

# 1 Introdução

## 1.1. Objetivos

A criação de um mercado internacional para reduções de emissões de gases de efeito estufa (GEE) como forma de implementar os objetivos de mitigação desses gases firmados no Protocolo de Quioto dá origem a um novo ativo a ser levado em consideração na avaliação econômica de projetos que envolvam atividades de uso da terra.

No caso de investimentos florestais, esses produzirão, além de madeira, celulose e outros produtos florestais tradicionais, uma externalidade: a absorção de CO<sub>2</sub> da atmosfera. A presença de um mercado desenvolvido para comercialização de Certificados de Emissões Reduzidas (CERs) possibilitará a valoração dessa externalidade, o que dará origem a uma receita adicional para a entidade administradora da atividade e influenciará no cálculo do valor econômico do empreendimento.

O objetivo desse trabalho é analisar a influência da existência de um mercado para CERs na avaliação econômica de uma floresta de eucaliptos e, assim, contribuir de alguma maneira para a criação de um modelo que, futuramente, possibilite a correta valoração desses certificados.

## 1.2. Considerações Iniciais

O efeito estufa ocorre naturalmente na atmosfera. A radiação solar que atinge a Terra situa-se na faixa de comprimento de onda entre 0,2 e 0,4  $\mu\text{m}$ , enquanto a radiação refletida pela Terra situa-se na faixa do infravermelho, com comprimento de onda entre 4 e 100  $\mu\text{m}$ . As nuvens, o vapor d'água, os gases de efeito estufa (GEE)<sup>1</sup> e o ozônio são transparentes para radiações de ondas curtas porém são mais opacos para ondas longas. Eles permitem que aproximadamente 50% da radiação solar atinja a superfície terrestre, mas retêm cerca de 80-90% da radiação que é refletida de volta para o espaço. Esse efeito de retenção é chamado Efeito Estufa. Sem ele a temperatura média na superfície terrestre seria de  $-18^{\circ}\text{C}$  e não os atuais  $+15^{\circ}\text{C}$  (Cline, 1992).

Qualquer fator que altere a quantidade de radiação recebida pela Terra ou refletida de volta para o espaço pode influenciar o clima do planeta, sendo um desses fatores o aumento do efeito estufa. A atividade humana vem emitindo quantidades extras de GEE, principalmente  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e clorofluorcarbonetos (CFC). O aumento da concentração desses gases na atmosfera acentua o efeito estufa, contribuindo para uma maior retenção da radiação infravermelha e, portanto, para um aumento na temperatura.

Os GEE emitidos devido à atividade humana, as chamadas emissões antrópicas, são devidos principalmente à queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) em usinas termoelétricas, indústrias, veículos em circulação e sistemas de aquecimento domésticos, além de atividades agropastoris, aterros sanitários e lixões. Essas emissões vêm-se intensificando desde a Revolução Industrial (meados do séc. XVIII), quando combustíveis fósseis começaram a ser usados sistematicamente. Nos últimos 100 anos foi registrado um aumento de  $1^{\circ}\text{C}$  na temperatura média da Terra (Lopes, 2002). Dentre os GEE emitidos pelo homem, o  $\text{CO}_2$  é o principal, sendo ele responsável por mais da metade do aumento do efeito estufa.

---

<sup>1</sup> São considerados GEE segundo o Protocolo de Quioto: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) (UNFCCC, 1997)

O mais longo registro da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera vem sendo feito em Mauna Loa, no Havaí, ininterruptamente desde 1958. A análise dos dados registrados mostra que desde aquele ano a concentração média anual de CO<sub>2</sub> aumentou em 18,8%, de 315,98 ppmv de ar seco em 1959 para 375,64 ppmv em 2003 (Keeling e Whorf, 2004). Antes da Revolução Industrial essa concentração era de 280 ppmv.

