

TARCÍSIO JOSÉ GUALBERTO FERNANDES

CONTRIBUIÇÃO DOS CERTIFICADOS DE EMISSÕES REDUZIDAS
(CERs) NA VIABILIDADE ECONÔMICA DA HEVEICULTURA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

TARCÍSIO JOSÉ GUALBERTO FERNANDES

CONTRIBUIÇÃO DOS CERTIFICADOS DE EMISSÕES REDUZIDAS
(CERs) NA VIABILIDADE ECONÔMICA DA HEVEICULTURA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de setembro de 2003.

Prof. Carlos Pedro Boechat Soares
(Conselheiro)

Prof. Márcio Lopes da Silva
(Conselheiro)

Prof. Sebastião Renato Valverde

Pesq. Antônio de Pádua Alvarenga

Prof. Laércio Antônio Gonçalves Jacovine
(Orientador)

É inadmissível querer ser mestre sem antes ter sido discípulo.

(Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A toda a minha família – Mãe, Pai, Cad e Gau –, sem a qual meus sonhos não poderiam estar se concretizando; a todos os meus amigos, que durante minha vida acadêmica e profissional me deram muito apoio e força.

Aos meus queridos sobrinhos Letícia, Vitor e Lucas, que encheram meu coração de esperança para fazer um mundo melhor.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, em especial a Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, que durante o curso me passaram os ensinamentos necessários ao aprendizado.

À Companhia Comercial OMB, em especial a Pedro Carlos de Brito, e a todos os seus funcionários, especialmente Carlos Alberto de Brito Soares, Caio Cesar Franceschi, Airton Reviglio e Nilson Pereira de Souza, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

TARCÍSIO JOSÉ GUALBERTO FERNANDES, filho de Tarcísio Fernandes Leite e Nali Gualberto Leite, nasceu em 2 de dezembro de 1977, em Conselheiro Lafaiete, Estado de Minas Gerais.

Em 1995, graduou-se Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Barbacena/MG.

Em 1996, ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa e, com todas as dificuldades que a vida lhe proporcionou, concluiu sua graduação em agosto de 2001.

Em agosto de 2001, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de Mestre em Ciência Florestal em setembro de 2003.

Atualmente é Engenheiro Florestal da Companhia Comercial OMB.

CONTEÚDO

| | Página |
|--|--------|
| LISTA DE QUADROS..... | vii |
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| RESUMO..... | ix |
| ABSTRACT | xi |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA..... | 5 |
| 3.1. Mudança climática | 5 |
| 3.2. Efeito estufa | 6 |
| 3.3. Principais gases de efeito estufa | 6 |
| 3.3.1. Dióxido de carbono (CO ₂) | 7 |
| 3.3.2. Metano (CH ₄)..... | 7 |
| 3.3.3. Óxido nitroso (N ₂ O)..... | 8 |
| 3.3.4. Clorofluorcarbonos (CFCs)..... | 8 |
| 3.4. Principais emissões antrópicas de CO ₂ | 9 |
| 3.5. As convenções sobre mudanças climáticas | 9 |
| 3.5.1. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas | 10 |

| | Página |
|--|--------|
| 3.5.2. Histórico das Conferências das Partes (COPs)..... | 11 |
| 3.6. O Protocolo de Quioto..... | 13 |
| 3.7. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) | 15 |
| 3.8. O mercado de créditos de carbono | 17 |
| 3.9. As florestas na mitigação do efeito estufa..... | 19 |
| 3.9.1. A heveicultura na mitigação do efeito estufa | 21 |
| 3.10. A cultura da seringueira..... | 23 |
| 3.10.1. A borracha natural | 26 |
| 3.10.2. O mercado de borracha natural no Brasil e no mundo..... | 27 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 31 |
| 4.1. Cenários para geração de CERs | 31 |
| 4.2. Contabilização do carbono | 32 |
| 4.3. Conversão de carbono em CO ₂ equivalente (CO ₂ eq.)..... | 34 |
| 4.4. Critérios de avaliação econômica..... | 34 |
| 4.5. Taxa de Desconto | 37 |
| 4.6. Custos e receitas | 37 |
| 4.7. Análise de Sensibilidade | 38 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 5.1. Geração de CERs pela heveicultura..... | 39 |
| 5.2. Análise econômica..... | 41 |
| 5.2.1. Fluxo de Caixa..... | 41 |
| 5.2.2. Análise dos principais itens de custo | 44 |
| 5.2.3. Inclusão dos CERs para os diferentes cenários | 45 |
| 5.3. Análise de sensibilidade | 48 |
| 5.4. A heveicultura no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais | 50 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 56 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |
| ANEXO..... | 65 |
| ANEXO A..... | 66 |
| ANEXO B..... | 67 |

LISTA DE QUADROS

| | Página |
|--|--------|
| 1. Quantidade de carbono armazenado na biomassa florestal de <i>Hevea</i> sp., em diversos estudos..... | 22 |
| 2. Quantidade de carbono e CO ₂ eq. = CERs gerados pela heveicultura, para cada cenário estudado | 39 |
| 3. Custos, receitas e fluxo de caixa para a heveicultura, sem inclusão dos CERs | 43 |
| 4. Custos e receitas com inclusão das vendas dos CERs gerados pela heveicultura, para diferentes cenários estudados..... | 46 |
| 5. Indicadores econômicos para a heveicultura, nos diferentes cenários..... | 47 |
| 6. Análise de sensibilidade para o VPL e VAE, do cenário 2, variando em -20% e + 20%, nos principais custos e receitas da heveicultura | 48 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| 1. Status de ratificação do Protocolo de Quioto | 16 |
| 2. Consumo e produção mundial de borracha natural | 28 |
| 3. Relação entre o consumo e a produção brasileira de borracha natural... | 29 |
| 4. Participação percentual dos itens de custos atualizados das operações para produção de látex..... | 44 |
| 5. Análise de sensibilidade para o Valor Anual Equivalente (VAE) | 49 |
| 6. Análise de sensibilidade do Valor Presente Líquido (VPL)..... | 49 |
| 1B. Seringal em consórcio com cacau, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso..... | 67 |
| 2B. Seringal em consórcio com cacau, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso..... | 67 |
| 3B. Sistema agroflorestal com seringueira, banana, café e abacaxi, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso | 68 |
| 4B. Sistema agroflorestal com seringueira, banana, café e abacaxi, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso | 68 |
| 5B. Sistema agroflorestal com seringueira e café, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso | 69 |
| 6B. Sistema agroflorestal com seringueira e banana, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso | 69 |

RESUMO

FERNANDES, Tarcísio José Gualberto, M. S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2003. **Contribuição dos Certificados de Emissões Reduzidas (CERs) na viabilidade econômica da heveicultura.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine. Conselheiros: Carlos Pedro Boechat Soares e Márcio Lopes da Silva.

Tendo em vista a preocupação eminente com as mudanças climáticas globais e acreditando no potencial da heveicultura como opção para um novo mercado, o da venda dos Certificados de Emissões Reduzidas (CERs), o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a contribuição dos CERs na viabilidade econômica da heveicultura. Como objetivos específicos, pretendeu-se: propor alguns cenários possíveis de geração de CERs pela heveicultura; quantificar o número de CERs que cada cenário proposto pode gerar; identificar os principais itens de custo da heveicultura e sua contribuição percentual; fazer uma análise econômica da heveicultura nos diferentes cenários propostos; proceder à análise de sensibilidade dos principais itens de custos e receitas, a fim de verificar quais componentes mais afetam a viabilidade da heveicultura; e discorrer sobre o potencial socioeconômico e ambiental da heveicultura no contexto das negociações sobre mudança climática global. A proposição dos possíveis cenários que podem gerar os CERs foi feita com base nas premissas já definidas

para aprovação de projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto e na premissa específica para a heveicultura, que é a possibilidade de considerar a borracha natural como armazenadora de carbono. A heveicultura permitiu propor cinco possíveis cenários, sendo o cenário 1 (sem a receita extra dos CERs) servindo como testemunha e quatro deles com a inclusão dos CERs, conforme descrito: cenário 2 – CERs apenas da biomassa (249,6 tCO₂eq./ha); cenário 3 – CERs da biomassa mais da borracha natural (368,8 tCO₂eq./ha); cenário 4: CERs da substituição da borracha sintética pela borracha natural (650,3 tCO₂eq./ha); e cenário 5 – CERs da biomassa, da borracha natural e da substituição de borracha sintética pela natural, representando o potencial máximo da cultura (1.019,1 tCO₂eq./ha). Quanto aos principais custos da heveicultura, verificou-se que a sangria representa 34% dos custos totais atualizados, seguida pela aplicação de defensivos (21%), implantação (20%) e adubação (14%). A análise econômica demonstrou que a heveicultura é viável para todos os cenários propostos para a taxa de 10% ao ano, sendo que para o Valor Presente Líquido (VPL) o cenário 2 incrementou o VPL em 9,9%; o cenário 3, em 14,6%; o cenário 4, em 24,8%; e o cenário 5, em 40,4%. Já para a taxa de 20% ao ano a heveicultura é economicamente inviável para os cenários 1, 2 e 3. Para os cenários 4 e 5, a heveicultura mostrou-se economicamente viável, com acréscimo de 132,8 e 208,2% para o VPL, respectivamente. Pela análise de sensibilidade, pôde-se observar que a taxa de juros, o custo total e o preço da borracha foram os componentes que mais afetaram a viabilidade da cultura. A partir dos resultados encontrados, pode-se concluir que: a heveicultura apresenta grande potencial para geração de CERs, por meio do armazenamento de carbono na biomassa e na borracha natural, além da emissão evitada ao se utilizar a borracha natural em vez da sintética; a sangria é o principal componente de custo da heveicultura; a variação na taxa de juros e o preço da borracha afetam consideravelmente a viabilidade econômica dessa cultura; e a heveicultura apresenta-se como uma ótima opção para o financiamento via Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, dado o seu potencial na geração de CERs e, também, em função de seus benefícios sociais, ambientais e econômicos, contribuindo, assim, para o desenvolvimento sustentável do Brasil.

ABSTRACT

FERNANDES, Tarcísio José Gualberto, M. S., Universidade Federal de Viçosa, August 2003. **Contribution of emission reduction certificates (ERCs) for rubber crop economical viability.** Adviser: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine. Committee Members: Carlos Pedro Boechat Soares and Márcio Lopes da Silva.

In view of the great concern with global climatic changes and believing in the rubber crop potential as an option for a new market, sale of Emission Reduction Certificates (ERCs), the general objective of this work was to evaluate the contribution of these ERCs for the economical viability of rubber crop. As specific objectives, the following was intended: to propose some possible scenarios of ERCs generation for the rubber crop; to quantify the number of ERCs that each proposed scenario can generate; to identify the main cost items for rubber crop and its percentage contribution; to proceed an economical analysis of rubber crop in the different proposed scenarios; to analyze the sensibility of the main cost items and revenues; to evaluate which components affect more the rubber crop viability; and to discourse on the socioeconomic and environmental potential of rubber crop in the context of the negotiations on the global climatic change. The proposition of the possible scenarios that could

generate ERCs was made based on the premises already defined for project approval by the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol, and in the specific premise for rubber crop, which is the possibility to consider the natural rubber as carbon storage. The rubber crop admitted the proposition of five possible scenarios, scenario 1 - without the extra revenue of ERCs as the control and four of them with the inclusion of ERCs, as described: scenario 2 - ERCs of biomass only (249,6 tCO₂eq./ha); scenario 3 - ERCs of biomass plus natural rubber (368,8 tCO₂eq./ha); scenario 4: ERCs of replacement of synthetic for natural rubber (650,3 tCO₂eq./ha); and scenario 5 - ERCs of biomass, natural rubber, and replacement of synthetic for natural, which represents the crop maximum potential (1.019,1 tCO₂eq./ha). Regarding to rubber crop main costs, it was verified that tapping represents 34% of the updated total costs, followed by pesticide application (21%), implantation (20%) and fertilization (14%). The economical analysis showed that rubber crop is viable in all the scenarios proposed at the rate of 10% a year. In scenario 2, the Net Present Value (NPV) was increased in 9,9%, scenario 3 in 14,6%, scenario 4 in 24,8% and scenario 5 in 40,4%. However, at the rate of 20% a year, the rubber crop is not economically viable in scenarios 1, 2 and 3. In scenarios 4 and 5, the rubber crop was shown economically viable, with NPV increment of 132,8 and 208,2%, respectively. The sensibility analysis showed that interest rate, total cost and rubber price were the components that affected more crop viability. The results obtained permit the following conclusions: the rubber crop presents great potential for ERCs generation through biomass carbon storage and natural rubber, besides the carbon emission avoidance when using natural instead of synthetic rubber; tapping is the main component of cost; the variation in the interest rate and the price of rubber affects the economical viability of the culture considerably; rubber crop comes as a great option for financing via Clean Development Mechanism, because of its potential for generating ERCs and also, in function of its social, environmental and economical benefits, contributing in this way for Brazil's sustainable development.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 1980, as questões relativas a mudanças climáticas, aquecimento global e efeito estufa passaram a ocupar um lugar de destaque no rol das ameaças ambientais que colocam em risco a integridade do planeta. O aumento da concentração de certos gases, chamados de Gases de Efeito Estufa (GEE), sobretudo o dióxido de carbono (CO₂), seria o principal responsável pela intensificação do efeito estufa e, portanto, pela perturbação do balanço energético entre a terra e o espaço e pelas mudanças climáticas que têm sido verificadas.

A problemática ganhou importância na política mundial, culminando na criação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas Globais (UNFCCC – THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE). Como marco político das ações relacionadas ao tema destacam-se a ECO 92, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, e o Protocolo de Quioto, elaborado na Conferência das Partes da Convenção Quadro, que ocorreu no Japão em 1997.

O Protocolo de Quioto permite que os países desenvolvidos alcancem suas metas utilizando-se dos "Mecanismos de Flexibilização", que são: o Comércio de Emissões, a Implementação Conjunta e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Dentre estes, o MDL é o único mecanismo que envolve os países em desenvolvimento. Ele permite que as nações desenvolvidas

alcancem parte de suas obrigações de redução por meio da implantação de projetos, em países em desenvolvimento, que reduzam as emissões ou as “compensem”. Os projetos de MDL, conforme definido em Marrakesh, em 2001, além de comprovarem a adicionalidade, devem possibilitar o desenvolvimento sustentável, cabendo, neste caso, ao país hospedeiro estabelecer os critérios de sustentabilidade a serem atendidos.

Dentre os projetos que podem ser usados para a compensação das obrigações dos países em desenvolvimento destaca-se o uso de “sumidouros” de GEE, notoriamente o CO₂, que é o principal responsável pelo aquecimento global. O plantio de árvores ou a recuperação de ecossistemas florestais removem CO₂ da atmosfera à medida que a vegetação cresce, ou seja, através do processo fotossintético há o chamado “seqüestro” de carbono.

Nesse contexto surge a cultura da seringueira (heveicultura), que pode ser considerada uma das mais importantes alternativas, em particular para o Brasil. A heveicultura, devido a seu grande potencial de atendimento aos critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade elaborados pela Comissão Interministerial de Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente (MMA), merece destaque diante das negociações sobre mudanças climáticas globais.

A heveicultura tem uma importância singular para o Brasil, pois, ao analisar o balanço do setor de borracha natural, considerando uma produção estabilizada e um crescimento no consumo de 3%, infere-se que até 2010 o país poderá ter que importar mais de 215 mil toneladas do produto, anualmente, para suprir a sua demanda interna. Assim, seriam gastos mais de 215 milhões de dólares anualmente com a importação da borracha natural. Ressalta-se também que a seringueira é uma das culturas com maior capacidade de gerar empregos fixos no meio rural, promovendo a fixação do homem no campo com dignidade e qualidade de vida. A cultura é um recurso renovável, podendo ainda restabelecer áreas degradadas, proteger o solo contra erosões, além de gerar outros benefícios sociais e ambientais que outras culturas não são capazes de contemplar.

Embora haja trabalhos com estimativas sobre o armazenamento de carbono pela cultura e a produtividade de borracha natural, existe uma carência de estudos que evidenciam o real potencial da heveicultura como alternativa econômica perante o MDL. Assim, criou-se a necessidade de se estudar a heveicultura em diferentes cenários propostos e sob algumas perspectivas que contemplem a situação atual das negociações sobre mudanças climáticas globais.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a contribuição dos Certificados de Emissões Reduzidas (CERs) na viabilidade econômica da heveicultura. Como objetivos específicos, pretendeu-se:

- Propor alguns cenários possíveis de geração de CERs pela heveicultura.
- Quantificar o número de CERs que cada cenário proposto pode gerar.
- Identificar os principais itens de custo da heveicultura e sua contribuição percentual.
- Fazer uma análise econômica da heveicultura para os diferentes cenários propostos.
- Proceder à análise de sensibilidade dos principais itens de custos e receitas para verificar quais componentes mais afetam a viabilidade da heveicultura.
- Discorrer sobre o potencial socioeconômico e ambiental da heveicultura no contexto das negociações sobre mudança climática global.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Mudança climática

Mudança climática, ou mudança do clima, refere-se a um dos temas ambientais mais importantes em pauta neste novo milênio. Segundo a definição da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC – THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, 2003), mudança climática é a “mudança que possa ser diretamente ou indiretamente **atribuída à atividade humana** que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis”. Diferentemente, mudança natural do clima refere-se àquela que ocorre naturalmente por **milhares de anos** e pode propiciar como consequência a ocorrência de fenômenos atmosféricos extremos de forma natural, como terremotos, vulcões, ciclones e outros (ECON, 2000).

A mudança climática é comumente relacionada ao aquecimento global, porque uma das consequências mais prováveis da existência de concentrações maiores de gases de efeito estufa na atmosfera são temperaturas médias altas (PACIORNIK e MACHADO FILHO, 2000).

