



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**BALANÇO DE CARBONO DAS INDÚSTRIAS DE  
CELULOSE E PAPEL DO BRASIL**

KÁTIA DE SOUZA UEOKA

SEROPÉDICA, RJ  
FEVEREIRO, 2008



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**BALANÇO DE CARBONO DAS INDÚSTRIAS DE  
CELULOSE E PAPEL DO BRASIL**

KÁTIA DE SOUZA UEOKA

Sob a orientação do Professor  
Tokitika Morokawa

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SEROPÉDICA, RJ  
FEVEREIRO, 2008



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**BALANÇO DE CARBONO DAS INDÚSTRIAS DE  
CELULOSE E PAPEL DO BRASIL**

KÁTIA DE SOUZA UEOKA

Aprovada em: 13/02/2008

Banca examinadora:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Tokitika Morokawa', written over a horizontal line.

Orientador: Prof. Tokitika Morokawa – IF/DS – UFRRJ

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Natalia Dias de Souza', written over a horizontal line.

Titular: Profª Natalia Dias de Souza – IF/DPF - UFRRJ

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Tiago Böer Breier', written over a horizontal line.

Titular: Prof. Tiago Böer Breier – IF/DS - UFRRJ

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida.

Ao meu marido Aristoclê pela paciência e compreensão nos momentos mais difíceis dessa jornada e, por estar sempre ao meu lado me apoiando e me incentivando a encarar novos desafios e, principalmente, pelas palavras de estímulo e conforto nos momentos de ansiedade bem como os sorrisos de alegria a cada obstáculo superado.

À minha querida mãe e irmã pelo apoio e por acreditarem nesta vitória.

Aos meus amados filhos Daniel e Vitor pelos abraços, beijinhos e lindos sorrisos que sempre me motivaram a continuar nessa caminhada.

À Tia Ninha por ter dedicado seu amor e carinho aos meus filhos Daniel e Vitor para que esse sonho fosse realizado e à Tia Sandra também.

Aos meus sogros, cunhados e sobrinhos que também me auxiliaram nessa conquista.

A toda minha família pelo amor, carinho e apoio que sempre me deram, pois tê-los por perto foi essencial para que chegasse até aqui.

Aos meus amigos e companheiros da universidade que sempre me apoiaram nos momentos alegres e, principalmente, nas dificuldades.

À minha amiga Julia Kishida Bochner pela força e apoio nas horas mais difíceis dessa jornada e pelo carinho e paciência em me auxiliar nos períodos de provas.

Ao professor e orientador Tokitika Morokawa, que com todo seu conhecimento e experiência sempre esteve presente nas dúvidas e direcionamentos deste trabalho.

A UFRRJ pela acolhida por todos esses anos.

Aos professores desta instituição pelos inúmeros ensinamentos que me fizeram crescer profissionalmente.

Aos secretários e funcionários desta instituição pela prestatividade.

À Mônica Hava pelo sorriso, carinho, paciência e dedicação nos dias exaustivos de acertos de matrícula.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Às Indústrias abaixo citadas pela atenção e informações recebidas para a realização desta monografia:

- INTERNATIONAL PAPER do Brasil Ltda.
- RIGESA Celulose, Papel e Embalagens Ltda.
- RIPASA Celulose e Papel.
- SUZANO Papel e Celulose
- VERACEL Celulose S.A.
- NOBRECEL S.A. Celulose e Papel.

“A Terra produziria sempre o necessário”,  
se com o necessário soubesse o homem contentar-se.  
Se o que ela produz não lhe basta a todas as necessidades,  
é que ele a emprega no supérfluo o que poderia ser empregado no necessário”.

*(L. E. - Allan Kardec)*

## RESUMO

Foi analisado o balanço de carbono das indústrias de celulose e papel do Brasil, baseado na quantidade de carbono capturado da atmosfera pelo reflorestamento e o consumo energético na produção de celulose e papel. Em 1970 a produção de celulose e papel que foi de 1,876 milhões de toneladas atingiu 19,905 milhões em 2006. A energia consumida desse setor nos mesmos períodos aumentou de 934 mil tep (toneladas equivalentes de petróleo) para 8.016 mil, emitindo 1.215 e 2.698 mil toneladas de CO<sub>2</sub>, respectivamente. Em 2005 o setor de indústria de celulose e papel mantinha 1.320,5 milhão e 343,7 mil hectares de reflorestamento de eucalipto e de pinus, respectivamente, e um adicional de 554,7 mil hectares de floresta nativa destinada exclusivamente para a conservação da natureza, os quais apresentaram, respectivamente, um estoque de 43,5; 18,6 e 31,6 milhões de toneladas de carbono, totalizando 93,7 milhões de toneladas. O nível de consumo de energia e emissão de CO<sub>2</sub> por toneladas de celulose de 1970 a 2006 baixaram, respectivamente, de 0,498 tep para 0,403 e 0,648 tCO<sub>2</sub> para 0,136. A partir do período de vigência do Protocolo de Quioto (1990-2006) a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido pelo setor de celulose e papel somou 51 milhões de toneladas e a quantidade fixada de 708 milhões de toneladas. O balanço de CO<sub>2</sub> apresentou nesse período um saldo positivo de 692 milhões de toneladas, valorado em 935 milhões de dólares a preço de mercado.

Palavras-chave: CO<sub>2</sub>, energia limpa, MDL

## ABSTRACT

This research was accomplished with the objective of evaluating the balance of carbon in pulp and paper industries in Brazil, based on the amount of carbon captured from the atmosphere by reforestation and energy consumed in the production of pulp and paper. The production of pulp and paper which was 1.876 million tons in 1970 reached 19.905 million tons in 2006. The energy consumed in this industry for the same periods increased from 934 thousand tons of oil equivalent (toe) to 8,016 thousand toe, producing 1,215 and 2,698 tons of CO<sub>2</sub>, respectively. In 2005 the pulp and paper industry had 1.320,5 thousand and 343.7 thousand hectares of reforestation of eucalyptus and pine and an additional of 554.7 thousand hectares of native forest intended for nature conservation, which showed, respectively, a stock of 43.5, 18.6, and 31.6 million tons of carbon, totaling 93.7 million tons. The level of energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions by tons of cellulose in 1970 and 2006 decreased, respectively, from 0.498 to 0.403 tons of oil equivalent and 0.648 to 0.136 tons of CO<sub>2</sub>. Since the establishment of the Protocol of Kyoto (1990-2006) the amount of CO<sub>2</sub> emitted by the pulp and paper sector totaled 51 million tons, and the amount of fixed 708 million tons. The balance of CO<sub>2</sub> in that period showed a positive balance of 692 million tons, valued in 935 million dollars at market price.

Key-words: CO<sub>2</sub>, clean energy, CDM



## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>2</b>
2.1. Gases do efeito estufa .....	2
2.2. Terceira Conferência das Partes (COP-3) .....	4
2.3. Mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) .....	5
2.4. Nona Conferência das Partes (COP-9) .....	6
2.5. Crédito de carbono .....	6
2.6. Projetos de MDL .....	7
2.7. Principais espécies utilizadas em reflorestamento.....	7
2.8. Biomassa.....	8
2.9. Densidade básica da madeira.....	10
2.10. Produção de celulose e papel.....	10
2.11. Energia consumida no processo produtivo de celulose e papel.....	11
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
3.1. Obtenção de dados sobre o reflorestamento e produção de celulose e papel.....	12
3.2. Quantidade total de carbono fixado nas florestas .....	12
3.2.1. Carbono fixado no reflorestamento de eucalipto e pinus .....	12
3.2.2. Carbono fixado nas florestas nativas .....	13
3.3. Emissões de CO <sub>2</sub> e consumo energético .....	13
3.4. Balanço de carbono .....	14
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>14</b>
4.1. Reflorestamento total e produção de celulose e papel.....	14
4.2. Total de carbono fixado nas florestas .....	15
4.2.1. Carbono fixado no reflorestamento de eucalipto e pinus .....	15
4.2.2. Carbono fixado nas florestas nativas .....	16
4.3. Total das emissões de CO <sub>2</sub> e consumo energético.....	16
4.4. Balanço de carbono .....	17
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>21</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>22</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>26</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> O efeito estufa. ....	2
<b>Figura 2.</b> Produção brasileira de celulose de madeira, papel e papelão, de 1965 a 2005.....	10
<b>Figura 3.</b> Série histórica da produção total de celulose e papel no período de 1950 a 2006 das indústrias de celulose e papel do Brasil.....	15
<b>Figura 4.</b> Emissão de CO <sub>2</sub> decorrente da produção de celulose e papel no Brasil, no período 1970 a 2006. ....	16
<b>Figura 5.</b> Energia consumida por tonelada de celulose e papel produzido no Brasil, no período 1970 a 2006. ....	18
<b>Figura 6.</b> Energia total consumida, segundo fonte, pelas indústrias de celulose e papel do Brasil, no período 1970 a 2006.....	19
<b>Figura 7.</b> Emissão de CO <sub>2</sub> por tonelada de celulose e papel produzidos no Brasil, no período 1970 a 2006. ....	19
<b>Figura 8.</b> Série histórica e matriz energética segundo fonte de energia de 1970 a 2006 das indústrias de celulose e papel do Brasil.....	20

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Fonte de emissão de CO <sub>2</sub> em 1990 .....	3
<b>Tabela 2.</b> Setores responsáveis pela emissão de CO <sub>2</sub> .....	4
<b>Tabela 3.</b> Área reflorestada, de 2002 a 2006, com eucalipto e pinus no Brasil.....	8
<b>Tabela 4.</b> Energia elétrica gerada pelos setores sucro-alcooleiro e de celulose e papel.....	11
<b>Tabela 5.</b> Área total reflorestada com eucalipto e pinus no Brasil (2005) .....	14
<b>Tabela 6.</b> Energia limpa e com emissão de CO <sub>2</sub> consumida e balanço de CO <sub>2</sub> das indústrias de celulose e papel do Brasil, no período 1990-2006.....	17

## 1. INTRODUÇÃO

O uso intenso de combustíveis fósseis e seus efeitos nocivos à Terra são uma das principais problemáticas da sociedade contemporânea devido às emissões decorrentes da poluição industrial e urbana que contribuem para o aumento da concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera.

Por muitos anos a atmosfera manteve o seu processo de equilíbrio entre a captação e a emissão de dióxido de carbono até que essas emissões se elevaram a uma taxa superior à capacidade de armazenamento dos fluxos naturais do planeta.

SANQUETTA (2002) relata que as florestas surgem como grande alento, pois, além de serem fonte alternativa de energia, por se tratar de um recurso natural renovável, também podem contribuir decisivamente para reduzir os impactos ambientais do efeito estufa e das suas implicações nas mudanças climáticas.