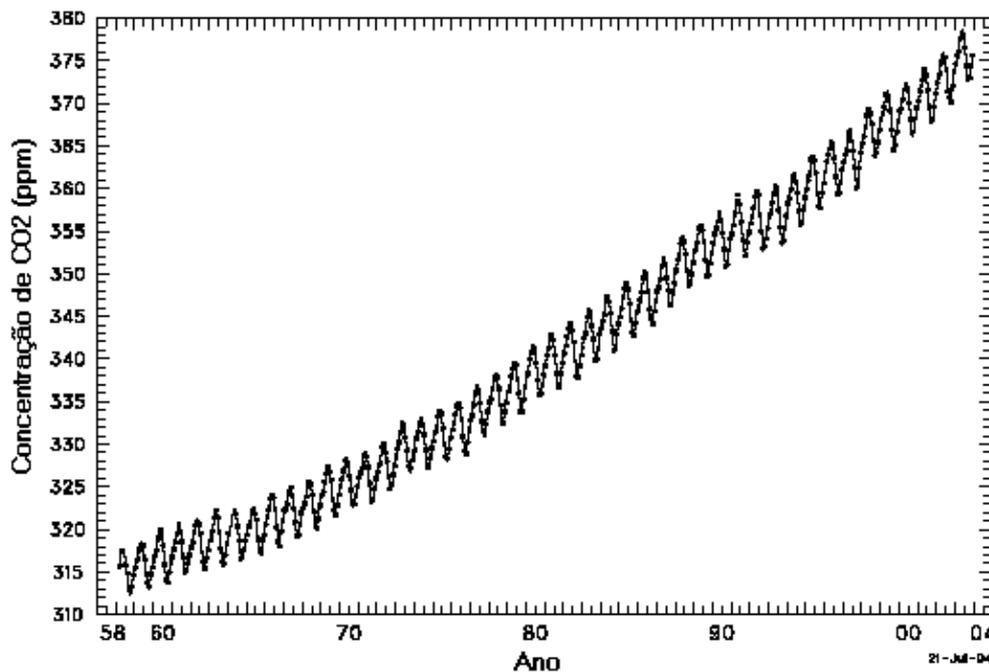


Figura 1: Concentração de CO<sub>2</sub> medida em Mauna Loa (Havaí) desde 1958. Fonte: adaptado de Carbon Dioxide Information Analysis Center- CDIAC (<http://cdiac.ornl.gov>, 2004)

Embora sempre tenha havido variações climáticas, a velocidade e a intensidade observadas no aumento da temperatura nesse período de tempo são incompatíveis com o tempo necessário para que os ecossistemas se adaptem naturalmente. Projeções estimam que o aumento na concentração de GEE a essa taxa leve a um aumento na temperatura média global entre 1,4 e 5,8°C e a um aumento no nível do mar entre 8 e 88 cm até o ano 2100 (IPCC 2001).

### 1.3. O Protocolo de Quioto

Tendo reconhecido a natureza global desse problema, a ONU, através de seu programa para o meio ambiente (PNUMA), e a Organização Meteorológica Mundial (WMO) criaram o Painel Intergovernamental para Mudanças do Clima (IPCC) em 1988, que passou a emitir relatórios periodicamente. O tom admonitório de seus primeiros relatórios criou um *momentum* político propício que culminou com a realização da Conferência Rio 92 (Rio Earth Summit '92), durante a qual foi adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), cuja ratificação, aceitação, aprovação ou adesão foi feita por 185 países mais a União Européia e que tem como meta propor ações a serem tomadas pelos países ditos do Anexo I, basicamente países industrializados<sup>2</sup>, de maneira a alcançar a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera em um nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no clima do planeta. Essa convenção entrou em vigor em 1994 e conta atualmente com 194 países (ditos “Partes”), entre os quais o Brasil (UNFCCC, 2005a).

