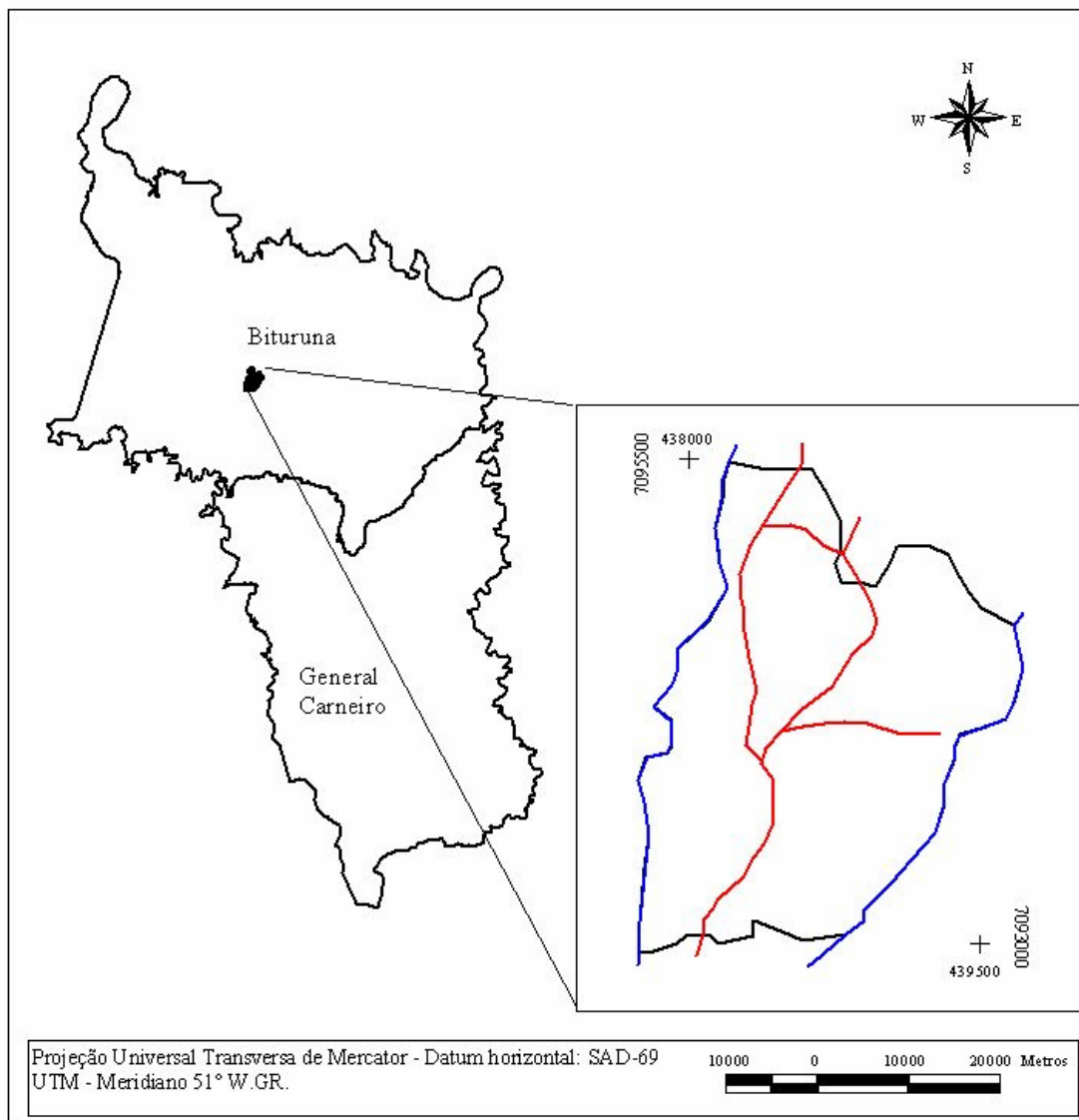


FIGURA 11 – LOCALIZAÇÃO DA PROPRIEDADE ESPERANÇA

3.2. MATERIAIS

3.2.1. Imagens do Satélite CBERS

Foram utilizadas 19 imagens do satélite CBERS que foram disponibilizadas gratuitamente pelo INPE. A listagem das órbitas pontos e das datas de aquisição encontra-se na Tabela 5.

TABELA 5 – ÓRBITA PONTO E DATA DE PASSAGEM DAS IMAGENS DO CBERS

Órbita Ponto	Data de Passagem	Órbita Ponto	Data de Passagem
155-129	16/03/04	158-129	22/11/04
156-127	08/04/04	158-130	28/04/04
156-128	08/04/04	159-127	30/03/04
156-129	08/04/04	159-128	30/03/04
157-127	27/05/04	159-129	30/03/04
157-128	10/03/04	159-130	30/03/04
157-129	10/03/04	160-127	22/04/04
158-126	28/04/04	160-128	27/03/04
158-127	28/04/04	160-129	13/06/04
158-128	22/11/04		

3.2.2. Imagens do Satélite Landsat

Foram utilizadas 5 cenas do satélite Landsat para a realização deste trabalho. Para o mapeamento dos reflorestamentos foram utilizadas 3 cenas, 220-077, 220-078 e 223-078 e para a análise dos dois municípios (Bituruna e General

Carneiro) foi utilizada a cena 222-078 com duas datas distintas, 24/07/00 e 02/11/93 (Tabela 6).

TABELA 6 – ÓRBITA PONTO E DATA DE PASSAGEM DAS IMAGENS DO LANDSAT 7.

Órbita Ponto	Data de Passagem
220-077	02/09/02
220-078	02/09/02
223-078	01/08/02
222-078	24/07/00
222-078	02/11/93

3.2.3. Cartas de Referência

As bases utilizadas para consulta neste trabalho estão citadas abaixo:

- Rede hidrográfica dos Estados do Paraná (IAP/SEMA, 2002);
- Malha viária dos Estados do Paraná (IAP/SEMA, 2002);
- Divisão Política dos Estados do Paraná (IAP/SEMA, 2002);
- Cartas Topográficas do DSG (Exército Brasileiro) e do IBGE, sendo elas numeradas da seguinte forma: 2854, 2864, 2865 e 2877 para o mapeamento regional dos municípios de Bituruna e General Carneiro;
- Mapeamento da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná (IAP/SEMA, 1999);
- Mapa de Biomas do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2004).

3.2.4. Software Utilizado

Para os cálculos e análises das imagens foram utilizados os programas conforme mostrado na Tabela 7.

TABELA 7 – SOFTWARE UTILIZADO PARA O TRABALHO

Interpretação Visual	Geoprocessamento	Outros Cálculos
	Arcview versão 3.1®	Excel Office XP®
ENVI versão 3.2®	Quadrant®	SISPINUS®
		SISARAUCARIA®

3.3 MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente estudo foram necessárias diversas atividades. A Figura 12 representa o fluxograma da metodologia adotada para as diferentes análises.

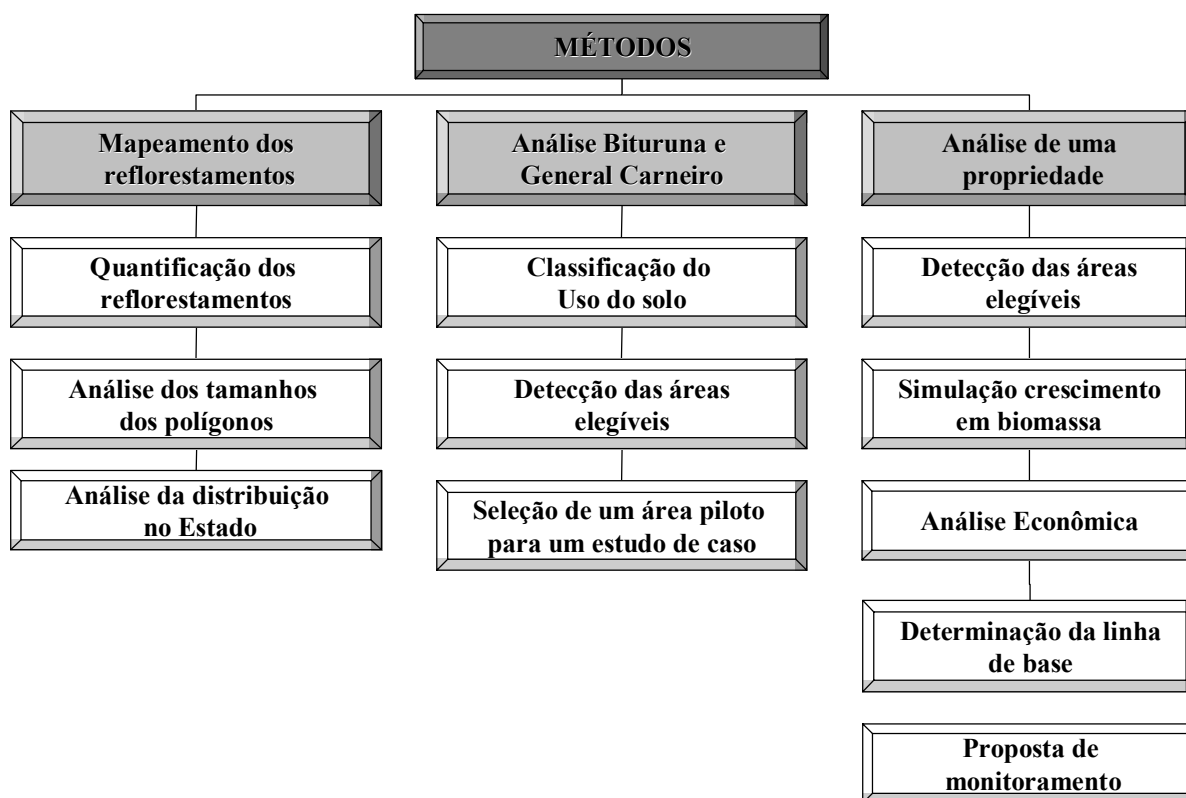


FIGURA 12 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA ADOTADA NA EXECUÇÃO DESTA PESQUISA.

3.3.1 Delimitação da Área de Estudo

A delimitação da área alvo de estudo foi baseada no mapa de vegetação confeccionado pelo IBGE (1992), onde o limite da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná está apresentado. Assim, os limites considerados para esta floresta originalmente foram passados para o formato digital através do processo de digitalização.

3.3.2 Mapeamento dos Reflorestamentos

Com relação ao mapeamento dos reflorestamentos foram utilizadas imagens cedidas pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, que prontamente disponibilizou as imagens do satélite CBERS-2 cabendo apenas a esta pesquisa respeitar a licença de uso das mesmas que cita que o INPE é o detentor do direito autoral das imagens.

Diante da facilidade em conseguir imagens atuais sem custo e ainda por tratar-se de uma tecnologia Brasileira, optou-se por utilizar desta neste trabalho, onde o sensor do sistema de coleta CCD foi escolhido devido a sua melhor resolução espacial em comparado ao IR-MSS e WFI.

Segundo o Manual do Usuário cedido pelo INPE, as imagens fornecidas pela Internet apresentam calibração radiométrica e geométrica aplicadas através das efemérides e dados de calibração do sistema, sendo chamado de Produto Padrão. As imagens foram fornecidas no formato GEOTIFF, com orientação para o norte geográfico e a quantificação dos pixels em 8 bits. O tamanho das imagens é de aproximadamente 5.812 pixels por 5.812 linhas. Foi realizada também a calibração radiométrica e geométrica. O Datum utilizado foi o WGS 84 e a reamostragem ocorreu através da convolução cúbica. Este datum é um modelo matemático que substitui a forma da terra nas aplicações cartográficas.

Cabe ressaltar que alguns pesquisadores já testaram tais imagens com a finalidade de mapear o uso do solo como é o caso de MONTESI e BATISTA (2003), que mapearam informações em nível municipal e julgaram as imagens deste sensor eficientes para tal finalidade. A comprovação foi realizada através de trabalhos de campo, sendo que os resultados foram analisados através de uma matriz de erro.

3.3.2.1. Interpretação das Imagens de Satélite

Para a retirada da informação propriamente dita utilizou-se o método da interpretação visual das imagens que, segundo MOREIRA (2003), consiste em extrair a informação de alvos da superfície terrestre, com base nas suas respostas espectrais, quando observados na imagem. CHUVIECO (1990) comenta a respeito da facilidade, de através do método da interpretação visual, realizar cálculos, sobre reproduções fotográficas das imagens ou digitalmente, empregando-se a rapidez e facilidade de cálculos disponíveis nos softwares. Este método já foi utilizado por vários pesquisadores, entre eles CRUICKSHANK, TOMLINSON e TREW (2000) no projeto CORINE (*Co-ordination of Information on the Environment*), com a finalidade de manter um banco de dados atualizado sobre a quantidade de carbono armazenada pela vegetação na Irlanda. Ainda, conforme IPCC (2000), a interpretação visual de imagens é frequentemente usada para identificar locais nos para inventários florestais, sendo que o método é simples e fidedigno.

O material de apoio (divisão política, regiões fitogeográficas, estradas e hidrografias) foi sobreposto as imagens de satélite com a finalidade de delimitar a área de estudo. Foi realizada então uma primeira observação dos comportamentos espectrais dos alvos e suas diferenciações. Para este estudo utilizou-se do método seletivo dos objetos, visto que os alvos do estudo eram somente os reflorestamentos.

MOREIRA (2003) descreve o método seletivo de interpretação como sendo um método no qual os alvos de ocupação do solo que não interessam para o fotointérprete não são individualizados na interpretação, isto é, todas as feições contidas na imagem que apresentam níveis de cinza ou cores diferentes da classe de interesse são agrupadas em uma única classe temática.

A composição que atenda melhor aos objetivos do trabalho é efetuada tendo como base o comportamento espectral dos alvos. Sendo assim, se o objetivo é a análise da vegetação é preferível que se escolham as bandas onde a vegetação pode ser distinguida dos outros alvos. Mais especificamente, se a melhor distinção entre reflorestamentos e florestas nativas ocorrem com composições que utilizam o Infravermelho, é melhor que esta banda seja utilizada.

Conforme NOVO (1989), nas imagens orbitais, o elemento textura permite diferenciar áreas de reflorestamentos de áreas de florestas nativas. Assim, os reflorestamentos, por possuírem uma vegetação mais homogênea no tocante ao espaçamento, altura dos indivíduos e idade, apresentam, geralmente, textura mais lisa que as áreas de florestas nativas.

3.3.2.2. Mapeamento e Quantificação dos Resultados

A composição utilizada foi obtida por um processo de combinação simultânea das três bandas, verde, vermelho e infravermelho das imagens multiespectrais com finalidade de melhorar a visualização e facilitar a interpretação visual das áreas. Os elementos citados na Tabela 3 foram analisados para a definição dos reflorestamentos.

Abaixo na Tabela 8 estão apresentadas os principais elementos utilizados na interpretação dos reflorestamentos em imagens de satélite desta natureza.