As florestas de um modo geral, nativas ou plantadas, capturam o gás carbônico da atmosfera poluída através da fotossíntese e por essa razão são consideradas como sumidouros de carbono. As árvores possuem grande capacidade de armazenar carbono em sua biomassa devido ao seu porte avantajado, a sua longevidade e à possibilidade de crescerem em maciços.

O CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) é retirado da atmosfera e utilizado para a formação de tecidos da planta, onde é fixado na forma de carbono. A madeira é o tecido da planta que contém a maior quantidade de carbono e também onde o carbono, dependendo do uso da madeira, se mantém fixado (NUTTO *et al.*, 2002).

A preocupação da humanidade com as mudanças climáticas e as alterações provocadas sobre o meio ambiente envolvem vários especialistas da área ambiental e desperta de forma marcante o mercado financeiro, que a princípio, não estaria diretamente envolvido com o problema.

Vários encontros internacionais denominados Conferências das Partes (COP) foram realizados para falar a respeito dessas mudanças, porém a de maior relevância foi a Conferência realizada no Japão, na cidade de Quioto. O Protocolo de Quioto estabeleceu que os países industrializados reduzissem suas emissões de gases que provocam o efeito estufa em pelo menos 5,2% abaixo dos níveis registrados em 1990 e estabeleceu ainda três mecanismos de flexibilização que permitem aos países desenvolvidos cumprirem as exigências de redução de emissões, fora de seus territórios, dentre eles o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O MDL é uma grande oportunidade de gerar recursos que poderão estimular o desenvolvimento local com a negociação de créditos de carbono, além de incluí-lo de forma efetiva no contexto da proteção do meio ambiente. Para tanto, o mercado de carbono poderá contribuir na mitigação dos efeitos nocivos da poluição do ar e evitar a degradação do planeta. Os créditos de carbono já são uma realidade e começam a ser uma fonte de receita extra para as empresas brasileiras.

São contempladas ações e programas para redução de emissões de gases do efeito estufa, através da adoção de novas tecnologias, bem como a retirada da atmosfera de quantias excedentes destes gases através da captura e fixação dos mesmos da atmosfera, executando

projetos como os de reflorestamentos. Os projetos implantados no setor florestal são valorados com base na quantidade acumulada de carbono fixado pelas árvores.

É neste contexto que as indústrias de celulose e papel podem ser inseridas uma vez que os reflorestamentos de eucaliptos e pinus contribuem com o meio ambiente capturando por meio do processo fotossintético o  $\text{CO}_2$  da atmosfera. O conhecimento da captura e das emissões de  $\text{CO}_2$  poderá dizer o quanto realmente se armazenou de carbono durante o reflorestamento e o armazenamento de carbono nas florestas poderá indicar um impacto positivo ou negativo ao efeito estufa.

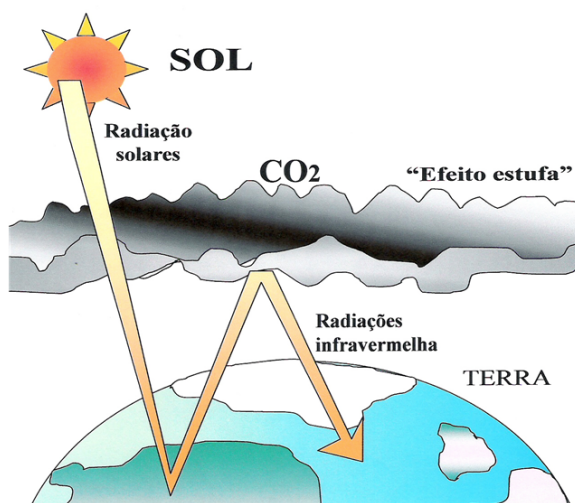
Esta monografia tem como objetivo analisar o balanço de carbono das indústrias de celulose e papel do Brasil, baseado na quantidade de carbono capturado da atmosfera pelo reflorestamento e o consumo energético na produção de celulose e papel, para viabilizar projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Gases do efeito estufa

A combustão de grandes quantidades de derivados de petróleo e carvão, a derrubada e queimada de florestas e a prática de alguns métodos utilizados na agricultura são características marcantes de nossa sociedade atual e responsáveis por uma degradação ambiental de dimensão e velocidade nunca antes observadas.

Segundo CHANG (2004) os gases do efeito estufa (GEE) representam menos de um milésimo da atmosfera total. Conforme a Figura 1, sem esses gases, a radiação infravermelha térmica solar absorvida se dissiparia no espaço e a superfície do nosso planeta seria  $33^\circ\text{C}$  mais fria do que é hoje. E, de acordo com HOUGHTON (1994), de 1850 até o presente, o desflorestamento vem contribuindo com aproximadamente um terço do aumento das concentrações de  $\text{CO}_2$  na atmosfera.



**Figura 1.** O efeito estufa.

Fonte: SIMÕES (2008).

Os gases mais importantes a serem considerados como causadores do efeito estufa são o CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e o N<sub>2</sub>O. As estimativas de emissões anuais destes gases variam devido às incertezas em relação ao conteúdo de biomassa presente nos diferentes ecossistemas e as emissões de carbono produzidas pelos processos industriais e conversão energética (BNDES, 1999).

As ações decorrentes das atividades econômicas e industriais têm provocado alterações na biosfera, resultando na quase duplicação da concentração de GEE na atmosfera durante o período de 1750 a 1998. E, segundo o IPCC<sup>1</sup> (2001), citado por ROCHA (2003), a alteração da concentração desses gases poderá desencadear um aumento da temperatura média no planeta entre 1,4 e 5,8°C nos próximos cem anos.

Comenta SOUSA (2006) que nos Estados Unidos, os combustíveis consumidos por automóveis e caminhões são responsáveis pela emissão de 67% do monóxido de carbono - CO, 41% dos óxidos de nitrogênio - NO<sub>x</sub>, 51% dos gases orgânicos reativos, 23% dos materiais particulados e 5% do dióxido de enxofre - SO<sub>2</sub>.

De acordo com os dados do BNDES (1999) no Brasil, as emissões antrópicas de CO<sub>2</sub>, decorrem principalmente da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), em indústrias, veículos em circulação, sistemas domésticos de aquecimento e pelo desflorestamento. Nas Tabelas 1 e 2 estão representados os percentuais de emissão de CO<sub>2</sub> no Brasil, exceto as emissões por desmatamentos.

**Tabela 1.** Fonte de emissão de CO<sub>2</sub> em 1990

<b>Fonte de emissão de CO<sub>2</sub> (1990)</b>	<b>%</b>
Petróleo	58
Queima de madeira	16
Coque	12
Carvão	10
Gás Natural	4
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: BNDES (1999)

<sup>1</sup> INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2001: the scientific basis.** HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P.J.; DAI, X.; MASKELL, K; JOHNSON, C.A.(Ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 881p.

**Tabela 2.** Setores responsáveis pela emissão de CO<sub>2</sub>

<b>Setores Responsáveis (1990)</b>	<b>%</b>
Indústria	38
Transportes	33
Residencial	10
Agricultura e Agropecuária	7
Transformação de energia	6
Outros	6
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: BNDES (1999)

De acordo com Brown<sup>2</sup> *et al.* (1996), citado por GEROMINI (2004), 15% das emissões globais dos GEE podem ser compensadas através do plantio e/ou bom manejo de florestas.

Segundo MOURA-COSTA (1997) o governo da Costa Rica foi o pioneiro em lançar os Certificados Transacionáveis de Absorção de Carbono (“*Certified Tradable Offsets - CTO*”) em 1997, relativo às emissões de GEE e captura de carbono, na *Chicago Board of Trade*. Esses certificados são emitidos a partir da captura de carbono originado de um programa nacional de conservação de áreas vizinhas a parques nacionais. Cada CTO equivale a uma tonelada de carbono equivalente e a Costa Rica estipulou um preço mínimo de venda de US\$10.

## 2.2. Terceira Conferência das Partes (COP-3)

Durante a terceira Conferência das Partes (COP-3) realizada na cidade de Quioto, no Japão, em 1997, foi estabelecido o Protocolo de Quioto, no qual os países industrializados se comprometeram a reduzir suas emissões de GEE em 5,2% abaixo dos índices de 1990, no período de 2008-2012 (MCT, 2007 e UNFCCC, 2001).

A partir deste protocolo ficou esclarecido que o mercado de crédito de carbono poderia auxiliar no processo de redução das emissões de GEE, através da proposta de se criar um valor transacionável para essas reduções. A partir desse princípio foi estabelecido no artigo 12 do Protocolo de Quioto um mecanismo de flexibilização denominado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Para que o crescimento de algumas nações não fosse comprometido na tentativa de atingir a meta estabelecida pela redução dos GEE, os países podem comprar créditos de outras nações que possuam projetos de MDL. O MDL trata do comércio de crédito de carbono

---

<sup>2</sup> BROWN, S *et al.* **Establishment and management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions.** Em: Working group II, Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995 Assessment for the Framework Convention On climate Change. 1996. Chapter III.F.

baseado em projetos de mitigação de GEE, daí a necessidade de estimativas corretas das emissões.

O Brasil participa do chamado mercado voluntário porque é um país que polui pouco e não tem meta de redução de emissões segundo este Protocolo. Por suas características: geográfica, climática e de não poluente, destaca-se como espaço viável na realização dos projetos de resgate de carbono da atmosfera. O teor de carbono é a quantidade de carbono existente na massa seca. Os valores da literatura (SCHUMACHER, 2002 e BALBINOT, 2003) citam 45 a 50% de carbono. Assim, uma tonelada de massa seca contém, em média, 0,5 tonelada de carbono.

### **2.3. Mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) foi desenvolvido a partir de uma proposta da delegação brasileira que previa a constituição de um Fundo de Desenvolvimento Limpo. 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 suas metas de redução (BNDES, 1999).

Tendo o artigo 12 do Protocolo de Quioto definido o MDL, verifica-se que tal mecanismo é uma contribuição significativa das Partes não-Anexo I para mudar, efetivamente, a tendência do aquecimento global de forma consistente com a Convenção de Mudança do Clima, isto é, de modo a permitir que os países continuem a se desenvolver, erradicando a pobreza, mas, ao mesmo tempo, contribuindo para o esforço global de mitigação do efeito estufa.

O MDL objetiva assistir as partes não incluídas no Anexo I (lista dos países em desenvolvimento) para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir as partes incluídas no Anexo I (lista dos países desenvolvidos) para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, que foram assumidas no artigo 3º deste Protocolo, considerados agravadores do efeito estufa na atmosfera e que contribuem para o aquecimento global, mitigar os GEEs na forma de sumidouros, investimentos em tecnologias mais limpas, eficiência energética e fontes alternativas de energia

ROCHA (2003) relata que a proposta do MDL consiste em que cada tonelada de CO<sub>2</sub> deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial, criando uma nova forma de redução das emissões globais. As empresas que não conseguirem ou não desejarem reduzir suas emissões poderão comprar Certificados de Emissões Reduzidas (CERs) em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações. Os países em desenvolvimento, por sua vez, deverão utilizar o MDL para promover seu desenvolvimento sustentável. Uma CER corresponde a uma tonelada de C e o preço médio está em torno de US\$ 6,00 (ROCHA, 2002). O valor estimado de mercado pode variar de US\$ 5,00 a US\$ 15,00.