As conseqüências do aquecimento global são, entre outras, as mudanças nos padrões de chuvas e ventos, que podem levar à redução da produção agrícola, aceleração da extinção das espécies, alteração no suprimento de água doce, proliferação de doenças tropicais, derretimento das calotas polares, elevação dos níveis dos mares, desaparecimento de ilhas, inundação de cidades litorâneas, eventos climáticos extremos (furacões, enchentes, etc.) e também o acirramento dos processos de desertificação (BRASIL, 2003).

O aumento da concentração dos chamados Gases de Efeito Estufa (GEE), sobretudo o CO₂, seria o principal responsável pela perturbação do balanço energético entre a terra e o espaço e pelas mudanças climáticas que têm sido verificadas (SCIENTIFIC AMERICAN, 2003).

3.2. Efeito estufa

A denominação Efeito Estufa é dada por analogia ao que ocorre nas estufas de cultivo de plantas, normalmente de vidro. Os vidros deixam passar os raios solares livremente, mas impedem a saída do calor formado no interior da estufa, provocando, assim, seu aquecimento (ARAÚJO, 1999). Quanto aos raios solares que chegam à Terra, 30% não conseguem atravessar a atmosfera e são refletidos de volta para o espaço; 70% deles conseguem atingir a atmosfera e a superfície terrestre, sendo então absorvidos. Ao ser aquecida por essa radiação, a superfície terrestre passa a emitir energia na forma de calor. Parte dessa energia se perde no espaço; o restante é absorvido por certos gases atmosféricos, os chamados GEE (HELENE et al., 1994).

3.3. Principais gases de efeito estufa

Os GEE recebem tal denominação por apresentarem a propriedade de reter o calor. Os principais são: vapor d'água, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), gás metano (CH₄), clorofluorcarbonos (CFCs), ozônio (O₃), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexaflúor sulfúrico (SF₆) (ECOM, 2000).

O vapor d'água, o CO₂, o O₃, o CH₄ e o N₂O são gases de efeito estufa presentes naturalmente na atmosfera; já os CFCs, os HFCs, os PFCs e o SF₆ são gases que não ocorrem naturalmente, sendo resultantes apenas das atividades humanas (PACIORNIK e MACHADO FILHO, 2000). O vapor d'água é o mais importante gás natural causador do efeito estufa, devido à sua abundância, porém o papel de suas emissões de origem antropogênica é menos importante. O CO₂ é o segundo gás de efeito estufa em importância, sendo lançado na atmosfera de forma natural e não-natural (CAMPOS, 2001). A seguir são descritos os principais GEE de origem antropogênica.

3.3.1. Dióxido de carbono (CO₂)

As concentrações do CO₂ na atmosfera aumentaram de 285 para 366 ppmv, aproximadamente (IPCC, 2001b), o que representa em torno de 30% mais alto que no começo da Revolução Industrial. Também chamado de gás carbônico, é considerado um dos principais gases que causam o efeito estufa. Este gás é emitido em grande quantidade para a atmosfera por duas principais atividades humanas: a queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural); e a destruição e queima das florestas (HELENE et al., 1994). Suas emissões representam aproximadamente 55% do total das emissões mundiais de GEE. O tempo de sua permanência na atmosfera é, no mínimo, de 100 anos; isso significa que as emissões de hoje têm efeitos de longa duração, podendo resultar em impactos no regime climático ao longo de séculos (CARVALHO et al., 2002).

3.3.2 Metano (CH₄)

O metano (CH₄), embora presente em quantidade muito pequena na atmosfera (1,72 ppmv), é responsável por aproximadamente 20% do aquecimento global (ARAÚJO, 1999). A quantidade de metano emitido para atmosfera é bem menor que a de CO₂, mas seu poder estufa (potencial de aquecimento) é 20 vezes superior (CARVALHO et al., 2002).

Sua concentração subiu cerca de 145% durante os últimos 200 anos. Os processos digestivos do gado e de outros ruminantes, o cultivo de arroz, a utilização de petróleo e gás natural, a exploração das minas de carvão mineral, a decomposição de resíduos em zonas de aterros sanitários e industriais são algumas das principais fontes de emissão de metano (ARAÚJO, 1999).

3.3.3. Óxido nitroso (N₂O)

O óxido nitroso (N₂O) é emitido principalmente pela realização de queimadas, emissões de gases industriais e nas atividades agrícolas (fertilização nitrogenada exagerada) (ARAÚJO, 1999). Desde a Revolução Industrial houve um aumento considerável deste gás na atmosfera, passando de 270 partes por bilhão (ppb) para 314 ppb em 1998 (IPCC, 2001a).

3.3.4. Clorofluorcarbonos (CFCs)

São produtos da indústria química que nunca existiram na atmosfera até serem sintetizados há mais de 60 anos. São utilizados em refrigeradores, condicionadores de ar e aerossóis, sendo este o mais poderoso GEE. Uma molécula de CFC tem o mesmo efeito de 10.000 moléculas de CO₂. As principais fontes de CFCs são os vazamentos durante seu emprego na refrigeração e produção de espumas e aerossóis. Vale a pena salientar que não existe nenhum mecanismo natural que absorva os CFCs da atmosfera; o único processo que consegue destruir esses gases é a ação da radiação ultravioleta nas camadas mais altas da atmosfera, porém isso provoca uma reação secundária, que é a destruição da camada de ozônio (HELENE et al., 1994). Portanto, os CFCs, além de serem GEE, também são depletors da camada de ozônio. No entanto, sua utilização está controlada pelo Protocolo de Montreal à Convenção das Nações Unidas para a Proteção da Camada de Ozônio (PEREIRA, 2002).

3.4. Principais emissões antrópicas de CO₂

Com a Revolução Industrial a demanda por energia aumentou e a crescente utilização de combustíveis fósseis transferiu o carbono, que antes estava imobilizado, para a atmosfera (SALATI, 1994).

Os aumentos no consumo do petróleo foram particularmente rápidos, mas, durante a década de 1980, o uso do carvão e do gás natural intensificou-se. A América do Norte, a Europa Ocidental e outros países desenvolvidos foram os maiores contribuintes da emissão de CO₂ a partir da queima de combustíveis fósseis, sendo responsáveis por cerca de dois terços das emissões (VICTORIA et al., 1994). Além disso, reservatórios naturais de carbono, os “sumidouros” (ecossistemas com a capacidade de absorver CO₂) também estão sendo afetados por ações antrópicas. No caso de florestas, um estoque natural de carbono, o desmatamento e as queimadas contribuem para agravar o efeito estufa, uma vez que liberam principalmente o CO₂ para a atmosfera (CARVALHO et al., 2002).

O carbono armazenado na madeira e em outras partes de uma árvore sofre um processo chamado de combustão, sempre quando é queimado. O carbono reage com o oxigênio do ar, formando o CO₂, que então se espalha na atmosfera. O desmatamento provoca esse processo, quando as árvores são derrubadas e queimadas. Além disso, os restos de galhos, troncos e folhas que permanecem na área desmatada ficam expostos ao tempo e, ao apodrecerem, vão lentamente liberando CO₂ e outros GEE para a atmosfera (HELENE et al., 1994). O desmatamento, além de ser uma das mais importantes fontes de emissão de carbono para a atmosfera, é uma grave ameaça à biodiversidade e aos recursos hídricos (ARAÚJO, 1999).

3.5. As convenções sobre mudanças climáticas

Devido a necessidade de desenvolver políticas e instrumentos legais internacionais sobre a questão da mudança do clima, a Assembléia Geral das Nações Unidas estabeleceu o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas (CIN/CQMC), ao qual

encomendou a redação de uma Convenção Quadro, assim como de qualquer instrumento jurídico relacionado que fosse considerado necessário. Os representantes de mais de 150 países encontraram-se durante cinco reuniões, celebradas entre fevereiro de 1991 e maio de 1992; finalmente, em 9 de maio de 1992, foi adotada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas na sede das Nações Unidas em Nova York (PNUMA, 1995).

3.5.1. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, conhecida como "Cúpula da Terra", foi aberta a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas para assinatura dos países membros, em junho de 1992 (BRASIL, 2003). O Brasil foi o primeiro país a assinar; posteriormente, outros países o fizeram, o que demonstra o caráter praticamente universal da Convenção (PACIORNIK e MACHADO FILHO, 2000). Denomina-se Convenção Quadro, pois fornece um "quadro" dentro do qual os governos podem trabalhar em conjunto para desenvolver novas políticas e novos programas, com o intuito de alterar a forma como as pessoas vivem e trabalham (ECOM, 2000).

Os governos signatários, denominados "Partes da Convenção", tiveram que se comprometer a elaborar uma estratégia global para proteger o sistema climático e tentar atingir o objetivo final de estabilizar as concentrações dos GEE na atmosfera, em níveis que impeçam uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Esses níveis deverão ser alcançados em tempo suficiente para permitir que os ecossistemas se adaptem naturalmente às mudanças climáticas, que a produção de alimentos não seja prejudicada e para garantir que haja desenvolvimento econômico sustentável (SANTILLI et al., 2002). Desde então, as Partes têm se reunido para discutir o assunto e tentar encontrar soluções para o problema apresentado. Até o presente momento foram realizados oito encontros, denominados Conferência das Partes (COPs) (ROCHA, 2002).

3.5.2. Histórico das Conferências das Partes (COPs)

A Conferência das Partes é o órgão supremo da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática, tendo a responsabilidade de promover e rever a implementação da Convenção, assim como quaisquer instrumentos jurídicos que esta vier a adotar (ECOM, 2000).

Em 1995, em Berlim, realizou-se a Primeira Conferência das Partes da Convenção (COP-1), propondo a constituição de um Protocolo e o fortalecimento das obrigações dos países do Anexo I da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC) (MMA, 2002). Foi expressa a insatisfação com o mecanismo de Implementação Conjunta, idealizado na Rio 92, e um novo modelo foi proposto, na forma de uma fase-piloto, durante a qual os projetos eram chamados de “Atividades Implementadas Conjuntamente” (AIJ – *Activities Implemented Jointly*). Durante esta fase-piloto, seriam desenvolvidos projetos com o objetivo de estabelecer protocolos e experiência, porém sem permitir a transferência de “créditos de carbono” entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento. Entretanto, devido à falta de incentivos reais para o investidor, os resultados não foram representativos do potencial do mecanismo, em termos de nível de investimento internacional e redução de GEE (MCT, 2002).

No ano de 1996, na COP-2, em Genebra, houve a assinatura da Declaração de Genebra, contemplando acordos para criação de obrigações legais entre os países do Anexo I, ainda a ser celebrada na Terceira Conferência das Partes (COP-3), em Quioto, Japão. Constituiu-se também uma base científica, a fim de pressionar as nações em seus posicionamentos em relação aos esforços na implementação de medidas mitigadoras de mudanças climáticas. Foi apresentado na Conferência o Segundo Relatório de avaliação do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), que era o mais atualizado documento sobre a ciência da mudança do clima, fornecendo suporte à convergência de uma base científica internacional (MMA, 2002).

As discussões durante a COP-2 indicavam que um acordo sobre compromissos obrigatórios de redução de emissões de GEE seria o ponto central das discussões da COP-3. As conseqüências desses compromissos ainda permaneciam desconhecidas, mas poderiam se manifestar na forma da criação de novos impostos sobre emissões de GEE, cotas de emissões, etc. Todas essas alternativas acarretariam altos custos para países industrializados (CEBDS, 2001).

Em 1997, na COP-3, em Quioto, foi aprovado o Protocolo de Quioto, com assinatura de 170 países. O ponto mais importante do Protocolo de Quioto é o comprometimento formal dos países desenvolvidos e daqueles com economias em transição de reduzir suas emissões de GEE em um nível 5% abaixo dos níveis de 1990, para o período de 2008 a 2012 (ROCHA, 2002).

A grande novidade do Protocolo de Quioto consiste na possibilidade de utilização de mecanismos de flexibilização, com o intuito de que os países do Anexo I do Protocolo possam atingir os objetivos de redução de gases de efeito estufa. Esses mecanismos pretendem possibilitar que os objetivos de redução sejam atingidos de maneira mais eficiente do ponto de vista de custos de cada país, sem, no entanto, comprometer a meta ambiental em questão (PACIORNIK e MACHADO FILHO, 2000).

Outro aspecto importante e de interesse para o setor florestal é o reconhecimento de atividades florestais como uma opção para reduzir concentrações de GEE atmosférico (ECOM, 2000).

O Protocolo de Quioto foi o primeiro passo real no processo de desenvolvimento de um mercado global por créditos de GEE, fixando metas obrigatórias e significativas de redução de emissões e, ao mesmo tempo, criando um mecanismo de mercado para facilitar que os objetivos sejam atendidos (PACIORNIK e MACHADO FILHO, 2000). O Protocolo esteve aberto para a assinatura de março de 1998 a março de 1999, e, desde março de 1999, está aberto a adesões. Este protocolo entrará em vigor 90 dias depois da ratificação de pelo menos 55 Partes da Convenção, que representaram, em 1990, pelo menos

55% das emissões totais de dióxido de carbono dos países desenvolvidos e dos países com economia em transição (ECOM, 2000).

Em 1998, na COP-4, Buenos Aires, ficou acertado que os certificados de emissões reduzidas (CERs) obtidos entre os anos de 2000 e 2008 poderiam ser usados para o atendimento do primeiro compromisso de redução, referente ao período de 2008 a 2012 (MMA, 2002).

Em 1999 e 2000, na COP-5, Bonn, e COP-6, Haia, pretendia-se discutir detalhes de como os mecanismos de flexibilização funcionariam na prática. Todavia, esses detalhes permaneceriam indefinidos até o complemento da COP-6, conhecida como COP-6 parte II, ocorrida em Bonn, em julho de 2001. Esta Conferência resultou em um acordo que teve um cunho político bastante presente, uma vez que os resultados insatisfatórios da COP-6, em Haia, foram revertidos por meio de concessões importantes. O Acordo de Bonn abriu caminho para grandes avanços técnicos alcançados na COP-7, ocorrida em Marraqueche, em novembro de 2001. Esses avanços se materializaram por meio do Acordo de Marraqueche, cujo maior mérito foi o estabelecimento de uma regulamentação mais bem definida do Protocolo de Quioto (MMA, 2002).

A oitava Conferência das Partes (COP-8), realizada em Nova Deli, Índia, em 2002, frustrou as expectativas de organizadores de organismos não-governamentais (ONGs), ambientalistas, pesquisadores e representantes dos governos que já assinaram o Protocolo de Quioto. Por não ter alcançado soluções definitivas para os principais impasses que atrasam a implantação do Protocolo, a COP-8 foi chamada de Conferência de transição, por ter conseguido tratar apenas de assuntos técnicos ou de menor importância (WWI/UNA, 2002a).

A nona Conferência das Partes (COP-9) está marcada para dezembro de 2003 em Milão, na Itália (UNFCCC, 2003).

3.6. O Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto foi assinado durante a COP-3 em Quioto, no Japão, e foi apresentado para a aprovação dos países como proposta concreta de

início do processo de estabilização das emissões de gases geradores de efeito estufa. O Protocolo dividiu os países em dois grupos: Anexo I, que são os países mais industrializados, grandes emissores de CO₂; e Não-Anexo I, países que, para atender às necessidades básicas de desenvolvimento, precisam aumentar a sua oferta energética e, potencialmente, suas emissões (MCT, 2002).

De acordo com o Protocolo de Quioto, os países do Anexo I ficam obrigados a reduzir suas emissões de gases geradores de efeito estufa para que elas se tornem 5% inferiores aos níveis de emissão de 1990. No Protocolo de Quioto foi estabelecido ainda que essa redução deve ser realizada entre 2008 e 2012 (fase definida como o primeiro período de cumprimento do Protocolo) (ECOM, 2000). Para possibilitar a implementação dos seus propósitos de redução de emissões e ao mesmo tempo assegurar uma transição economicamente viável para a adoção desse novo padrão, no Protocolo de Quioto estabeleceu-se ainda a criação de mecanismos comerciais (chamados de “Mecanismos de Flexibilização”) para facilitar que os países do Anexo I e suas empresas cumpram suas metas de cortes nas emissões; são eles: implementação conjunta (JI – *Joint Implementation*), comércio de emissões (*Emissions Trade*) e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ou *Clean Development Mechanism* (CDM) (MCT, 2002).

Os dois primeiros, constituídos de modo a serem utilizados entre países industrializados do Anexo I, objetivam a contabilização de reduções líquidas de emissões de gases com execução de projetos em outros países, também do Anexo I do Protocolo. O MDL, por sua vez, foi desenvolvido a partir de uma proposta da delegação brasileira, que previa a constituição de um Fundo de Desenvolvimento Limpo. Segundo a proposta original, esse Fundo seria constituído por aporte financeiro dos grandes países emissores, no caso de não atingirem metas de redução consentidas entre as Partes, seguindo o princípio do poluidor-pagador (CARVALHO et al., 2002).

Em Quioto, a idéia do Fundo foi transformada, e estabeleceu-se o MDL, que consiste na possibilidade de um país desenvolvido financiar projetos em países em desenvolvimento como forma de cumprir parte de seus compromissos,

gerando os chamados “créditos de carbono”, também conhecidos como Certificados de Emissões Reduzidas (CERs) (ECOM, 2000).

Atualmente, a saída dos EUA, que representa 36% dos GEE, das negociações e a recusa da Rússia, que representa mais de 17% dos GEE, em ratificar este ano o Protocolo de Quioto causaram um certo desânimo a todos os que tinham a expectativa de efetivação do Protocolo, uma vez que sem um destes dois países ela não vai “sair do papel”.