TABELA 8 – PRINCIPAIS ELEMENTOS OBSERVADOS PARA A INTERPRETAÇÃO VISUAL

Classe de Uso	Características no Campo	Características nas Imagens		
		Tonalidade	Textura	Outros Aspectos
Refloresta- mento	Plantações com rotações longas	Média a Escura	Lisa	Local: Principais pólos Forma:Geométrica definida Tamanho: Variados

3.3.3. Análise Regional – Bituruna e General Carneiro

Este estudo decorre de um trabalho já realizado no Projeto Estudo de Viabilidade de Implantação de Florestas Fixadoras de Carbono no Sul do Estado do Paraná, financiado pelo Fundo Nacional do Meio Ambiente no ano de 2002. Porém, como naquela data ainda não se tinha as definições claras do que seria considerado uma floresta, reflorestamentos, etc., apenas definidos na COP 9, optou-se por refazer o estudo agora incluindo estas definições bases para a participação em projetos que seguem o Protocolo de Quioto.

Foram selecionadas duas imagens de satélite, nas datas 1993 e 2000, para a confecção do mapa temporal do uso do solo. A escolha das datas das imagens usadas como base para produção dos mapas de uso do solo levou em consideração o Protocolo de Quioto que estabelece que os países industrializados devem reduzir suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990. Logo, as considerações sobre o cenário de referência dos projetos devem promover, a priori, adicionalidade 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. Porém, problemas técnicos com o sensor do satélite da cena de 1990 impediram que a mesma fosse utilizada. Portanto, a data mais próxima cuja cena estava própria para

uso foi do ano de 1993.

A segunda data de referência do projeto, o ano 2000, foi determinada em função do disposto no artigo 12 do Protocolo de Quioto, que diz que os créditos de carbono fixado podem ser considerados a partir deste ano.

Para a classificação das imagens levou-se em consideração a definição 19 acordada na COP 9. Estas definições são as que se referem aos termos: floresta, florestamento, reflorestamento, reservatórios de carbono e limite do projeto. As principais definições utilizadas para a classificação foram àqueles citados na revisão de literatura:

Foram realizadas classificações nas imagens de satélite que recobrissem a área de interesse, isto é, os municípios de General Carneiro e Bituruna. Assim, a órbita ponto utilizada foi 222/078, sendo que, para o ano de 1993 a cena escolhida foi da data de 02/11/93 (Landsat-5) e para o ano de 2000 a cena escolhida foi da data de 24/07/2000.

Neste contexto, o material que melhor mais se aproximou da data de referência foi a imagem 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.

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

A classificação das imagens de satélite foi apoiada nas assinaturas das classes selecionadas, também chamadas de conjunto de pixels de amostra de treinamento ou pontos de controle. Foram definidas as classes macros, chamadas de:

- Áreas não florestais (solo utilizado para pecuária, agricultura, exposto, etc);

- Áreas com florestas naturais;
- Áreas com reflorestamentos.

Estas classes foram selecionadas visando atender aos critérios de elegibilidade que diz: *para reflorestamentos somente seriam elegíveis as áreas que em 31 de dezembro de 1989 não continham florestas e para o florestamento somente seriam elegíveis as áreas que não continham floresta por um período de pelo menos 50 anos.*

Analisaram-se também as estatísticas de cada classe para avaliar a qualidade das informações fornecidas para treinamento. O método utilizado para a classificação foi o da Máxima Verossimilhança Gaussiana, que segundo PEREIRA (1995) é um algoritmo utilizado consiste num princípio estatístico paramétrico, onde são consideradas as classes envolvidas e uma função densidade de probabilidade Gaussiana. E, após o término da classificação foi realizada uma filtragem nas imagens resultantes da mesma, utilizando o filtro de mediana 3x3.

Posteriormente as informações temporais geradas, ano de 1993 e 2000, foram transportadas para um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para facilitar seu gerenciamento.

As imagens geradas pela classificação das imagens foram convertidas para vetores com a finalidade de realizar comparações temporais. Assim, com a finalidade de facilitar estas comparações temporais utilizou-se a metodologia de quadrículas. O software que sustenta esta metodologia é o *Quadrant* v.1.0.2, que gera automaticamente as coordenadas em UTM dos quatro vértices das quadrículas, e foi desenvolvido pelo Professor Júlio E. Arce, da Universidade Federal do Paraná. Segundo CÔRTE e ARCE (2003) esta metodologia consiste no cruzamento das informações da cobertura florestal com a quadrícula correspondente (sobreposta a ela) e por final foi possível ter todas as informações contidas no banco de dados

disponibilizada por quadrícula.

Para tanto foram geradas quadriculas de 1 hectare de modo que após a geração dos dados de carbono estarem prontas, fosse possível a criação de um mapa de zonas de quantidade de carbono fixado. Assim, mesmo as áreas que não fossem florestas poderiam ser classificadas de acordo com as referências encontradas na literatura. Esta metodologia é abrangente visto que o tamanho da quadrícula pode ser alterado de acordo com a necessidade. Porém é importante que se saiba que quanto menor for o tamanho da quadrícula selecionado implicará em um número excessivamente grande de quadriculas, o que pode comprometer o tempo de processamento em ambiente SIG das informações vinculadas às mesmas. Para cada uma destas quadriculas foi avaliada a cobertura vegetal do solo de acordo com as tipologias predeterminadas para florestas naturais e para plantios de *Pinus*.

O critério adotado para a classificação das quadriculas e uma determinada classe de estoque foi que a área da quadrícula preenchida com determinada tipologia florestal, a tipologia que dominasse mais 50% da quadricula determinava a sua classe de estoque.

Posteriormente utilizou-se de operações algébricas com mapas, onde várias combinações matemáticas de *layers* de mapas, assim através da combinação das áreas mapeadas nas diferentes datas foi possível produzir um resultado composto através do cruzamento das áreas. Uma das condicionantes importante para a implantação de projetos de MDL são as áreas estejam isentas de cobertura florestal nativa, ou seja, não pode haver substituição de vegetação nativa para implantar um projeto com espécies de rápido crescimento. A base para isso (*baseline*) é 1989 (aqui tratada como 1993) ou 2000, para o primeiro período de compromisso. Assim realizou-se uma análise matemática entre os mapas resultantes da classificação de 1993 e 2000, tendo como resultado um mapa que representavam apenas as áreas que não apresentavam florestas em 1993 e em 2000 continuavam não apresentando

florestas. Este resultado diz respeito às áreas potenciais para projetos de MDL segundo o Protocolo de Quioto.

3.3.4. Estudo de Caso – Fazenda Esperança

Foi selecionada uma propriedade selecionada, conforme discorrido na página 38, totaliza 316,50 hectares, localizada dentro das áreas identificadas como potenciais para projetos que seguem o Protocolo de Quioto, no município de Bituruna. Seria interessante a junção de algumas propriedades semelhantes a esta para a realização de um projeto de MDL em conjunto, pensando talvez em um projeto de pequena escala, definido como: *as atividades que resultam em uma remoção antrópica líquida de gases do efeito estufa por um sumidouro menor de 8 quilo toneladas de CO₂ (8 kt) por ano, e são desenvolvidas ou implementadas por comunidades de baixa renda e indivíduos, conforme definido pela parte hospedeira.* Ainda, segundo KRUG (2004), os projetos de pequena escala foram definidos e acordados na COP 7, para projetos de MDL de redução de emissões (Decisão 17/COP 7) e deveriam fazer jus a modalidades e procedimentos simplificados. A definição das reduções de emissões por estes projetos só ocorreu em Milão (COP 9) e as modalidades e procedimentos simplificados para estes projetos foram discutidas na COP 10 em Buenos Aires.

Nesta propriedade foi aplicada uma metodologia para apresentação da linha de base e comprovação da adicionalidade e posteriormente para o monitoramento.

Foi realizado um mapeamento do uso do solo nos anos de 1993 e 2000 utilizando as classificações do mapeamento realizado na análise regional, sendo elas citadas novamente abaixo:

- Áreas não florestais (solo utilizado para pecuária, agricultura, exposto, etc);

- Áreas com florestas nativas;
- Áreas com reflorestamentos.

Posteriormente foram realizadas algumas operações entre as duas classificações para os limites da propriedade. E foram criados então alguns cenários possíveis de serem implementados nas áreas caracterizadas como elegíveis.

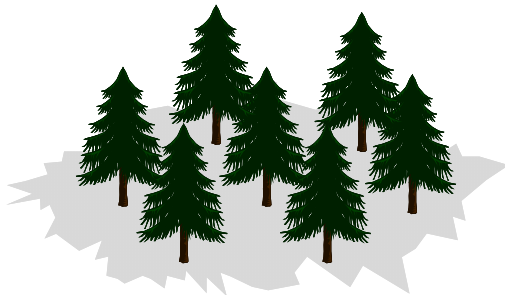
Assim, foi avaliado o critério da elegibilidade dentro da propriedade em questão, detectando áreas que seriam potenciais para a implantação de um projeto de florestas fixadoras de carbono segundo o Protocolo de Quioto.

Depois foi analisado critério da adicionalidade comprovando que o projeto apresentaria um adicional na fixação dos gases de efeito estufa. Posteriormente foi construída a linha de base para este projeto, segundo cada um dos cenários avaliados. Os cenários aqui analisados foram:

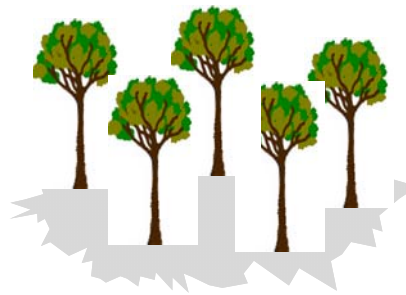
- Plantio de pinus → Este cenário prevê o plantio de árvores do gênero pinus, conforme espaçamento mais utilizado na região.
- Plantio de bracatinga → Este cenário considera que serão plantadas árvores de bracatinga também seguindo uma densidade de árvores por hectare comumente encontrada na região. Esta espécie é muito utilizada nesta região para a produção de biomassa energética.
- Plantio de araucária → Este cenário considera que serão plantadas árvores de Araucária também seguindo uma densidade utilizada na região.
- Plantio de araucária com erva-mate → Este cenário irá considerar além do plantio de araucária, a implantação de mudas de erva-mate para produção de folhagem, muito observado nesta região.

A Figura 13 representa de forma esquemática estes plantios conforme listado acima. Posteriormente cada cenário será descrito detalhadamente.

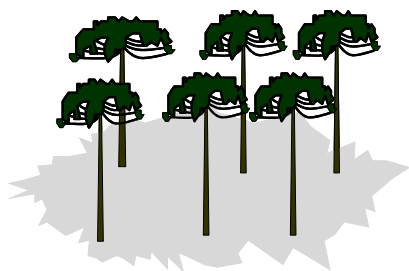
Cenário 1 – Plantio de pinus



Cenário 2 – Plantio de bracatinga



Cenário 3 – Plantio de araucária



Cenário 4 – Plantio consorciado de araucária e erva-mate

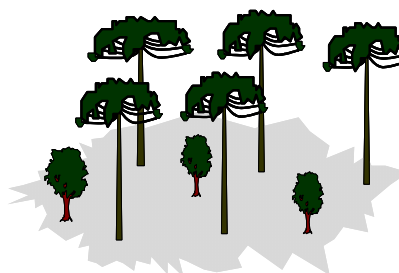


FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS SIMULADOS

3.3.4.1. Cenário 1 – Plantio de Pinus

Para gerar o cenário para este gênero foi necessário usar-se da associação de parâmetros médios citados em literatura e, alguns outros desenvolvidos neste trabalho.

Foi definido um espaçamento inicial para plantios da espécie sendo ele de 3x2m (1.667 indiv. /ha). Este espaçamento é muito utilizado na região alvo desta simulação. Então, com o espaçamento definido restava ainda a definição do regime de manejo adotado. Assim, também partindo das práticas mais adotadas na região, adotaram-se as seguintes intervenções:

- 1º Desbaste: aos 8 anos, de forma sistemática e seletiva, retirando a 6ª linha e

devendo retirar 40% das árvores;

- 2° Desbaste: aos 12 anos, seletivo, retirando 25% das árvores;
- 3° Desbaste: aos 16 anos, seletivo, retirando 25% das árvores.

Foi utilizado o software SISPINUS®, desenvolvido pela EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, para a estimativa da frequência de indivíduos por idade nas distribuições diamétricas e ainda a altura média da idade.

Os parâmetros utilizados nas simulações foram: 95% de sobrevivência inicial, plantios com homogeneidade média e as equações para as estimativas foram as geradas pela própria Embrapa. Estas equações foram calibradas com dados oriundos de reflorestamentos de Pinus do sul do Brasil.

As estimativas de biomassa seca foram realizadas, com uma equação (1) desenvolvida pelo Laboratório de Inventário Florestal (LIF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde foram realizadas amostragens em boa parte do Estado do Paraná, para calibração dos resultados. A metodologia utilizada para esta quantificação é citada por SANQUETTA (2002) e SANQUETTA et al. (2004). Assim, as variáveis independentes utilizadas foram: o diâmetro do centro de classe diamétrica e a altura média do povoamento, resultantes das simulações.

$$PS_{\text{Total}} = \beta_0 + \beta_1 * D + \beta_2 * D^2 Ht + \beta_3 * Id \quad (1)$$

Onde:

PS_{Total} = Peso Seco Total do indivíduo médio da classe (kg);

D = Diâmetro à altura do peito do centro de classe (cm);

Ht = Altura total média da classe (m);

Id = Idade (anos).

Os coeficientes ajustados para este modelo estão apresentados abaixo juntamente com os indicadores de ajustes. O coeficiente de determinação foi igual a 0,98 e o erro padrão da estimativa foi de 18,48% (Tabela 9).

TABELA 9 – COEFICIENTES AJUSTADOS PELO LIF PARA E INDICADORES ESTATÍSTICOS PARA A EQUAÇÃO DE BIOMASSA SECA TOTAL INDIVIDUAL DE PINUS

β_0	β_1	β_2	β_3	R ²	Syx%
0,0000	-0,0040	0,0193	0,5728	0,98	18,48

FONTE: LIF

Para a estimativa de carbono individual utilizaram-se dados também do LIF sendo realizada uma média ponderada dos fatores para os diferentes compartimentos que compõem a árvore, sendo eles: raiz, fustes, casca, folha, galho vivo e morto. O valor utilizado para a conversão de biomassa total individual para carbono total individual foi utilizado o fator oriundo da média ponderada cita acima que resultou em 0,41 conforme mostra a equação abaixo (2).

$$C_{\text{Total}} = \text{PS}_{\text{Total}} * f \quad (2)$$

Onde:

C_{Total} = Carbono Total do indivíduo médio da classe (kg);

PS_{Total} = Peso Seco Total do indivíduo médio da classe (kg);

f = fator de conversão de para o gênero *Pinus*.