## 2.4. Nona Conferência das Partes (COP-9)

Na nona Conferência das Partes (uso da terra e atividades florestais), realizada na cidade de Milão, na Itália, em 2003, foram adotadas modalidades e procedimentos para atividade de projeto de florestamento e reflorestamento no âmbito do MDL, para a comercialização de Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) ou créditos de carbono.

MANFRINATO (2004) comenta em seu relatório que a decisão da COP-9 sobre o florestamento e reflorestamento dentro do instrumento de MDL declara uma percepção das provisões relevantes em acordos internacionais aplicáveis e reconhece/sugere que Partes hospedeiras de projetos avaliem os riscos associados a OGM (Organismos Geneticamente Modificados) e espécies alienígenas invasoras de países como Austrália e a Noruega, de acordo com suas leis internacionais.

O resultado da COP-9 originou um documento final denominado de decisão preliminar (*Draft Decision*) para o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto. Neste são apontados itens relevantes especialmente no que diz respeito aos proponentes de projeto de carbono, sobre as definições e modalidades para a inclusão do florestamento e reflorestamento em atividades elegíveis de MDL.

Nesta COP-9 foi adotado o conceito de pequena escala para as atividades de projetos de florestamento e reflorestamento elegíveis ao MDL os projetos que pretendem remover até 8.000t CO<sub>2</sub>.ano<sup>-1</sup> através de sumidouros, desenvolvidas ou implantadas por comunidades de baixa renda ou por outros indivíduos. E, se tal projeto de pequena escala remover quantidades superiores a 8 mil toneladas, o excesso não será elegível a aquisição de RCEs.

## 2.5. Crédito de carbono

Conforme relata Tietenberg<sup>3</sup> (1998), citado por ROCHA (2003) crédito de carbono é a valoração monetária de carbono removido ou não emitido na atmosfera. Os créditos estão associados a um direito contínuo de emissão e as permissões ao direito de emitir uma quantidade definida em um determinado período. Uma vez exercido o direito de emissão, a permissão deixa de ter validade.

Os instrumentos de crédito e/ou permissão já são utilizados em outros países com relativo sucesso há vários anos. A idéia básica é de que a redução, estabilização e/ou eliminação de um determinado poluente pode ser alcançada através da comercialização de créditos de redução e/ou permissões de emissão entre as empresas poluidoras.

Movimentando alguns milhões de dólares no Brasil, o mercado de créditos de carbono já se configura em excelente oportunidade de lucros e de negócios, sem prejuízos da consciência ambiental.

BELMIRO (2004) menciona o aumento do mercado mundial de carbono desde 1996, relatando o valor de US\$ 300 milhões em 2003 e de US\$ 260 milhões somente nos primeiros quatro meses de 2004.

---

<sup>3</sup> TIETENBERG, T. Tradable permits and the control of air pollution in the United States. *Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung*, v.9, 1998. 33 p.

## 2.6. Projetos de MDL

De acordo com SANQUETTA (2002), os projetos de MDL baseiam-se em fontes renováveis e alternativas de energia, eficiência e conservação de energia ou reflorestamento. Os projetos de MDL no setor florestal são valorados com base na quantidade acumulada de carbono fixado pelas árvores. Como a fixação de carbono em uma floresta se dá em todos os seus compartimentos (folhagem, galhos, fuste, raízes, serapilheira e também na camada orgânica do solo) todos são passíveis de cômputo em quantificações para formulação de projetos florestais de MDL.

Os projetos de reflorestamento são os mais polêmicos dentro do MDL. Dos 805 projetos registrados pela ONU, somente oito são da modalidade de reflorestamento (ROCHA, 2007a). As dificuldades para aceitar estes tipos de projetos incluem a definição de o que é ou não floresta, o tempo que o carbono permanece retido e às reações das florestas às mudanças climáticas (SCHEIDT, 2007).

As aprovações de projetos do MDL são autorizadas com base em regras da Organização das Nações Unidas (ONU) e dos governos e deve ser feita de forma criteriosa para "evitar fraudes" na compensação de emissões de gases do efeito estufa (LOURENÇO, 2007).

## 2.7. Principais espécies utilizadas em reflorestamento

As duas principais espécies utilizadas como matéria-prima pela indústria brasileira de celulose e papel são o eucalipto e o pinus, ocupando, respectivamente, 79% e 21% da área florestada. A introdução dessas espécies favoreceu a silvicultura no país, sendo um suprimento confiável de matéria-prima para o desenvolvimento da indústria brasileira de celulose e papel (BRACELPA, 2008d).

As relações positivas entre as plantações florestais e as mudanças climáticas são diversas, na medida em que as plantações florestais são recursos naturais renováveis, ainda que não evitem emissões, absorvem e armazenam CO<sub>2</sub> da atmosfera e substituem ou reduzem o uso de combustíveis fósseis.

O *Pinus taeda*, por exemplo, é uma espécie com rápido crescimento juvenil. O crescimento do *P. taeda* plantado é considerado bom quando comparado à maioria das gimnospermas competidoras e em muitos sítios duplica ou triplica a produção em relação às espécies associadas comumente (GEROMINI, 2004).

As espécies de pinus plantadas em reflorestamento são fruto de muitos anos de pesquisas e melhoramentos genéticos. Atualmente, após sucessivos desbastes, o pinus vem sendo cortado com 20 a 25 anos, com produtividades que variam entre 25 e 30 m<sup>3</sup>/ha/ano, alcançando até 45 m<sup>3</sup>/ha/ano (SBS, 2008). Segundo SCHUMACHER (2002), o estoque médio de carbono orgânico fixado em plantios de *P. taeda*, é 79 Mg/ha.

O estoque de biomassa e carbono orgânico em *P. taeda* é encontrado no fuste (madeira + casca), pois apresenta o maior acúmulo de carbono entre os componentes da biomassa dessa árvore. Há, portanto, um aumento na quantidade de carbono na biomassa com o aumento da idade da floresta. Isso também é observado em florestas de eucaliptos de diferentes idades,

onde o estoque de carbono, também, aumenta a quantidade de carbono orgânico conforme aumenta a idade da floresta.

Segundo SOARES e OLIVEIRA (2002) em estudo realizado com *Eucalyptus grandis* W.Hill ex-Maiden, o fuste é o componente da parte aérea da árvore com maior quantidade de carbono estocado, seguindo dos galhos, da casca e das folhas e existe uma relação exponencial positiva entre a quantidade de carbono presente nas diferentes partes da árvore.

O eucalipto é utilizado principalmente para produção de celulose e papel, é cortado em média aos 7 anos de idade, num regime que permite até 3 rotações sucessivas. O gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies que se desenvolvem em condições diversas de solo e clima. A maioria dessas espécies é árvore típica de florestas altas atingindo entre 30 a 50 metros de altura e de florestas abertas, com árvores menores, entre 10 e 25 metros de altura. Plantios clonais de híbridos de eucaliptos podem produzir até 50 m<sup>3</sup>/ha/ano (SBS, 2008).

Os plantios de eucaliptos e pinus apresentam crescimento rápido e têm fácil adaptabilidade nos solos brasileiros. A Tabela 3 mostra a área total reflorestada por plantios de eucalipto e pinus num período de 2002 a 2006.

**Tabela 3.** Área reflorestada, de 2002 a 2006, com eucalipto e pinus no Brasil

Ano de plantio	Área por gênero (ha)		Total geral
	<i>Eucalyptus</i>	<i>Pinus</i>	
2002	127.634,9	16.150,0	143.784,9
2003	147.061,8	19.992,6	167.054,4
2004	158.700,4	22.176,1	180.876,5
2005	188.129,1	24.524,5	212.653,6
2006	297.086,5	25.713,8	322.800,3
<b>Total</b>	918.612,7	108.557,0	1.027.169,7

Fonte: Dados primários de BRACELPA (2007a), elaborada pela autora.

## 2.8. Biomassa

A biomassa é toda matéria orgânica que pode ser utilizada na produção de energia. A energia produzida pela biomassa proporciona indicadores de emissões de CO<sub>2</sub> bem inferiores à média dos países desenvolvidos. Muitas indústrias de celulose e papel utilizam no processo produtivo a madeira como combustível, na forma de resíduos florestais e lenha (MCT, 2008).

De acordo com COBAS e LORA (2008) o aumento das restrições ambientais e os recentes avanços tecnológicos voltados à geração distribuída criam um espaço para a inserção no mercado de tecnologias limpas e eficientes para atender baixas potências. O uso da biomassa para a geração de eletricidade tem o potencial para resolver, pelo menos parcialmente, o problema da redução das reservas dos combustíveis fósseis.

A médio e longo prazo, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas acarretarão maior aproveitamento energético da biomassa e uma das principais vantagens da biomassa é que seu aproveitamento pode ser feito diretamente, pela combustão em fornos, caldeiras e desta maneira, para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos sócio-ambientais, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão eficiente, como a gaseificação e a pirólise.

Conforme Benabdalha<sup>4</sup> (1996) citado por COUTO *et al.* (2004), ainda que possam existir diferenças entre a qualidade do carvão vegetal produzido em função de uma série de variáveis (temperatura e tempo de carbonização, espécie, tipo de forno etc.), o teor de carbono fixo está entre 72 a 90% e o poder calorífico inferior numa faixa de 6.928 a 8.003 kcal.kg<sup>-1</sup>.

CALDEIRA *et al.* (2000) dizem que durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta, uma grande parte de carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa e que, posteriormente, quando inicia a competição entre as copas, a produção relativa de tronco aumenta e a de folhas e ramos diminui, gradativamente.

Embora grande parte da biomassa seja de difícil contabilização, devido ao uso não-comercial, estima-se que, atualmente, ela representa cerca de 14% de todo o consumo mundial de energia primária (SILVA *et al.*, 2004).

A indústria de celulose e papel, tendo a madeira como principal matéria-prima e gerando resíduos orgânicos em seu processo, é um forte exemplo de utilização da biomassa como uma alternativa energética ambiental.

O Brasil, por ostentar uma elevada taxa de incidência de energia solar, condições edafoclimáticas significativamente favoráveis e uma disponibilidade relativamente elevada de grandes áreas apropriadas para a silvicultura, apresentam todas as condições necessárias ao processo natural de bioconversão para produção de biomassa para fins energéticos (COUTO *et al.*, 2004).