Embora não defina a maneira de alcançar esse objetivo, a Convenção estabelece mecanismos que dão continuidade ao processo de negociação em torno das ferramentas necessárias para que esse objetivo seja atingido. Desde que entrou em vigor, as Partes vêm-se reunindo periodicamente para discutir o assunto e buscar soluções para o problema. Até o presente momento já foram realizados nove encontros, denominados Conferências das Partes (COP/MOP). Na terceira COP, realizada em dezembro de 1997 na cidade de Quioto, Japão, foi estabelecido um acordo que definiu as metas de redução de GEE para os países do Anexo B, bem como critérios e diretrizes para a utilização dos mecanismos de mercado para atingir essa meta. Esse acordo, que ficou desde então conhecido como Protocolo de Quioto, estabelece que as Partes do Anexo I devem reduzir suas emissões de GEE para um nível 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990 no período entre 2008 e 2012 (inclusive), denominado primeiro período de compromisso (Rocha, 2003).

A condição para que o Protocolo de Quioto vigorasse era que fosse ratificado, aprovado ou aceito por pelo menos 55 Partes, entre as quais as

Partes do Anexo I que fossem responsáveis por 55% das emissões de GEE ao nível de 1990. Somente com a recente ratificação do Protocolo pela Federação Russa ultrapassou-se esse percentual, havendo hoje um total de 141 países, responsáveis conjuntamente por 61,6% das emissões. O Protocolo de Quioto passou, assim, a vigorar em 16 de fevereiro de 2005 (UNFCCC, 2005b).

### 1.3.1. Comércio de Emissões

O Protocolo de Quioto estabelece, como complementação às medidas e políticas domésticas a serem tomadas pelas Partes do Anexo I, mecanismos de mercado que permitem que a redução das emissões e/ou o aumento da remoção de CO<sub>2</sub> por elas sejam, em parte, obtidos além de suas fronteiras nacionais, através da criação e transferência de direitos de emissão entre países. Esse conceito é comumente chamado de Comércio de Emissões (*Emission Trading*).

O Comércio de Emissões é um conceito econômico que já existe há algum tempo e se provou eficiente em minimizar os custos de redução em vários regimes de mitigação de poluição, principalmente nos EUA. Sob esse regime, de maneira a evitar penalizações, uma entidade deve guardar Permissões de Emissão (*Emission Allowances*) ou equivalentes iguais a sua emissão total do poluente regulado para cada período de compromisso. Permissões de Emissão são criadas tanto pela entidade reguladora (p.ex. o governo) ou por atividades que reduzam emissões ou ambos. A quantidade total de Permissões de Emissão em circulação é limitada pela legislação de modo a manter o nível de emissões em seu valor alvo. Permissões de Emissão criadas pela entidade reguladora são distribuídas aos emissores por concessão, leilão ou ambos. Uma vez inicialmente alocadas ou criadas, as Permissões de Emissão tornam-se *commodities*: podem ser compradas, vendidas, transacionadas ou poupadas para uso futuro. Elas podem até ser retiradas de circulação para criar um benefício ecológico.

O Protocolo de Quioto diferencia três mecanismos de mercado, todos comumente chamados de comércio de emissões:

---

<sup>2</sup> Os países dos Anexos I e B estão listados no Apêndice D.

- Comércio Internacional de Emissões;
- Implementação Conjunta; e
- Mecanismos de Desenvolvimento Limpo.

Dentre esses mecanismos somente o MDL permite a participação de países não-Anexo I como, por exemplo, o Brasil. Convém ressaltar que o MDL surgiu de uma proposta brasileira (Brasil, 2002).

### **1.3.2. Comércio Internacional de Emissões (CIE)**

Representa uma transação básica de compra e venda entre países do Anexo B. Direitos de Emissão poderão ser transferidos entre múltiplas entidades em fundos comuns (*pools*) nacionais de Permissões de Emissões (AAU – *Assigned Amount Unit*). Os AAUs são divisões transacionáveis das quotas máxima de emissões de cada país, que cairiam ou subiriam de acordo com cada transação feita nesse mercado. Somente países Anexo I com limitações de permissão de emissões e comprometimentos de redução inscritos no Anexo B do Protocolo podem participar desse tipo de comércio.