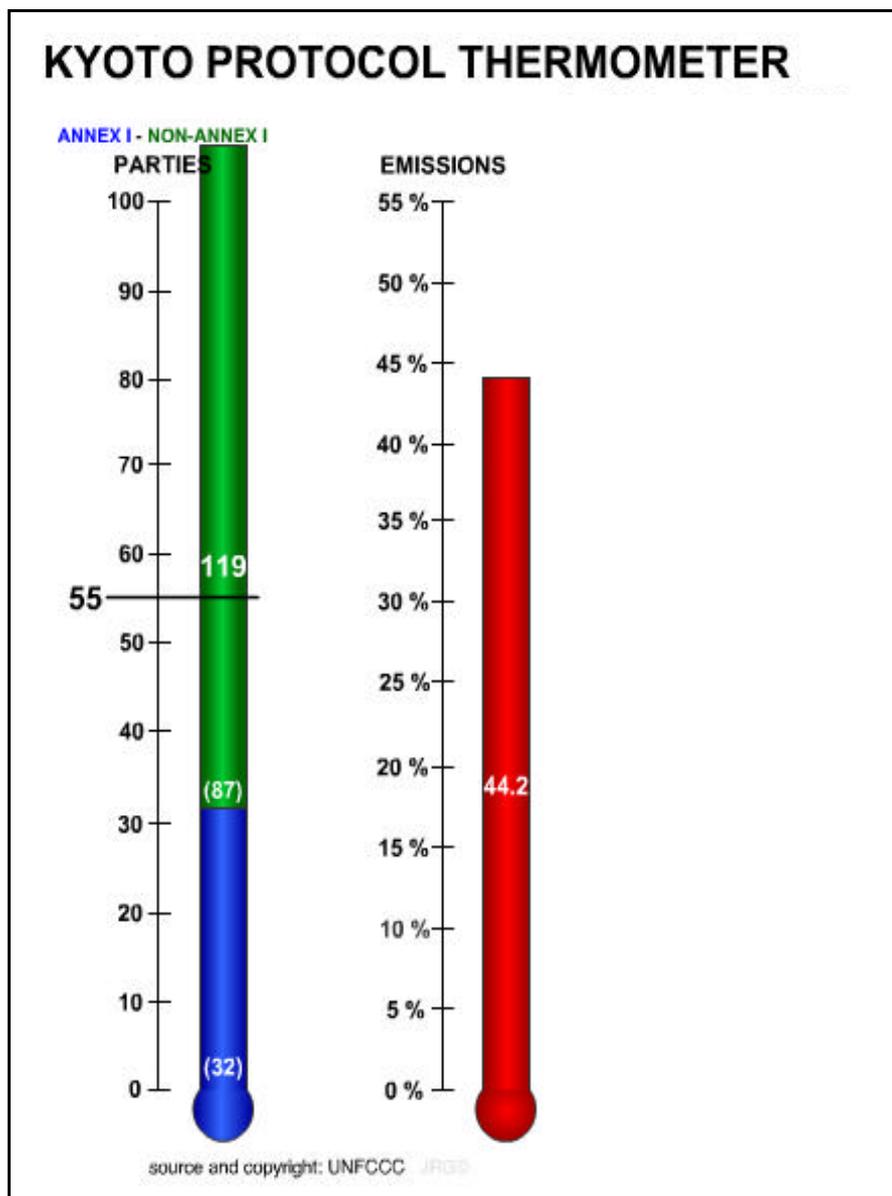
A Figura 1 mostra o *status* de ratificação do Protocolo de Quioto (UNFCCC, 2003). Os países do Anexo I do Protocolo que já ratificaram o Protocolo estão representados pela cor azul (**32**); os países do Não-Anexo I que já ratificaram o Protocolo estão representados pela cor verde (**87**); e ao lado do vermelho está a soma das emissões dos países do Anexo I, que representa **44,2%** do total, sendo necessários mais 10,8% para que o Protocolo entre em vigor.

3.7. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) funciona como um mecanismo de cooperação internacional, estimulando o apoio dos países desenvolvidos, os que mais poluem, em projetos que reduzam as emissões ou as absorvam, nos países em desenvolvimento. Com isso, os países desenvolvidos podem abater os resultados das metas de redução de suas próprias emissões. Um país desenvolvido poderia investir, por exemplo, no reflorestamento de um país em desenvolvimento em troca de continuar emitindo gases de efeito estufa (FORUMCLIMA, 2003).

O MDL tem por objetivo a mitigação de gases de efeito estufa em países em desenvolvimento, na forma de “sumidouros”, investimentos em tecnologias mais limpas, eficiência energética e fontes alternativas de energia (CEBDS, 2002).

Basicamente, duas linhas de ação (ou iniciativas) são consideradas elegíveis como medidas de redução do efeito estufa: 1) redução de emissões através do aumento da eficiência energética, do uso de fontes e combustíveis



Fonte: <http://unfccc.int/resource/kpthermo.html>

Figura 1 – Status de ratificação do Protocolo de Quioto.

renováveis, da adoção de melhores tecnologias e sistemas para o setor de transportes e para o processo produtivo de um modo geral; e 2) resgate de emissões através de “sumidouros” e da estocagem dos gases de efeito estufa retirados da atmosfera, como, por exemplo: a injeção de CO₂ em reservatórios geológicos, ou atividades relacionadas ao uso da terra, como o florestamento e o reflorestamento. Estas últimas são conhecidas no processo de negociação do Protocolo de Quioto como atividades LULUCF (Land Use and Land Use Change and Forest – uso da terra, mudança do uso da terra e florestas) (CEBDS, 2002).

A regulamentação do MDL, conforme os Acordos de Marraqueche, na prática, permite o desenvolvimento de diversos esquemas de projetos (MMA, 2002):

- *Unilateral*: um país em desenvolvimento (ou entidades legais autorizadas) adquire certificados de outro país em desenvolvimento (ou entidades legais autorizadas) para negociação futura com um país desenvolvido (ou entidades legais autorizadas), ou um país em desenvolvimento (ou entidades legais autorizadas) adquire certificados de projetos implementados no próprio país para negociação posterior com um país desenvolvido (ou entidades legais autorizadas).
- *Bilateral*: um país em desenvolvimento (ou entidades legais autorizadas) negocia diretamente com um país desenvolvido (ou entidades legais autorizadas).
- *Multilateral*: países desenvolvidos (ou entidades legais autorizadas) podem se reunir em fundos de investimentos (como no Fundo Protótipo de Carbono do Banco Mundial) e adquirir certificados de um país em desenvolvimento (ou entidades legais autorizadas), ou países (ou entidades legais autorizadas) podem estabelecer centros de intercâmbios (Bolsas ou “clearing houses”, incluindo Internet), onde os certificados são negociados (compra e venda).

3.8. O mercado de créditos de carbono

Os instrumentos de crédito e/ou permissão de poluição, para outros poluentes, já são utilizados em diversos países com relativo sucesso há vários

anos. A idéia básica é que a redução, estabilização e/ou eliminação de um determinado poluente podem ser alcançadas através da comercialização de créditos de redução e/ou permissões de emissão entre as empresas. Esse comércio faz com que as empresas tenham maior flexibilidade no cumprimento das metas estabelecidas (ROCHA, 2002). Acredita-se que a demanda por créditos de captação de carbono vá levar à criação de um valor real de mercado que lhes caracterizará como *commodities* transacionáveis, nos moldes do mercado de créditos de SO₂, já existente nos EUA (COSTA, 1998).

Desde as primeiras convenções sobre mudanças climáticas o “seqüestro” de carbono, que pode gerar créditos de carbono, ou os certificados de emissões reduzidas têm evoluído de uma idéia teórica até um mecanismo mercadológico para alcançar metas ambientais globais. Mesmo hoje, sem ser um mercado organizado e com preços definidos, já há evidências da evolução dos esquemas voluntários iniciais e das transações de barganha e permuta, que prevaleceram no começo dos anos 90, para um mecanismo de mercado visando cumprir compromissos vinculados acordados no Protocolo de Quioto (COSTA et al., 2000).

As opções no setor de reflorestamento buscam reduzir as emissões totais de uma entidade emissora (país, região ou companhia) através de compensações em atividades florestais que absorvam CO₂ atmosférico durante o crescimento vegetal. Esse mecanismo, chamado de “sumidouro”, não é aceito por boa parte dos países, os quais querem que as nações desenvolvidas cumpram metas de redução da emissão de carbono e invistam em projetos de redução a serem implantados nos países em desenvolvimento. Assim, deve-se ressaltar que o simples plantio de árvores para compensar a emissão de gases não resolve o problema. Devido à grande disponibilidade de terras, aos menores custos de mão-de-obra e às melhores condições climáticas para o crescimento florestal, torna-se óbvio que países tropicais tenham vantagem comparativa sobre países industrializados do hemisfério norte para implementação desses plantios de compensação. Vê-se assim a criação de um novo serviço ambiental, que poderá ser fornecido ao mercado por empresas de países com aptidão florestal para

setores industriais de outros países, estruturando um mecanismo financeiro baseado na emissão de títulos transacionáveis de fixação de carbono (COSTA, 1998).

É necessário, porém, que os projetos de captação de carbono sejam devidamente registrados e sua taxa de captação calculada para emissão dos respectivos certificados. Se essa tendência de investimento continuar, pode-se esperar um enorme fluxo de novo capital para o setor florestal (CEBDS, 2002). Isso também terá reflexos positivos no que diz respeito aos objetivos de promover sustentabilidade e conservação da biodiversidade; para que esse nível de investimento se concretize, entretanto, mecanismos de mercado têm de ser desenvolvidos.

Pelo lado da oferta, produtores de créditos (países e/ou empresas florestais ou de geração de energias renováveis) terão de determinar as relações de produção na geração de créditos de CO₂, em relação ao produto principal (produtos florestais, energia, etc.). Pelo lado da demanda, investidores (empresas/países com obrigações ambientais) deverão compreender e quantificar suas responsabilidades ambientais e se inteirar dos mecanismos de mercado disponíveis para atingir suas obrigações relacionadas a emissões de GEE (COSTA et al., 2000).

Portanto, esse novo mercado tem o potencial de direcionar um alto fluxo de capital nas atividades florestais, principalmente no Brasil, em que o setor florestal oferece oportunidades inigualáveis de compensação de carbono através do MDL. No entanto, a natureza e a magnitude dessas oportunidades dependerão de como o protocolo será interpretado e de como serão contados os “créditos de carbono” (FEARNSIDE, 2000).

3.9. As florestas na mitigação do efeito estufa

As florestas contribuem para a estabilidade ambiental, por exemplo, com a mitigação das temperaturas extremas locais, aumentando as precipitações regionais e prevenindo a erosão e deterioração do solo; têm papel fundamental no

ciclo do carbono, pois constituem o maior reservatório de carbono de todos os ecossistemas terrestres e funcionam, em muitos casos, como “seqüestradores” de carbono (CAMPOS, 2001).

As florestas armazenam nas árvores e no solo mais carbono do que o existente atualmente na atmosfera (SALATI, 1994). De acordo com HOUGHTON (1994), as florestas estocam de 20 a 100 vezes mais carbono por unidade de área do que as culturas agrícolas.

O crescente interesse das florestas plantadas, em relação à fixação de carbono, tem aumentado em razão de elas possuírem elevada taxa de crescimento, tendo, portanto, grande capacidade de remover o dióxido de carbono da atmosfera, um dos principais GEE (COSTA et al., 2000).

Se as florestas forem cortadas, a maior parte do carbono armazenado nas árvores será liberada na atmosfera rapidamente, por meio de queimadas, ou mais lentamente, através de decomposição. No entanto, se áreas desmatadas são reflorestadas, o carbono é mais uma vez retirado da atmosfera e armazenado na superfície da terra (HOSOKAWA, 1998).

O uso da madeira para diversos fins juntamente com a regeneração ou manejo adequado dos recursos da floresta podem levar a um acúmulo líquido de carbono na terra (HOUGHTON, 1994).

De acordo com Lugo e Brown (1980), citados por LELES et al. (1994), a fixação de carbono, durante cada ciclo de crescimento da plantação florestal, é representada pelo aumento em biomassa dos produtos madeireiros e não-madeireiros, os quais têm diferentes dinâmicas de crescimento.

Tipos diferentes de florestas armazenam diferentes quantidades de carbono dentro de sua biomassa, e locais diferentes dentro do mesmo tipo de floresta também variam muito em relação à biomassa. Isso invariavelmente leva a diferentes estimativas de carbono (HOUGHTON, 1994).

O “seqüestro” de carbono através de atividades florestais é baseado em duas premissas. Primeiramente, o gás carbônico é um gás atmosférico que circula no mundo todo; conseqüentemente, os esforços para a remoção dos GEE terão efeito igual, sejam eles aplicados próximo à fonte ou do outro lado do mundo.

Em segundo lugar, a vegetação verde tira o gás carbônico da atmosfera no processo de fotossíntese e o utiliza para fazer açúcar e outros compostos orgânicos usados no crescimento e metabolismo. As plantas lenhosas armazenam carbono em madeira e outros tecidos até a morte e decomposição, fase em que o carbono na madeira poderá ser desprendido na forma de gás carbônico, monóxido de carbono ou metano, ou poderá ficar incorporado ao solo como substância orgânica (COSTA et al., 2000).

A fixação e a distribuição de carbono através de atividades florestais ocorrem em função da acumulação e do armazenamento de biomassa. Portanto, qualquer atividade ou prática que mude a biomassa na área tem efeito na sua capacidade de armazenar carbono. O plantio de árvores resulta na criação de novos “sorvedouros” de carbono, como, por exemplo, a fixação de carbono durante o desenvolvimento da árvore na arborização, no reflorestamento, na reabilitação de florestas ou na atividade agroflorestal. Embora o “seqüestro” de carbono seja muitas vezes discutido no contexto do estabelecimento de novas florestas, a fixação do carbono poderá também ser alcançada pela melhoria das taxas de crescimento nas florestas existentes por meio de tratamentos silviculturais (COSTA et al., 2000).

Assim, do ponto de vista climático, as florestas são importantes, pois podem ser manipuladas e aumentar ou reduzir o aquecimento global da terra. O papel potencial das florestas em estabilizar as concentrações atmosféricas de CO₂ pode ser considerado por diferentes estratégias de gerenciamento (HOSOKAWA, 1998). O maior benefício do reflorestamento talvez não seja o armazenamento de carbono, mas uma redução na pressão sobre as florestas nativas. Se o reflorestamento em consórcio fornecesse uma fonte de combustível e renda local, a degradação e o desmatamento das florestas talvez fossem reduzidos (Unruh et al., 1993, citados por HOUGHTON, 1994).

3.9.1. A heveicultura na mitigação do efeito estufa

A heveicultura apresenta-se como uma das alternativas de mitigação do efeito estufa e, conseqüentemente, na geração dos CERs, por causa de sua capacidade de fixação de carbono, conforme apresentado no Quadro 1. RAHAMAN e SIVAKUMARAN (1998) concluíram que, aos 30 anos, o total de carbono fixado pela biomassa em um hectare de *Hevea* sp. é de 92,84 toneladas. HAMEL (1995), em vários testes, com idades variando de 5 a 33 anos, encontrou valores entre 34,23 e 481,90 toneladas. HAMEL e ESCHBACH (2001), ambos pesquisadores do CIRAD, órgão de pesquisa em Montpellier, França, citam valores em torno de 68 toneladas por hectare, aos 33 anos. O IAPAR, Instituto Agrônômico do Paraná, em suas pesquisas com seringueira no noroeste do Estado, conclui que aos 15 anos o carbono total acumulado foi de 90 toneladas (BORRACHA NATURAL BRASILEIRA, 2003). Já CARMO et al. (2003) encontraram para o Estado de Minas Gerais 51,75 toneladas.

Quadro 1 – Quantidade de carbono armazenado na biomassa florestal de *Hevea* sp., em diversos estudos

| Autor | Idade (anos) | (tC/ha) | IMA* (tC/ha.ano) |
|------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------|
| HAMEL e ESCHBACH (2001) | 33 | 68,00 | 2,1 |
| RAHAMAN e SIVAKURAMAN (1998) | 30 | 92,84 | 3,1 |
| RAHAMAN (1995) | - | - | - |
| - ensaio de adubação | 5 | 34,23 | 6,8 |
| - plantio comercial | 5 | 24,30 | 4,9 |
| - plantio comercial | 11 | 103,05 | 9,4 |
| - plantio comercial | 24 | 248,60 | 10,4 |
| - plantio comercial | 33 | 222,45 | 6,7 |
| - sem sangria | 33 | 481,90 | 14,6 |
| IAPAR (2003) | 15 | 90,00 | 6 |
| CARMO et al. (2003) | 15 | 51,75 | 2,3 |

*IMA – Incremento Médio Anual.

Segundo RAHAMAN e SIVAKUMARAN (1998), a cultura da seringueira, além da biomassa como armazenadora de carbono, pode armazenar carbono em seu produto principal, a borracha natural (C₅H₈), ou seja, cada molécula de borracha tem 5 mols de carbono.

As análises do mercado apontam para queda na produção mundial de borracha natural, principalmente devido à conversão dos plantios atuais de *Hevea* sp. em outras atividades. Esse cenário pessimista em relação à heveicultura permite inferir que, na ausência de incentivos ao plantio desta cultura, ocorrerá o desaparecimento progressivo da borracha natural em benefício das sintéticas, cuja matéria-prima são os combustíveis fósseis. Dessa forma, o incentivo à cultura poderia ainda gerar CERs pela emissão evitada ao se substituir nesse cenário a borracha sintética pela borracha natural. HAMEL e ESCHBACH (2001) constataram que a cada tonelada de borracha seca produzida deixa-se de emitir 4,8 toneladas de carbono para a atmosfera, quando comparado à produção do elastômero sintético.