A quantificação da biomassa tem recebido, nesses últimos anos, uma atenção especial na medida em que ela se relaciona diretamente com a fixação do CO<sub>2</sub> atmosférico, agindo em consequência como redutora das emissões de GEE.

O carbono captado pode ser quantificado através da estimativa da biomassa da planta acima e abaixo do solo, do cálculo de carbono estocado nos produtos madeireiros e pela quantidade de CO<sub>2</sub> absorvido no processo de fotossíntese.

De acordo com COUTO *et al.* (2004) a energia derivada da biomassa florestal, por ser renovável, ao contrário das formas de energia nuclear e fóssil, admite ciclos de rotações que variam de 5 a 200 anos, dependendo da espécie e dos métodos silviculturais utilizados. Por esta razão, o período de recomposição do material lenhoso pode ser considerado desprezível em comparação com o do carvão mineral (250 a 300 milhões de anos) ou do petróleo (100 a 450 milhões de anos). Comparada aos combustíveis fósseis, a madeira apresenta um baixo teor de enxofre (0,1 a 0,2%) e, por isto, sua combustão é menos nociva à atmosfera do que aquela de combustíveis fósseis.

---

<sup>4</sup> BENABDALLHA, B. Structure de la matière ligneuse. In: Manuel de Foresterie. Les Presses de l'Université Laval. Québec. p.1275-1413, 1996.

## 2.9. Densidade básica da madeira

FOELKEL *et al.* (1971) afirmam que a densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas e mecânicas que caracterizam diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore e observaram um significativo efeito das espécies sobre a densidade onde as coníferas apresentam valores inferiores de densidade em relação às madeiras de folhosas.

MELO e DURIGAN (2006) consideram em seu trabalho que a densidade da madeira das árvores de *Pinus* é inferior à densidade média das essências nativas, mas a superioridade desses plantios em termos de fixação de carbono não pode ser ignorada.

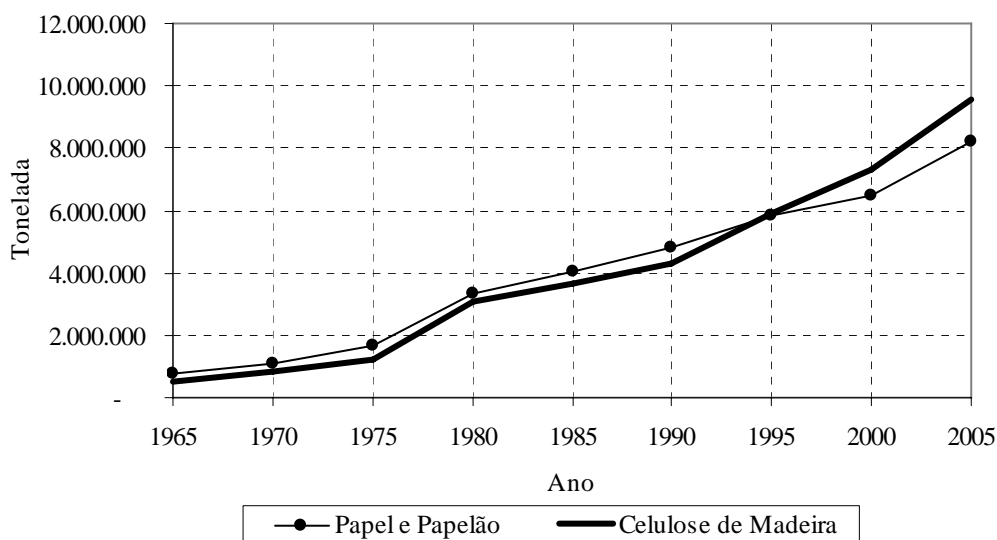
Quanto mais densa é a madeira, maior é a quantidade de carbono orgânico capturado por metro cúbico. Considerando a quantidade total de carbono orgânico capturado (Mg/ha), quanto maior a densidade básica, maior é a fitomassa total, em uma mesma densidade de plantio, sendo assim maior a quantidade de carbono capturado (SETTE JUNIOR *et al.*, 2006).

Em estudo realizado por IWAKIRI *et al.* (2002), foram encontrados valores médios de densidade básica de 0,48g/cm<sup>3</sup> para *P. taeda*, provenientes de plantios com idades de 20 e 24 anos.

## 2.10. Produção de celulose e papel

Segundo dados da SBS (2008) o rendimento médio do eucalipto para produção de celulose em 1,0 m<sup>3</sup> é de 0,23 a 0,28 tonelada.

Segundo a BRACELPA (2007a) a produção de celulose e papel para variados fins cresceu nos últimos anos como mostra a Figura 2.



**Figura 2.** Produção brasileira de celulose de madeira, papel e papelão, de 1965 a 2005.

Fonte: Adaptado de BRACELPA (2007b)

## 2.11. Energia consumida no processo produtivo de celulose e papel

De acordo com NUNES (2007) o uso de energia é responsável por cerca de 60% das emissões de GEE. A geração de energia elétrica no Brasil provém, essencialmente, de duas fontes energéticas: o potencial hidráulico e o petróleo, com grande predominância da primeira. Apesar da importância dessas fontes, elas tendem a sofrer um processo de esgotamento no futuro. O Brasil dispõe de várias alternativas para geração de energia elétrica, dentre as quais se destaca o uso da biomassa, desde culturas nativas até resíduos de origens diversas. No entanto, a pouca informação a respeito do potencial energético destes resíduos limita seu efetivo aproveitamento (SILVA *et al.*, 2004).

Em comparação com os países desenvolvidos, o Brasil não é um grande emissor de poluentes no setor energético. Isso se deve ao fato de ser um país tropical e por mais de 60% de sua matriz energética ser suprida por fontes renováveis (MCT, 2008).

O setor de produção de celulose e papel além de produzir a lixívia ou licor negro (subproduto inevitável e efluente combustível inerente ao processo Kraft, da fabricação de celulose), conta com outros insumos energéticos agregados como cascas, lascas e resíduos de madeira e cavacos de lenha utilizados como combustíveis complementares para atender às necessidades energéticas do processo (SILVA *et al.*, 2004).

De acordo com VELÁZQUEZ (2000) a lixívia é um biocombustível renovável que substitui o uso de combustíveis fósseis, tais como os derivados de petróleo que são altamente poluentes. Complementam SILVA *et al.* (2004) que a lixívia é um produto altamente tóxico e poluente quando liberado no meio ambiente, mas comporta inúmeras vantagens quando recuperado para fins energéticos.

Nas indústrias de papel e celulose toda a lixívia produzida é consumida, gerando vapor, reduzindo substancialmente o consumo de outros combustíveis (VELÁZQUEZ, 2000).

A Tabela 4 mostra a co-geração de energia elétrica das indústrias dos setores sucro-alcooleiro e de celulose e papel, mostrando a importância do licor negro na geração de energia elétrica.

**Tabela 4.** Energia elétrica gerada pelos setores sucro-alcooleiro e de celulose e papel

<b>Combustível</b>	<b>Potência (MW)</b>
Lixo urbano e gás natural	600
Bagaço-de-cana	391
Licor negro	310
Licor negro e biomassa	143
Biomassa	83
Óleo diesel e biomassa	70
Outros	36
<b>Total</b>	<b>1.634</b>

Fonte: <http://www.fcmc.es.gov.br/download/Biomassa.pdf>.

O setor de celulose e papel gera uma grande quantidade de resíduos, os quais podem ser aproveitados na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de cogeração (geração simultânea de calor e trabalho - energia mecânica / elétrica), onde se tem a menor emissão de poluentes, desde que seja utilizado o mesmo combustível. Devido às limitações econômicas do setor elétrico a cogeração se apresenta como uma opção interessante na contribuição à oferta de energia elétrica, permitindo a geração descentralizada, com unidades menores, mais flexíveis, além de serem sistemas mais eficientes e menos poluentes.

Conforme Staiss e Pereira<sup>5</sup> (2001) citado por COUTO *et al.* (2004) a combustão de 1 tonelada seca de madeira evita emissões de CO<sub>2</sub> da ordem de 1.600 kg, quando comparada ao petróleo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Obtenção de dados sobre o reflorestamento e produção de celulose e papel

Foi enviado uma carta e dois questionários para as empresas de celulose e papel do Brasil e consultado o site da BRACELPA para obtenção dos dados primários de reflorestamento no Brasil, de eucalipto e pinus em hectares, numa série histórica de 1970 a 2006 e a produção das indústrias do setor de celulose e papel.

#### 3.2. Quantidade total de carbono fixado nas florestas

##### 3.2.1. Carbono fixado no reflorestamento de eucalipto e pinus

A equação que segue foi utilizada para fazer os cálculos de carbono fixado no reflorestamento de eucalipto e pinus:

$$C = P * (I / 2) * A * D * F$$

Onde: C : Estoque de carbono no campo (tonelada)

P : Produtividade média (m<sup>3</sup>/ha/ano)

I : Idade de corte (anos)

A : Área total de reflorestamento (ha)

D : Densidade básica média da madeira de eucalipto ou pinus (g/cm<sup>3</sup>)

F : Fator de conversão de uma tonelada de madeira seca para tonelada de carbono, que de acordo com o Protocolo de Quioto é igual a 0,5.

Para o cálculo da quantidade de carbono do reflorestamento multiplicou-se a produtividade média pela idade média de corte dividido por dois, pressupondo floresta regular, e multiplicou-se pela área total de reflorestamento para a obtenção do estoque total de madeira no campo. O volume total encontrado foi multiplicado pela densidade básica média da madeira (0,45 g/cm<sup>3</sup> e 0,40 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, eucalipto e pinus) assim obtendo a

---

<sup>5</sup> STAISS, C.; PEREIRA, H. Biomassa: energia renovável na agricultura e no setor florestal. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. **AGROS**, n. 1, p. 1-10, 2001.

quantidade total de madeira no campo, e este multiplicado pelo fator 0,5 resulta finalmente na quantidade de carbono, em toneladas.

A quantidade de carbono fixada anualmente pelo reflorestamento das indústrias de celulose e papel foi obtido retirando-se da equação antes mencionada a rotação do reflorestamento, ou seja,  $C_{\text{anual}} = P * A * D * F$ , tomando-se como base a área existente em 2005. Para os demais anos, foi ajustado o valor do carbono fixado proporcionalmente à produção total de celulose e papel.

### 3.2.2. Carbono fixado nas florestas nativas

As indústrias de celulose e papel mantêm áreas de preservação permanente e de reserva legal cobertas com florestas nativas, estimadas em 30% de áreas reflorestadas. A quantidade de carbono dessas áreas foi estimada, considerando-se um estoque médio de 175 metros cúbicos de madeira de densidade média de  $0,65\text{g/cm}^3$ , convertido em tonelada de carbono multiplicando o peso da madeira por 0,5.