Depois bastou multiplicar o carbono total individual da árvore do centro de classe pelo número de árvores da classe diamétrica gerando assim a estimativa do carbono total por hectare nas diferentes idades.

Conforme o “*Good Practice Guidance for LULUCF*” (IPCC, 2003) é necessário gerar estimativas do carbono estocado na serapilheira e o carbono estocado no solo. Nesta mesma publicação do IPCC (2003) está apresentada a maneira de computar as estimativas do carbono, estando ela apresentada abaixo (3).

$$\Delta C_{\text{FF}} = (\Delta C_{\text{FF}_{\text{LB}}} + \Delta C_{\text{FF}_{\text{DOM}}} + \Delta C_{\text{FF}_{\text{SOILS}}}) \quad (3)$$

Onde:

ΔC_{FF} = Mudança anual de carbono na área da floresta (t C/ano);

$\Delta C_{\text{FF}_{\text{LB}}}$ = Mudança anual de carbono da biomassa viva acima e abaixo do solo na área da floresta (t C/ano);

$\Delta C_{FF_{DOM}}$ = Mudança anual de carbono no material morto encontrado na serapilheira (madeira morta e folhagem caída) na área da floresta (t C/ano);

$\Delta C_{FF_{SOILS}}$ = Mudança anual de carbono no solo na área da floresta (t C/ano).

Depois para a conversão das estimativas de carbono para as estimativas de dióxido de carbono basta aplicar a equação abaixo (4), também citado pelo IPCC (2003).

$$CO_2 = C * f_c \quad (4)$$

Onde:

CO_2 = Dióxido de carbono (t CO_2);

C = Carbono (t C);

f_c = fator de conversão 3,6667.

Os valores médios adotados para as estimativas do carbono estocado no solo e na serapilheira foram baseados em valores conhecidos em literatura. Assim, SCHUMACHER, KONIG e KLEINPAUL (2004) citam que para *Pinus taeda* aos 5 anos encontraram valores de carbono orgânico, para a serapilheira acumulada no solo de 7,7 Mg/ha e para *Pinus elliottii* aos 36 anos encontraram 7,6 Mg/ha. Ainda, o carbono orgânico medido no solo, para um povoamento de *Pinus elliottii* foi de 34,3 t C/ha.

3.3.4.2. Cenário 2 – Plantio de Bracatinga

Segundo TONON (1998) no manejo da Bracatinga não é comum realizar desbastes, o que estabelece uma forte competição e, conseqüentemente, alta mortalidade até a idade de quatro a cinco anos, quando o número de árvores/ha estabiliza. A mesma autora comenta que a exploração dos bracatingais, tradicionalmente, ocorre entre os seis e os oito anos de idade. Portanto, optou-se por não gerar simulações com desbastes visto que não é tradicional realizar manejo com o mesmo. Em seu trabalho, TONON (1998) estudou diversos sítios desta espécie em

diferentes condições. Ainda, avaliou diferentes densidades iniciais de plantio, sendo elas: 2.000 árv./ha, 3.000 árv./ha e 4.000 árv./ha. Este cenário considerou o plantio realmente das mudas e não, a prática comum da queimada que proporciona a regeneração natural, visto que as emissões de gases efeito estufa seriam grande.

Neste trabalho as estimativas foram geradas utilizando-se de modelos citados por TONON (1998) e alguns modelos desenvolvido no LIF. Adotou-se um sítio médio, com idades variando de 1 a 7 anos onde em geral é realizado o corte raso e a densidade inicial adotada foi de 3.000 árv./ha.

Para geração das estimativas de biomassa seca utilizou-se também de uma equação (5) desenvolvida pelo LIF da UFPR, onde foram realizadas amostragens em boa parte do Estado do Paraná, para calibração dos resultados.

$$PS_{total} = \beta_0 + \beta_1 * D + \beta_2 * D^2Ht \quad (5)$$

Onde:

PS_{Total} = Peso Seco Total de 1 indivíduo (kg);

D = Diâmetro à altura do peito (cm);

Ht = Altura total média (m).

Os coeficientes ajustados para este modelo estão apresentados abaixo juntamente com os indicadores de ajustes. O coeficiente de determinação foi igual a 0,99 e o erro padrão da estimativa foi de 11,40% (Tabela 10).

TABELA 10 – COEFICIENTES AJUSTADOS PELO LIF PARA E INDICADORES ESTATÍSTICOS PARA A EQUAÇÃO DE BIOMASSA SECA TOTAL INDIVIDUAL DE BRACATINGA

β_0	β_1	β_2	R^2	Syx%
-1,5716	0,0190	0,0318	0,99	11,40

Para a estimativa de carbono individual utilizaram-se dados também do LIF sendo realizada uma média ponderada dos fatores para os diferentes compartimentos que compõem a árvore, sendo eles: raiz, fustes, casca, folha, galho vivo e morto. O valor utilizado para a conversão de biomassa total individual para

carbono total individual foi utilizado o fator oriundo da média ponderada cita acima que resultou em 0,434 conforme mostra a equação abaixo (6).

$$C_{\text{Total}} = \text{PS}_{\text{Total}} * f_c \quad (6)$$

Onde:

C_{Total} = Carbono Total do indivíduo médio da classe (kg);

PS_{Total} = Peso Seco Total do indivíduo médio da classe (kg);

f_c = fator de conversão 3,6667.

Para a estimativa total do carbono fixado em um povoamento de bracatinga também tem que ser avaliado o carbono na serapilheira e no solo, conforme citado no cenário anterior segundo o IPCC (2003).

Novamente é apresentada a forma de conversão de carbono para dióxido de carbono (7).

$$\text{CO}_2 = C * f_c \quad (7)$$

Onde:

CO_2 = Dióxido de carbono (t CO_2);

C = Carbono (t C);

f_c = fator de conversão 3,6667.

3.3.4.3. Cenário 3 – Plantio de Araucária

As simulações realizadas para esta espécie foram geradas com o auxílio do software SISARAUCARIA® desenvolvido pela EMBRAPA.

O espaçamento simulado foi de 3x2m (1.667 indiv. /ha) onde os parâmetros informados ao sistema foram: 95% de sobrevivência inicial, plantios com homogeneidade média e as equações para as estimativas foram as geradas pela própria EMBRAPA.

As intervenções programadas para a floresta foram:

- Primeiro Desbaste: aos 8 anos, de forma sistemática e seletiva, retirando a 6ª linha e devendo retirar 40% das árvores;
- Segundo Desbaste: aos 12 anos, de forma sistemática e seletiva, retirando a 6ª linha e devendo retirar 40% das árvores;
- Terceiro Desbaste: aos 16 anos, seletivo, retirando 25% das árvores.

A equação utilizada para as estimativas de biomassa seca total individual está apresentada abaixo (8). Este modelo também foi desenvolvido pelo LIF.

$$PS_{\text{Total}} = \beta_0 * D^{\beta_1} \quad (8)$$

Onde:

PS_{Total} = Peso Seco Total (kg);

D = Diâmetro à altura do peito (cm).

Abaixo estão apresentados os coeficientes ajustados para este modelo, bem como os indicadores de ajustes. O coeficiente de determinação foi igual a 0,86 e o erro padrão da estimativa foi 27,8% (Tabela 11).

TABELA 11 – COEFICIENTES AJUSTADOS PELO LIF PARA E INDICADORES ESTATÍSTICOS PARA A EQUAÇÃO DE BIOMASSA SECA TOTAL INDIVIDUAL DE ARAUCÁRIA

β_0	β_1	β_2	R^2	Syx%
486,9123	0,1284	2,3554	0,86	27,80

Para a estimativa de carbono individual utilizaram-se dados também do LIF sendo realizada uma média ponderada dos fatores para os diferentes compartimentos que compõem a árvore, sendo eles: raiz, fustes, casca, ramo aciculado, galho vivo e morto. O valor utilizado para a conversão de biomassa total individual para carbono total individual foi utilizado o fator oriundo da média ponderada cita acima foi de 0,44 conforme equação 9. Depois bastou multiplicar o carbono total individual pelo número de árvores da classe diamétrica para a

estimativa do carbono total por hectare.

$$C_{\text{Total}} = \text{PS}_{\text{Total}} * f_c \quad (9)$$

Onde:

C_{Total} = Carbono Total do indivíduo médio da classe (kg);

PS_{Total} = Peso Seco Total do indivíduo médio da classe (kg);

f_c = fator de conversão 3,6667.

Para a estimativa total do carbono fixado em um povoamento de Araucária também tem que ser avaliado o carbono na serapilheira e no solo, conforme citado nos cenários anteriores, conforme IPCC (2003).

Novamente é apresentada a forma de conversão de carbono para dióxido de carbono (8).

$$\text{CO}_2 = C * f_c \quad (10)$$

Onde:

CO_2 = Dióxido de carbono (t CO_2);

C = Carbono (t C);

f_c = fator de conversão 3,6667.

Os valores médios adotados para as estimativas do carbono estocado no solo e na serapilheira foram baseados em valores conhecidos em literatura. Assim, SCHUMACHER, KONIG e KLEINPAUL (2004) citam que para a *Araucaria angustifolia* encontraram valores de carbono orgânico, para a serapilheira acumulada no solo de 4,8 Mg/ha em um plantio de *Araucaria angustifolia* aos 15 anos. Ainda, o carbono orgânico medido no solo, para um povoamento de araucária foi de 34 Mg/ha.

3.3.4.4. Cenário 4 – Plantio consorciado de Araucária e Erva-Mate

No caso das estimativas para o carbono fixado no plantio de araucária

utilizou-se a mesma metodologia citada acima, variando apenas o número de árvores iniciais, ou seja, a araucária iniciou com 1.000 árv./ha e a erva-mate com uma média de 160 árv./ha. As equações utilizadas para a araucária foram às mesmas citadas acima.

A biomassa seca para a erva-mate foi estimada utilizando-se um peso médio do tronco da árvore e aplicado a esta estimativa um fator de conversão para carbono. WATZLAWICK et al. (2004) citam que o teor médio de carbono encontrado em árvores de Erva-mate localizadas no sul do Estado do Paraná, é de 41,56%.

3.3.4.5. Linha de Base e Adicionalidade

Conforme especificação do LULUCF (2000) a contabilização das mudanças nos estoques de carbono, no uso da terra e emissões evitadas de GEE, envolve a determinação das mudanças nos estoques de carbono e emissões líquidas de GEE, as quais seriam adicionais a uma linha de base na ausência do projeto. Atualmente não existem padrões específicos nos métodos de determinação da linha de base e adicionalidade.

A metodologia de linha de base adotada neste trabalho consiste na avaliação das mudanças no estoque de carbono de um projeto hipotético e facilmente implementável na região alvo do estudo, e seu *baseline* durante determinado período (ou duração do projeto). Segundo AUCKLAND e COSTA (2002), esta maneira de realizar estes cálculos também é conhecida como método de mudanças nos estoques onde às medidas são normalmente expressas em t C/ha. Desta forma seriam gerados créditos quando este projeto conseguisse demonstrar que estaria de fato capturando carbono da atmosfera.

CHOMITZ (1999) cita ainda que as metodologias de linha de base devem

ser as mais precisas possíveis na média sem serem muito custosas ou difíceis de serem implementadas.

3.3.4.6. Monitoramento

Segundo CAMPOS (2001) existem diferenças em custos de monitoramento e incertezas entre diferentes tipos de projetos, por exemplo, a mudança nos estoques de carbono, associada ao estabelecimento de novas plantações, terá menores incertezas do que, ao mesmo custo, mudanças nos estoques associadas com a redução do desmatamento.

Da mesma forma quando se fala em projetos de pequena escala e de grande escala acredita-se que estes projetos também venham a apresentar diferenças significativas. Desta forma acredita-se as metodologias também devam ser diferenciadas nestas situações.

A proposta de monitoramento levou em consideração diversos fatores entre eles: tamanho da área do projeto, escala do projeto, custos imaginados, facilidade na obtenção das estimativas e precisão das estimativas.

3.3.4.7. Análise econômica

Segundo SILVA, JACOVINE e VALVERDE (2005) existem vários métodos de avaliação econômica de projetos, cada qual se baseando em determinadas premissas e ainda não há consenso de qual método é mais indicado. Os métodos aqui empregados foram aqueles que consideram a variação do capital no tempo sendo eles: taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e razão benefício custo.

SILVA, JACOVINE e VALVERDE (2005) complementam que a TIR é a taxa de desconto que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos, ou seja, iguala o VPL a zero. A fórmula (11) para o cálculo da TIR está descrita abaixo:

$$\sum_{j=0}^n \frac{R_j}{1 + \text{TIR}}^{-j} - \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{1 + \text{TIR}}^{-j} = 0 \quad (11)$$

Onde:

R_j = valor anual das receitas;

C_j = valor anual dos custos;

j = período em que a receita ou o custo ocorre;

n = número máximo de períodos.

Os mesmos autores acrescentam que quanto maior for o resultado da TIR melhor será considerado o projeto.

O VPL é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos (SILVA, JACOVINE e VALVERDE, 2005). O VPL de um projeto é calculado utilizando-se a seguinte fórmula (12):

$$\text{VPL} = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{1 + i}^{-j} - \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{1 + i}^{-j} \quad (12)$$

Onde:

R_j = valor anual das receitas;

C_j = valor anual dos custos;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem;

i = taxa de juros;

n = número máximo de períodos.

Os mesmos autores complementam que o projeto que apresentar o VPL

maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado o melhor aquele que apresentar maior VPL.

A razão benefício custo consiste em calcular a razão entre o valor atual das receitas e o valor atual dos custos. A fórmula para o cálculo da razão benefício x custo está apresentada abaixo (13):

$$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}} \quad (13)$$

Onde:

R_j = valor anual das receitas;

C_j = valor anual dos custos;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem;

i = taxa de juros;

n = número máximo de períodos.

Desta forma, foram realizados os cálculos das receitas oriundas do carbono fixado em cada cenário e ainda, da matéria prima ao final do projeto. Desta forma, considerou-se o preço da t C igual a US\$ 5,00. Ainda, foi adotada uma taxa de juros de 10% para todos os cenários.

Para avaliação dos custos de implantação dos reflorestamentos adotou-se o trabalho realizado por SOUZA, KREUZ e MOTTA (2004) para uma região muito próxima a aqui estudada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LOCALIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FOCOS DE CARBONO FIXADO EM REFLORESTAMENTOS NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PARANÁ

Após a fase de interpretação das imagens de satélite CBERS, foram sumarizadas as áreas interpretadas. Este resultado está apresentado na Tabela 9 onde se observou uma área total interpretada de 516.163,58 ha com reflorestamentos. Abaixo, na Figura 11, está apresentado o resultado final do mapeamento dos reflorestamentos na Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná. Em determinadas áreas não foi possível realizar a interpretação com estas imagens devido à presença de grande área de nuvens. E, após consulta sem sucesso sobre a disponibilidade de outra cena, da mesma área, deste satélite, optou-se por realizar a interpretação destas áreas com imagens Landsat.