3.10. A cultura da seringueira

A seringueira, *Hevea brasiliensis* Mull. Arg., é uma árvore da família das Euphorbiaceas, de origem no centro Brasileiro-Paraguaio, especificamente no vale do Rio Amazonas (3° LN a 15° LS). Trata-se de uma planta lactescente de 20 a 30 metros de altura, com tronco de 30 a 60 centímetros de diâmetro. É uma árvore característica da floresta amazônica de terra firme e de várzea inundáveis, que ocorre preferencialmente em solos argilosos e férteis da beira de rios e várzeas (LORENZI, 1998).

De acordo com GARCIA e LIMA (2000), existem na floresta amazônica 11 espécies do gênero *Hevea*:

- *Hevea brasiliensis*, que apresenta maior capacidade produtiva e variabilidade genética para suscetibilidade ao *Microcyclus ulei*, conhecido popularmente pela doença do “mal das folhas”.

- *Hevea benthamiana*, que apresenta resistência ao *M. uli* e variabilidade para produção.
- *Hevea pauciflora*, que apresenta certa imunidade a *M. uli*.
- *Hevea guianensis*, *Hevea nitida*, *Hevea rigidifolia*, *Hevea camporum*, *Hevea camargoana*, *Hevea paludosa*, *Hevea spruceana* e *Hevea microphyla*.

Todas as 11 espécies inter cruzam natural ou artificialmente; por essa razão, as características descritas anteriormente são importantes. Essas características são usadas nos programas de melhoramento, visando obter novos clones que produzam mais látex, sejam mais resistentes às doenças e mais adaptados às condições edafoclimáticas de uma dada região. Os clones comerciais têm a maior carga genética da espécie *Hevea brasiliensis*, razão pela qual não se deve citar um clone e dizer que é *Hevea brasiliensis*, pois não é puro – o correto é citar *Hevea* spp. (GARCIA e LIMA, 2000).

Graças ao valor econômico da borracha natural, algumas plantas do gênero *Hevea* ficaram conhecidas na Europa e nos Estados Unidos. No século XVIII, La Condamine (1734-1744) levou amostras de borracha para a Europa, tendo descrito superficialmente a seringueira; posteriormente, Aublet, em 1775, descreveu pela primeira vez a espécie. Em 1823, D. José, rei de Portugal, autorizou a instalação de uma fábrica de sapatos no Pará, e, com a descoberta da vulcanização, em 1939, o interesse pela borracha aumentou consideravelmente (GOMES e ALBUQUERQUE, 2000).

A seringueira (*Hevea brasiliensis* Mul. Arg.) foi introduzida em cultivos arbóreos no Brasil por ser uma das maiores fontes de borracha natural (SANTANA, 1998).

As primeiras iniciativas de cultivo da seringueira no Brasil e no exterior buscaram áreas com condições climáticas semelhantes às que predominam na área de distribuição natural do gênero. Assim, até o final dos anos 60, a quase totalidade da produção nacional de seringais de cultivo no Brasil provinha de áreas submetidas a condições de clima quente, variando de superúmido a úmido. A principal restrição climática à heveicultura nas regiões não-tradicionais é a

ocorrência de doenças, em especial o mal-das-folhas, ocasionado pelo fungo *Microcyclus ulei* (P. Henn) Von Arx, que exige para o seu desenvolvimento condições de elevada temperatura e umidade do ar, restringindo a utilização de clones de alta produtividade (ABREU SÁ, 2000).

Algumas observações isoladas, em especial ao longo da década de 1970, na Amazônia Legal, evidenciaram áreas onde as condições climáticas ou microclimáticas limitam a incidência do mal-das-folhas, sendo então denominadas áreas-escapes (FERREIRA, 1989).

Uma área-escape para o plantio de *Hevea* sp. pode ser definida como aquela cujas condições do ambiente são desfavoráveis ao *M. ulei*, mas permitem que as seringueiras possam se desenvolver e produzir de maneira economicamente satisfatória. Algumas plantações, já em fase de exploração, exemplificam, concretamente, que essas áreas-escapes são possíveis de ser encontradas (Pinheiro et al., 1982, citados por FERREIRA, 1989).

Uma outra saída para o controle do mal-das-folhas é a aplicação de fungicidas, em que a época e o equipamento a ser utilizado estão intimamente relacionados ao estágio de desenvolvimento das plantas (FERREIRA, 1989).

A partir dos anos 80, o plantio de seringueira no Brasil vem se expandindo, notadamente nas áreas submetidas a condições climáticas contrastantes com as das regiões tradicionais dessa cultura. Essas iniciativas se localizam, em especial, nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Paraná e Mato Grosso. Nessas áreas não ocorrem limitações climáticas de temperatura e precipitação (Anexo A), contudo outros aspectos climáticos, como ventos, granizo, geadas etc., repercutem negativamente, exigindo a adequação dos sistemas de produção e a escolha de clones adaptados (ABREU SÁ, 2000).

No Brasil, embora a desativação gradual da produção de borracha dos seringais nativos na Amazônia esteja sendo compensada com excedentes pela entrada em produção dos seringais cultivados nas áreas não-tradicionais, não tem sido possível acompanhar o crescente aumento do consumo interno (PEREIRA et al., 2000).

Atualmente, tendo em vista o crescimento da utilização da madeira de seringueira, principalmente na Europa, novos clones têm sido desenvolvidos, com o intuito de se produzir economicamente látex e, ainda, uma madeira de boa qualidade, no sudeste asiático. O Rubber Research Institute of Malaysia (RRIM), o mais conceituado órgão de pesquisa sobre a seringueira no mundo, publicou em 1998 uma listagem com os clones mais produtivos em termos de látex e madeira, apelidados de clones LCT, do inglês *Latex Timber Clones*; estes clones apresentam resultados iniciais consideráveis em relação à produtividade de látex e madeira (LGM, 1998).

A madeira é extraída quando o período econômico produtivo das árvores se encerra, o qual, dependendo do manejo utilizado, varia de 25 a 30 anos (SANTANA e EIRAS, 1999). Devido às suas características físicas e mecânicas, a seringueira (*Hevea* sp.) pode ser usada na produção de móveis, tabuado, portas, janelas, forros, caixotaria e outros artigos domésticos (LORENZI, 1998). Na Malásia, as pesquisas têm demonstrado que a época da colheita de madeira pode ser antecipada, de 15 a 17 anos, sem prejudicar a viabilidade do seringal, pois a receita da venda de madeira tem superado os custos de implantação de uma nova floresta até a sangria (LGM, 1998).

3.10.1. A borracha natural

A borracha natural é um hidrocarboneto com a configuração de um polisopreno, cujas moléculas apresentam a fórmula C_5H_8 , com os carbonos ligados entre si por ligações duplas. A matéria borracha natural é a borracha bruta, seja na forma de látex ou de coágulos. Depois do beneficiamento a borracha natural pode ser armazenada por muito tempo, sem perder as suas características, podendo ainda ser industrializada diretamente (MAIA, 1998).

A extração da borracha natural é considerada a atividade socioeconômica mais importante em muitos países. A borracha natural é uma importante matéria-prima, essencial para a manufatura de um amplo espectro de produtos de uso humano e industrial. Considerada estratégica, é, ao lado do aço e do petróleo, um

dos alicerces que sustentam o progresso da humanidade. Cerca de 70% da produção mundial é empregada na indústria de pneumáticos (PEREIRA et al., 2000). É um dos principais produtos utilizados na indústria do transporte, de produtos hospitalares e bélicos. Atualmente existem no mercado global mais de 50 mil artigos constituídos de borracha (GARCIA, 2000).

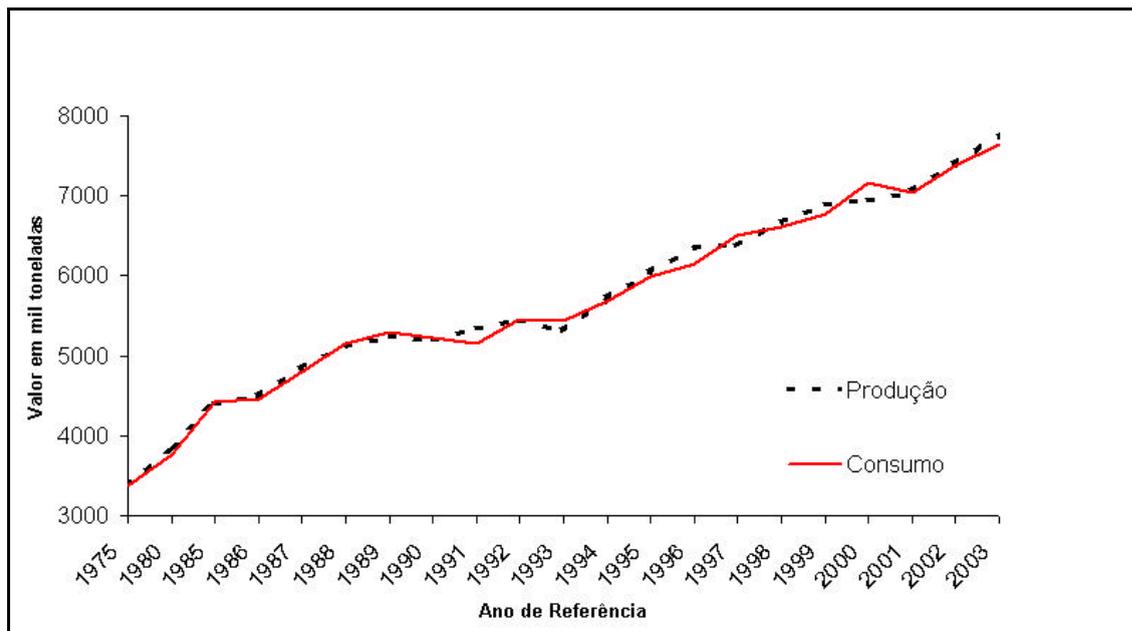
Única entre os produtos naturais, a borracha natural é possuidora de elasticidade, plasticidade, resistência ao desgaste, propriedades isolantes de eletricidade e impermeabilidade para líquidos e gases. Obtida das partículas contidas no látex, fluido citoplasmático, é extraída continuamente dos vasos laticíferos, situados na casca das árvores, por meio de cortes sucessivos de finas fatias de casca, processo denominado sangria (GARCIA e LIMA, 2000).

A sangria consiste na remoção de um pequeno volume de casca de *Hevea* spp., em um corte inclinado que permita o escoamento da seiva, que é transformada em látex (BRITTO, 1990).

3.10.2. O mercado de borracha natural no Brasil e no mundo

De acordo com LMC INTERNATIONAL LTD (2003), a produção mundial em 2002 foi de 7.403 mil toneladas de borracha seca, concentrando-se na Tailândia, com 38,3%; na Indonésia, com 22,9%; na Índia, com 8,7%; na Malásia, com 7,9%; e na China, com 6,9%. O resto do mundo participou com apenas 15,4%. O consumo mundial, em 2002, foi próximo da produção, chegando a 7.373 mil toneladas de borracha seca, sendo os maiores consumidores a China, representando 19,5%, seguida por EUA com 14,2%, Japão com 10,5% e Índia com 9,2%. Outros países consumiram os 46,6% restantes. A Figura 2 mostra o consumo e a produção mundial nos últimos anos – onde o consumo supera a produção, o déficit foi suprido pelos estoques existentes.

O Brasil, segundo CONSERVATION INTERNATIONAL (2003), apesar de apresentar área potencial de produção e ser o berço do gênero *Hevea*, apresenta estatísticas nada otimistas em relação à borracha natural. A produção

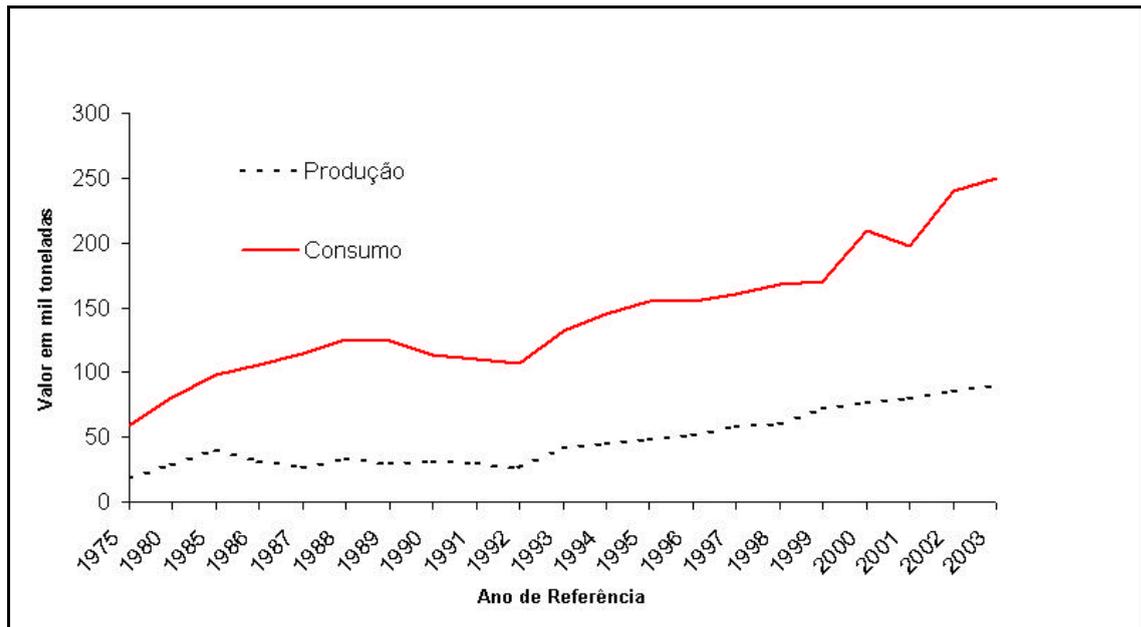


Fonte: até 1998 – Rubber Statistical Bulletin (1996, 1999), citado por PEREIRA et al. (2000), e após 1998 – LMC INTERNATIONAL (2003)

Figura 2 – Consumo e produção mundial de borracha natural.

nacional nos últimos anos tem sido de pouco mais de 80 mil toneladas anuais, para responder a um consumo de aproximadamente 250 mil toneladas. Para suprir a necessidade, o país precisa importar o produto, o que acarreta um déficit na balança comercial atualmente da ordem de US\$ 120 milhões/ano, fato que o expõe às oscilações dos preços internacionais, com reflexos na balança comercial e no próprio suprimento da demanda interna desse produto. GAMEIRO (2003), em uma análise de importação e produção de borracha natural no Brasil, no período de 1992 a 2002, afirma que, em 1995, foram gastos US\$ 180 milhões com importações de borracha natural; no ano seguinte, US\$ 139 milhões. Nos demais anos, os gastos ficaram abaixo de US\$ 100 milhões, a não ser em 2002, quando a importação foi de US\$ 104 milhões. A Figura 3 mostra a relação entre o consumo e a produção brasileira nos últimos anos.

No Brasil, de acordo com Ciríaca do Carmo, pesquisadora da Embrapa Solos do RJ, citada por CONSERVATION INTERNATIONAL (2003), existe uma tendência de faltar 2 milhões de toneladas de borracha natural no mercado



Fonte: até 1998, SUDHEVEA/IBAMA; Informações econômicas, SP, v. 23, no 10 – out. 1993; International Rubber Study Group, vol. 50, nº 4 – 1996; International Rubber Study Group, vol. 54, nº 9 – 1999, citado por PEREIRA et al.; após 1998 – Agriannual, 2003.

Figura 3 – Relação entre o consumo e a produção brasileira de borracha natural.

internacional até o ano de 2020. Até lá, caso continue o consumo atual, o país enfrentaria um déficit na balança comercial que poderia alcançar US\$ 480 milhões. Pelos levantamentos da pesquisadora, a expectativa é de que até 2020 a escassez da borracha natural eleve, naturalmente, os preços da tonelada do produto no mercado internacional para até US\$ 2.000,00. Reforçando as afirmações da pesquisadora, podem-se citar os trabalhos de BURGER e SMITH (1997) e do IRSG (1999), segundo os quais em 2020 a produção mundial será de 7,06 milhões de toneladas, para um consumo de 9,71 milhões.

Quanto aos preços, existem diversos fatores que fazem com que eles sofram oscilações no mercado, podendo-se citar: inovações tecnológicas de produção; comportamento do petróleo, insumo básico para a fabricação da borracha sintética; colapso da economia asiática; crises nos países produtores; guerra, entre outros (PEREIRA et al., 2000).

Parte das plantações no sudeste asiático já está entrando na fase de baixa produtividade, devido à “idade” dessas plantações, motivando a sua erradicação. Normalmente, é feita a substituição de árvores velhas por novas plantações; contudo, em face das atuais condições de mercado, com rentabilidade melhor para outras culturas, os produtores estão preferindo substituir a seringueira, sobretudo, por palma. Deverá haver pequena redução da produção de borracha natural naqueles países. O que tem sido plantado em novas áreas, especialmente em outros países, é suficiente apenas para repor as plantas erradicadas no sudeste asiático, de tal sorte que, nos próximos anos, a estimativa é de que a produção fique estabilizada (MORCELI, 2002).

O consumo de borracha deverá continuar crescendo, embora o desempenho da economia mundial possa vir a afetar essa previsão. Os preços da borracha sintética e a capacidade da indústria em modificar a formulação serão fatores relevantes na tomada de decisão do industrial quanto ao uso de borracha natural ou sintética (MORCELI, 2002).

O mercado brasileiro é altamente interessante para a borracha natural, pois é um país que tem a sua base de transporte voltada para o sistema rodoviário. No Brasil, aproximadamente 80% de tudo que é transportado é por meio de rodovias, colocando o país em terceiro lugar na produção mundial de pneus de caminhões e ônibus. A indústria de pneumáticos produz hoje cerca de 43 milhões de pneus. Desse volume, 30% é exportado para mais de 100 países (WWI/UMA, 2002b).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Cenários para geração de CERs

A proposição de alguns cenários com potencial de geração de CERs baseou-se: a) nas premissas básicas já definidas nas COPs para aprovação de projetos MDL, ou seja, o carbono armazenado na biomassa florestal e a emissão evitada ao se produzir um produto renovável (borracha natural) em substituição a um não-renovável (borracha sintética); e b) na possibilidade de geração de créditos ao considerar o produto florestal (borracha) como armazenador de carbono. Ressalta-se que, até então, o carbono armazenado no produto florestal não é válido para a creditação e geração de CERs, mas poderá vir a ser considerado em função das características especiais da heveicultura.