A equação que segue foi utilizada para fazer os cálculos de carbono fixado pelas florestas nativas:

$$C = V * A * D * F$$

Onde: C : Estoque de carbono no campo (tonelada)

V : Estoque de volume de madeira ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

A : Área total de floresta nativa (ha)

D : Densidade básica média da madeira de floresta nativa ( $\text{g/cm}^3$ )

F : Fator de conversão de uma tonelada de madeira seca para tonelada de carbono, que de acordo com o Protocolo de Quioto é igual a 0,5.

### 3.3. Emissões de CO<sub>2</sub> e consumo energético

A quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> para cada tep de derivados de petróleo corresponde a 2,708 toneladas, para carvão mineral de 3,390 toneladas e para o gás natural de 1,936 toneladas. Para calcular a quantidade total de emissão de CO<sub>2</sub> foram considerados os consumos das energias antes citadas e assumido as energias renováveis como os derivados de cana-de-açúcar e de madeira, que apesar de liberarem CO<sub>2</sub> na combustão fixam carbono na biomassa, e a eletricidade, foram consideradas energias limpas. A energia derivada de urânio, apesar de ser não renovável, foi incluída no grupo de energia limpa por não emitir CO<sub>2</sub> na geração de energia.

Foram consultados os sites do Ministério de Minas e Energia (MME) e Balanço Energético Nacional (BEN) para a obtenção dos dados relativos ao consumo energético total, do setor industrial e das indústrias do setor de celulose e papel do Brasil. Os dados referentes à energia do BEN são apresentados em tep – tonelada equivalente de petróleo, tomando-se como referência o petróleo de 10.000kcal/kg, e 1 tep =  $41,87 \times 10^9$  joule (J). Os fatores de



conversão de uma tonelada dos seguintes produtos para tep são: lenha 0,310; carvão vegetal 0,646; lixívia 0,286; bagaço de cana 0,213.

Foram considerados os dados de consumo energético da série histórica de 1970 a 2006, classificando as energias em dois grupos: com emissão de CO<sub>2</sub> e sem emissão de CO<sub>2</sub>, doravante denominada, respectivamente, GEE e energia limpa.

### 3.4. Balanço de carbono

Para realizar o balanço de carbono foram aplicados os princípios do Tratado de Quioto, tomando como base a energia consumida no ano de 1990. Foram computadas as quantidades de energias (limpa e CO<sub>2</sub>) consumidas no período de 1990 a 2006. Do balanço anterior das energias consumidas pelas indústrias foi subtraído o estoque de carbono de florestas (reflorestamento e floresta nativa), resultando em saldo positivo ou negativo.

Para cada tonelada de carbono fixado considerando-se o fator de conversão de C para CO<sub>2</sub> de 3,67 (massa molar do CO<sub>2</sub>/massa molar do C), multiplicou-se por 3,7 para obter a quantidade em toneladas de CO<sub>2</sub>.

O resultado do balanço de carbono será dado pela equação que segue:

$$CF - CE = CC$$

Onde: CF: Carbono fixado pelo reflorestamento  
 CE: Consumo energético na produção de celulose e papel  
 CC: Crédito de carbono

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Reflorestamento total e produção de celulose e papel

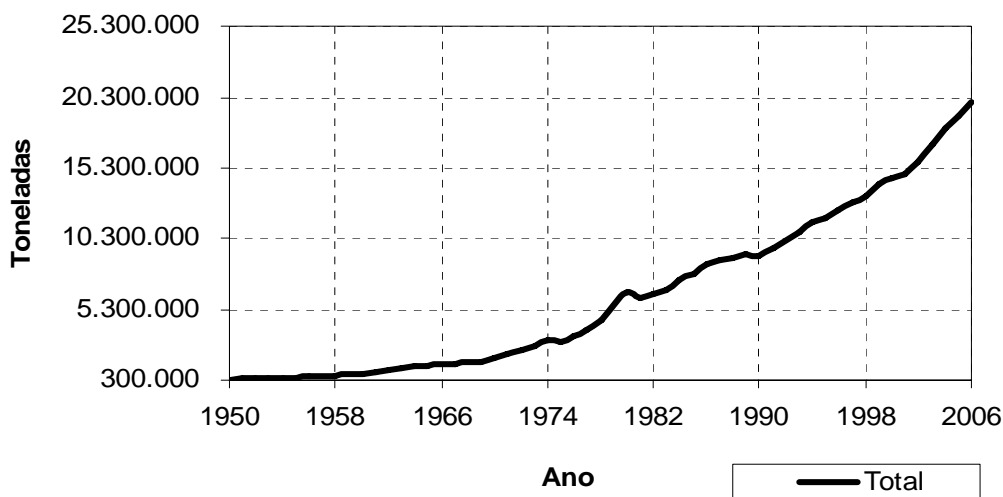
As indústrias de celulose e papel do Brasil somam 1.664.208,3 hectares de reflorestamento, sendo que 1.320.481,7 hectares são reflorestados com eucaliptos e 343.726,6 hectares com pinus, conforme a Tabela 5.

**Tabela 5.** Área total reflorestada com eucalipto e pinus no Brasil (2005)

<i>Estado</i>	<i>Eucalipto (ha)</i>	<i>Pinus (ha)</i>	<i>Total</i>
Amapá	55.780,0	15.296,0	71.076,0
Bahia	337.849,9	2.322,70	340.172,6
Espírito Santo	130.459,2	8,90	130.468,1
Mato Grosso do Sul	90.586,6	-	90.586,6
Minas Gerais	172.288,9	2.770,80	175.059,7
Pará	46.042,7	101,00	46.143,7
Paraná	46.831,3	174.281,90	221.113,2
Rio Grande do Sul	85.244,4	8.378,30	93.622,7
Santa Catarina	7.708,0	102.254,60	109.962,6
São Paulo	345.605,7	38.312,40	383.918,1
<b>Total</b>	<b>1.320.481,7</b>	<b>343.726,6</b>	<b>1.664.208,3</b>

Fonte: BRACELPA (2007c), elaborada pela autora.

De acordo com a Figura 3, a produção de celulose e papel em 1950 que foi de apenas 348.487 toneladas, atingiu 1.876.179 toneladas em 1970, chegou a 9.066.934 em 1990 e em 2006 chegou a 19.904.604 de toneladas.



**Figura 3.** Série histórica da produção total de celulose e papel no período de 1950 a 2006 das indústrias de celulose e papel do Brasil.  
Fonte: BRACELPA (2008e), elaborado pela autora.

## 4.2. Total de carbono fixado nas florestas

### 4.2.1. Carbono fixado no reflorestamento de eucalipto e pinus

Conforme a metodologia, substituindo-se os valores da equação  $[C = P * (I / 2) * A * D * F]$ , e tomando-se por base os dados relativo ao reflorestamento de eucalipto e pinus, o valor de carbono fixado no reflorestamento foi de:

$$C = 45 * (6,5/2) * 1.320.481,7 * 0,45 * 0,5 = 43.452.101 \quad (\text{eucalipto})$$

$$C = 30 * (18/2) * 343.726,6 * 0,40 * 0,5 = 18.561.236 \quad (\text{pinus})$$

A quantidade média de carbono fixado em 1,3 milhões de hectares de reflorestamento de eucalipto atinge 43,5 milhões de toneladas de carbono, equivalente a 160 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

A quantidade média de carbono fixado em 344 milhões de hectares de reflorestamento de pinus foi de 18,6 milhões de toneladas de carbono, equivalente a 68 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Assim, as indústrias de celulose e papel mantêm um estoque permanente de carbono nas áreas reflorestadas que somam 62 milhões de toneladas de carbono que é equivalente a 229 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

A quantidade anual de carbono fixado pelo reflorestamento foi de 15,4 milhões de toneladas, equivalente a 57,1 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, conforme cálculos seguintes, indicando o potencial total de neutralização de emissões de CO<sub>2</sub> das atividades industriais:

$$\begin{aligned}
 C &= 45 * 1.320.481,7 * 0,45 * 0,5 = 13.369.877 && \text{(eucalipto)} \\
 C &= 30 * 343.726,6 * 0,40 * 0,5 = 2.062.360 && \text{(pinus)} \\
 \text{Total} &= 15.432.237 && \text{(eucalipto+pinus)}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2. Carbono fixado nas florestas nativas

O estoque de carbono retido pelas florestas nativas mantidas como áreas de preservação permanente e reserva legal, assumindo 1/3 da área total reflorestada (1.664.208,3 ha), ou seja, 554.736,1 hectares, resultam em:

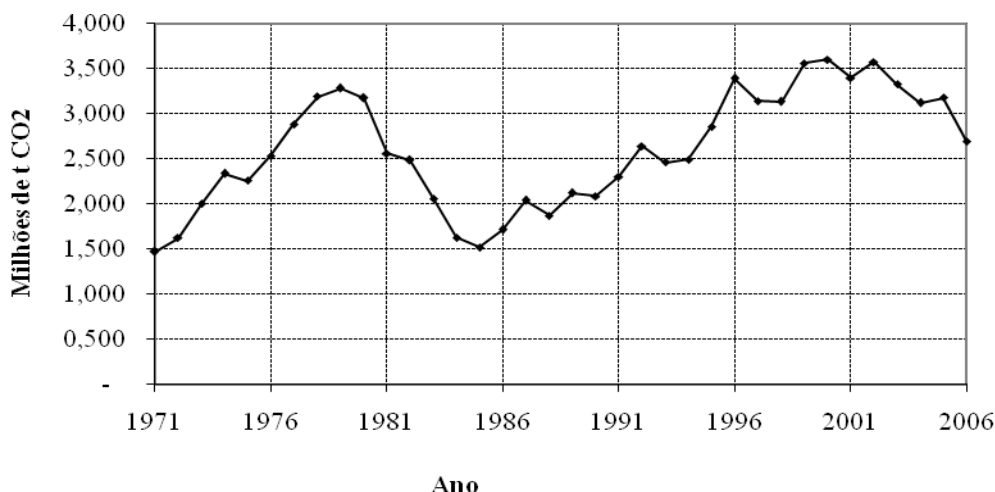
$$C = 175 * 554.736,1 * 0,65 * 0,5 = 31.550.615,6$$

Os 31,6 milhões de toneladas de carbono da floresta nativa, equivalente a 117 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, pode-se considerar um estoque estático, uma vez que estas florestas são mantidas preservadas sem a exploração madeireira, resultando a quantidade de carbono fixado com o crescimento das árvores igual à quantidade de carbono liberada com a mortalidade das mesmas e deposições de serapilheiras.

O estoque total de carbono fixado pelo reflorestamento e nativas foi de 93,6 milhões, equivalente a 346,32 milhões de CO<sub>2</sub>.