Abaixo, na Figura 14, estão representadas as cenas utilizadas de cada um dos satélites.

Assim, as áreas interpretadas como reflorestamentos dentro deste limite não visível nas imagens CBERS, onde se lançou mão do satélite Landsat, totalizaram 82.709,54 ha. Sendo assim, o total de áreas interpretadas como reflorestamento foi de 516.163,58 ha, ou 5,19% da área total original da Floresta Ombrófila Mista (F.O.M.) no Paraná.

O resultado desta interpretação está apresentado na Figura 15. Observa-se que existem áreas com maior concentração de maciços florestais e, que estas estão atreladas aos pólos de consumo de madeira do Estado.

Realizou-se também uma análise dos tamanhos dos polígonos encontrados. Estes resultados estão apresentados na Tabela 12. Polígonos menores que 10

hectares representam apenas 0,37% representando os 1.905,00 hectares mapeados. Os polígonos entre 10 e 100 hectares representaram 13,19% do total de reflorestamentos mapeados representando em hectares 68.086,15 hectares. Os polígonos de 100 a 250 hectares ficaram com 19,24% equivalendo a 99.319,61 hectares. No caso dos polígonos entre 250 e 500 hectares foram representantes de 17,79% das áreas mapeadas equivalendo a 91.828,80 hectares. As áreas entre 500 e 1.000 hectares foram representantes de 18,83% do total mapeado com 97.214,07 hectares. E, polígonos maiores que 1.000 hectares responderam por 30,57% das áreas mapeadas totalizando 157.809,96 hectares. Assim, o total mapeado chega a 516.163,58 hectares.

TABELA 12 – RESULTADO SUMARIZADO DOS REFLORESTAMENTOS NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PARANÁ

Imagens de Origem	Área (ha)
Reflorestamentos interpretados com CBERS	433.454,04
Reflorestamentos interpretados com Landsat	82.709,54
TOTAL	516.163,58

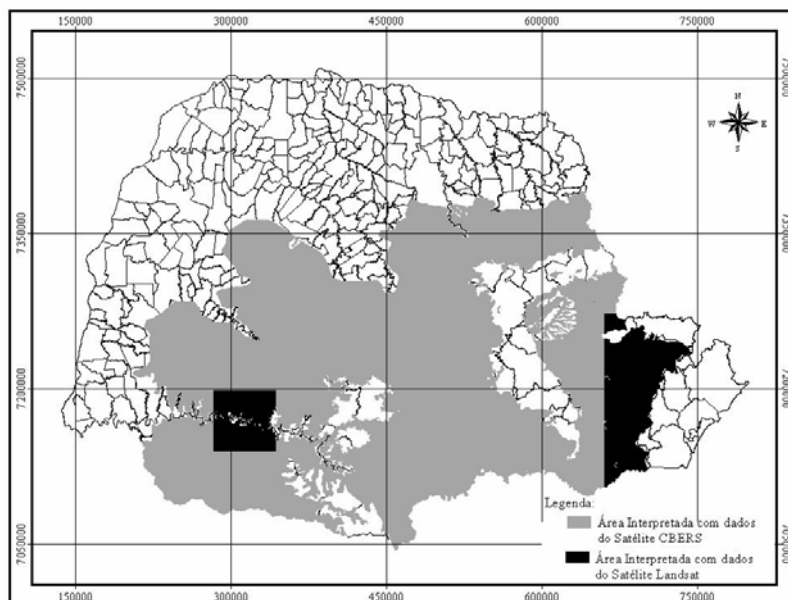


FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DAS CENAS UTILIZADAS DE CADA SATÉLITE

FIGURA 15 - MAPA DOS REFLORESTAMENTOS NO LIMITE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO ESTADO DO PARANÁ

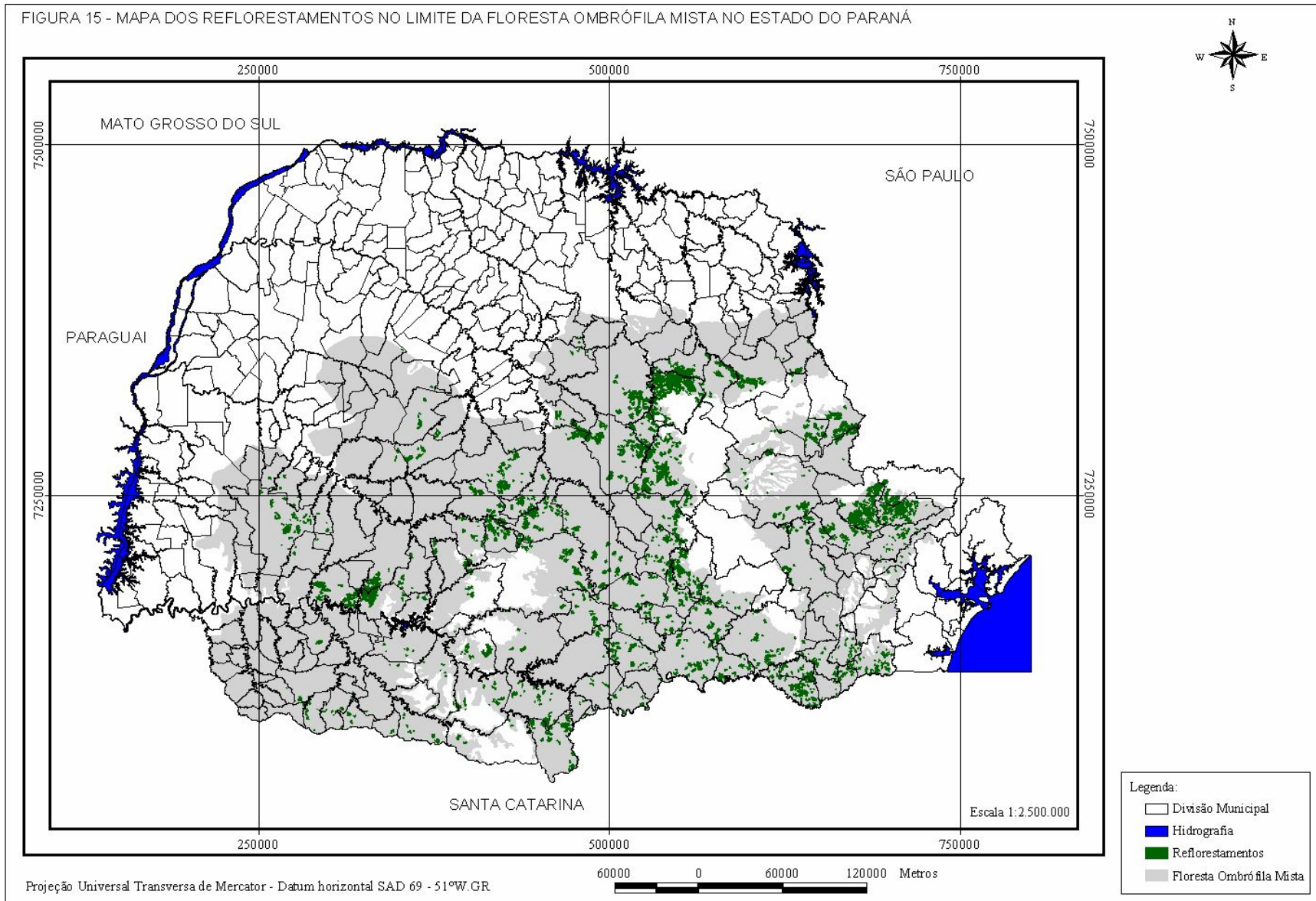


TABELA 13 – ÁREAS DOS REFLORESTAMENTOS PELOS TAMANHOS DOS POLIGONOS

Tamanho dos Polígonos	Área Total (ha)	Área Total %
< 10 ha	1.905,00	0,37%
10 a 100 ha	68.086,15	13,19%
100 a 250 ha	99.319,61	19,24%
250 a 500 ha	91.828,80	17,79%
500 a 1.000 ha	97.214,07	18,83%
> 1.000 ha	157.809,96	30,57%
TOTAL	516.163,58	100,00%

Conforme citado anteriormente, para gerar as estimativas de carbono fixado pelos reflorestamentos nos limites da F.O.M. foram utilizados valores médios no que se refere à produção. Então, o resultado do cálculo do carbono (6) e do dióxido de carbono (7) estimado para as mesoregiões estão apresentado abaixo.

$$C_{\text{Total Mesoregião}} = C_{\text{Total}} * \text{Área da Mesoregião} \quad (11)$$

$$C_{\text{Total Mesoregião}} = 51,78 * \text{Área da Mesoregião}$$

$$\text{CO}_2_{\text{Mesoregião}} = C_{\text{Total}} * f_c * \text{Área da Mesoregião} \quad (12)$$

$$\text{CO}_2_{\text{Mesoregião}} = 51,78 * 3,6667 * \text{Área da Mesoregião}$$

Onde:

$C_{\text{Total Mesoregião}}$ = Total de carbono fixado pelos reflorestamentos no limite da mesoregião;

C_{Total} = 51,78 t C/ha na idade de 10 anos conforme Tabela 20;

$\text{CO}_2_{\text{Mesoregião}}$ = Total de dióxido de carbono fixado pelos reflorestamentos no limite da mesoregião;

f_c = Fator de conversão de carbono para dióxido de carbono (3,6667);

A maior área de reflorestamentos está concentrada no Centro Oriental Paranaense e no Centro-Sul Paranaense com respectivamente 131.367,40 e 124.637,03 ha (Vide Tabela 14). Cabe ressaltar ainda, que conforme os limites da F.O.M. algumas destas mesoregiões não foram consideradas por inteiro e sim, apenas na área de abrangência dentro da F.O.M.

Através destes cálculos chegou-se a um valor de 26.726.950,2 t de carbono fixado pelos reflorestamentos nos limites da F.O.M. no Estado do Paraná. Ainda, quando se pensa em dióxido de carbono basta apenas multiplicar este valor de carbono por 3,6667 chegando assim em 97.999.708,2 t.

Do total de dióxido de carbono para os reflorestamentos mapeados, percebeu-se que 24.941.641,0 t estavam situados no Centro Oriental do Estado e 23.663.801,2 t no Centro-Sul Paranaense. Sendo assim, estas duas mesoregiões juntas perfazem cerca de 49,6% do dióxido de carbono fixado dentro da F.O.M. oriundo de reflorestamentos. Se incluirmos a Região Metropolitana de Curitiba nesta análise então, esta porcentagem passaria para cerca de 70% do dióxido de carbono fixado pelos reflorestamentos nos limites da F.O.M. no Paraná.

A menor concentração de dióxido de carbono fixado pelos reflorestamentos está situada na mesoregião Sudoeste, Norte Pioneiro e Norte Central com 1.078.701,0 t de CO₂, 1.670.468,7 t de CO₂ e 1.943.940,6 t CO₂ respectivamente.

ROCHA (2004) comenta que existe uma demanda reduzida por créditos oriundos de florestas. O mesmo autor cita que BERNOUX et al. (2002) citado por ROCHA (2004) diz que esta demanda estaria restrita a Áustria, Dinamarca, Holanda, Canadá e Japão, totalizando 109,5 Mt de CO₂ para o primeiro período de compromisso. Sendo assim, um projeto que envolvesse todas as áreas de reflorestamentos cujo trata este trabalho, já representaria 89,5% da demanda

mundial de créditos de CO₂.

TABELA 14 – ÁREAS DOS REFLORESTAMENTOS NAS MESOREGIÕES E AS ESTIMATIVAS DE CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO (t)

Mesoregiões Paranaenses	Área Reflorestada (ha)	C (t)	CO_{2e} (t)	%
Centro-Sul	124.637,03	6.453.705,3	23.663.801,2	24,1
Centro Ocidental	10.973,93	568.230,1	2.083.529,50	2,1
Centro Oriental	131.367,40	6.802.203,9	24.941.641,0	25,5
Região M. de Curitiba	105.103,93	5.442.281,3	19.955.212,9	20,4
Norte Central	10.238,72	530.160,8	1.943.940,6	2,0
Norte Pioneiro	8.798,34	455.578,2	1.670.468,7	1,7
Oeste	25.892,91	1.340.735,1	4.916.073,4	5,0
Sudeste	93.469,81	4.839.866,9	17.746.339,9	18,1
Sudoeste	5.681,51	294.188,5	1.078.701,0	1,1
TOTAL	516.163,58	26.726.950,2	97.999.708,2	100,0

Agora, analisando um pouco mais detalhadamente a elegibilidade destas áreas, percebe-se que existem algumas divergências. Segundo ROCHA (2004), para a atividade de reflorestamento somente seriam elegíveis as áreas que em 31 de dezembro de 1989 não continham florestas e para o florestamento somente seriam elegíveis as áreas que não continham floresta por um período de pelo menos 50 anos. Acrescenta ainda que segundo definições da COP-9 as atividades do projeto serão adicionais se as suas remoções atuais líquidas forem maiores que as mudanças, que ocorriam na ausência das atividades do projeto, nos estoques dos reservatórios de carbono dos limites do projeto. Aí é que estaria o grande gargalo para estes

projetos para Quioto, visto que, como o plantio já foi realizado fica difícil justificar que o projeto de MDL é que estaria proporcionando o aumento no estoque de carbono.

Com relação à adicionalidade, ou seja, o quanto o projeto adicionaria de fixação do carbono em relação ao cenário de referência. Este cenário é também chamado de linha de base e, na atividade de florestamento ou reflorestamento de um projeto de MDL, os participantes do projeto devem selecionar as seguintes abordagens aquela que for mais apropriada para as atividades do projeto, levando em consideração recomendações do Comitê Executivo, e justificando a escolha (§ 22):

- a) Variações históricas ou existentes, se aplicável, nos estoques de carbono dos reservatórios dentro dos limites do projeto;*
- b) Variações no estoque de carbono dos reservatórios dentro dos limites do projeto de prática de uso do solo que represente uma alternativa econômica, levando em consideração barreiras ao investimento;*
- c) Variações no estoque de carbono dos reservatórios dentro dos limites do projeto de uma prática de uso de solo comum na época de início do projeto.*

Portanto, aqui neste item também existiria dificuldade em justificar a adicionalidade de um projeto nestes moldes, visto que a linha de base já teria alta quantidade de carbono fixado.

Porém existem outros mercados chamados de bilaterais, que não seguem todas as regras impostas pelo Protocolo de Quioto. Talvez, muitas destas áreas seriam potenciais para buscar estes outros mercados.

4.2. ANÁLISE REGIONAL – BITURUNA E GENERAL CARNEIRO

Foram selecionados os municípios de Bituruna (121.491,00 ha) e General

Carneiro (107.025,00 ha). Assim, a área total analisada neste item foi de 228.516,00 ha.