### **1.3.3. Implementação Conjunta (IC)**

Adicionalmente à aquisição de direitos de emissão através do CIE, as entidades podem criar Unidades de Emissões Reduzidas (UER) desenvolvendo e financiando projetos de redução de emissões e sumidouros em outros países Anexo B. A isto o Protocolo de Quioto se refere como Implementação Conjunta. Funcionalmente, UERs de projetos de IC representam porções ganhas dos *pools* nacionais de AAUs. UERs podem ser usadas por uma entidade adquirente para alcançar suas obrigações ou podem ser transferidas para outra entidade através do Comércio de Emissões. UERs de projetos de IC não alteram o volume bruto de emissões permitidas entre Partes, mas representam uma maneira de criar incentivos para acelerar a implementação de projetos de redução de emissões

através do Comércio de Emissões. Espera-se que projetos desse tipo sejam implementados em países da Europa Oriental com economias em transição.

#### 1.3.4. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

A única maneira pela qual os limites das obrigações de cada país do Anexo B podem ser aumentados é através do uso de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. Através deles, as entidades podem criar Certificados de Emissões Reduzidas (CER) desenvolvendo e financiando projetos que reduzam as emissões em países não-Anexo B. Esses países, por sua vez, usariam o MDL para promover seu desenvolvimento sustentável.

O objetivo final de mitigação de GEE seria alcançado através da implementação de atividades de projeto (*project activities*) em países em desenvolvimento que resultassem na redução da emissão de GEE ou no aumento da remoção de CO<sub>2</sub> (seqüestro de carbono). Os projetos de MDL seriam divididos nas seguintes modalidades:

- Substituição de fontes de energia fósseis por fontes renováveis;
- Racionalização do uso da energia; e,
- Florestação<sup>3</sup> e reflorestamento<sup>4</sup>.

A maioria dos projetos de seqüestro de carbono (*carbon sequestration*) encontra-se nessa última modalidade.

---

<sup>3</sup> Em inglês: *afforestation*. Conversão em floresta, direta e induzida pela ação humana, de terra que não tenha sido ocupada por floresta há pelo menos 50 anos, através de plantio, semeadura e/ou promoção induzida de fontes de semeadura naturais (UNFCCC, 2002).

<sup>4</sup> Em inglês: *reforestation*. Conversão em floresta, direta e induzida pela ação humana, através de plantio, semeadura e/ou promoção induzida de fontes de semeadura naturais, de terra que foi florestada, mas que foi convertida em terra não-florestada (UNFCCC, 2002).

### 1.3.5. Atividades de Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas

As Atividades de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF – *Land-Use, Land-Use Change and Forestry*), também chamadas de sumidouros de carbono (*carbon sinks*) ou de atividades de seqüestro de carbono, são atividades que podem fornecer uma forma relativamente simples e de baixo custo para combater o aquecimento global, seja por meio de acréscimo nas remoções de CO<sub>2</sub> pelos sumidouros (p.ex., pela plantação e gerenciamento de florestas) ou pela redução das emissões (p.ex. freando o desmatamento e combatendo as queimadas).

Numa escala global, as principais práticas de LULUCF e de gerenciamento florestal que resultam em emissão e absorção de CO<sub>2</sub> são (Houghton, 1996):

- Mudanças em florestas e outros estoques de biomassa florestal;
- Conversão de florestas e pastagens; e
- Abandono de terras férteis, pastagens e outros tipos de terra cultivada.

A 9ª COP (Milão, 2003) reconheceu projetos de florestação e de reflorestamento como atividades de LULUCF como estando dentro do contexto do MDL e definiu procedimentos para guiar essas atividades. Dentro desse conjunto de atividades encontra-se o plantio e cultivo de florestas para extração de subprodutos florestais, como por exemplo madeira e celulose, funcionando como um sumidouro de carbono.

A criação de um mercado internacional para CERs como forma de implementar os objetivos de mitigação de emissões de GEE firmados no Protocolo de Quioto e a inserção de projetos de LULUCF na categoria dos MDL dá origem a um novo fator a ser levado em consideração na avaliação econômica de projetos dessa natureza.