### 4.3. Total das emissões de CO<sub>2</sub> e consumo energético

A quantidade total de CO<sub>2</sub> emitido durante a produção de celulose e papel foi de 1.215 milhões de toneladas em 1970 e 2.698 milhões de toneladas em 2006, conforme a Figura 4.



**Figura 4.** Emissão de CO<sub>2</sub> decorrente da produção de celulose e papel no Brasil, no período 1970 a 2006.

Fonte: Dados primários MME (2008) elaborado pela autora.

**Tabela 6.** Energia limpa e com emissão de CO<sub>2</sub> consumida e balanço de CO<sub>2</sub> das indústrias de celulose e papel do Brasil, no período 1990-2006.

Ano	Consumo energia (10 <sup>3</sup> tep)			Balanço de CO <sub>2</sub> (t)				
	Limpa	GEE	Total	Emissão	Saldo (*)	Fixação	Balanço (**)	Balanço (***)
1990	2.859	753	3.612	2.086.445	-	27.320.908	27.320.908	25.234.463
1991	2.978	837	3.815	2.305.562	219.116	29.205.076	28.985.960	26.899.515
1992	3.389	969	4.358	2.643.227	556.781	30.744.704	30.187.923	28.101.477
1993	3.678	907	4.584	2.460.962	374.517	32.458.602	32.084.086	29.997.640
1994	3.870	923	4.793	2.496.486	410.040	34.599.505	34.189.465	32.103.019
1995	3.807	1.060	4.867	2.860.045	773.600	35.357.837	34.584.237	32.497.792
1996	3.838	1.261	5.099	3.389.666	1.303.221	37.296.243	35.993.022	33.906.577
1997	3.943	1.181	5.124	3.140.181	1.053.735	38.716.492	37.662.757	35.576.311
1998	4.423	1.186	5.609	3.135.209	1.048.764	40.004.486	38.955.723	36.869.277
1999	4.629	1.362	5.991	3.559.175	1.472.729	42.674.738	41.202.009	39.115.563
2000	4.812	1.394	6.206	3.602.174	1.515.728	44.184.435	42.668.706	40.582.261
2001	4.807	1.354	6.161	3.401.773	1.315.328	44.746.092	43.430.764	41.344.319
2002	5.164	1.422	6.586	3.571.767	1.485.322	47.594.255	46.108.933	44.022.488
2003	5.784	1.336	7.120	3.325.899	1.239.454	51.179.244	49.939.790	47.853.345
2004	6.030	1.269	7.299	3.122.149	1.035.703	54.457.063	53.421.359	51.334.914
2005	6.360	1.324	7.684	3.177.903	1.091.458	57.099.276	56.007.818	53.921.373
2006	6.874	1.142	8.016	2.697.851	611.405	59.977.481	59.366.076	57.279.630
Total	77.245	19.680	96.925	50.976.473	15.506.901	707.616.438	692.109.537	656.639.966
Média	4.544	1.158	5.701	2.998.616	912.171	41.624.496	40.712.326	38.625.880

Notas: (\*) Emissão adicional de CO<sub>2</sub> em relação ao total de 1990; (\*\*) diferença entre quantidade de CO<sub>2</sub> fixado e saldo emitido; (\*\*\*) diferença entre o total fixado e total emitido; tep = tonelada equivalente de petróleo.

Fonte: Dados primários de consumo energético (MME, 2008); balanço elaborado pela autora

De acordo com a Tabela 6 o consumo médio de energia das indústrias de celulose e papel no período de 1990 a 2006 foi de 5,701 milhões de tep dos quais 80% constituído de energia limpa (sem emissão de CO<sub>2</sub>) e apenas 20% restante de energia emissora de CO<sub>2</sub> (GEE). Durante esse período o consumo total de energia aumentou em 122% e a energia limpa em 140%, enquanto o uso de energia emissora de CO<sub>2</sub> apresentou um crescimento modesto de 52%.

Apesar do expressivo aumento de consumo energético, num mesmo período a emissão de CO<sub>2</sub> passou de 2.086.445 toneladas em 1990 para 2.697.851 toneladas em 2006 (+ 29%). De acordo com a área reflorestada e produtividade das mesmas foi assumida uma fixação anual de CO<sub>2</sub> proporcional à quantidade de celulose e papel tomando como referência o valor da produção de 2005, resultando em 27.320.908 toneladas em 1990 que aumentou para 59.977.481 em 2006.

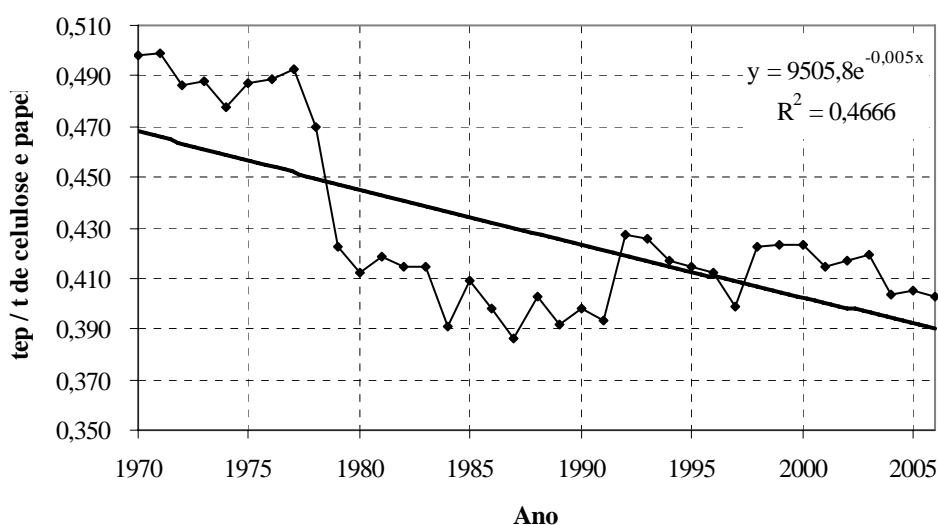
#### 4.4. Balanço de carbono

O balanço total de CO<sub>2</sub>, do período de 1990 a 2006 (17 anos) apresentou um saldo positivo de 692.109.537 toneladas de CO<sub>2</sub> caso seja considerado apenas a emissão excedente em relação à quantidade emitida em 1990 conforme estabelecido no Protocolo de Quioto para os países desenvolvidos que o ratificaram. No caso de desconsiderar o Protocolo de Quioto,

ou seja, a diferença entre a fixação e emissão anual de CO<sub>2</sub> resultou num saldo positivo de 656.639.966 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Se cada tonelada de carbono excedente fosse destinada para a venda no mercado de MDL a preço atual de mercado US\$ 5,00/tonelada resultaria um ingresso adicional para o setor de celulose e papel brasileiro da ordem de 55 milhões de dólares anuais e um acumulado de 935 milhões de dólares (692.109.537/3,7\*5) nos últimos dezessete anos.

Na década de 1970 as indústrias brasileiras consumiam por tonelada de celulose e papel produzida em torno de 0,50 tep, melhorando a eficiência de uso energético chegando em torno de 0,40 tep. A regressão ajustada  $y=9505,8e^{-0,005x}$  indicou que, mantendo esta tendência, em 2030 poderá chegar a consumir 0,346 tep, mantendo-se uma redução da ordem de 2,5% por quinquênio conforme Figura 5.



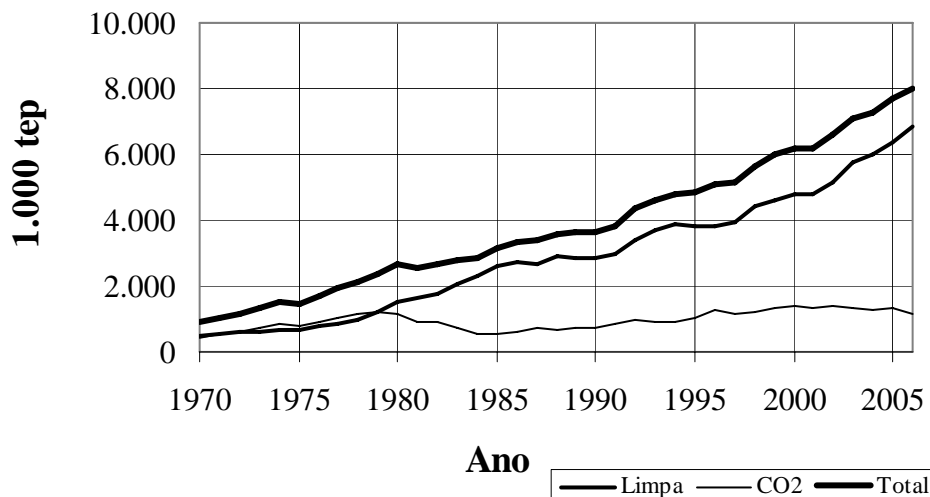
**Figura 5.** Energia consumida por tonelada de celulose e papel produzido no Brasil, no período 1970 a 2006.

Fonte: Dados primários de consumo energético (MME, 2008) elaborado pela autora.

De acordo com COUTO *et al.*, (2004), as energias alternativas devem substituir as formas de energias convencionais como o petróleo, o carvão mineral e o gás natural e, assim, contribuir para minimizar o efeito das emissões nocivas na atmosfera, que têm como consequência o efeito estufa e as eminentes mudanças climáticas. Aliado ao fato de que no melhor dos cenários as reservas mundiais de combustíveis fósseis terão apenas mais três séculos de existência, a eficiência dos processos físicos, químicos e biológicos de conversão energética da biomassa fará desta, neste milênio, não somente a solução para crises intermitentes de energia, mas o principal caminho para concretizar uma mudança definitiva nos desígnios dos novos conceitos da geração de energia limpa e renovável.

O Brasil reúne todas as condições para que possa, ainda nesta década, mudar definitivamente o seu perfil energético através de uma política que venha valorizar ainda mais a contribuição dos recursos renováveis e que, na Matriz Energética Nacional, a participação dos elementos bióticos possa ultrapassar os atuais.