No presente estudo foram propostos cinco cenários. No primeiro (cenário 1), denominado *sem a geração de CERs*, considerou-se a heveicultura não recebendo as receitas extras provenientes dos CERs. Para os outros cenários com potencial de geração de CERs, foram consideradas as seguintes situações:

- *Cenário 2 – carbono estocado na biomassa florestal*: este cenário representa o tipo de projeto aceito na modalidade de LULUCF (Land Use, Change Land Use, Forestry), prevista no MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), permitindo estudar a viabilidade econômica

da heveicultura com as receitas extras dos CERs para o carbono fixado na biomassa florestal.

- *Cenário 3 – carbono estocado na biomassa florestal, mais o carbono estocado na borracha natural*: apesar de não estar bem definido sobre a geração de CERs pelo carbono armazenado no produto, que neste caso é a borracha natural, a idealização deste cenário teve como objetivo mostrar que, caso se concretize a inclusão do produto florestal nos termos do MDL, a heveicultura pode vir a se beneficiar, uma vez que a borracha é um composto formado por carbono em sua estrutura.
- *Cenário 4 – carbono referente à emissão evitada ao se utilizar a borracha natural em substituição à sintética*: este cenário baseia-se na chamada “emissão evitada”, levando-se em consideração que, ao se produzir a borracha natural, está se deixando de utilizar a borracha sintética. A borracha sintética, por utilizar na sua fabricação matéria-prima oriunda de combustível fóssil, tem um balanço negativo em termos de carbono, o que faz o presente cenário ter um balanço positivo e ser adicional ao seu cenário de referência.
- *Cenário 5 – carbono estocado na biomassa florestal, mais o carbono fixado na borracha natural e, ainda, o carbono referente à emissão evitada ao se utilizar a borracha natural em substituição à sintética*: este cenário representa o potencial máximo teórico de geração de CERs pela heveicultura.

4.2. Contabilização do carbono

Dada a falta de informações no Brasil sobre a quantidade de carbono armazenado em um seringal, até o fim de sua vida útil econômica estimada (33 anos), em uma tonelada de borracha natural, além da quantidade de emissão de carbono evitada ao se produzir uma tonelada de borracha natural, optou-se por utilizar os dados provenientes do estudo de HAMEL e ESCHBACH (2001). A escolha entre os diversos trabalhos encontrados na literatura deveu-se ao fato de este contemplar os cenários propostos neste estudo. Vale ressaltar que o estoque

de 68 tC/ha, na biomassa da seringueira utilizada neste trabalho, é um número modesto para as condições brasileiras, já que a revisão de literatura nos mostra que esse número pode ser superior, para idades inferiores a 33 anos.

Para cálculo do carbono armazenado na borracha, foi considerado que um seringal, com clones selecionados e adaptados às condições da empresa OMB, no Vale do Guaporé em Mato Grosso, produz, em 33 anos, um total de 36,9 toneladas de borracha seca (Franceschi, 2003¹). Assim, para o cálculo da quantidade de carbono, multiplicou-se a produção de borracha seca pela constante 0,88, conforme estabelecido nos estudos de HAMEL e ESCHBACH (2001) e RAHAMAN e SIVAKUMARAN (1998). Esses autores consideram que a borracha natural seja equivalente ao políisopreno – uma molécula formada por cinco átomos de carbono e oito átomos de hidrogênio; dessa forma, chegaram à conclusão de que cada tonelada de borracha natural armazena 880 kg de carbono, conta esta igual à aplicada para se calcular a quantidade de CO₂ resgatado ou evitado por tonelada de carbono.

Não se entrou no mérito sobre o destino final desta borracha, bem como sobre o tempo de permanência do carbono no produto, em razão das indefinições sobre este assunto nas negociações das Conferências das Partes ocorridas até o presente momento.

Para calcular a emissão evitada de carbono ao se utilizar a borracha natural em substituição à sintética, baseou-se nos estudos de HAMEL e ESCHBACH (2001), que consideram que a cada tonelada de borracha natural produzida deixa-se de emitir 4,8 toneladas de carbono para a atmosfera. Desconsiderou-se o carbono emitido ao se transportar a borracha natural beneficiada aos centros consumidores, por considerar que a borracha sintética também teria de ser transportada.

O mercado de créditos de carbono exige que se estabeleça uma linha de base, ou, em outras palavras, um cenário de referência, para que realmente se possa inferir a adicionalidade (benefício) do projeto de LULUCF, em relação à mitigação das mudanças climáticas globais. No presente estudo foram

¹ Comunicação pessoal – Caio César Franceschi – Eng. Agrônomo da Cia Comercial OMB.

consideradas duas linhas de base. A primeira foi uma área degradada, em que possa ser implantado um seringal, assumindo como zero o acúmulo de carbono. Assim, todo carbono armazenado ou evitado pelo projeto será adicional. A segunda foi a utilização da borracha sintética em vez da borracha natural, perspectiva esta elucidada no item 3.10.2 da Revisão de Literatura.

4.3. Conversão de carbono em CO₂ equivalente (CO₂eq.)

De acordo com FACE (1993), considerou-se neste estudo que uma tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂equivalente (CO₂eq.), o que significa dizer que uma tonelada de CO₂ equivale a 0,27 tonelada de carbono. No mercado de negociações sobre mudança climática global, os CERs são contabilizados em função do CO₂eq., ou seja, ao se falar em CERs, entende-se igualmente ser CO₂eq.

4.4. Critérios de avaliação econômica

Para analisar a viabilidade econômica dos cenários propostos, utilizou-se dos seguintes indicadores:

a) Valor Presente Líquido (VPL)

Consiste na soma algébrica dos valores descontados, a uma taxa de juros, do fluxo de caixa a ele associado (OLIVEIRA e MACEDO, 1996). De acordo com LIMA JÚNIOR (1995), um projeto será economicamente viável se o seu VPL for positivo, ou seja, se o valor descontado das receitas futuras for superior ao valor do investimento.

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

em que:

VPL = valor presente líquido, R\$/ha;

R_j = receitas no final do ano j ou no final do período de tempo considerado, R\$/ha;

C_j = custos no final do ano j ou no final do período de tempo considerado, R\$/ha;

i = taxa de juros considerada, % a.a. (porcentagem ao ano);

j = período de tempo, em anos; e

n = duração do projeto, em anos.

b) Razão Benefício-Custo (B/C)

É a razão entre o valor atual das receitas e o valor atual dos custos. Quanto maior o B/C, melhor é o investimento (REZENDE e OLIVEIRA, 2001).

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

em que:

B/C = razão benefício-custo;

R_j = receitas no final do ano j ou no final do período de tempo considerado, R\$/ha;

C_j = custos no final do ano j ou no final do período de tempo considerado, R\$/ha;

i = taxa de juros considerada;

j = período de tempo, em anos; e

n = duração do projeto, em anos.

c) Valor Esperado da Terra (VET)

O VET representa o valor presente do lucro de uma dada atividade, calculado com base numa série infinita de rotações ou ciclos da cultura, sem considerar o custo anual da terra. Este critério é utilizado para determinar rotação econômica e preço máximo de compra de terra nua, considerando série infinita, bem como para selecionar projetos alternativos (SILVA et al., 2002).

$$VET = \frac{RL}{(1+i)^T - 1}$$

em que:

VET = valor esperado da terra, em R\$/ha;

RL = receita líquida, R\$/ha;

i = taxa de juros considerada; e

T = duração do projeto, em anos.

d) Taxa Interna de Retorno (TIR)

De acordo com REZENDE e OLIVEIRA (2001), é a taxa anual de retorno do capital investido, tendo a propriedade de ser a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas ao valor atual dos custos. Em outras palavras, é a taxa em que o VPL é nulo. Pode ser entendida, também, como a taxa média de crescimento de um investimento:

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

em que:

R_j = receitas no final do ano j ou no final do período de tempo considerado, R\$/ha;

C_j = custos no final do ano j ou no final do período de tempo considerado, R\$/ha;

TIR = taxa interna de retorno;

j = período de ocorrência dos custos e receitas; e

n = duração do projeto, em anos.

e) Valor Anual Equivalente (VAE)

Este critério transforma o valor atual do projeto em fluxo de receitas contínuas, equivalente ao valor atual, durante a vida útil do projeto (SILVA et al., 2002).

$$VAE = \frac{VPL * i}{[1 - (1 + i)^{-n}]}$$

em que:

VAE = valor anual equivalente, R\$/ha;

VPL = valor presente líquido, R\$/ha;

i = taxa de juros considerada, % a.a.; e

n = duração do projeto, em anos.

4.5. Taxa de Desconto

A escolha da taxa de desconto é o principal fator que determina a atratividade de um projeto, pois representa o valor mínimo aceitável para que se corra o risco de implantar um empreendimento qualquer.

No presente estudo foram utilizadas as taxas de 10%, considerando uma ótica pública, e 20%, considerando uma ótica privada. Essas taxas são recomendadas pelo Centro de Estudos Integrados sobre o Meio Ambiente e Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente no documento publicado em MMA (2002), que trata da Proposta Revisada de Critérios e Indicadores de Elegibilidade para a Avaliação de Projetos Candidatos ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

4.6. Custos e receitas

Para a heveicultura, foram utilizados neste estudo os dados básicos de custos e receitas adaptados da Companhia Comercial OMB para o Estado do Mato Grosso.

O valor utilizado de venda da madeira, sem beneficiamento, foi de R\$ 90,00/m³, e o dos resíduos de exploração (lenha), em torno de R\$ 2,00/m³. Utilizou-se um valor tão baixo para a madeira e a lenha pelo fato de não haver na Companhia Comercial OMB, nem no Brasil, uma real comercialização de tal produto. No entanto, acredita-se que, com a falta de produtos florestais no futuro, não muito longínquo, esse valor possa aumentar e trazer melhores retornos

econômicos por hectare explorado. O preço da tonelada de borracha natural seca considerado foi de R\$ 2.500,00.

Para o custo da terra, utilizaram-se como referência os dados do AGRIANUAL (2003), para a região de Pontes e Lacerda, no Mato Grosso. Desse valor foram descontados 50%, pelo fato de o estudo referenciar uma área de pastagem degradada, em que o carbono armazenado é próximo de zero.

Os custos de comercialização dos CERs foram desconsiderados, por serem muito dependentes da escala do projeto; ainda, em razão de o mercado não ter se desenvolvido, não há valores de referência confiáveis que possam ser utilizados. Além disso, entende-se que hoje esses valores estão altos, mas, assim que as regras dos projetos de MDL estiverem mais bem definidas e o mercado começar a funcionar perfeitamente, espera-se que os preços caiam, atingindo um ponto de equilíbrio. Esses preços se referem aos custos de preparar o projeto, coletar e processar os dados, identificar o parceiro ideal, estabelecer os termos da troca, certificar os CERs, efetivar o negócio, entre outros.

As receitas da venda dos CERs foram obtidas multiplicando-se a tonelada de CO₂ equivalente (tCO₂eq.) pelo valor de R\$ 2,80, que é um valor próximo ao atualmente praticado no mercado paralelo a Quioto, o Chicago Climate Exchange, de US\$ 0,98 (CCX, 2003).

Para a análise da viabilidade econômica, considerou-se que todos os CERs foram negociados no ano zero, ou seja, no ano de implantação da cultura são captadas as receitas extras.

4.7. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada para os itens de custos e receitas que mais contribuíram percentualmente na análise de viabilidade econômica, utilizando-se a taxa de 10% (ótica pública), variando-os em -20% e + 20%, para os critérios VPL e VAE.

Esta análise foi aplicada ao cenário que considera a inclusão de receitas oriundas dos CERs da biomassa florestal (cenário 2) do presente estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Geração de CERs pela heveicultura

A quantidade de carbono, e respectivo CO₂eq., armazenado na biomassa, na borracha e deixado de ser emitido, bem como a contribuição percentual de cada um, pode ser visualizada no Quadro 2.

Quadro 2 – Quantidade de carbono e CO₂eq. = CERs gerados pela heveicultura, para cada cenário estudado

| Cenários | Biomassa | | Borracha | | Emissão evitada | | Total | |
|----------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| | Carbono (t/ha) | CO ₂ eq. (t/ha) | Carbono (t/ha) | CO ₂ eq. (t/ha) | Carbono (t/ha) | CO ₂ eq. (t/ha) | Carbono (t/ha) | CO ₂ eq. (t/ha) |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 68,0 | 249,6 | - | - | - | - | 68,0 | 249,6 |
| 3 | 68,0 | 249,6 | 32,5 | 119,3 | - | - | 100,5 | 368,8 |
| 4 | - | - | - | - | 177,2 | 650,3 | 177,2 | 650,3 |
| 5 | 68,0 | 249,6 | 32,5 | 119,3 | 177,2 | 650,3 | 277,7 | 1019,1 |
| % | 24,5 | | 11,7 | | 63,8 | | 100,0 | |

Verifica-se que o cenário 5 é o que mais gera CERs, chegando a um total de CO₂ equivalente de 1.019,1 t/ha, representando o potencial máximo de CERs gerados pela atividade de heveicultura, considerando todo o ciclo da produção e utilização da borracha natural, tanto como armazenadora de carbono quanto em substituição à sintética.

Vale ressaltar que a emissão evitada de carbono ao se produzir a borracha natural em substituição às sintéticas (cenário 4) representa cerca de 63,8% do potencial máximo de geração de CERs; a biomassa como armazenadora de carbono (cenário 2), 24,5%; e a borracha, 11,7%. Assim, pode-se confirmar que a substituição da fonte de matéria-prima para produção da borracha é o principal componente para geração de CERs. Entretanto, isso não tira o mérito da floresta como armazenadora de carbono, pois só poderá haver os CERs da substituição da borracha sintética pela natural se existir o seringal para extração do látex, bem como para produção da borracha natural.

Um fator a ser considerado é que o conceito de substituição da borracha sintética pela borracha natural pode ser questionável, devido às incertezas ainda impostas sobre o Protocolo de Quioto e por ainda não haver notícias de nenhum projeto desse tipo já negociado. No entanto, com base na semelhança deste projeto com outros já negociados, entende-se que o Comitê Executivo, órgão que aprova os projetos do MDL, poderá considerá-lo elegível.

Uma argumentação favorável para a aceitação desse tipo de projeto é que as análises do mercado apontam para queda na produção mundial de borracha natural no mundo e também acréscimo no consumo. Esse cenário permite imaginar que, na ausência de incentivos à heveicultura, ocorrerá o desaparecimento progressivo da borracha natural em benefício das sintéticas; nesse contexto, vale ressaltar dois pontos importantes: a) o primeiro é a emissão de carbono devido à mudança de ocupação do solo por outras culturas em substituição à heveicultura, o que leva a um aumento na emissão de GEE decorrente da derrubada e queima dos resíduos florestais; b) o segundo é o deslocamento da produção de produtos a partir da borracha natural por produtos fabricados pelo elastômero sintético, que pode ser classificado no rol das

negociações sobre mudanças climáticas globais como projetos de substituição. Ainda, em termos ambientais verifica-se que a produção de borracha natural é menos prejudicial ao meio ambiente do que a de borracha sintética, pois a matéria-prima é oriunda de um recurso renovável; pode ser produzido em sistemas agroflorestais sustentáveis; e, ainda, armazenar carbono na superfície terrestre, que antes estava presente na atmosfera.

A borracha natural como armazenadora de carbono, conforme considerada no cenário 3, também pode ser discutível quanto à negociação dos CERs, fato este devido a ainda não se ter definido, para o primeiro período de compromisso (2008 – 2012), se os produtos florestais, neste caso a borracha natural, serão passíveis de negociação. No entanto, nada impede que ele seja estudado, já que o carbono armazenado pela borracha natural é adicional ao cenário de referência.

O cenário 2, que considera apenas a biomassa florestal como armazenadora de carbono, é o mais utilizado para outras culturas florestais na comercialização dos CERs. Mesmo apresentando acúmulo de carbono por hectare (68 tC/ha) menor que o do eucalipto, por exemplo – 86,6 tC/ha, segundo NISHI (2003), deve-se fazer uma outra consideração, que é o tempo de armazenamento do carbono. Um seringal pode produzir látex economicamente por mais de 30 anos, o que não ocorre com o eucalipto, em que os ciclos são curtos, para a maioria dos usos finais da madeira.

5.2. Análise econômica

5.2.1. Fluxo de Caixa

Neste estudo, a heveicultura sem a inclusão da receita extra dos CERs (cenário 1) apresentou um fluxo de caixa negativo até o sexto ano, quando se iniciou a extração do látex. Esses valores negativos no fluxo de caixa são justificados pelo fato de a cultura não possuir receita até o quinto ano e pelo incremento dos custos no sexto ano, em razão dos insumos necessários para o

início da sangria (canecas, bicas, arames, facas de sangria, pedras de amolar, mão-de-obra etc.) (Quadro 3).

Uma forma de minimizar esse fluxo de caixa negativo seria a implantação de culturas intercalares, os chamados Sistemas Agroflorestais (SAFs), possibilitando a inclusão de receitas extras no início da atividade. Os gastos com máquinas e insumos necessários para os SAFs são compensados pelas receitas obtidas da colheita das culturas intercalares, proporcionando uma redução de custo de manutenção e adubação do seringal. Apesar de não ser o foco do presente estudo, o Anexo B mostra alguns SAFs da CIA COMERCIAL OMB, no Mato Grosso, que têm apresentado resultados otimistas para esta atividade.