No caso do cultivo de eucaliptos para a extração de madeira, objeto de estudo dessa dissertação, a entidade administradora da floresta receberia, em adição à receita obtida com a venda da madeira ao final do ciclo de cultivo, um fluxo de CERs ao longo do período de crescimento da floresta como recompensa pelo CO<sub>2</sub> absorvido. Esses certificados seriam transacionáveis e

corresponderiam a uma receita adicional que alteraria o valor econômico da floresta e influenciaria o momento ótimo de desbaste das árvores.

É de se esperar que, tudo o mais constante, uma receita adicional aumente o valor econômico da atividade florestal. Porém, havendo incerteza quanto ao preço futuro do produto florestal em questão, a influência exata desse fluxo de receitas na determinação do valor do empreendimento e da idade ótima de corte das árvores não é tão óbvia. Dependendo da cotação da madeira no mercado, pode ser economicamente mais vantajoso aguardar e receber os CERs, caso o preço esteja muito baixo, ou iniciar o desbaste imediatamente, caso esteja num patamar mais favorável ou acima dele. Havendo esse tipo de incerteza, os métodos tradicionais de avaliação econômica de projetos por fluxo de caixa descontado (VPL e TIR) mostram-se inadequados pois não conseguem avaliar corretamente todas as fontes de valor do projeto. Segundo Morck, Schwartz e Stangeland (1989), essas técnicas tradicionais de avaliação baseiam-se no pressuposto de que os fluxos de caixa futuros seguem um padrão rígido e por isso podem ser previstos até um futuro distante. Com base nessas previsões de fluxos de caixa o projeto é então aceito ou rejeitado. A incerteza e as reações gerenciais às mudanças de cenário são consideradas muito superficialmente através da escolha de taxas de desconto ajustadas ao risco e criando-se alguns cenários determinísticos.

A Teoria de Opções Reais (TOR) surge como uma metodologia de avaliação de projetos que permite calcular esse valor de forma mais realista e rigorosa, permitindo a quantificação do valor adicionado pela flexibilidade gerencial num ambiente de incertezas. Segundo Dixit e Pindyck (1994), um projeto de investimento irreversível se assemelha a uma opção de compra, na qual o detentor da opção tem o direito de, numa (ou até uma) determinada data, exercer a opção e receber em troca um determinado ativo. Analogamente, uma empresa que detenha uma oportunidade de investimento possui a opção de investir agora ou futuramente, recebendo em troca um ativo com determinado valor, que são os fluxos de caixa futuros gerados pelo projeto.

#### 1.4. Antecipação de Alguns Resultados

É de se esperar que a produção por parte da floresta de um ativo ou *commodity* adicional venha a incrementar seu valor econômico. Aumentando seu valor econômico, o abandono da atividade florestal frente a baixas sucessivas no preço da *commodity* principal (madeira) deve tornar-se menos freqüente, haja vista que a *commodity* secundária (CERs) permaneceria sendo produzida e gerando receita.

A influência sobre a idade ótima de corte das árvores deve ser no sentido de aumentá-la, ou seja, postergar o momento ótimo para derrubá-las. Se relaxarmos as exigências técnicas quanto à idade ótima de corte do eucalipto para a produção de celulose ou de madeira para construção, que fixam essa idade em torno de 7 ou 14 anos para as espécies cultivadas no Brasil, permitindo um adiamento ou adiantamento dessa, a tendência deve ser a de o explorador da atividade florestal aguardar durante uma conjuntura de preços desfavorável para a produção de madeira, espera essa que seria remunerada pela receita gerada pelos CERs.

Menos intuitiva talvez seja a influência sobre a idade ótima do uso feito da madeira. Dependendo do destino a ser dado a esse produto (construção, movelaria, celulose, carvão) o carbono presente em sua composição pode ficar armazenado (seqüestrado) indefinidamente ou pode retornar à atmosfera, totalmente ou em parte. Esse retorno pode-se dar a partir da decomposição ou da queima do produto. Podemos imaginar que, sendo a decomposição um processo lento e que pode levar vários anos, o retorno à atmosfera através desse processo (sob a forma de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) seria lento. A queima da madeira, por outro lado, causaria liberação imediata de todo o carbono armazenado. Ainda, se imaginarmos uma situação em que a madeira é utilizada para a produção de móveis, que serão mantidos por décadas, não ocorreria essa emissão de CO<sub>2</sub> e o carbono permaneceria permanentemente armazenado.