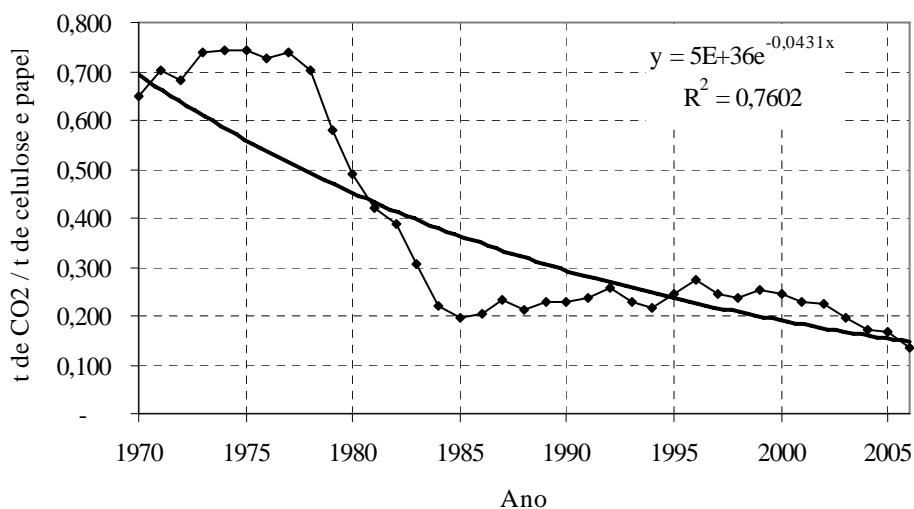
A Figura 6 mostra que o consumo energético total das indústrias de celulose e papel no período de 1970 a 2006 aumentou de 934.138 tep (toneladas equivalentes de petróleo) para 8.015.976 tep.



**Figura 6.** Energia total consumida, segundo fonte, pelas indústrias de celulose e papel do Brasil, no período 1970 a 2006.

Fonte: Dados primários de consumo energético (MME, 2008) elaborado pela autora.

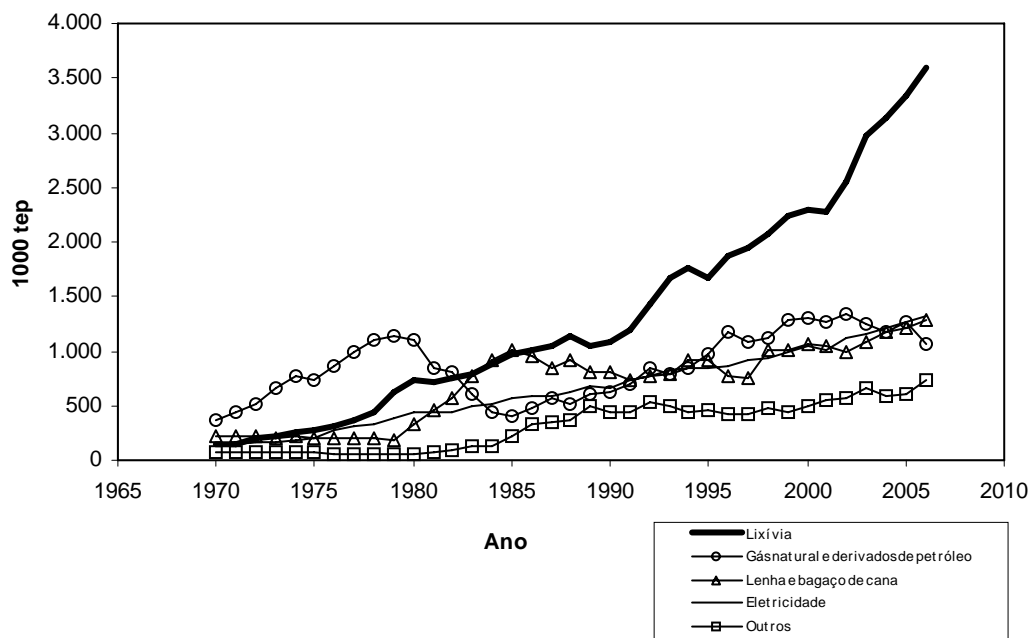
Neste contexto de acordo com a Figura 7, no período de 1970 a 2006, as indústrias brasileiras emitiam por tonelada de celulose e papel produzidos no Brasil em torno de 0,667 t de CO<sub>2</sub>, reduzindo essa emissão para 0,14 t de CO<sub>2</sub>. A regressão ajustada  $y=5E+36e^{-0,0431x}$  indicou que, o nível de emissão de 0,70 t de CO<sub>2</sub> da década de 1970 poderá baixar para 0,05 t de CO<sub>2</sub> em 2030.



**Figura 7.** Emissão de CO<sub>2</sub> por tonelada de celulose e papel produzidos no Brasil, no período 1970 a 2006.

Fonte: Dados primários de consumo energético (MME, 2008) elaborado pela autora.

As indústrias de celulose e papel possuem toda a infra-estrutura necessária para suprir oscilações no consumo de fonte de energia e alta flexibilidade, ou seja, a capacidade de produzir via reflorestamento madeiras para fins energéticos. De acordo com a Figura 8, as mesmas estão usando em seu processo produtivo combustíveis alternativos, sendo que no ano de 2006 foram consumidos 3.598 mil tep utilizando-se como combustível a lixívia, sendo a mesma considerada energia limpa quanto às emissões de CO<sub>2</sub>.



**Figura 8.** Série histórica e matriz energética segundo fonte de energia de 1970 a 2006 das indústrias de celulose e papel do Brasil.

Fonte: Dados primários de consumo energético (MME, 2008) elaborado pela autora.

Na década de 1970, com a crise do petróleo, para enfrentar a alta de preço e falta de fornecimento de óleo combustível, solucionou-se o problema do setor aumentando-se a produção de lenha para fornecimento de energia. Atualmente tem-se outra crise de petróleo que atingiu US\$ 100,00 o barril de petróleo e, adicionalmente, a incerteza de fornecimento de gás natural da Bolívia que, de igual maneira a crise anterior, terão esse setor capacidade para enfrentá-la.

No caso da madeira, por exemplo, a produção, a colheita e o transporte da matéria-prima florestal até o consumidor final geram apenas 43 kg de dióxido de carbono por tonelada de matéria seca; no caso do petróleo este valor seria da ordem de 152 kg de CO<sub>2</sub> e a sua combustão contribuiria ainda para lançar na atmosfera aproximadamente um adicional de 1.500 kg de CO<sub>2</sub>, além de outros poluentes potenciais como o monóxido de carbono e o dióxido de enxofre (COUTO *et al.*, 2004).

## 5. CONCLUSÕES

Devido à demanda de celulose e papel no mercado interno e externo e expansão das indústrias de base florestal associado ao aprimoramento das técnicas silviculturais utilizadas no reflorestamento das principais espécies florestais (eucaliptos e pinus) a produção de celulose e papel vem crescendo a cada ano, ou seja, no ano de 1950 que foi um pouco mais de 300 mil toneladas, atingiu 1,9 milhões de toneladas em 1970, chegou a 9,1 milhões em 1990 e em 2006 chegou a 19,9 milhões de toneladas sendo um dos setores industriais que apresentou maior taxa de crescimento.

A quantidade total de CO<sub>2</sub> emitido durante a produção de celulose e papel foi de 1,2 milhões de toneladas em 1970 e 2,6 milhões de toneladas em 2006. A emissão de CO<sub>2</sub> que situava-se, no início da década de 1970, em torno de 0,7tCO<sub>2</sub>/t de celulose e papel baixou para 0,2 tCO<sub>2</sub> no meado da década de 1980. Mantendo uma redução da ordem de 19% por quinquênio, poderá baixar para 0,05 t em 2030.

O consumo total de energia do setor de celulose que foi de 3,6 milhões de tep em 1990, aumentou em 122%, atingindo 8,0 milhões de tep (35,6 petajoules) em 2006. Durante o mesmo período o aumento de consumo de energia limpa foi de 140% e o de energia com GEE foi de 52%. Assim, houve uma significativa melhora da matriz energética, reduzindo a participação de energia com GEE sobre o total de 21% em 1990 para 14% em 2006.

As indústrias de celulose e papel do Brasil vêm melhorando a eficiência de uso energético, passando o consumo que foi de 0,5 tep/t de celulose e papel produzida no início da década de 1970, para 0,40 tep no meado da década de 1980. Mantendo-se esta tendência, em 2030 poderá chegar a consumir 0,346 tep, com uma redução da ordem de 2,5% por quinquênio.

O balanço total de CO<sub>2</sub>, do período de 1990 a 2006 apresentou um saldo positivo de 692 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em relação à quantidade emitida em 1990 conforme estabelecido no Protocolo de Quioto para os países desenvolvidos que o ratificaram. No entanto, caso desconsidere o Protocolo de Quioto, o saldo positivo de 657 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> poderá ser destinado para a venda no mercado de MDL.

Para projetos elegíveis ao MDL o valor do 8.000t CO<sub>2</sub>/ano deverá ser reavaliado uma vez que as indústrias de celulose e papel contribuem com o reflorestamento de espécies de rápido crescimento (eucalipto e pinus) utilizando energias renováveis consideradas limpas.

Deve ser considerado a quantia de 55 milhões de dólares anuais e um acumulado de 935 milhões de dólares nos últimos anos, bem como considerar o estoque de CO<sub>2</sub> fixado permanentemente pelas florestas nativas, pois há uma quantidade significativa de carbono imobilizado, que poderão também ser incluídas em projetos de MDL.

Dessa maneira conclui-se que o comércio de crédito de carbono proveniente de florestamento e reflorestamento se configura numa excelente oportunidade de lucros e de negócios, sem favorecer o desequilíbrio do meio ambiente.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 5, n° 1, Jan/Jun 2003.

BALBINOT, R. **Implantação de florestas geradoras de crédito de carbono: estudo de viabilidade no sul do estado do Paraná, Brasil**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

BELMIRO, T. R. A Evolução do Mercado Global de Carbono. **In: Carbono – ciência e mercado global**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2004.

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Efeito estufa e a convenção sobre mudança no clima**. Rio de Janeiro: BNDES, 1999. 40p.

BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel: Série histórica da área total reflorestada – Período de 1947 a 2006.

Disponível em: <[http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/reflo\\_01.pdf](http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/reflo_01.pdf)>

Acesso em: 11 Out. 2007a.

BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel: Produção de celulose e papel.

Disponível em: <[http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/celulose\\_00.pdf](http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/celulose_00.pdf)>

Acesso em: 11 Out. 2007b.

BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel: Área total reflorestada até 2006 nos Estados do Brasil. Disponível em:

<[http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/reflo\\_02.pdf](http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/reflo_02.pdf)>

Acesso em: 12 Out. 2007c.

BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel: Reflorestamento 2005 / 2006

Disponível em:<<http://www.bracelpa.org.br/bra/saibamais/reflorestamento/index.html>>.

Acesso em: 15 Jan. 2008d.

BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel: Produção de celulose e papel

Disponível em:<[http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/papel\\_00.pdf](http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/papel_00.pdf)>

Acesso em: 15 Jan. 2008e.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Produção de biomassa em uma procedência australiana de *Acácia mearnsii* De Wild, plantada no sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.º2, p. 201-206, 2000.

CHANG, M.Y. Seqüestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. In: **FIXAÇÃO DE CARBONO: ATUALIDADES, PROJETOS E PESQUISAS** (Sanquetta *et al.* editores). Curitiba: p.15-37, 2004.