A partir do sétimo ano é que a heveicultura passa a trazer retornos econômicos, podendo-se inferir que, após passado o período inicial, ela se mostra uma atividade viável para o heveicultor.

Verifica-se, ainda, que tanto as receitas como os custos sofreram variações ao longo da vida útil do seringal. As variações nos custos são determinadas principalmente pela aquisição de novos materiais necessários à produção. No caso das receitas, que são influenciadas pela produtividade de borracha seca, elas foram crescendo na fase inicial de produção até certo limite, depois oscilaram, até o 27^o ano; a partir daí, as receitas foram diminuindo até o 33^o ano. Neste ano, houve aumento da receita em função do corte das árvores e da venda de madeira e lenha. Pode-se observar que o corte e a venda de madeira da seringueira proporcionam uma receita líquida (R\$ 4.311,00) que cobre inicialmente os custos de implantação do seringal no ano zero (R\$ 2.232,00); no entanto, deve-se estar atento aos custos adicionais de destoca, não contemplados neste estudo para um novo ciclo da cultura.

A cultura torna-se ainda mais interessante por ser uma atividade duradoura, ou seja, com mais de 25 anos de extração de látex. Vale ressaltar que esse período de extração varia em função da frequência da sangria; sangrias em intervalos de tempo menores, além de aumentarem o custo operacional, diminuirão a vida útil econômica do seringal.

Quadro 3 – Custos, receitas e fluxo de caixa para a heveicultura, sem inclusão dos CERs

| Ano | Atividade | Custos (R\$/ha) | Produção (kg BS*/ha) | Receitas (R\$/ha) | Fluxo de caixa (R\$/ha) |
|-----|----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-------------------------|
| 0 | Implantação | 2.232,00 | 0 | 0,00 | -2.232,00 |
| 1 | Condução | 867,83 | 0 | 0,00 | -867,83 |
| 2 | Condução | 844,82 | 0 | 0,00 | -844,82 |
| 3 | Condução | 873,35 | 0 | 0,00 | -873,35 |
| 4 | Manutenção | 600,43 | 0 | 0,00 | -600,43 |
| 5 | Manutenção | 725,69 | 0 | 0,00 | -725,69 |
| 6 | Produção | 1.385,73 | 450 | 1.125,00 | -260,73 |
| 7 | Produção | 1.090,68 | 610 | 1.525,00 | 434,32 |
| 8 | Produção | 928,91 | 1.010 | 2.525,00 | 1.596,09 |
| 9 | Produção | 988,91 | 1.210 | 3.025,00 | 2.036,09 |
| 10 | Produção | 972,83 | 1.620 | 4.050,00 | 3.077,17 |
| 11 | Produção | 1.041,23 | 1.620 | 4.050,00 | 3.008,77 |
| 12 | Produção | 964,96 | 1.450 | 3.625,00 | 2.660,04 |
| 13 | Produção | 1.100,33 | 1.570 | 3.925,00 | 2.824,67 |
| 14 | Produção | 969,95 | 1.580 | 3.950,00 | 2.980,05 |
| 15 | Produção | 1.039,79 | 1.600 | 4.000,00 | 2.960,21 |
| 16 | Produção | 953,39 | 1.350 | 3.375,00 | 2.421,61 |
| 17 | Produção | 1.013,39 | 1.550 | 3.875,00 | 2.861,61 |
| 18 | Produção | 1.002,55 | 1.800 | 4.500,00 | 3.497,45 |
| 19 | Produção | 1.105,94 | 1.450 | 3.625,00 | 2.519,06 |
| 20 | Produção | 971,39 | 1.600 | 4.000,00 | 3.028,61 |
| 21 | Produção | 1.002,59 | 1.400 | 3.500,00 | 2.497,41 |
| 22 | Produção | 964,19 | 1.500 | 3.750,00 | 2.785,81 |
| 23 | Produção | 1.021,79 | 1.350 | 3.375,00 | 2.353,21 |
| 24 | Produção | 964,96 | 1.450 | 3.625,00 | 2.660,04 |
| 25 | Produção | 1.092,59 | 1.700 | 4.250,00 | 3.157,41 |
| 26 | Produção | 956,99 | 1.400 | 3.500,00 | 2.543,01 |
| 27 | Produção | 1.036,19 | 1.550 | 3.875,00 | 2.838,81 |
| 28 | Produção | 956,99 | 1.400 | 3.500,00 | 2.543,01 |
| 29 | Produção | 988,19 | 1.200 | 3.000,00 | 2.011,81 |
| 30 | Produção | 932,56 | 1.000 | 2.500,00 | 1.567,44 |
| 31 | Produção | 989,39 | 900 | 2.250,00 | 1.260,61 |
| 32 | Produção | 913,79 | 800 | 2.000,00 | 1.086,21 |
| 33 | Produção/Corte | 959,39 | 800 | 5.270,00 | 4.310,61 |

FONTE: dados do autor.

* BS – refere-se à borracha seca.

**Valor acrescido da venda de madeira para serraria (33 m³) e lenha (150 m³).

5.2.2. Análise dos principais itens de custo

Ao analisar os itens de custos, verificou-se que o custo de sangria representa 34% dos custos totais atualizados, seguido daqueles de aplicação de defensivos (herbicidas, inseticidas, fungicidas etc.) (21%), de implantação (20%) e de adubação (14%) (Figura 4).

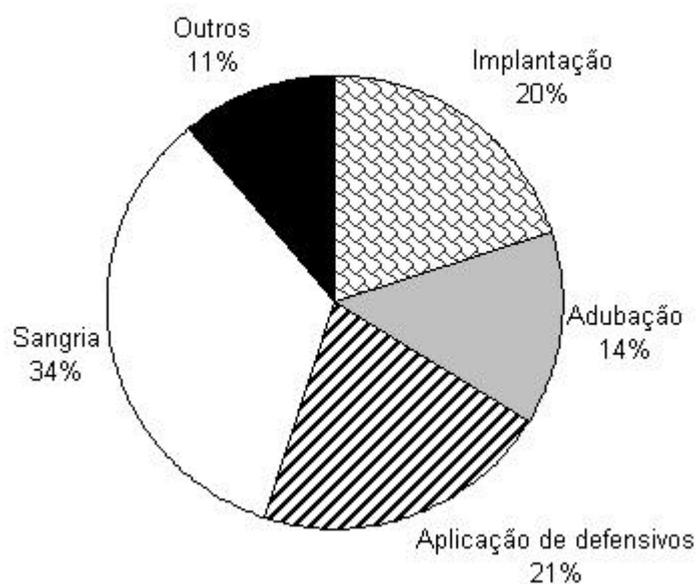


Figura 4 – Participação percentual dos itens de custos atualizados das operações para produção de látex.

O alto custo da sangria está relacionado, principalmente, à mão-de-obra, pois trata-se de uma operação que é realizada manual e diariamente, durante no mínimo 10 meses ao ano. Com isso, é necessário que a empresa/heveicultor possua um programa de treinamento e um controle de qualidade que permita aumentar a produtividade da operação sem comprometer a qualidade dos cortes na árvore, que passa a ser o seu patrimônio.

A heveicultura, por ser intensiva em mão-de-obra, tem um apelo social muito grande, em virtude dos altos níveis de desemprego que o país apresenta na

atualidade. Considera-se que a cada 4 ha de seringueira uma pessoa é empregada (YOKOYAMA, 1999).

Outra característica marcante da heveicultura, relacionada à mão-de-obra, são os encargos sociais incidentes sobre a folha de pagamento, principalmente no caso de grandes empresas, como a CIA COMERCIAL OMB, em que, além dos encargos legais, ainda há gastos com saúde, moradia, educação, alimentação, transporte, creches etc. RC CONSULTORES (1992), em um estudo do diagnóstico no setor de borracha natural em 1992, afirma que alguns seringais chegam a ter 200% de gastos adicionais (incluindo os encargos) sobre a folha de pagamento.

Vale salientar que os custos representados pela aplicação de defensivos podem vir a ser minimizados da seguinte forma: a) para os herbicidas, se houvesse culturas intercalares, esses custos podem ser dissolvidos para as diferentes culturas – assim, o custo para a seringueira seria menor; e b) para a pulverização com fungicidas, se a cultura for implantada em áreas-escapes, os custos serão reduzidos. Dessa forma, a minimização desses custos aumentaria a viabilidade da cultura e, ainda, elevaria a importância percentual da sangria.

Pode-se inferir, pelos resultados obtidos, que os altos custos de implantação e os custos de manutenção da cultura nos primeiros anos tornam-se um obstáculo ao aumento de áreas plantadas no país, já que a maioria dos produtores está descapitalizada e não há financiamentos disponíveis – quando existem, os juros são exorbitantes e os prazos de pagamento são incompatíveis com a cultura.

5.2.3. Inclusão dos CERs para os diferentes cenários

A inclusão das receitas com a geração dos CERs no ano zero, para os cenários estudados (Quadro 4), faz com que haja aumento na viabilidade econômica da cultura (Quadro 5).

Verifica-se, pelos indicadores utilizados, que a heveicultura mostrou-se economicamente viável em todos os cenários estudados para a taxa de juros de 10% a.a. (ótica pública). No cenário que considera os CERs da biomassa (cenário 2), houve acréscimo de 9,9% no VPL; para o cenário que considera os CERs da

Quadro 4 – Custos e receitas com inclusão das vendas dos CERs gerados pela heveicultura, para diferentes cenários estudados

| Ano | Custos (R\$/ha) | RECEITAS (R\$/ha) | | | | |
|-----|-----------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Cenário 1* | Cenário 2 | Cenário 3 | Cenário 4 | Cenário 5 |
| 0 | 2.232,00 | 0,00 | 698,77 | 1.032,63 | 1.821,07 | 2.853,70 |
| 1 | 867,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 844,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 873,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 600,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 725,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 1.385,73 | 1.125,00 | 1.125,00 | 1.125,00 | 1.125,00 | 1.125,00 |
| 7 | 1.090,68 | 1.525,00 | 1.525,00 | 1.525,00 | 1.525,00 | 1.525,00 |
| 8 | 928,91 | 2.525,00 | 2.525,00 | 2.525,00 | 2.525,00 | 2.525,00 |
| 9 | 988,91 | 3.025,00 | 3.025,00 | 3.025,00 | 3.025,00 | 3.025,00 |
| 10 | 972,83 | 4.050,00 | 4.050,00 | 4.050,00 | 4.050,00 | 4.050,00 |
| 11 | 1.041,23 | 4.050,00 | 4.050,00 | 4.050,00 | 4.050,00 | 4.050,00 |
| 12 | 964,96 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 |
| 13 | 1.100,33 | 3.925,00 | 3.925,00 | 3.925,00 | 3.925,00 | 3.925,00 |
| 14 | 969,95 | 3.950,00 | 3.950,00 | 3.950,00 | 3.950,00 | 3.950,00 |
| 15 | 1.039,79 | 4.000,00 | 4.000,00 | 4.000,00 | 4.000,00 | 4.000,00 |
| 16 | 953,39 | 3.375,00 | 3.375,00 | 3.375,00 | 3.375,00 | 3.375,00 |
| 17 | 1.013,39 | 3.875,00 | 3.875,00 | 3.875,00 | 3.875,00 | 3.875,00 |
| 18 | 1.002,55 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 |
| 19 | 1.105,94 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 |
| 20 | 971,39 | 4.000,00 | 4.000,00 | 4.000,00 | 4.000,00 | 4.000,00 |
| 21 | 1.002,59 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 |
| 22 | 964,19 | 3.750,00 | 3.750,00 | 3.750,00 | 3.750,00 | 3.750,00 |
| 23 | 1.021,79 | 3.375,00 | 3.375,00 | 3.375,00 | 3.375,00 | 3.375,00 |
| 24 | 964,96 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 | 3.625,00 |
| 25 | 1.092,59 | 4.250,00 | 4.250,00 | 4.250,00 | 4.250,00 | 4.250,00 |
| 26 | 956,99 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 |
| 27 | 1.036,19 | 3.875,00 | 3.875,00 | 3.875,00 | 3.875,00 | 3.875,00 |
| 28 | 956,99 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 | 3.500,00 |
| 29 | 988,19 | 3.000,00 | 3.000,00 | 3.000,00 | 3.000,00 | 3.000,00 |
| 30 | 932,56 | 2.500,00 | 2.500,00 | 2.500,00 | 2.500,00 | 2.500,00 |
| 31 | 989,39 | 2.250,00 | 2.250,00 | 2.250,00 | 2.250,00 | 2.250,00 |
| 32 | 913,79 | 2.000,00 | 2.000,00 | 2.000,00 | 2.000,00 | 2.000,00 |
| 33 | 959,39 | 5.270,00 | 5.270,00 | 5.270,00 | 5.270,00 | 5.270,00 |

FONTE: dados do autor.

*Mesmas receitas que as apresentadas no Quadro 3.

Quadro 5 – Indicadores econômicos para a heveicultura, nos diferentes cenários*

| Cenários | VPL (R\$/ha) | | B/C (R\$/ha) | | VET (R\$/ha) | | TIR (%) | VAE (R\$/ha) | |
|----------|--------------|-----------|--------------|------|--------------|----------|---------|--------------|---------|
| | 10% | 20% | 10% | 20% | 10% | 20% | - | 10% | 20% |
| 1 | 7.061,81 | -1.370,69 | 1,63 | 0,81 | 7.895,35 | -813,41 | 17,36% | 737,96 | -274,81 |
| 2 | 7.760,58 | -671,92 | 1,69 | 0,90 | 8.625,56 | -112,94 | 18,93% | 810,98 | -134,71 |
| 3 | 8.094,44 | -338,06 | 1,72 | 0,95 | 8.974,44 | 221,74 | 19,83% | 845,86 | -67,78 |
| 4 | 8.882,88 | 450,38 | 1,79 | 1,06 | 9.798,36 | 1.012,11 | 22,60% | 928,26 | 90,30 |
| 5 | 9.915,51 | 1.483,01 | 1,88 | 1,21 | 10.877,45 | 2.047,26 | 29,57% | 1036,17 | 297,33 |

FONTE: dados do autor.

*Em que: VPL = Valor Presente Líquido, B/C = Razão Benefício – Custo, VET = Valor Esperado da Terra, TIR = Taxa Interna de Retorno e VAE = Valor Anual Equivalente.

biomassa e da borracha (cenário 3), um acréscimo de 14,6% no VPL; para o cenário que considera a emissão evitada ao se utilizar a borracha natural em substituição à sintética (cenário 4), um acréscimo de 25,8% no VPL; e para o cenário 5, que representa o potencial máximo da geração de CERs, um acréscimo de 40,4% no VPL.

Para a taxa de juros de 20 % a.a. (ótica privada), verificou-se que os cenários 1, 2 e 3 são inviáveis, sendo os demais viáveis economicamente.

Os valores encontrados para o VPL indicam que sem os CERs a atividade tem um lucro de R\$ 7.061,81/ha para a ótica pública e um “prejuízo” de R\$ 1.370,69/ha para a ótica privada. De acordo com o VAE, que mostra receitas líquidas anuais, o heveicultor possui uma renda anual de R\$ 737,96/ha para a taxa de 10%; para a taxa de 20% esse valor é de R\$-274,81/ha.

A TIR para a heveicultura sem os CERs (cenário 1) foi de 17,36%. A inclusão dos CERs da biomassa (cenário 2) aumentou a TIR para 18,93%; para 19,83% no caso do cenário que considera os CERs da biomassa e da borracha (cenário 3); para 22,60% no caso dos CERs da emissão evitada (cenário 4); e para 29,57% em se tratando do potencial máximo da heveicultura, representado pelo cenário 5.

A análise do VET é de suma importância para a cultura da seringueira, pois, como a cultura tem restrições quanto às condições climáticas, o critério poderá indicar em quais regiões ela pode ser atrativa sob o ponto de vista econômico, notoriamente com a inclusão ou não dos créditos de carbono. Assim, pelos dados apresentados, pode-se inferir que a terra pode ter um valor de até R\$ 7.895,35/ha para uma taxa de desconto de 10% e – considerando a inclusão dos CERs, para o potencial máximo de geração de CERs (cenário 5) – de até R\$ 10.877,45/ha, que a cultura ainda será viável economicamente.

É importante salientar que no Brasil existem os riscos inerentes às condições econômicas, em que são comuns variações nos preços dos produtos e também dos insumos a serem utilizados, fazendo com que culturas com alto investimento e de longo prazo, como a seringueira, sejam pouco atrativas e necessitem de incentivos que permitam amenizar esses riscos. Nesse caso, o MDL seria uma forma de viabilizar o plantio desta cultura.

5.3. Análise de sensibilidade

Pôde-se verificar, pela análise de sensibilidade, que o VAE e o VPL são mais afetados pela taxa de juros, pelo preço da borracha e pelo custo total (Quadro 6, Figuras 5 e 6).

Quadro 6 – Análise de sensibilidade para o VPL e VAE, do cenário 2, variando em -20% e + 20%, nos principais custos e receitas da heveicultura

| Variáveis | VPL | | | VAE | | |
|-------------------|-----------|----------|-----------|----------|--------|----------|
| | -20% | 0% | 20% | -20% | 0% | 20% |
| Custo total | 9.993,63 | 7.760,58 | 5.489,99 | 1.044,33 | 810,98 | 573,70 |
| Custo Implantação | 8.188,21 | 7.760,58 | 7.295,41 | 855,66 | 810,98 | 762,37 |
| Custo Sangria | 8.496,49 | 7.760,58 | 6.987,13 | 887,88 | 810,98 | 730,15 |
| Tx. juros | 11.813,20 | 7.760,58 | 4.902,96 | 1.026,00 | 810,98 | 602,67 |
| Preço Borracha | 4.105,79 | 7.760,58 | 11.377,83 | 429,05 | 810,98 | 1.188,98 |
| Preço CER's | 7.605,81 | 7.760,58 | 7.877,81 | 794,80 | 810,98 | 823,23 |

FONTE: dados do autor.