Conforme estabelecido pelas complementações ao Protocolo de Quioto, o total de áreas encontradas em tal situação no ano de 1993 no município de Bituruna foi de 18.684,75 ha ou 15,4% da área total deste município. Para General Carneiro ainda no ano de 1993, a área encontrada em tal situação foi de 14.649,70 ha, ou seja, 13,7% da área total do município. Estas áreas foram alteradas para 40.976,92 e 25.138,69 ha para o outro ano de referência, ou seja, 2000 para Bituruna e General Carneiro, respectivamente. Estes resultados indicam um avanço da pecuária, agricultura e silvicultura sobre as áreas de florestas nativas nesta região. Isso pode ser comprovado quando se observa a área nativa em cada ano aqui considerado. Estas áreas representavam 82,2 e 77,7% em Bituruna e General Carneiro respectivamente no ano de 1993 passando para 59,8 e 64,4% no ano de 2000 (Tabela 15).

Houve ainda um aumento na área de plantios florestais. Observou-se que de 2,4 e 8,6% no ano de 1993 para Bituruna e General Carneiro, respectivamente, estas áreas passaram para 6,5 e 12,1% no ano de 2000.

Abaixo, na Figura 16, está apresentado o mapeamento das áreas sem vegetação nos anos de 1993 e 2000, consideradas áreas sem florestas segundo o Protocolo de Quioto. Realizou-se ainda um cruzamento entre as áreas sem cobertura florestal nas duas datas gerando então, um mapa com as áreas potenciais para projetos de carbono segundo o Protocolo de Quioto. Este mapa das áreas potenciais para projetos de MDL está apresentado abaixo, na Figura 17. Observa-se que as áreas potenciais no município de Bituruna apresentaram-se mais esparsas que as do município de General Carneiro.

TABELA 15 – CLASSES DE USO DO SOLO EM DUAS DATAS SEGUNDO A REFERÊNCIA DO PROTOCOLO DE QUIOTO

Município	Classe	Área	%	Área	%
		1993 (ha)	1993	2000 (ha)	2000
Bituruna	Áreas Não Florestais	18.684,75	15,4%	40.976,92	33,7%
	Floresta Nativa	99.863,05	82,2%	72.656,77	59,8%
	Reflorestamentos	2.943,20	2,4%	7.857,31	6,5%
	SUB-TOTAL	121.491,00	100,0%	121.491,00	100,0%
General Carneiro	Áreas Não Florestais	14.649,70	13,7%	25.138,69	23,5%
	Floresta Nativa	83.133,62	77,7%	68.906,01	64,4%
	Reflorestamentos	9.241,68	8,6%	12.980,30	12,1%
	SUB-TOTAL	107.025,00	100,0%	107.025,00	100,0%
TOTAL		228.516,00		228.516,00	

A Tabela 16 apresenta quantidade de áreas potenciais, resultante do cruzamento das cenas das duas datas, para projetos de MDL em cada um dos municípios. Percebe-se que a porcentagem em relação à área total do município, ficando entre 4,40 e 5,09% para Bituruna e General Carneiro, respectivamente.

Assim, as áreas potenciais para MDL foram de 11.633,10 e 10.053,00 ha para Bituruna e General Carneiro, totalizando 21.686,10 ha ou 9,49% da área total dos municípios em questão.

Os outros 90,51% da área total correspondem às áreas que não poderão ser elegíveis para MDL. Destes 90,51%, 48,07% correspondem às áreas do município de Bituruna e 42,44% as áreas do município de General Carneiro.

FIGURA 16 - ÁREAS COM SOLO EXPOSTO NOS ANOS DE 1993 E 2000 CLASSIFICADOS A PARTIR DE IMAGENS LANDSAT

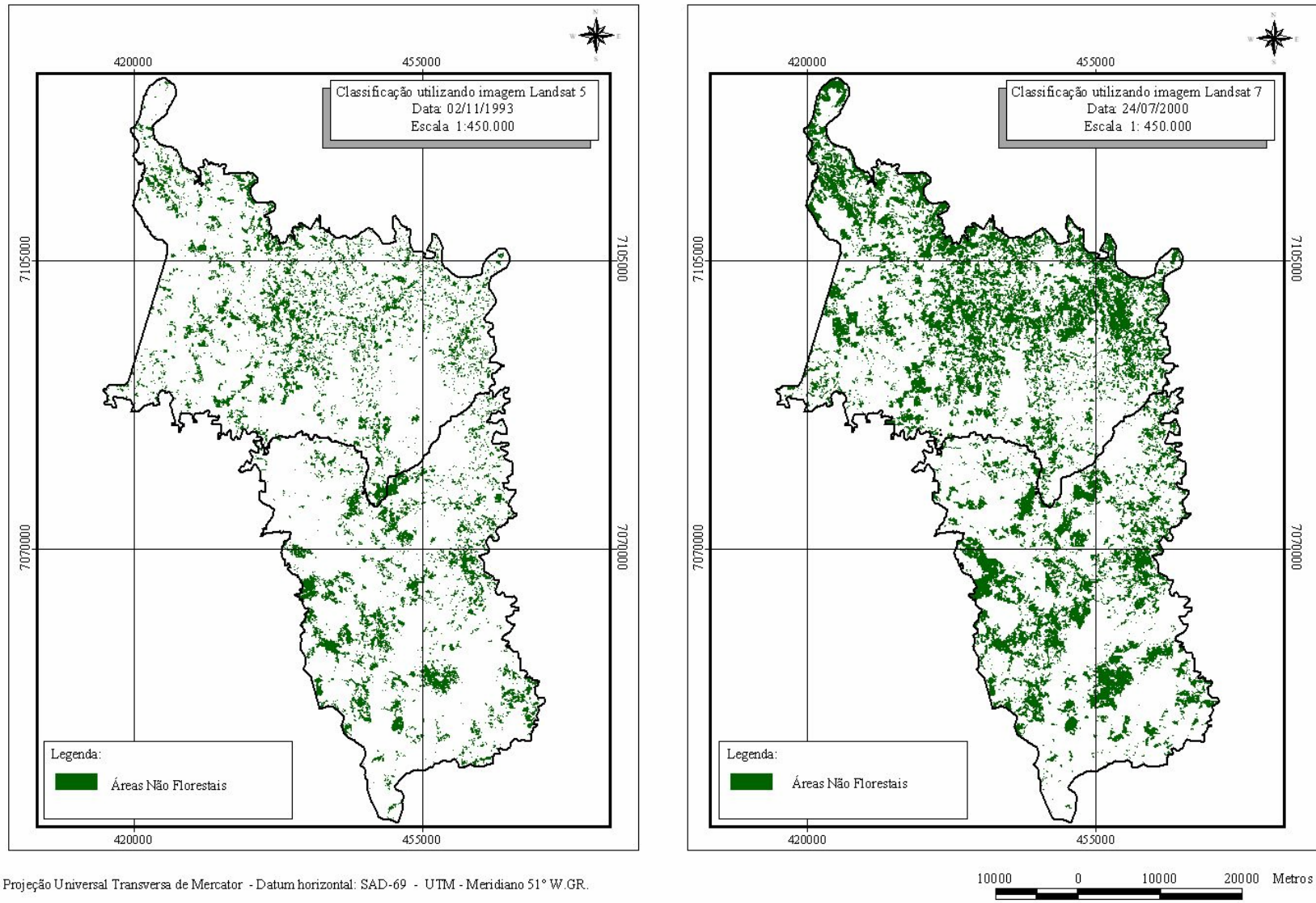


FIGURA 17 - ÁREAS POTENCIAIS PARA PROJETOS SEGUIDORES DO PROTOCOLO DE QUIOTO

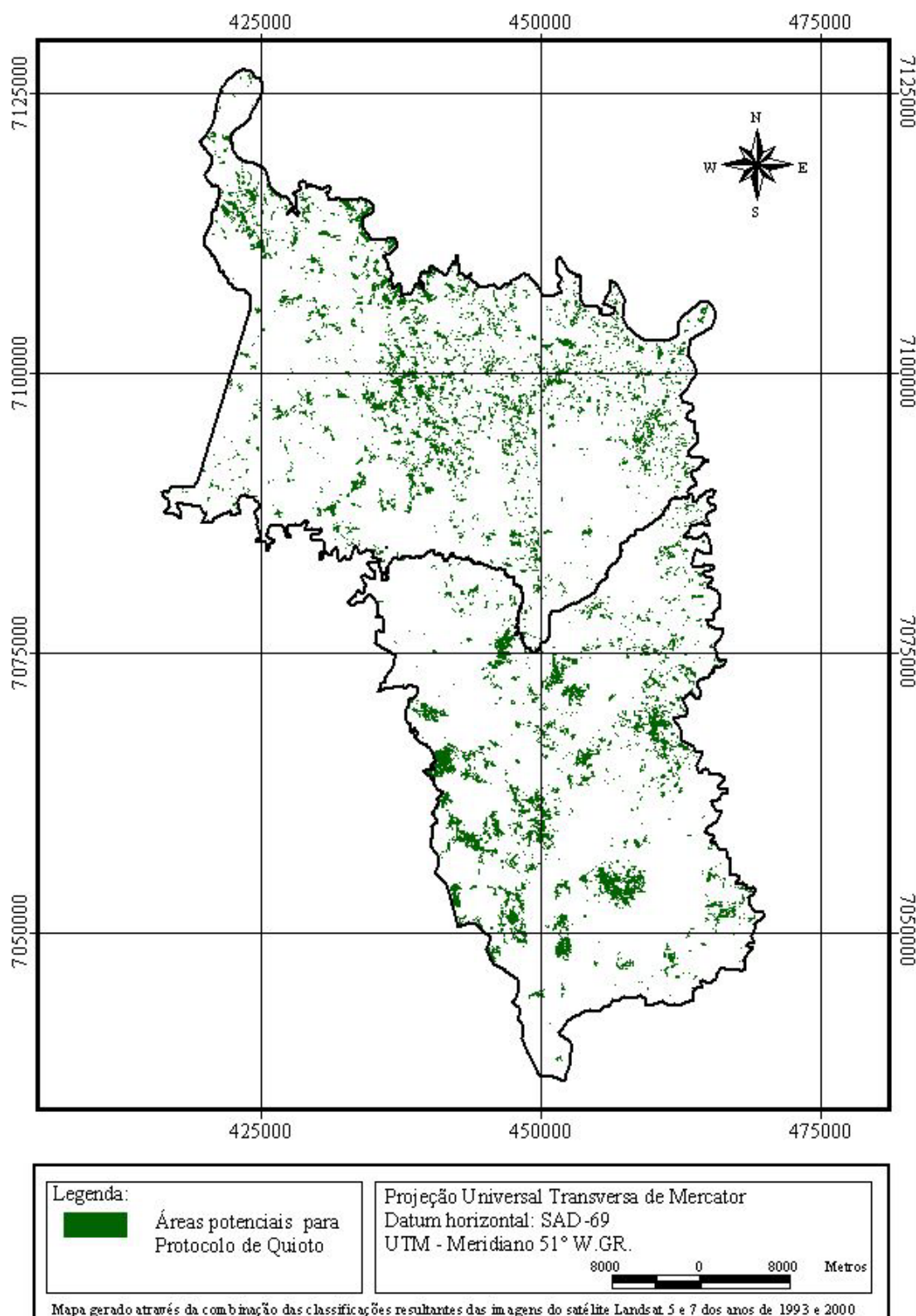


TABELA 16 – ÁREAS ELEGÍVEIS E NÃO ELEGÍVEIS PARA PROJETOS DE MDL E PROTOCOLO DE QUIOTO

Situação	Município	Área (ha)	% Área
Elegíveis para Quioto	Bituruna	11.633,10	5,09%
	General Carneiro	10.053,00	4,40%
	SUB-TOTAL	21.686,10	9,49%
Não-elegíveis para Quioto	Bituruna	109.857,90	48,07%
	General Carneiro	96.972,00	42,44%
	SUB-TOTAL	206.829,90	90,51%
TOTAL		228.516,00	100,00%

Com base nas áreas tidas como elegíveis para Quioto, realizou-se uma simulação de quanto seria fixado de carbono e dióxido de carbono nas mesmas. Assim, a metodologia utilizada foi à mesma descrita anteriormente, mudando apenas a idade analisada, de 10 anos passando para 20 anos. Assim, chegou-se em 105,23 t C/ha aos 20 anos. Então a área obtida como potencial foi multiplicada pela capacidade de um hectare em fixar o carbono e posteriormente realizando a transformação para o dióxido de carbono, multiplicando-se por 3,6667. O resultado desta etapa está apresentado na Tabela 13.

Observou-se que se todas as áreas elegíveis do município de Bituruna fossem utilizadas para um projeto de MDL, elas teriam a capacidade de fixar 4.487.315,2 t CO₂, ou seja, 4,10% da demanda esperada para estes projetos segundo ROCHA (2004). Nas áreas do município de General Carneiro a fixação do dióxido de carbono seria de 3.877.812,5 t CO₂, representando cerca de 3,54% da demanda. Um projeto em conjunto entre os dois municípios representaria 8.365.127,7 t CO₂ significando 7,64% da demanda mundial por projetos florestais.

TABELA 17 – CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO ESTIMADOS PARA AS ÁREAS POTENCIAIS PARA MDL FLORESTAL NO FINAL DA ROTAÇÃO (20 ANOS)

Municípios	Áreas Potenciais (ha)	C (t)	CO₂ (t)
Bituruna	11.633,10	1.223.802,1	4.487.315,2
General Carneiro	10.053,00	1.057.575,6	3.877.812,5
TOTAL	21.686,10	2.281.377,7	8.365.127,7

4.3. ANÁLISE DETALHADA – PROPRIEDADE ESPERANÇA

Dentro das áreas consideradas potenciais na Figura 18, foi selecionada uma região para realizar um estudo mais detalhado agora na escala de propriedade. A propriedade selecionada foi a Fazenda Esperança. Abaixo na Tabela 18 estão apresentadas as áreas do uso do solo nos anos de 1993 e 2000. Observou-se que nesta propriedade de área total de 316,50 ha, ou 70,7% representavam áreas não florestais no ano de 1993, ou seja, 223,80 ha. Esta porcentagem foi reduzida para 56,5% ou 178,70 ha no ano 2000. As áreas florestais que no ano de 1993 representavam 29,3% da área total da propriedade passaram para 43,5% no ano de 2000 (Figura 19).