COBAS, V. R. M. e LORA, E. S. Geração de eletricidade a partir da biomassa com tecnologias avançadas de geração distribuída. Disponível em: <<http://paginas.agr.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0011.pdf>> Acesso em: 03 Fev. 2008.

COUTO, L.C. *et al.* Vias de valorização energética da biomassa. **Renabio – Biomassa e Energia**, Viçosa, vol. 1, n. 1, p.71-92, 2004. Disponível em: <<http://www.renabio.org.br/artigos/008-LuizCouto-UNICENTRO-2004-B&E-71-92.pdf>> Acesso em: 03 Fev. 2008.

GEROMINI, M.P. **Análise qualiquantitativa do balanço de carbono em empresa do setor florestal destinada à produção de molduras**. 2004, 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

HOUGHTON, R.A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: EMISSÃO x SEQÜESTRO DE CO<sub>2</sub> – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, p.38–76. 1994.

IWAKIRI, S. Produção de Compensados de *Pinus taeda* L E *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de adesivo uréia formaldeído. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.º3, Mai./Jun. 2002.

LOURENÇO, L. **Radiobrás - Agência Brasil**: Governo defende parcimônia na aprovação de projetos com créditos de carbono. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/09/19/materia.2007-09-19.3296354944/view>> Acesso em: 21 Out. 2007.

MANFRINATO, W. Relatório de Participação na Conferência das Partes da Convenção do Clima – COP9 – Milão – **IPEF** (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais) - 20 p. - Jan. 2004.

MELO, A.C.G. de e DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 71, p. 149-154, Ago., 2006.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Protocolo de Quioto, a convenção sobre mudança do clima**. Disponível em: <[www.mct.gov.br/clima/quioto/protocol.htm](http://www.mct.gov.br/clima/quioto/protocol.htm)>. Acesso em: 15 Set. 2007.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - relatórios de referência. Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais e por Uso de Solventes**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/17341.html>> Acesso em: 04 Fev. 2008.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **01.02. Conheça o BEN – Balanço Energético Nacional – Metodologia**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageId=14131](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=14131)> Acesso em: 01 Fev. 2008.

MOURA-COSTA, P. A convenção climática e o surgimento de commodities ambientais. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, dez 1997.

NUNES, L. H. Biomassa e mudanças climáticas – UNICAMP – Departamento de Geografia / LECLIG / Bioclima, p. 24.

Disponível em: <<http://www.nipeunicamp.org.br/palestras/LuciHidalgoNunes.pdf>>

Acesso em: 29 Out. 2007.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L.F.; GRAMMEL, R., FENNER, P.T. O Mercado Internacional de CO<sub>2</sub>: O Impacto das Florestas Naturais e das Plantações In: SANQUETTA, C. R. *et al.* (eds). **As florestas e o carbono**. Curitiba, p.89-108. 2002.

ROCHA, D. **Ambiente em foco**. Reflorestamento da AES Tietê está a um passo de receber crédito de carbono. Disponível em: <<http://www.ambienteemfoco.com.br/?p=6181>> Acesso em: 29 Out. 2007a.

ROCHA, M.T. O Aquecimento Global e os Instrumentos de Mercado para a solução do problema. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F.S. **As florestas e o Carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR. 2002.

ROCHA, M.T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT** – Piracicaba, 196 p., 2003.

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

SBS – Sociedade Brasileira de Silvicultura. Fatos e números do Brasil florestal – Novembro 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>>

Acesso em: 01 Fev. 2008.

SCHEIDT, P. **Carbono Brasil**: Estudos apontam que biocombustíveis aumentam emissões de CO<sub>2</sub>. Disponível em: <<http://www.carbonobrasil.com/news.htm>> Acesso em: 09 Out. 2007.

SCHUMACHER, M. V. Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. Plantadas no estado do Rio Grande do Sul – Brasil. In: SANQUETTA, C.R. *et al.* (eds). **As florestas e o carbono**. Curitiba. p. 141-152. 2002.

SETTE JUNIOR, C. R., NAKAJIMA, N. Y., GEROMINI, M. P. Captura de carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Rio Negrinho, SC. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n.º 1, jan./abr. 2006.

SILVA, C.R.A. da *et al.* A biomassa como alternativa energética para o Brasil - **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, n.º 2, 72 p. Dez, 2004 Disponível em: <<http://www.ictr.org.br/ictr/revista2.pdf#page=27>> Acesso em: 03 Fev. 2008.

SIMÕES, P.F. Ciclos biogeoquímicos. **Efeito Estufa**. Disponível em <[www.pauloferraz.com.br/fotosplantas/ciclo\\_caborno\\_estufa.jpg](http://www.pauloferraz.com.br/fotosplantas/ciclo_caborno_estufa.jpg)> Acesso em: 05 Fev. 2008.

SOARES, C. P. B. e OLIVEIRA, M. L. R. de. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG v.26, n°.5 , p.533-539, 2002.

SOUSA, M. T. B. de. Análise da utilização do biodiesel como alternativa para o desenvolvimento sustentável - **I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica** – Natal - RN – 2006.

UNFCCC. Protocolo de Quioto. 2ed. Brasília: MCT, 2001. 34p.

VELÁZQUEZ, S. M. S. G. **A cogeração de energia no segmento de papel e celulose: contribuição à matriz energética do Brasil** – Universidade de São Paulo - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia -191p. 2000.

## ANEXOS

Anexo a – Carta



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Instituto de Florestas  
Departamento de Silvicultura

Rio de Janeiro, 16 de outubro de 2007.

À  
Indústria de Celulose e Papel

Prezado Senhor,

Consta na grade curricular do Curso de Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) a elaboração de monografia. Escolhi como tema de monografia “Balanço de carbono das indústrias de celulose e papel do Brasil”. Para tanto, além de dados secundários, necessito de dados primários obtidos diretamente das empresas desse setor.

Baseando-se nas revisões de literatura e dados até agora coletados, pretendo confirmar a hipótese que o segmento industrial de papel e celulose brasileira apresenta um balanço bastante favorável quanto ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) em conformidade com o Protocolo de Quioto e IPCC. Assim sendo, necessito, entre outras, de várias informações para obter os dados sobre o reflorestamento para quantificar o carbono acumulado. Por outro lado, a quantidade de energia consumida pelas indústrias desse setor será baseada nos dados do Ministério de Minas e Energia (Balanço Energético Nacional), sendo desta, realizadas as deduções de energia de biomassa (lenha e lixívia). O balanço final será objeto de análise e discussões da monografia. Adicionalmente será incluído um tópico especial em relação à política global sobre convenções de clima bem como a possibilidade de incluir o reflorestamento com espécies de rápido crescimento (eucalipto e pinus) como credoras de créditos de carbono.

Aplicando a metodologia de pesquisa, do rol das empresas listadas, foi sorteada uma amostra considerada válida para desenvolver o trabalho. Sendo a sua empresa sorteada, solicito a gentileza de responder os questionários em anexo.

Esta seguirá via e-mail juntamente com os questionários para maior comodidade e para agilizar o recebimento dos dados.

Comprometo-me em manter todas as informações em sigilo e essa monografia depois de concluída estará disponível no site da Universidade [http://www.if.ufrj.br/inst/monografias1024\\_2007\\_1.html](http://www.if.ufrj.br/inst/monografias1024_2007_1.html) para consultas posteriores e gostaria de receber, adicionalmente, críticas e sugestões.

Atenciosamente,

Kátia de Souza Ueoka  
Discente de Engenharia Florestal - UFRRJ  
Matrícula: 200103023-0

UFRRJ - Instituto de Florestas / Departamento de Silvicultura  
Rodovia BR 465, Km 7 - CEP 23890-000 – Seropédica /RJ  
Telefone para contato: (21)2682-1128 – (21)3787-4033 Ramal: 223

Anexo b – Questionário 1



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Instituto de Florestas  
Departamento de Silvicultura

Questionário para a realização da monografia:

**“Balanço de carbono das indústrias de celulose e papel do Brasil”**

**DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA:**

Área total de florestas nativas destinadas para conservação: \_\_\_\_\_ ha.

1. Superfície reflorestada, segundo classe de produtividade ( $m^3/ha/ano$ ) e espécies:

Espécies	Superfície reflorestada (ha) por classe de produtividade				
	30 – 40	40 – 50	50 - 60	> 60	Total
<i>Pinus</i> spp.					
<i>Eucalyptus</i> spp.					
Outras espécies					

2. Consumo total de madeira e produção industrial de celulose por ano:

	Espécie	1995	2000	2005	2010 (projetado)
Consumo total (m <sup>3</sup> ou estéreo)	Pinus m <sup>3</sup> ( ) ou st ( )				
	Eucalipto m <sup>3</sup> ( ) ou st ( )				
Produção celulose (ton/ano)	Pinus				
	Eucalipto				

Solicito, gentilmente, para maior comodidade, que envie as respostas para a autora [katia.ueoka@terra.com.br](mailto:katia.ueoka@terra.com.br) e cópia para o orientador [tokitika@ufrj.br](mailto:tokitika@ufrj.br) (Professor Tokitika Morokawa – Instituto de Florestas – Departamento de Silvicultura ).

Atenciosamente,

Kátia de Souza Ueoka  
Discente de Engenharia Florestal -UFRRJ  
Matrícula: 200103023-0

UFRRJ - Instituto de Florestas / Departamento de Silvicultura  
Rodovia BR 465, Km 7 - CEP 23890-000 – Seropédica /RJ  
Telefone para contato: (21)2682-1128 – (21)3787-4033 Ramal: 223

Anexo c – Questionário 2



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Instituto de Florestas  
Departamento de Silvicultura

Questionário para a realização da monografia:  
“**Balanco de carbono das indústrias de celulose e papel do Brasil**”

**INDÚSTRIA:**

1. Reflorestamento destinado exclusivamente para energia:

Área total (ha): \_\_\_\_\_

Corte anual (ha): \_\_\_\_\_

Produção anual de lenha para energia: \_\_\_\_\_ ( ) m<sup>3</sup> ( ) st

Consumo anual de lixívia (licor negro) como fonte energética: \_\_\_\_\_ ( t.)

Solicito, gentilmente, para maior comodidade, que envie as respostas para a autora [katia.ueoka@terra.com.br](mailto:katia.ueoka@terra.com.br) e cópia para o orientador [tokitika@ufrj.br](mailto:tokitika@ufrj.br) (Professor Tokitika Morokawa – Instituto de Florestas – Departamento de Silvicultura ).

Atenciosamente,

Kátia de Souza Ueoka  
Discente de Engenharia Florestal - UFRRJ  
Matrícula: 200103023-0

UFRRJ - Instituto de Florestas / Departamento de Silvicultura  
Rodovia BR 465, Km 7 - CEP 23890-000 – Seropédica /RJ  
Telefone para contato: (21)2682-1128 – (21)3787-4033 Ramal: 223