## 1.5. Relevância para o País

Por não pertencer ao grupo de países do Anexo B, o Brasil encontra-se dispensado de reduzir suas emissões de GEE. Ao mesmo tempo, o país reúne condições extremamente favoráveis para a implementação de projetos de MDL, como por exemplo:

- O uso de biocombustíveis como o etanol e o biodiesel;
- O aproveitamento do bagaço de cana como combustível para as caldeiras no refino do açúcar, substituindo o diesel, e do vinhoto, rejeito da produção do álcool que outrora poluía rios, como fertilizante em substituição aos fertilizantes químicos;
- Potencial ainda não totalmente explorado de uso das energias solar e eólica;
- O Brasil possui 40% de sua energia proveniente de fontes renováveis, frente a uma média mundial de 14% e, entre os países industrializados, de 6%;
- A ainda enorme cobertura vegetal de floresta nativa e as maiores produtividades florestais do mundo.

Salienta-se que das 16 metodologias já aprovadas em projetos propostos por países em desenvolvimento para participar do comércio de CERs, 5 foram apresentadas por empresas do Brasil, que é considerado o país de maior potencial na América Latina. Além disso, o primeiro e, até o momento, único projeto aprovado no mundo para registro nesse mercado é brasileiro: trata-se da Nova Gerar, *joint-venture* da S.A. Paulista com a EcoSecurities, que usa gás produzido por aterro sanitário para gerar energia.

Dentre os tipos de projetos de MDL listados acima, no último deles se enquadra o cultivo de eucaliptos para a produção de celulose. O Brasil detém a liderança mundial nesse setor, possuindo a maior área plantada de eucaliptos no mundo (mais de 3 milhões de hectares) além de ser o maior produtor mundial de celulose de eucalipto (cerca de 6,3 milhões de toneladas por ano) e de ter a maior produtividade média (40m<sup>3</sup>/ha por ano). As indústrias brasileiras que usam o eucalipto como matéria-prima para a produção de papel, celulose e demais

derivados da madeira representam 4% de nosso PIB, 8% das exportações e geram 150 mil empregos (MCT, 2003).

Com a recente ratificação do Protocolo de Quioto pela Federação Russa, em novembro de 2004, atingiu-se o patamar necessário para que o Protocolo entrasse em vigor, o que se deu em 16 de fevereiro desse ano. Vendo que a perspectiva de um mercado mundial de créditos de carbono vem-se tornando cada vez mais real, a BM&F, em convênio com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), lançou o Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE), com previsão para entrada em operação ainda esse ano. O MBRE está sendo desenvolvido em parceria com a FGV, que já possui uma proposta de especificação para esse mercado.

Atualmente, as transações com créditos de carbono nos mercados já existentes se aproximam de US\$ 1 bilhão por ano e estima-se que em 2007 o valor do mercado global desses créditos totalize US\$ 13 bilhões. A expectativa do MDIC é que, em prazo relativamente curto, esse mercado no Brasil chegue a US\$ 2 ou 3 bilhões (BM&F, 2004a). Existem atualmente diversas iniciativas regionais para consolidar o mercado de reduções de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>5</sup> e, haja vista as suas diversas vantagens competitivas, o Brasil tem todas as condições necessárias para crescer dentro desse novo mercado e com isso promover seu desenvolvimento econômico de maneira sustentável. Aliado a isso, a escolha da Bolsa de Valores do Rio de Janeiro (BVRJ) como sede desse mercado eletrônico contribuirá para a revitalização dessa instituição e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da economia do Estado do Rio de Janeiro.

---

<sup>5</sup> Rocha (2003) descreve as principais bolsas de negociação de CERs no mundo.