TABELA 18 – USO DO SOLO NA PROPRIEDADE ESPERANÇA EM BITURUNA, PARANÁ

Uso do Solo	Ano 1993	% 1993	Ano 2000	% 2000
Área Não Florestal	223,8	70,7%	178,7	56,5%
Área Florestal	92,7	29,3%	137,8	43,5%
TOTAL	316,5	100,0%	316,5	100,0%

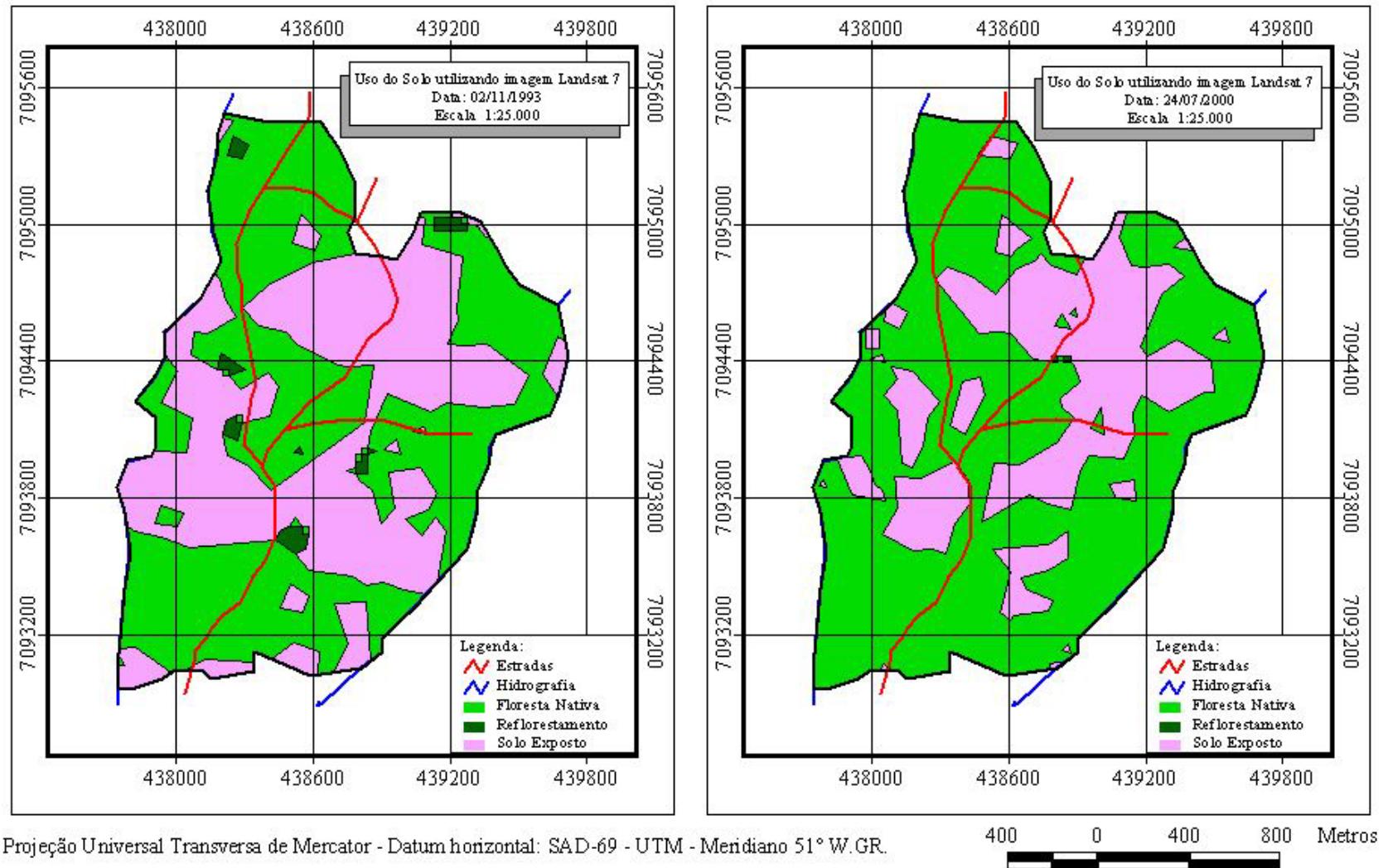
A Tabela 19 apresenta as áreas potenciais para projetos de MDL dentro da

Fazenda Esperança. Apenas 23,45% da área da Fazenda Esperança poderiam ser elegíveis para projetos de MDL, ou seja, 74,21 ha. Assim, 76,55% da propriedade, não são elegíveis para projetos de MDL. A Figura 18 mostra de maneira precisa a localização das áreas potenciais para elaboração de um possível projeto de MDL.

TABELA 19 – ÁREAS POTENCIAIS PARA PROJETOS DE MDL NA PROPRIEDADE ESPERANÇA EM BITURUNA, PARANÁ

Situação	Área (ha)	% Área
Elegíveis para Projeto de MDL Florestal	74,21	23,45
Não-elegíveis para Projeto de MDL Florestal	242,29	76,55
TOTAL	316,50	100,00

FIGURA 18 - USO DO SOLO NA FAZENDA ESPERANÇA NOS ANOS DE 1993 E 2000



4.3.1. Resultados dos Cenários

O primeiro ponto a ser avaliado e discutido quando se fala em um projeto de MDL é a adicionalidade. Pensando nas mudanças de uso do solo observadas no decorrer de 10 anos, percebe-se que a área em questão não sofreu grandes modificações, sendo assim, tudo leva a crer que nos próximos anos estas áreas continuem com o estoque de carbono constante. Ainda, pelo fato do proprietário se encontrar sem capital para investir em um empreendimento, como por exemplo, um plantio florestal, um projeto de natureza do MDL favoreceria esta implantação e acabaria por estimular um projeto com efeito de mitigação do efeito estufa através da captação do carbono da atmosfera.

Ainda, na avaliação de um projeto desta natureza deve ser avaliado um importante ponto que é a linha de base, onde se considerou que nas áreas potenciais para projetos de MDL (aquelas que se encontravam em dois momentos com solo exposto) existia uma vegetação gramínea. Assim, o carbono estocado pela vegetação considerando a ausência de qualquer projeto de recuperação da vegetação original, seria apenas aquele oriundo da vegetação gramínea e o carbono estocado no solo.

Abaixo estão apresentados os resultados para os cenários analisados, onde são mostrados os resultados de carbono para os compartimentos observados, nas diferentes idades e para cada uma das espécies avaliadas.

4.3.1.1. Cenário 1 – Plantio de Pinus

O carbono oriundo das árvores do plantio estimando lançando mão da técnica de simulação, através do software SISPINUS® sendo que a Tabela 20 representa a quantidade de carbono oriundos de diferentes partes de um povoamento de Pinus sp. em diferentes idades. As partes aqui analisadas foram: árvores (parte

aérea e subterrânea), serapilheira e solos.

Abaixo na Tabela 20 está apresentada a quantidade de carbono fixada estimada para as árvores de um possível povoamento e os valores encontrados na literatura para o carbono fixado na serapilheira e nos solos. Assim, observou-se que no cenário estimado para o Pinus (147,23 t C/ha), 105,23 t C/ha seriam advindos da fixação pela biomassa vegetal, 34,30 pela fixação do solo e 7,70 t C/ha pela serapilheira.

TABELA 20 – QUANTIDADE DE CARBONO NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS PARA O GÊNERO PINUS (t C/ha)

Compartimento	Idade (anos)				% 20 anos
	5	10	15	20	
Biomassa viva + morta	14,59	51,78	84,77	105,23	71,47
Serapilheira	7,70	7,70	7,70	7,70	5,23
Solo	34,30	34,30	34,30	34,30	23,30
TOTAL C (t C/ha)	56,59	93,78	126,77	147,23	100,00

FONTES: LIF, WATZLAWICK et al. (2004) E SCHUMACHER, KONIG E KLEINPAUL (2004).

4.3.1.2. Cenário 2 - Plantio de Bracatinga

As simulações resultantes do cenário para a Bracatinga estão apresentadas na Tabela 21. A rotação de 10 anos fixaria 59,9 t C/ha somente das árvores do plantio. A serapilheira responderia por cerca de 4,00 t C/ha e o carbono fixado pelo solo seria de aproximadamente 20,00 t C/ha.

Assim, observa-se que no final do ciclo de rotação o carbono total

sumarizaria cerca de 83,90 t C/ha sendo que deste 71,39% seria oriundo das árvores do povoamento.

TABELA 21 – QUANTIDADE DE CARBONO NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS PARA A BRACATINGA (t C/ha)

Compartimento	Idade (anos)		% 10 anos
	5	10	
Biomassa viva + morta	13,86	59,90	71,39
Serapilheira	4,00	4,00	4,77
Solo	20,00	20,00	23,84
TOTAL C (t C/ha)	37,86	83,90	100,00

FONTES: LIF, WATZLAWICK et al. (2004) E SCHUMACHER, KONIG E KLEINPAUL (2004).

4.3.1.3. Cenário 3 - Plantio de Araucária

As simulações para a Araucária mostraram que ao final da rotação (20 anos) teríamos aproximadamente 142,00 t C/ha sendo que cerca de 72,70% representaria o carbono fixado pelas árvores do povoamento, 34,00 t C/ha corresponderia ao carbono fixado pelo solo e 4,80 t C/ha seria oriundo da serapilheira (Vide Tabela 22).

TABELA 22 – QUANTIDADE DE CARBONO NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS PARA A ARAUCÁRIA (t C/ha)

Compartimento	Idade (anos)				% 20 anos
	5	10	15	20	
Biomassa viva + morta	19,40	54,90	76,10	103,20	72,70
Serapilheira	4,80	4,80	4,80	4,80	3,40
Solo	34,00	34,00	34,00	34,00	23,90
TOTAL C (t C/ha)	58,20	93,70	114,90	142,00	100,00

FONTES: LIF, WATZLAWICK et al. (2004) E SCHUMACHER, KONIG E KLEINPAUL (2004).

4.3.1.4. – Cenário 4 - Plantio consorciado de Araucária e Erva-Mate

Este cenário foi estimado considerando cerca de 1.000 árv./ha de araucária inicialmente e em média 160 árv./ha de erva-mate, situação esta típica da região. Sendo assim, observa-se que este cenário totalizou 100,72 t C/ha (Tabela 23). A erva-mate foi responsável por 11,03t C/ha no 20º ano e a araucária por aproximadamente 73,52 t C/ha.

TABELA 23 – QUANTIDADE DE CARBONO NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS PARA A ARAUCÁRIA E ERVA-MATE (T C/HA)

Compartimento	Idade (anos)				% 20 anos
	5	10	15	20	
Biomassa viva + morta	17,08	40,05	54,87	72,95	65,28
Serapilheira	4,80	4,80	4,80	4,80	4,30
Solo	34,00	34,00	34,00	34,00	30,43
TOTAL C (t C/ha)	55,88	78,85	93,67	111,75	100,00

FONTES: LIF, WATZLAWICK et al. (2004) E SCHUMACHER, KONIG E KLEINPAUL (2004).

4.3.1.5. – Análise econômica dos cenários

Abaixo na Tabela 24 estão apresentados alguns indicadores econômicos dos cenários analisados.

Foram considerados custos de implantação dos plantios dos cenários e as receitas advindas da venda da madeira dos desbastes e corte raso.

Percebeu-se que a taxa anual de retorno do capital investido, ou então, a taxa média de crescimento de um investimento foi maior no cenário 1 que se tratava de um plantio de Pinus. Posteriormente esta taxa foi superior no cenário cuja espécie plantada era a Bracatinga, depois na Araucária e por último no cenário do consórcio de Araucária + Erva-mate.

Ainda, o VPL que seria a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado, também resultou num melhor valor, para o cenário do Pinus, da mesma forma que a análise da receita/custo, que nada mais é do que a razão entre as receitas e os custos do projeto.

TABELA 24 – PRINCIPAIS INDICADORES ECONÔMICOS PARA OS QUATRO CENÁRIOS AVALIADOS

Cenários	Ciclo	C (t/ha)	CO₂ (t/ha)	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	Receita/ Custo
Pinus	20 anos	147,2	539,9	992,0	18,9	2,12
Bracatinga	10 + 10 anos	167,4	613,8	536,4	17,3	1,57
Araucária	20 anos	142,00	520,67	532,6	14,5	1,45
Araucária+ Erva-mate	20 anos	111,65	409,39	302,2	13,0	1,25

4.3.2. Definição da Linha de Base

Conforme já descrito a linha de base, considerou que as áreas elegíveis da propriedade não teriam um aumento significativo no estoque de carbono. Assim, elas continuariam com o estoque existente por um longo período, e este estoque seria apenas resultante de gramíneas presentes na área e o carbono estocado pelo solo.

Sendo assim cada um dos cenários, através da quantificação anteriormente apresentada, foi avaliado em função do que adicionaria na fixação do carbono da atmosfera. O resultado desta avaliação está representado na Figura 16. Observa-se que na linha de base está fixado o carbono pelas gramíneas e solos, representando uma baixa fixação. A adicionalidades dos projetos em carbono e dióxido de carbono está apresentada nas Figuras 20 e 21, onde a diferença (adicionalidade) seria o carbono fixado nos cenários simulados menos o carbono fixado pela linha de base.