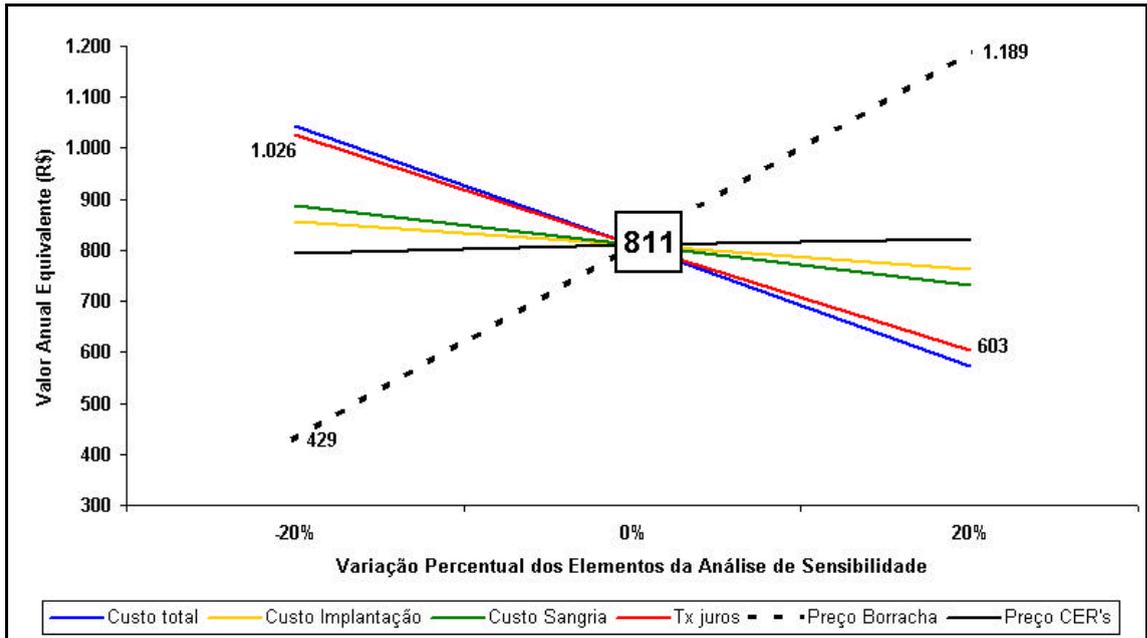


Figura 5 – Análise de sensibilidade para o Valor Anual Equivalente (VAE).

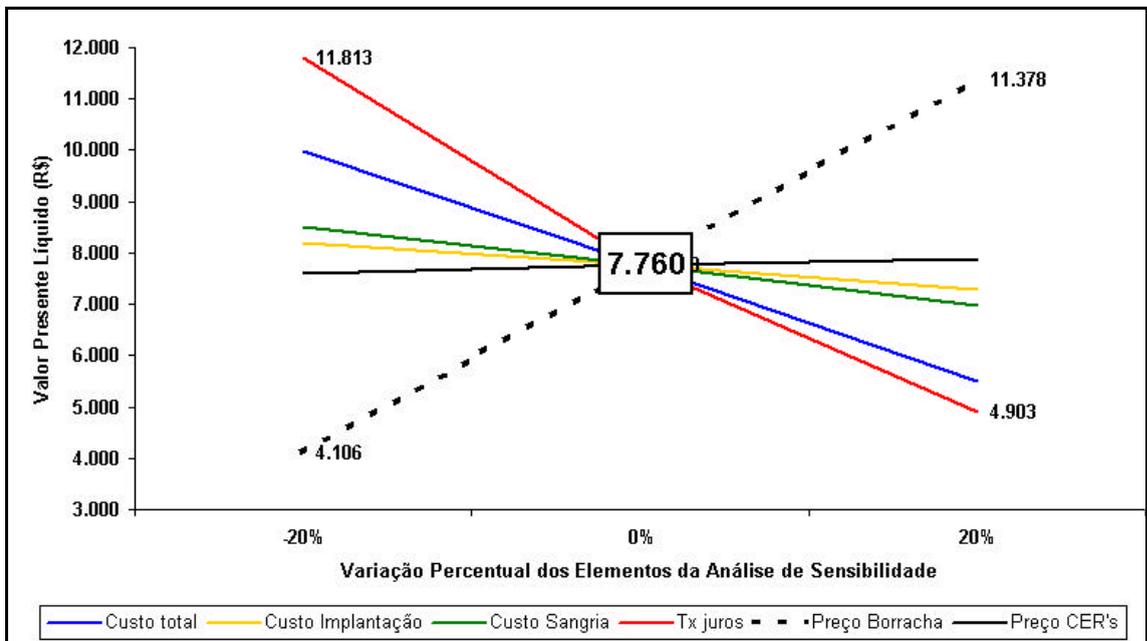


Figura 6 – Análise de sensibilidade do Valor Presente Líquido (VPL).

No entanto, vale ressaltar que, uma vez entrado em vigor o Protocolo de Quioto, espera-se que os CERs tenham um acréscimo nos seus preços de mais de 20%, podendo chegar a mais de US\$ 10,00/t, o que representaria para o presente estudo uma variação de mais de 1.000%. Esse aumento no valor dos CERs afetaria consideravelmente a viabilidade econômica da cultura da seringueira e, certamente, poderá torná-la uma atividade altamente atrativa do ponto de vista econômico, quando na negociação no mercado de CERs.

Quanto à taxa de juros, variações estão continuamente ocorrendo, dada a instabilidade econômica que o país vem sofrendo nos últimos anos, o que desfavorece investimentos em atividades de maior tempo de retorno do capital.

Em relação ao comportamento do preço da borracha, este é influenciado, principalmente, pelos produtores asiáticos ou por políticas governamentais. À medida que os grandes produtores mundiais de borracha natural diminuem sua produção, assim como está acontecendo nos últimos anos, em virtude de mudança de atividade, o preço tende a subir no mercado. Internamente, os preços podem variar em função de políticas governamentais de intervenção no mercado, como, por exemplo, o subsídio concedido aos produtores de borracha natural nos últimos anos. Também, vale ressaltar que o crescimento do PIB (Produto Interno Bruto) poderá aumentar a demanda de borracha, principalmente em razão do maior consumo de pneus.

O custo total de produção da borracha natural poderá sofrer variações, principalmente em decorrência de alterações no salário dos trabalhadores, uma vez que a cultura é intensiva em mão-de-obra.

5.4. A heveicultura no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais

A implantação da heveicultura em áreas subutilizadas ou degradadas, com uso de tecnologia e material genético adequado, implicará o aumento na produção de biomassa local e, conseqüentemente, o “seqüestro” e armazenamento de carbono na superfície terrestre.

Os plantios homogêneos de *Hevea* sp. podem ser contestados por alterarem o meio, mas há que se afirmar que tais florestas atendem a demanda de borracha natural, sendo, assim, um meio indireto de inibir o consumo da borracha sintética.

A heveicultura, quando no cultivo com outras espécies em consórcio, os chamados sistemas agroflorestais (SAFs), reproduz um sistema ecológico estável e, ainda, oferece retornos financeiros. Em seringais recém-implantados, principalmente em pequenas propriedades, os SAFs podem ser uma saída para complementar a renda do produtor. O consórcio traz consigo muitas vantagens, sendo as principais a redução do período de maturação financeira do projeto e a diminuição dos custos de implantação do seringal. Na CIA COMERCIAL OMB, em Pontes e Lacerda, a oeste do Mato Grosso, os primeiros experimentos com os SAFs demonstraram que é possível cultivar café, abacaxi e banana sem prejudicar o crescimento da seringueira; ainda, após o “fechamento das copas”, o cacau pode ser uma alternativa muito atraente do ponto de vista econômico e ambiental, tendo em vista que a cacauicultura também pode contribuir para a mitigação do efeito estufa, armazenando carbono em sua biomassa (Ver fotos no Anexo B).

O cultivo da seringueira, se comparado ao da maioria das culturas anuais, com uso intensivo de mecanização, tanto no preparo de áreas como na colheita, constitui um tipo de aproveitamento do solo extremamente desejável do ponto de vista ecológico. Trata-se de uma cultura que protege o solo e os mananciais e fornece madeira quando no final de sua vida útil produtiva. A seringueira, devido à sua copa, forma um tipo de proteção ao solo, reduzindo o impacto do sol, da chuva e dos ventos, como também lança raízes em um nível mais profundo que as culturas anuais; conseqüentemente, retira uma quantidade menor de nutrientes por unidade de superfície de solo. Além disso, a atividade é intensiva em mão-de-obra, podendo ser considerado que uma pessoa cuida de 4 hectares, enquanto para outros tipos de atividades agrícolas, florestais e pecuária essa relação é de uma pessoa para mais de 10 ha. Tendo em vista o déficit de borracha natural, se o

Brasil atendesse sua própria demanda, geraria uma quantidade enorme de novos empregos, tanto diretos quanto indiretos.

Para o Brasil, se for considerado um crescimento de 3% a.a. no consumo de borracha natural (BN) e uma produção estabilizada de 90.000 toneladas/ano, o déficit em 2010 será de mais de 215 mil toneladas. Dessa forma, até 2010, o Brasil estaria gastando mais de 1,3 bilhão de dólares com a importação da borracha natural (considerando o preço de 1 US\$/kg de BN). Para o atendimento da demanda interna, a longo prazo, seria necessário um investimento para plantar, aproximadamente, 215 mil hectares de *Hevea* sp. (considerando uma produtividade média de 1,2 tonelada de borracha seca/ha.ano).

A geração de empregos não seria menos importante, pois, com a implantação de seringais para o abastecimento interno, seriam gerados mais de 53 mil empregos no meio rural. De acordo com IVAN WEDEKIN (1990), atual secretário de Política Agrícola Brasileira, em uma palestra apresentada no Instituto de Tecnologia Aeroespacial sobre a Interiorização do Desenvolvimento Nacional, a cada emprego gerado no meio rural, cerca de seis outros são gerados no meio urbano. Nesse contexto, o incentivo da heveicultura em nível nacional geraria mais de 318 mil novos empregos.

Em razão de a heveicultura demandar mais mão-de-obra que outras atividades rurais, ao substituir uma área degradada ou pastagem por florestas de seringueiras, há uma enorme demanda de funcionários no campo para desenvolver as atividades de preparo do solo, plantio, extração do látex etc. Tratoristas, mecânicos, administradores, agrônomos, engenheiros florestais, vendedores de insumos e trabalhadores em geral são deslocados para o campo. Na cidade, os demais elos da cadeia produtiva igualmente se aquecem, desde comerciantes até prestadores de serviços em geral.

Se for considerada toda a cadeia de implementação da heveicultura em nível nacional, utilizando-se da experiência da CIA COMERCIAL OMB, pode-se inferir que:

- Para a produção de mudas e manutenção de jardins clonais, seria necessário fomentar cerca de 860 viveiros com capacidade de 250 mil

mudas, o que demandaria mais de 10 mil trabalhadores temporários e, na atividade de plantio, outros mais 26 mil trabalhadores.

- A indústria de sacolas para a produção das mudas teria a venda incrementada em 16 milhões de reais – uma estimativa do faturamento da indústria de herbicidas seria em torno de 9 milhões, que, somado ao de fungicidas e inseticidas, chega ao valor de mais de 33 milhões de reais.
- Considerando que os novos plantios tendem a ser implantados em áreas degradadas e pastagens e que as técnicas silviculturais usuais serão aplicadas, o setor de fornecimento de adubo e calcário receberia mais de 23 milhões de reais na venda de seus produtos.
- Outro grande filão seria a indústria de tratores, pois estima-se que, para a implementação de 215 mil hectares, seriam necessários mais de 640 mil horas só no preparo do terreno, incrementando o setor de produção de tratores, implementos agrícolas, pneus etc.
- Após o início da safra, aproximadamente seis anos, além dos empregos gerados, os efeitos seriam representativos também na arrecadação de impostos. Estima-se que, do total movimentado pelas usinas de beneficiamento, mais de 16,5% se transforme em arrecadação. Considerando que hoje o Brasil, com uma produção de 90.000 toneladas de borracha, arrecada aproximadamente 52 milhões, a implantação de 215 mil hectares traria mais de 140 milhões anualmente. Assim, o investimento do governo na heveicultura, em novos plantios, de uma certa forma, estaria voltando aos cofres do governo no longo prazo na forma de impostos.

A heveicultura, atualmente, apresenta duas correntes desfavoráveis, sendo uma correspondente à forte concorrência das especulações agro-industriais, que podem oferecer rentabilidades mais rápidas do que a heveicultura, já que a cultura só começa a dar retorno econômico a partir do sétimo ano; a outra é a concorrência imposta pela borracha sintética, que oferece vantagens comparativas, tanto pela agilidade nos processos de fabricação quanto pelos custos envolvidos no transporte da matéria-prima e na fabricação. Nesse

contexto, a substituição dos atuais plantios por outras culturas impactará ainda mais o equilíbrio de carbono no planeta.

Do ponto de vista dos acordos internacionais sobre mudanças climáticas, a heveicultura deve ser considerada uma atividade que traz benefícios ao sistema climático global, tendo em vista que, por se tratar de uma espécie florestal, é sabido que armazena carbono, antes encontrado na atmosfera, que o seu produto principal, a borracha natural, também funciona como um armazenador de carbono e, ainda, que o incentivo ao plantio de tal cultura pode levar a uma redução na exploração do petróleo quando na fabricação da borracha sintética, o que é tido no rol de negociações sobre mudanças climáticas como projetos de substituição de uma fonte não-renovável (petróleo) por uma fonte renovável (borracha natural).

A produção de borracha sintética envolve o uso de óleos derivados de petróleo ou do gás natural, recursos não-renováveis, e a complexa reação química de hidrocarbonetos, em unidades industriais grandes que consomem grande quantidade de energia. De acordo com RAHAMAN (1995), a energia necessária para colher, processar e transportar a borracha natural até os países industrializados equivale a menos de um quarto da quantidade necessária para produzir os elastômeros sintéticos; como na produção de energia geralmente é emitido CO₂, este é mais um item favorável à produção de borracha natural em substituição à sintética.

A produção de borracha natural, por outro lado, envolve a utilização de três recursos naturais renováveis – a luz solar, água e o CO₂ – para montar a molécula do polímero de borracha no interior da planta. O uso industrial de maior volume de borracha natural, reduzindo o uso de borracha sintética, seria um método para evitar a poluição causada pelas fábricas dos sintéticos, bem como ajudaria a reduzir o consumo de petróleo em níveis mundiais.

Nesse contexto, a heveicultura pode ser considerada uma forte candidata à geração dos CERs. No entanto, para que o mercado de créditos de carbono se concretize e os mecanismos de mitigação de GEE recebam seus devidos valores, é necessário que os mercados se desenvolvam. Além disso, o setor financeiro

precisa estar ativamente envolvido, reduzindo custos de transação e distribuindo riscos de preços e investimento. Adicionalmente, torna-se necessário criar mecanismos de captação de recursos financeiros destinados especificamente a financiar projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil.

Vale ressaltar que, pelo fato de a cultura estocar carbono na floresta por um longo prazo e apresentar vários benefícios ambientais e sociais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país, há grande potencial de este ser um projeto elegível no MDL. Empresas ou indústrias, principalmente do setor de borracha sintética, de países não-produtores de borracha natural e com compromisso de redução de gases de efeito estufa poderiam incentivar novos plantios de *Hevea* sp. nos países em desenvolvimento, com vistas a cumprir suas obrigações.

Finalmente, deve-se ressaltar que as soluções para que se evite ou pelo menos retarde os efeitos do aquecimento global são, do ponto de vista acadêmico, bem simples. São elas: diminuir a emissão atmosférica de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis; diminuir a emissão atmosférica de CO₂ pela queima de florestas; e promover o florestamento e reflorestamento em larga escala. Portanto, na prática existem várias limitações, principalmente econômicas, que dificultam a diminuição da quantidade de CO₂ da atmosfera.

Em termos nacionais, deve-se considerar que o Brasil, através da heveicultura, possui vantagens comparativas para o “seqüestro” de CO₂, representadas pelo clima, pelo solo, pela produtividade, pela tecnologia de plantio disponível, além dos benefícios sociais e ambientais inseridos.

Diante do exposto, a heveicultura é uma atividade florestal que merece destaque perante o MDL, principalmente para o Brasil, tendo em vista seus benefícios sociais, ambientais e econômicos. A inclusão dos CERs como receitas extras pode vir a estimular produtores e empresários a optar pela cultura, fazendo com que o Brasil, atualmente importador de borracha natural, possa vir a tornar-se auto-sustentável neste setor.

6. CONCLUSÕES

Pelos resultados apresentados neste trabalho, pôde-se concluir que:

- A heveicultura apresenta grande potencial para geração de CERs, por meio do armazenamento de carbono na biomassa e na borracha natural, além da emissão evitada ao se utilizar a borracha natural em substituição à sintética.
- A sangria é o principal componente de custo da heveicultura, seguido pela aplicação de defensivos e pela implantação.
- A heveicultura mostrou-se uma atividade inviável economicamente sob a ótica privada e economicamente viável sob a ótica pública.
- A inclusão das receitas oriundas da venda dos CERs aumentou a viabilidade econômica da cultura.
- A taxa de juros, o preço da borracha e os custos de implantação são os itens que mais afetam a viabilidade econômica da heveicultura.
- A inclusão dos CERs na heveicultura poderá contribuir para a solução da falta de recursos existentes na fase inicial da cultura, já que as primeiras receitas com a venda da borracha ocorrem, geralmente, a partir do sexto ano.
- A heveicultura, com a inclusão das receitas dos CERs, pode ser incrementada no país, contribuindo para a diminuição do déficit da

balança comercial, em virtude da redução da importação da borracha natural.