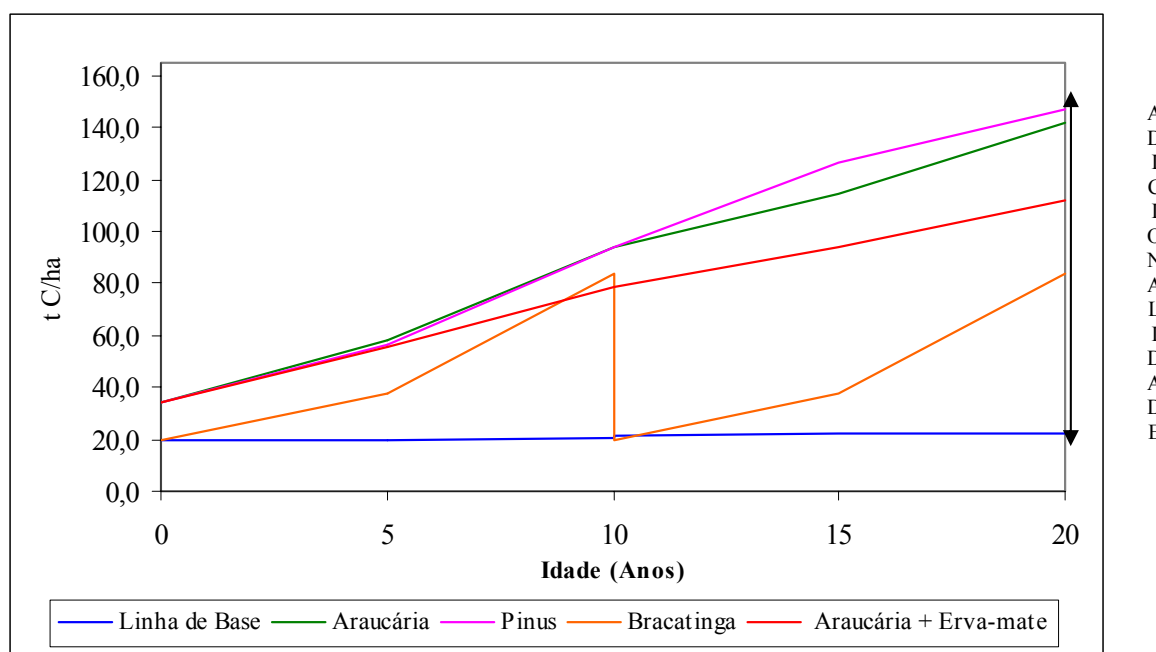


FIGURA 20 – REPRESENTAÇÃO DA LINHA DE BASE DE UM PROJETO PARA OS CENÁRIOS SIMULADOS EM t C/ha

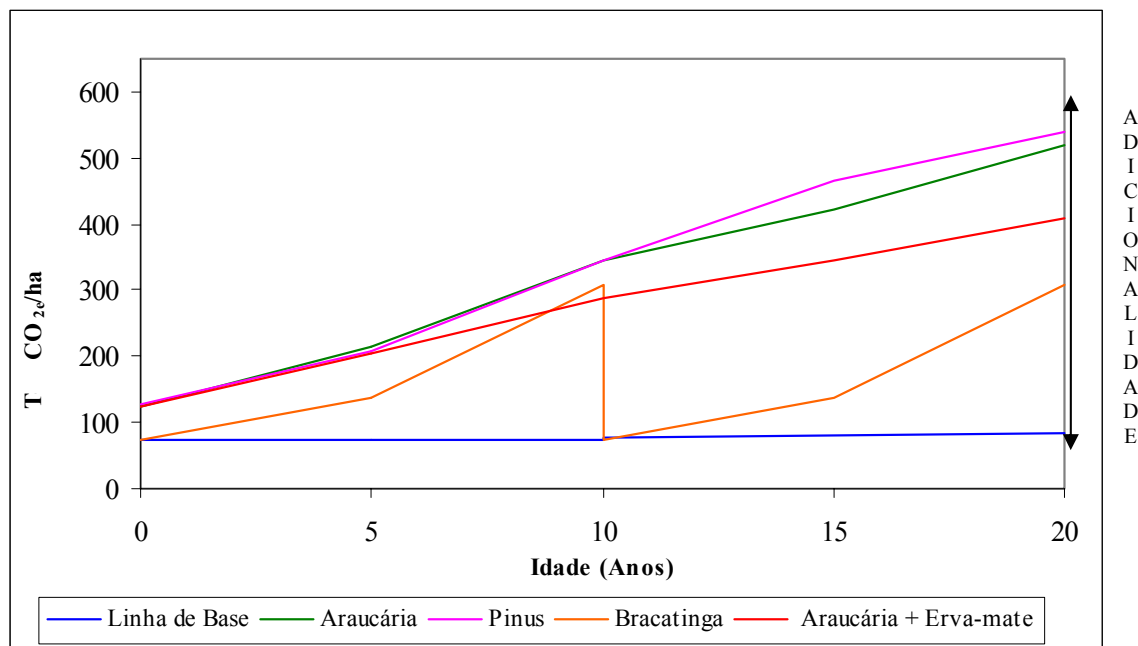


FIGURA 21 – REPRESENTAÇÃO DA LINHA DE BASE DE UM PROJETO PARA OS CENÁRIOS SIMULADOS EM t CO₂/ha

4.3.3. Monitoramento

Considerando que este tratar-se-ia de um projeto considerado de pequena escala, ou seja, inferior a 8.000 t CO₂/ano, deveriam existir simplificações na maneira de realizar este monitoramento. Por se tratar de uma área considerada pequena para um plantio florestal, a melhor maneira considerada para realizar esta avaliação seria através da realização de inventários florestais.

Para tanto é necessário que exista um mapa das áreas alvo da avaliação para que os resultados do mesmo possam ser extrapolados para a área total. Caso não exista uma área conhecida será necessária a delimitação da mesma utilizando-se de alguma tecnologia. Desta forma, esta metodologia propõe que seja utilizado um sistema de posicionamento global (GPS) cujos resultados de posicionamento apresentem precisões sub-métricas, garantindo assim, uma boa estimativa da área avaliada.

Sendo assim, sugere-se que seja realizado um inventário contínuo na área

em questão, sendo que conforme PÉLLICO NETO e BRENA (1997) a amostragem seria materializada de modo duradouro, tendo em vista as sucessivas coletas de dados. Desta forma as unidades amostrais seriam permanentes e fixadas de maneira a permitir sua localização e identificação a cada nova ocasião do inventário. Recomenda-se ainda que algumas parcelas adicionais sejam medidas visando garantir e validar que as áreas das parcelas permanentes não venham sofrer um tratamento diferenciado. Desta forma a amostragem seria realizada conforme os princípios da amostragem com repetição parcial, representa a Figura 22.

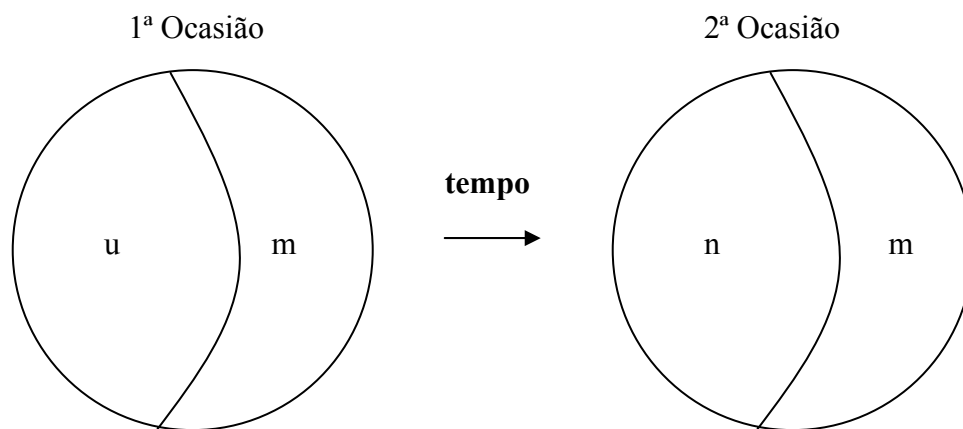


FIGURA 22 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA AMOSTRAGEM COM REPETIÇÃO PARCIAL

Onde:

m = são as amostras permanentes;

u = são as amostras temporárias da primeira ocasião;

n = são as amostras temporárias da segunda ocasião;

Ainda com relação à amostragem sugere-se que o processo utilizado, para distribuição das unidades amostrais, na área do projeto, seja o da amostragem sistemática que, segundo PÉLLICO NETO e BRENA (1997) tem seu critério de probabilidade estabelecido através da aleatorização da primeira unidade amostral.

Segundo HUSCH, MILLER e BEERS (1972) citados por PÉLLICO NETO e BRENA (1997) a sistematização proporciona boa estimativa da média e total, devido à distribuição uniforme da amostra em toda a população.

Com relação à forma da parcela amostral recomenda-se que sejam utilizadas parcelas circulares. Este tipo de parcelas tem demonstrado uma boa performance operacional e facilidade na instalação em reflorestamentos desbastados ou não e em terrenos acidentados ou planos.

Outro fator importante quando se fala em inventários florestais diz respeito à intensidade amostral, que segundo CHACKO (1965) citado por PÉLLICO NETO e BRENA (1997) é a razão entre o número de unidades da amostra e o número total de unidades da população.

Sabe-se ainda que quanto maior a intensidade amostral maior será a precisão do inventário florestal, mas os custos também são progressivamente mais altos. Há um ponto ótimo entre a qualidade da informação e o tempo/custo necessário para sua execução. Assim, propõe-se que em áreas inferiores a 1 ha recomenda-se que seja realizado um censo na mesma. Posteriormente recomenda-se que a Tabela 25.

Seria marcado então o centro das parcelas, com um cano de PVC ou estacas de outro material resistente a intempéries e, teriam raio fixo, facilitando assim as remeidições. As árvores da bordadura seriam marcadas com tinta e o centro da parcela teria a coordenada geográfica anotada para a remedição.

Realizar-se-ia então a medição dos diâmetros das árvores contidas na parcela e anotação dos mesmos em fichas apropriadas. Poderiam ser medidas alturas de algumas árvores da parcela para um melhor acompanhamento e validação das equações pré-existentes.

Abaixo na Figura 23 está representado um esquema de amostragem sugerido para a área em questão. Assim, seriam instaladas 22 parcelas permanentes

(1 parcela para cada 3,4 ha de área do projeto) que seriam remedidas de 4 em 4 anos para acompanhar o carbono fixado pela vegetação.

TABELA 25 – PROPOSTA PARA INTENSIDADE AMOSTRAL EM PROJETOS DE PEQUENA ESCALA DE MDL FLORESTAL

Classe Área (ha)	Centro de classe Área (ha)	1 parcela para cada
1 a 5	2,50	0,05 ha
5 a 10	7,50	0,25 ha
10 a 25	17,50	0,50 ha
25 a 50	37,50	1,25 ha
50 a 75	62,50	2,50 ha
75 a 100	87,50	3,75 ha
100 a 150	125,00	5,00 ha
150 a 200	175,00	7,50 ha
200 a 250	225,00	10,00 ha
250 a 300	275,00	12,50 ha

Deveriam ser marcadas unidades amostrais menores para acompanhar a deposição de serapilheira ao longo do projeto bem como, pontos amostrais para coleta do solo. Nem todos os pontos de serapilheira e solos seriam alvo de determinação de carbono. Deveria ser sorteado 1 ponto por parcela por período de medição, podendo estar localizado nas bordas opostas e no centro da parcela.

Sendo assim, o carbono fixado seria facilmente estimado através das equações disponíveis em literatura para as espécies consideradas, que um técnico no assunto poderia aplicá-la facilmente.

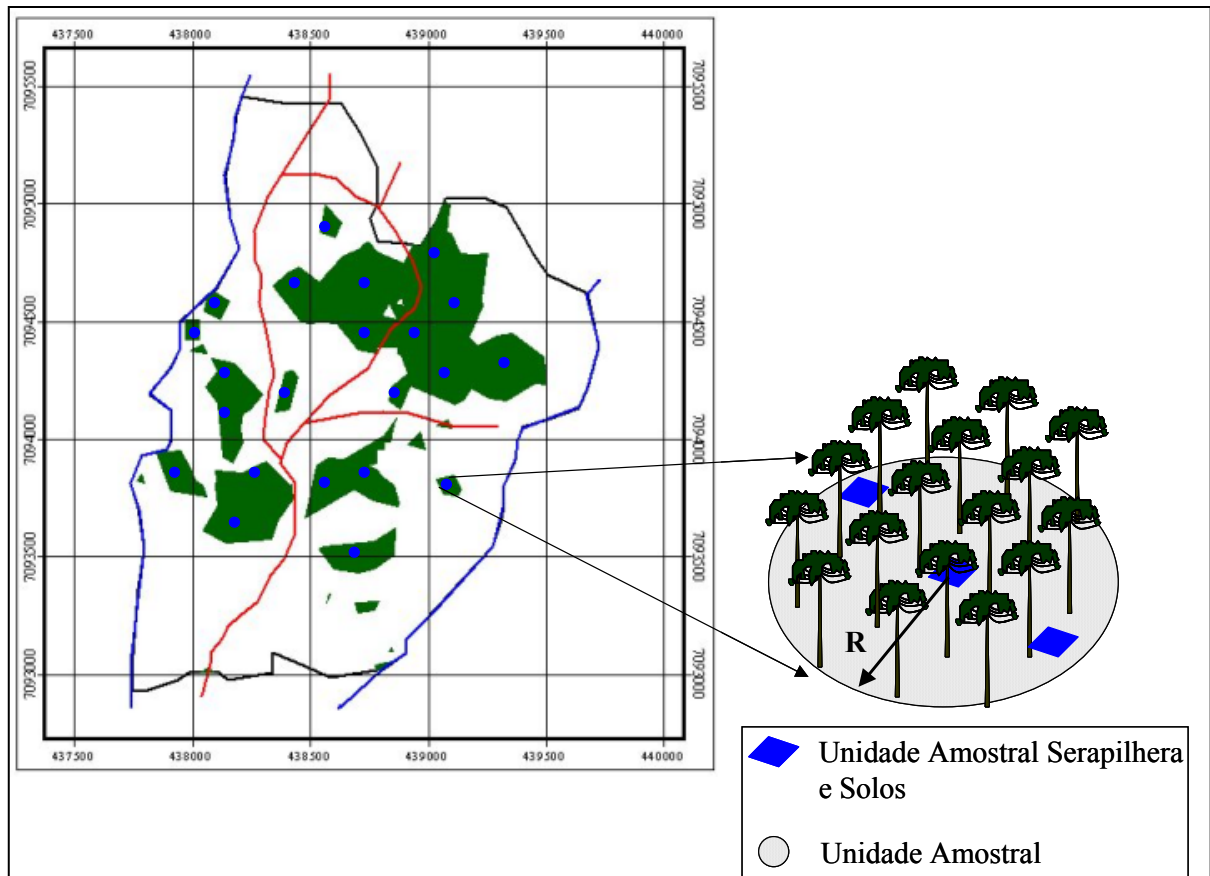


FIGURA 23 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA AMOSTRAGEM

5. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Conclui-se que as áreas de reflorestamentos dentro dos limites da Floresta Ombrófila Mista totalizaram 5,19% ou seja, 516.163,28 ha. Para interpretar estas feições utilizou-se de imagens CBERS e Landsat onde se percebeu que as mesmas apresentaram um bom desempenho em quantificar estes reflorestamentos.

Os maiores focos de carbono oriundos de reflorestamentos dentro dos limites da Floresta Ombrófila Mista estão ordenados segundo o tamanho dos reflorestamentos da seguinte maneira: Centro Oriental Paranaense, Centro-Sul Paranaense, Região Metropolitana de Curitiba, Sudeste Paranaense, Oeste Paranaense, Centro ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense e Sudoeste Paranaense.

Se um projeto fosse elaborado para as áreas de reflorestamentos dentro do limite da Floresta Ombrófila Mista, conforme o Protocolo de Quioto, ele já atenderia a 89,5% da demanda por projetos florestais de MDL.

Os reflorestamentos existentes teriam grandes dificuldades em justificar sua adicionalidade devido ao fato de não conseguirem comprovar que o projeto de MDL é que estaria proporcionando a que este projeto viabilizasse a captura do carbono da atmosfera.

Conclui-se que em ambos os municípios estudados as áreas não florestais aumentaram do ano de 1993 e 2000, ou seja, houve uma supressão de áreas de florestas nativas no decorrer deste período. As áreas de reflorestamentos aumentaram significativamente. Sendo assim, as áreas que possuíam vegetação

nativa no ano de 1993 não são elegíveis para projetos de MDL devendo ficar de fora da contabilização.

Dos 228.516,00 ha de área total dos dois municípios, apenas 21.686,10 ha (9,49%) seriam elegíveis para projetos de MDL considerando as definições que regulamentam o Protocolo de Quioto.

Para as áreas consideradas potenciais para MDL, dentro dos municípios de Bituruna e General Carneiro, estima-se que tenham capacidade de fixar cerca de 2.281.377,7 t C ou 8.365.127,7 t CO₂ considerando os reflorestamentos no centro da idade da rotação aqui descrita, ou seja, 10 anos.

No tocante à propriedade alvo do estudo de caso conclui-se que apenas parte da mesma poderia ser considerada elegível para um projeto de MDL pelo fato das restrições históricas de uso do solo apresentadas. Esta área elegível seria de aproximadamente 74,21 ha (ou 23,45% da área total da mesma). Os outros 242,29 ha (76,55 %) teriam restrições impostas pelo uso do solo nas datas chaves para a análise de projetos para MDL.

As áreas consideradas elegíveis dentro da propriedade em questão teriam a linha de base estruturada no histórico observado da mesma, cujo estoque de carbono tendeu a diminuir em função da supressão da vegetação não sofrendo nenhum estímulo para reverter este quadro, e assim, teria a linha de base apoiada apenas na fixação de carbono por algumas gramíneas presentes na área e pelo carbono estocado no solo.

Os cenários analisados demonstraram que um projeto de estímulo para a

fixação de carbono em reflorestamentos poderia contribuir muito com as necessidades globais de redução ou captura do carbono da atmosfera. Do mesmo modo, como um projeto florestas não teria apenas um único objetivo e sim, após desempenhar o seu papel perante o projeto de MDL teria ainda um aproveitamento com a comercialização da madeira e outros. Desta forma, a avaliação econômica global do projeto deve ser chave para o sucesso do mesmo.

Na região alvo do estudo de caso existe uma base florestal já instalada e possivelmente seria interesse de empresas realizarem uma ação conjunta com os pequenos e médios proprietários para a implantação de novos plantios florestais e assim, poderiam pensar em desenvolver também uma ação conjunta para estimular a captura do CO₂ da atmosfera.

O monitoramento de um projeto desta natureza deve contemplar a teoria clássica da amostragem. Desta forma, acredita-se que a melhor maneira para monitorar o carbono fixado pelo plantio seja a realização de inventários florestais com parcelas permanentes e remedições de 4 em 4 anos. Assim, poder-se-ia, através de modelagem matemática, estimar o comportamento temporal do carbono estocado.

6. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a metodologia aqui empregada foi adequada para realizar a quantificação da linha de base e monitoramento em um projeto de MDL Florestal.

A Floresta Ombrófila Mista apresenta potencial para projeto de MDL, em destaque a mesoregião de sudeste paranaense, com alternativa a práticas de baixo retorno econômico e melhoria da economia da região.

Projetos de MDL florestal com área de até 295 ha podem ser considerados como projetos de pequena escala. Um projeto de pequena escala poderia gerar cerca de US\$ 2.731,50 anualmente para o proprietário, considerando a venda dos créditos a 5 dólares a tonelada de carbono comercializada.

A comprovação da adicionalidade deve ser baseada nas condições momentâneas, antes da implantação do projeto e, portanto, poderia ser facilmente determinável em uma situação parecida com a desta propriedade.

O monitoramento destas áreas deveria seguir os preceitos básicos da teoria de amostragem com técnicas simplificadas e custos reduzidos visto que já faria parte do usual das avaliações de projetos florestais.

Em propriedades que tivessem emissões seria importante que fossem realizadas as quantificações destas emissões seguindo o que diz o Guia de Boas Práticas do IPCC além das próprias emissões mecânicas, decomposição e emissões dos solos.

Se a área alvo do projeto for grande escala (maior que 300 ha) deveria realizar o monitoramento utilizando-se imagem de satélite.

Além de armazenar carbono na vegetação um projeto desta natureza proporcionaria uma maior retenção do carbono fixado no solo, mantendo a capacidade de produção do sítio, um dos problemas do êxodo rural.

Deveria ser elaborado um projeto de PDD simplificado para pequena escala, devendo contemplar os itens citados anteriormente.

7. RECOMENDAÇÕES

Deve-se discutir mais detalhadamente a função dos plantios florestais e suas contribuições para a mitigação do aquecimento global.

Recomenda-se ainda que sejam realizadas articulações políticas entre entidades da região dos municípios avaliados com a finalidade de discutir uma possível submissão ou viabilização de um projeto de MDL para a região.

Recomenda-se ainda que, mesmo sendo um projeto de pequena escala haja um profissional que responda pelo mesmo e com experiência no processo de elaboração de projetos de MDL. E, para a comercialização dos créditos, que este seja feito por profissionais com experiência no mercado internacional.

Recomenda-se que a fase do monitoramento seja realizada através de Inventários Florestais, seguindo um processo de amostragem. Talvez a maneira de se viabilizar esta demanda seja através de articulações com órgãos que prestam o serviço de assistência técnica ao pequeno e médio agricultor.

Recomenda-se ainda que para facilitar a localização das parcelas sugere-se que sejam coletadas as coordenadas de localização da unidade amostral e também, que as árvores de bordadura das parcelas sejam marcadas com tinta na altura do DAP.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUKLAND, L. et al. Criando as Bases para o Desenvolvimento Limpo: Preparação do Setor de Gestão de Uso da Terra. **Um Guia Rápido para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. IIED, Londres. 2002. 52p.

AUKLAND, L.; COSTA, P.M. Review of methodologies relating to the issue of permanence for LULUCF projects. In: **Land Use and Forests, Carbon Monitorem, and Global Chance Cooperativa Agrément between Winrock International and the EPA**. Arlingt, 2002. 22p.

BATISTA, G.T. et al. Seqüestro e **Emissões de Carbono em Função da Mudança no Uso e Cobertura da Terra Amazônica**. INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

BELMIRO, T.R. A evolução do mercado global de carbono. In: **Carbono: Ciência e Mercado Global**. Curitiba, UFPR, 2004. p.59 - 67.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* de Wild plantados no Rio Grande do Sul. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.1, n.2, p.47-54, 2003.

CAMPOS, C.P. de **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001. 169p.

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.

CHOMITZ, K.M. Evaluating Carbon Offsets from Forestry and Energy Projects: How Do They Compare? **Social Science Research Network, Tomorrow's Research Today.** World Bank Policy Research Working Paper. Washington, 1999, n° 2357. Internet: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=630729>. Acesso em: 19/04/2005.

CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial.** 1990, 453p.

CINTRA et al. **Seqüestro e Emissões de Carbono em Função da Mudança no Uso e Cobertura da Terra Amazônica.** INPA - Programa Piloto para a proteção das florestas tropicais do Brasil através do MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia, Manaus, 2003. 30p.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução n° 278 de maio de 2001. Dispõe sobre a suspensão das autorizações de corte e exploração de espécies ameaçadas de extinção, que constem oficialmente na lista deste órgão, em populações naturais no bioma Mata Atlântica. CONJUR/MMA – PROGE/IBAMA. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27801.html>> Acesso em: 18/12/2004.

CONVENÇÃO DO CLIMA. **Convenção sobre a Mudança do Clima. Convenção**

Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Unidade de Informações sobre Mudanças do Clima (PNUMA) (IUC), secretariado Permanente da Convenção. Ministério da Ciência e Tecnologia com apoio do Ministério das Relações exteriores da República Federativa do Brasil. 1995.

CÔRTE, A.P.D.; ARCE, J.E. Metodologia para Zoneamento da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná. **Simpósio Internacional de Gestão do Conhecimento - ISKM**, PUC – PR. Curitiba. CD-ROM. 1-12p.

CROSTA, A.P.; SOUZA FILHO, C.R. Sensoriamento Remoto. In: **Anuário Fator GIS**, 1977. Curitiba, Sagres, 1977. 188p.

CRUICKSHANK, M.M.; TOMLINSON, R.W.; TREW, S. Application of CORINE land-cover mapping to estimate carbon stored in the vegetation of Ireland. **Journal of Environmental Management**. Ireland, 2000. p. 269-287.

ESPINDOLA, G. M. de; VERGARA, O. R.; GABOARDI, C. Avaliação das características temáticas e geométricas das imagens CCD do CBERS para fins cartográficos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, XXI. **Anais ...** Belo Horizonte. 2003.

FOODY, G.M.; CURRAN, P.J. The use of remote sensing to characterise the regenerative states of tropical forests. In: **Environmental remote sensing from regional to global scales**. FOODY, G.M.; CURRAN, P.J. John Wiley e Soncs, New York. 1994. 238p.

FUPEF – Fundação Pesquisas Florestais do Paraná. **Relatório do projeto**

Zoneamento para fins de uso sustentável e conservação dos recursos da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná. Curitiba: 2002. 98p.

GONÇALVES, M. **Avaliação de investimento em reflorestamento de pinus sob condições de incerteza.** Curso de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004. 113p.

GUOXIANG, L.; DAWEI, Z.; Estimating production of winter wheat by remote sensing and unified ground network. In: **Applications of Remote Sensing in Agriculture**, Steven, M.D.; Clark, J.A. Butterworth's, Toronto, 1990, 137- 148p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira. **Série Manuais técnicos em geociências**, nº 1. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Land Use, Land-Use Change, and Forestry.** A Special Report of the IPCC [WATSON, R.T.; et al.] Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, 2000. 377p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambio Climático 2001:** Informe de síntesis. Geneva, 2003. 207p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.** Japan, 2003.

KOOTEN, G.C.V.; EAGLE, A.J.; MANLEY, J.; SMOLAK, T. How costly are carbon offsets? A meta-analysis of carbon forest sinks. **Environmental Science e**

Policy 7, 2004. 239–251p. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: 03/01/2005.

KRUG, T. O papel das atividades de projeto de florestamento e reflorestamento no mecanismo de desenvolvimento limpo na fixação de CO₂ atmosférico. In: **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, UFPR, 2004. p.55 - 62.

LACRUZ, M.S.P. et al. Utilização do Sensoriamento Remoto e dados de campo para a modelagem das atividades biogeoquímicas na Floresta Nacional de Tapajós. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2001. Foz do Iguaçu, 2001. **Anais...** Sessão pôster. CD-ROM.

LINO, C.de O.; LIMA, M.G.R.; HUBSCHER, G.L. CBERS – An international space cooperation program. **Acta Astronáutica**. Grã-Bretanha, 2000. Vol. 47. Nos. 2-9. p. 559-564.

MACIEL, M.N.M. **Estimativa de parâmetros estruturais de uma Floresta Primária na Amazônia Oriental através de dados orbitais**. Tese de doutorado em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. 144p.

MARTINS, O.S. **Determinação do potencial de seqüestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP**. Curso de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. 2004. 137p.

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia. Primeiro Inventário Brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa, **Relatórios de referência: emissões e**

remoções de dióxido de carbono por mudanças nos estoques de florestas plantadas. [MARCOLIN, M.; SANTOS, A.A.dos; SALATI, E.] Brasília, 2002. 47p.

MENESES, P.R.; MADEIRA NETTO, J.S. **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais.** Brasília, DF: UnB, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001, 262p.

MONTESI, E.C.; BATISTA, G.T. Avaliação de dados do satélite CBERS para o mapeamento de produção agrícola ao nível municipal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XI. **Anais ...** Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril 2003, INPE, p. 181-188

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2004. 307p.

NOVO, E. de M. (1989) **Sensoriamento remoto, princípios e aplicações.** Editora Edgard Blucher Ltda. São José dos Campos. 1988. 308p.

PÉLLICO NETTO, S. & BRENA, D.A. **Inventário Florestal**, vol. 1. Curitiba: 1996. 316p.

PEREIRA, R. S. **Sistema de tratamento de imagens multiespectrais digitais.** Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995, 262 p.

PROTOCOLO DE QUIOTO. **Protocolo de Quioto. Convenção-Quadro das**

Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações exteriores da República Federativa do Brasil. 1997. 29p.

ROCHA, M.T. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: **As florestas e o carbono.** Curitiba, UFPR, 2002. p.1 - 34.

ROCHA, M.T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT.** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003. 213 p.

ROCHA, M.T. Mudanças climáticas e mercado de carbono. In: **Fixação de Carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisas.** Curitiba, UFPR, 2004. p.39 - 53.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Uberlândia: Udufu, 1992, 117p.

SANDOR, R. L.; WALSH, M. J. Some observations on the evolution of the international greenhouse gas emissions trading market, In: KOSOBUD, R. F.; SCHREDER, D.L.; BIGGS, H. M. **Emissions trade – environmental policy’s new approach.** John Wiley e Sons, Inc. 2000. 331p.

SANQUETTA, C.R.; TETTO, A. F. Pinheiro-do-Paraná: lendas e realidades. Curitiba: FUPEF, 2000. 112p.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: **As florestas e o carbono.** Curitiba, 2002. p. 119 – 140.

SANQUETTA, C.R.; DALLA CORTE, A.P.; BALBINOT, R.; LEAL, M.C.B.S.; ZILIOOTTO, M.A. Proposta metodológica para quantificação e monitoramento do carbono estocado em Florestas Plantadas. In: **Carbono: Ciência e mercado global**. Curitiba, 2004. p. 240 – 265.

SANTOS, J. R. dos; MALDONADO, F.D.; GRAÇA, P.M.L.A. Imagem CBERS: Uma nova ferramenta para subsidiar estudos de mapeamento e monitoramento ambiental. In: **Aplicações de geotecnologias na Engenharia Florestal**. Gabardo, 2004. p.128-137.

SCHUMACHER, M.V.; KONIG, F.G.; KLEINPAUL, J.J. Quantificação de carbono orgânico na serapilheira, sub-bosque e solo de uma Floresta de *Pinus elliotti* Engelm. aos 36 anos em Santa Maria, RS. In: **Fixação de Carbono: Atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, UFPR, 2004. p.125 - 132.

SOUZA, A.; KREUZ, C.L.; MOTTA, C.S. Análise de empreendimentos florestais (pinus) como alternativa de renda para o produtor rural na região dos Campos de Palmas. **Revista de Administração da UFLA**. Lavras, v.6, n.1, jan./jun. 2004. 8-21p.

SR, LULUCF. Special report: Land Use, Land-use change and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change. A especial report of the IPCC. Cambridge University Press. 2000. ?p.

STEVEN, M.D.; CLARK, J.A. **Applications of remote sensing in Agriculture**. Butterworth's. London. 1990. 427p.

TONON, A.E.N. **Efeitos da Densidade inicial e do sítio sobre o crescimento e a produção de bracatingais da região Metropolitana de Curitiba.** Dissertação de mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998. 193p.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. **Caring for climate: a guide to the climate change convention and the Kyoto Protocol.** Bonn, Germany, 2003. 25p.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. **The first ten years.** Bonn, Germany, 2004. 96p.

VERBYLA, D.L. **Satellite remote sensing of natural resources.** Lewis Publishers. New York. 1995.198p.

WATZLAWICK, L.F.; et al. Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no Sul do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica**, Curitiba, 2002. 20p.

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.** Tese de doutorado em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. 119p.