- A heveicultura apresenta-se como uma ótima opção para o financiamento via Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, dado o seu potencial na geração de CERs e, também, em função de seus benefícios sociais, ambientais e econômicos, contribuindo, assim, para o desenvolvimento sustentável do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU SÁ, T. D. Aspectos climáticos da Heveicultura no Brasil. In: VIÉGAS, I. J. M.; CARVALHO, J. G. (Eds.). **Seringueira – nutrição e adubação no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 17-34, 2000.

AGRIANUAL 2003 – **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2003. p. 453-462.

ARAÚJO, M. A. R. **Efeito estufa: o futuro do planeta em nossas mãos**. Belo Horizonte, 1999. 22 p. (Coleção Cara Pintada de Educação Ambiental).

BORRACHA NATURAL BRASILEIRA – Borracha via e-mail: Ano IV, nº 154, 18 de Novembro de 2003. Disponível em: <http://www.borrachanatural.agr.br/borrachaviaemail/html/i031118.htm> Acesso em: 19 de Novembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **O Protocolo de Quioto**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima/quioto/protocol.htm>>. Acesso em: 05 fevereiro 2003.

BRITTO, S. A. **Treinamento de sangria em seringueiras: anatomia e fisiologia da produção de látex**. 1990. 13 p. (Notas de Aula).

BURGER, K.; SMITH H. P. **The natural rubber market review, analysis, policies and outlook**. Cambridge woodhead publishing limited, 349 p. 1997

CAMPOS, C. P. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto.** 2001. 169 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CARMO, C. A. F. S.; MENEGUELI, N. A.; ALVARENGA, A. P.; LIMA, J. A. S.; MOTTA, P. E. F. **Quantificação do Carbono Orgânico na Biomassa da Seringueira em solos da Zona da Mata/MG.** EMBRAPA SOLOS, PRODETAB. 2003.

CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; MOUTINHO, P. e BATISTA, Y. **Perguntas e respostas sobre mudanças climáticas.** Belém, 2002, 32 p. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/publica/mudancas.php>>. Acesso em: 12 março 2003.

CASTRO, P. R. (Coord) **Borracha natural: diagnóstico do setor.** Rio de Janeiro: RC Consultores, 1992. 194 p.

CCX – Chicago Climate Exchange. Disponível em: <http://www.chicagoclimateex.com/imgens/stats_0903_auction.jpg>. Acesso em 30 de Setembro de 2003.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.** Rio de Janeiro, 2001. 35 p. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/mdl.pdf>>. Acesso em: 12 outubro 2002.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Roteiro básico para a elaboração de um projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL.** Rio de Janeiro, 2002. 52 p. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/roteiro-mdl.pdf>>. Acesso em: 12 outubro 2002.

CONSERVATION INTERNATIONAL, Biodiversity Reporting Award. **Ciclo fluminense da borracha.** [Rio de Janeiro]: 2003. Disponível em: <http://conservation.org/xp/CIWEB/programs/awards/2003/Brasil/judges/entries/bra_35.xml>. Acesso em: 23 junho 2003.

COSTA, P. M. Créditos de absorção de CO₂: uma breve história da evolução dos mercados. **Silvicultura**, n.76, p. 24-33, 1998.

COSTA, P. M.; SILVA, N.; AUKLAND, L. **Plantações e a mitigação de efeito estufa: análise resumida.** [Rio de Janeiro]: 2000. Disponível em: <<http://www.ecosecurities.com/300publications.htm>>. Acesso em: 15 junho 2001.

ECOM – ECOLOGIA E COMUNICAÇÃO. **O que você precisa saber sobre mudanças climáticas para não passar vergonha.** [São Paulo]: 2000. Disponível em: <<http://www.meioambiente.org.br/cartilha/primeira.htm>>. Acesso em: 29 maio 2001.

FACE. Forest absorbing carbon dioxide emission. **Annual Report.** 1993. Arnheim, Netherlands, 1994.

FEARNSIDE, P. M. O carbono nos ecossistemas brasileiros – o potencial do setor florestal brasileiro para a mitigação do efeito estufa sob o “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” do Protocolo de Kyoto In: SEMINÁRIO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E OS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 2000. **Anais...** p. 59 – 75.

FERREIRA, F. A. **Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil** Viçosa: SIF, 1989. 570 p.

GAMEIRO, A. H. **Importação e produção de borracha natural no Brasil – período de 1992 a 2002.** São Paulo: CEPEA, 2003. 10 p. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/zip/arroz/Importacao_borracha.pdf>. Acesso em: 25 de julho de 2003.

GAMEIRO, A. H. **Mercado mundial da borracha natural.** São Paulo: CEPEA, 2002. 10 p. Disponível em <http://www.cepea.esalq.usp.br/zip/arroz/Importacao_borracha.pdf>. Acesso em: 25 maio 2003

GARCIA, N. C. P.; LIMA, P. C. **Cultura da seringueira.** Viçosa: EPAMIG/CTZM, 2000. 13 p. (Apostila da 71^a Semana do Fazendeiro).

GOMES, J. I. e ALBUQUERQUE, J. M. Características botânicas do gênero *Hevea*. In: VIÉGAS, I. J. M.; CARVALHO, J. G. (Eds). **Seringueira – nutrição e adubação no Brasil.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 35-62, 2000.

HAMEL, O.; ESCHBACH, J. M. Impact potential du mécanisme de développement prope dans l’avenir des cultures pérennes: état des négociations internationales et analyse prospective a travers l’exemple de la filière de production du caoutchouc naturel. **OCL**, Montpellier, v. 8, n.6, p. 599-610, 2001.

HELENE, M. E. M; BUENO, M. A. F; GUIMARÃES, M. R. F; PACHECO, M. R; NUNES, E. **Poluentes atmosféricos.** São Paulo: Ed. Scipione, 1994. 63 p. (Ponto de Apoio).

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B. D.; CUNHA, U. S. D. **Introdução ao manejo e economia de florestas.** Curitiba: Ed. UFPR, 1998. 162 p.

HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: Armazenamento e emissões atuais. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X “SEQÜESTRO” DE CO₂: UMA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL. Rio de Janeiro, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p.40-75.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Tercer informe de evaluación cambio climático 2001 – impactos, adaptación y vulnerabilidad resumen para responsables de políticas y resumen técnico.** 2001a. 93 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/un/ipccwg2s.pdf>>. Acesso em: 24 fevereiro 2003.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE **Climate change 2001: The scientific basis.** 2001b. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/un/ipccwg1s.pdf>>. Acesso em: 24 fevereiro 2003.

IRSG Ruber Statistical Bulletin vol. 53, n.9, 1999.

IVAN WEDEKIN (1990) Palestra Apresentada no Instituto de Tecnologia Aeroespacial, São José do Campos intitulada de Interiorização do Desenvolvimento Nacional organizada pela CEDES (Câmara de Estudos econômicos e sociais em Novembro de 1990

LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SILVA, E. **Captura e fluxo de CO₂ atmosférico pelas florestas plantadas e manejadas.** Viçosa: SIF, 1994. 13 p. (Boletim Técnico SIF, 7)

LIMA JÚNIOR, V. B. **Determinação da taxa de desconto para uso na avaliação de projetos de investimentos florestais.** 1995. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

LGM Planting Recommendations 1998-2000, Planters’ Bulletin, Malaysian Rubber Board N° 3 46p. (Third Quarter).

LMC INTERNATIONAL LTD. **Rubber.** Oxford-UK and New York-USA, September 2003. 12 p. (Commodity Bulletin).

LOPES, I. V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação.** [Rio de Janeiro]: 2002. Fundação Getulio Vargas, 90 p. Disponível em: <www.mct.gov.br/clima/quioto/pdf/guiamd_l_p.pdf> Acesso em: 21 maio 2003.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras** – manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1998. 352 p.

MAIA, F. Z. **A borracha bruta como matéria-prima para a usina de beneficiamento.** Trabalho apresentado ao I ciclo de Palestras sobre a Heveicultura Paulista, Barretos S.P 10 a 11 de novembro de 1998.

MCT – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Convenção sobre mudança do clima.** Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/gabinclima>>. Acesso em: 12 outubro 2002.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade para avaliação de projetos que contribuam para a mitigação das mudanças climáticas e para a promoção do desenvolvimetro sustentável.** Brasília, 2002 42p. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/clima/doc/criterios.doc> Acesso em: 20 de dezembro de 2002.

MORCELI, P. **Análise conjuntural 2002 – borracha natural.** Brasília: CONAB, 2002. Disponível em: <www.borrachanatural.agr.br/artigos/pdf/conjuntura_anual_20_2002_borracha_natural.pdf> Acesso em: 10 de junho de 2003.

NISHI, M.H. **O MDL e o atendimento aos critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade por diferentes atividades florestais.** 2003. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

OLIVEIRA, A. D.; MACEDO, R. L. G. **Sistemas agroflorestais: considerações técnicas e econômicas.** Lavras:UFLA, 1996. 255 p. (Projeto de Consultoria).

ORTOLANI A. A.; ALFONSI, R. R.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O. Aptidão agroclimática para regionalização da heveicultura no Brasil – In: 1º Seminário Brasileiro sobre recomendações de clones de seringueira. **Anais...** Brasília – DF: SUDHEVEA, 1982. p. 11-28.

PACIORNIK, N.; FILHO, H. M. O Brasil e o panorama internacional – política e instrumentos legais internacionais da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. In: SEMINÁRIO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E OS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 2000. **Anais...** 2000, p. 13-33.

PEREIRA, A. S. **Do fundo ao mecanismo: gênese, características e perspectivas para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; ao encontro ou de encontro à equidade?** 2002. 192 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PEREIRA, J. P.; DORETTO, M.; LEAL, A. C.; CASTRO, A. M. G.; BUCKER, N. A. **Cadeia produtiva da borracha natural: análise diagnóstica e demandas atuais no Paraná.** Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR. Documento 23). 2000. 85p.

PNUMA – UNIDADE DE INFORMAÇÕES SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. **Convenção do clima.** Brasília: MCT, 1995. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/gabinclima>>. Acesso em 12 outubro 2002.

RAHAMAN, W. A. Natural rubber as a green commodity – Part I. **The Planter**, v. 71, n. 830, p. 219-224, 1995.

RAHAMAN W. A.; SIVAKUMARAN S. **Studies of carbon sequestration in rubber.** Bali: UNCTAD/IRSG Rubber Forum, 1998.

RC CONSULTORES, Borracha Natural – Diagnóstico do Setor, Rio de Janeiro, RC Consultores, 1992, 194p.

REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; VALENTE, O. F.; FERNANDES, H. A. C. “Seqüestro” e armazenamento de carbono em florestas nativas e plantadas nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X “SEQÜESTRO” DE CO₂: uma oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 155-195.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Avaliação de projetos florestais.** Viçosa: Imprensa Universitária, 1993. 47 p (Caderno Didático).

ROCHA, M. T. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.) **As florestas e o carbono.** Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002. p. 1-34

SALATI, E. Sumário executivo. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X “SEQÜESTRO” DE CO₂: UMA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL. Rio de Janeiro, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 13-37.

SANTANA, M. A. E. Tratamento químico, propriedades físicas e mecânicas da madeira de seringueira e sua utilização em manufaturados. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE A HEVEICULTURA PAULISTA, 1., Barretos, 1998. **Anais...** Brasília: LPF/IBAMA, 1998. 33 p.

SANTANA, M. A. E.; EIRAS, K. M. M. **Madeira de *Hevea brasiliensis*: Adequação tecnológica para sua utilização.** Brasília: IBAMA/DGURN/LPF, 1999. 90 p. (Relatório Final)

SANTILLI, M.; CARVALHO, G.; NEPSTAD, D. O Brasil e as mudanças climáticas globais. In: CAMARGO, A.; CAPOBIANCO, J. P. R.; OLIVEIRA, J. A. P. (Orgs). **Meio ambiente Brasil – avanços e obstáculos pós-Rio-92**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2002. p. 57-68.

SCIENTIFIC AMERICAN. A dança do gelo: colapso da Antártida ocidental pode redesenhar a ocupação da terra. **Scientific American**, ano 1, n. 8, janeiro de 2003.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia Florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2002.178 p.

VICTORIA, R. L.; MOREIRA, M. Z.; MARTINELLI, L. A.; SALATI, E. O ciclo do carbono e sua importância nas mudanças climáticas globais. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X “SEQÜESTRO” DE CO₂: UMA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL. Rio de Janeiro, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 77-94.

UNFCCC – THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **The convention and Kyoto Protocol**. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/convkp.html>>. Acesso em: 15 abril 2003.

WWI/UNA, 2002a – **Conferencia frustra expectativas e lança desafio para encontro na Itália**. Disponível em: <<http://www.worldwatch.org/cop8>> Acesso em: 25 maio 2003.

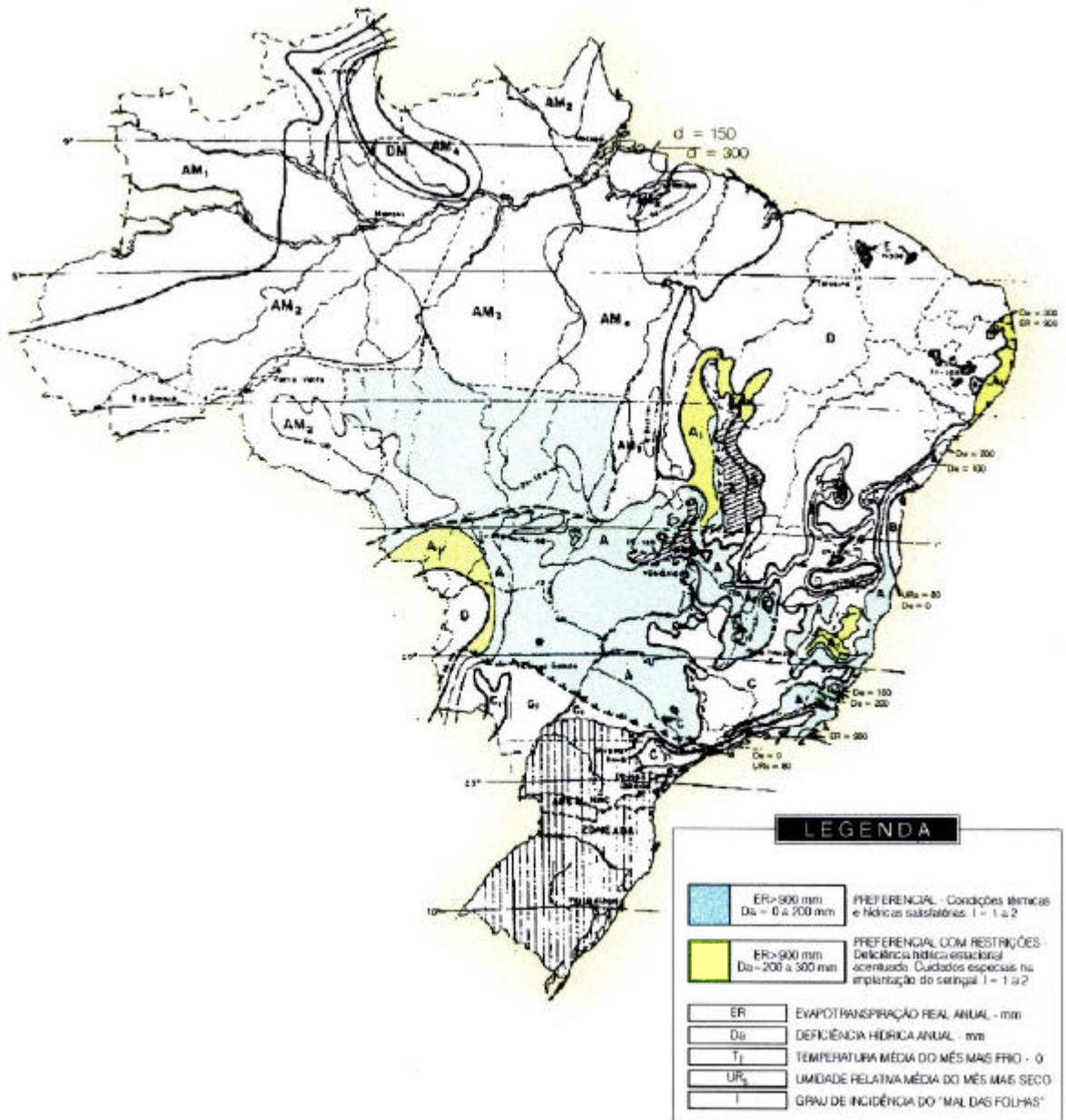
WWI/UMA, 2002b. **Governo subvenciona produtores de borracha natural**. Disponível em: < http://www.arvore.com.br/noticia/2002_2/n1909_2.htm> Acesso em: 25 de Maio de 2003

YOKOYAMA, R. Y. **SERINGUEIRA Patrimônio Nacional à espera do reconhecimento e resgate do seu valor**. Disponível em: <<http://www.omb.com.br/borracha/index.html>> Acesso em: 25 de Agosto de 2003.

ANEXO

ANEXO A

APTIDÃO AGROCLIMÁTICA PARA A REGIONALIZAÇÃO DA HEVEICULTURA NO BRASIL



Fonte: ORTOLANI et al., 1982.

ANEXO B



Figura 1B – Seringal em consórcio com cacau, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso.



Figura 2B – Seringal em consórcio com cacau, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso.



Figura 3B – Sistema agroflorestal com seringueira, banana, café e abacaxi, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso.



Figura 4B – Sistema agroflorestal com seringueira, banana, café e abacaxi, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso.



Figura 5B – Sistema agroflorestal com seringueira e café, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso.



Figura 6B – Sistema agroflorestal com seringueira e banana, da Cia Comercial OMB, em Mato Grosso.