



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS

CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**MERCADO DE CARBONO: UMA COMPARAÇÃO COM AS
EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS E LIÇÕES PARA O
BRASIL**

AMANDA SOARES DE SOUZA

BRASÍLIA-DF
DEZEMBRO, 2016

AMANDA SOARES DE SOUZA

**MERCADO DE CARBONO: UMA COMPARAÇÃO COM AS
EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS E LIÇÕES PARA O
BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Marcelo de Oliveira Torres.

BRASÍLIA-DF
2016

**Mercado de Carbono: Uma Comparação com as
Experiências Internacionais e Lições para o Brasil**

Amanda Soares de Souza

Prof. Orientador: Dr. Marcelo de Oliveira Torres

Brasília-DF, 8 de dezembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Torres (Orientador)

Departamento de Economia da Universidade de Brasília

Dr. Rogério Rodrigues da Silva (Avaliador)

Centro de Desenvolvimento Sustentável

Agradecimentos

Aos meus familiares e amigos,

Aos orientadores e avaliadores, em especial ao Prof. Dr. Marcelo Torres pela sua dedicação,

Ao Prof. Dr. Pedro Zuchi pelo esforço para resolver questões burocráticas para que eu me formasse e pelo seu amor ao curso de Ciências Ambientais,

A Deus por pelo privilégio de fazer parte da (ainda) pequena parcela de pessoas com ensino superior que existem hoje no mundo,

Muito obrigada!

Resumo

Gases de efeito estufa têm causado mudanças climáticas capazes de alterar os ecossistemas, pondo em risco a diversidade biológica e os setores produtivos dependentes de recursos naturais. Em resposta aos seus impactos, nações têm se reunido em uma tentativa de implantar políticas de mitigações das mudanças climáticas. Uma dessas políticas é o estabelecimento de mercados de carbono, um instrumento de flexibilização que ajuda os países a atingirem suas metas de redução de emissão de gases de efeito estufa.

Muitos países tiveram metas compulsórias de redução de GEE desde a assinatura do Protocolo de Quioto em 1997, e mais países, inclusive o Brasil, se comprometeram com a causa no Acordo de Paris de 2015. Essa mobilização acarretou na implantação de mercados de carbono ao redor do mundo. Esses mercados já existentes revelam que o Brasil, se também desejar implantar seu próprio mercado para atingir as metas nacionais para a mitigação das mudanças climáticas, deve se atentar para vários requerimentos necessários para o bom funcionamento do mercado. Ele deve por exemplo, garantir que o mercado tenha um meio seguro para a comercialização de licenças de poluição. Estudos mostram também que a participação do Brasil em mercados já existentes ainda é muito tímida, mas que o país tem potencial para crescer em mercados como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

Palavras-chave: Brasil, mercado de carbono, sistema de comercialização de licenças, gases de efeito estufa, mudanças climáticas.

Lista de Figuras

Figura 1	11
Figura 2	13
Figura 3	14
Figura 4	14
Figura 5	15
Figura 6	16
Figura 7	24
Figura 8	28
Figura 9	29
Figura 10	30

Lista de Tabelas

Tabela 1. Os Instrumentos de Mercado	19
Tabela 2: Mercado com licenças negociáveis	22
Tabela 3: Mercado sem licenças negociáveis	22

Sumário

1. Introdução	9
2. Revisão Bibliográfica	10
2.1. Mudanças Climáticas, seus Efeitos e o Mercado de Carbono como Instrumento de Mitigação	10
2.1.1. O Clima da Terra	10
2.1.2. Mudanças Climáticas	11
2.1.3. Controvérsias	12
2.1.4. A Resposta da Comunidade Internacional	16
2.2. Mercado de Carbono – A teoria	17
2.2.1. A Tragédia dos Comuns	17
2.2.2. A Economia dos Bens Comuns – A Teoria dos Mercados de Poluição..	18
2.3. O Mercado de Carbono na Prática	24
2.3.1. O Protocolo de Quioto	24
2.3.2. O Acordo de Paris	26
2.3.3. Mercados Regionais, Nacionais e Locais	29
2.4. O Brasil no Mercado de Carbono	34
2.4.1. A Participação Brasileira no Atual Mercado de Carbono	34
2.4.2. A Possível Implantação de um Sistema Brasileiro de Comércio de Licenças	36
3. Métodos e Procedimentos	37
4. Resultados e Discussão	38
4.1. Lições para combater as mudanças climáticas	39
4.2. Lições para o Brasil para implantar um mercado de carbono	40
5. Conclusões	44
6. Referências Bibliográficas	45

1. Introdução

O aquecimento global tem ganhando bastante espaço nas discussões do meio acadêmico e governamental. O termo mais apropriado, na verdade, são mudanças climáticas. De acordo com o consenso da maior parte dos cientistas, houve um acelerado e intenso aumento das concentrações de GEE na atmosfera recentemente (desde os anos 1800s), o que tem provocado várias transformações no clima sobre a Terra, inclusive elevando a média da temperatura mundial. Essa maioria afirma que o principal agente responsável para a grande concentração de GEE na atmosfera é o ser humano. Rebatendo essa afirmação, uma minoria dos cientistas dizem que o aquecimento global não existe, ou que o ser humano não é culpado.

Essa discussão levou países a estabelecerem, em 1992, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – CQNUMC. Nessa convenção também se estabeleceu um grupo de acompanhamento das ações voltadas ao tema, a Conferência das Partes (COP), que desde então faz reuniões anuais. Na reunião de 1997, as partes (países) instauraram o Protocolo de Quioto, que definiu metas de redução de GEE para os países industrializados. Com o intuito de tornar as metas menos onerosas de serem alcançadas, foram criados três mecanismos de flexibilização. Estes mecanismos são mercados de carbono onde países podem vender e comprar créditos de toneladas de CO₂ (ou quantidade de outro GEE que tenha o mesmo impacto de uma tonelada de CO₂) reduzidas. Desde então, surgiram diversos mercados regionais, nacionais e subnacionais de carbono, que podem trazer valiosas lições para o Brasil sobre a mitigação de mudanças climáticas. Pouco se sabe sobre a participação brasileira no mercado de carbono, seja pela falta de estudos sobre o assunto, ou pela tímida reação do país frente à essas iniciativas. Levando isso em consideração, este trabalho tem o intuito de contribuir e complementar os estudos já existentes sobre o mercado de carbono no Brasil. O objetivo é identificar quais as lições para o Brasil ao se observar as experiências internacionais com o mercado de carbono.

Na revisão bibliográfica primeiramente são abordadas as discussões sobre as mudanças climáticas. Nela, é relatada a controvérsia científica sobre sua existência ou não, quais suas causas e os efeitos, e qual tem sido a resposta das autoridades mundiais. Na segunda parte da revisão trazemos um explicação sobre o que são os mercados de carbono, discorrendo sobre a teoria econômica dos mercados de poluição. A terceira e quarta parte são dedicadas a relatar quais são as características dos mercados hoje existentes, e qual tem sido a posição do Brasil em relação a eles.

O capítulo 3 da monografia fala sobre os métodos e procedimentos utilizados para encontrar as lições que o Brasil deve levar sobre as experiências internacionais com o mercado de carbono. Essa lições estão descritas no capítulo 4, dedicado a mostrar os resultados do trabalho. Por fim as conclusões da pesquisa podem ser encontradas no capítulo 5.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Mudanças Climáticas, seus Efeitos e o Mercado de Carbono como Instrumento de Mitigação

Em 1997 a Conferência das Partes, em seus esforços de combater as mudanças climáticas, firmou um acordo que ficou conhecido como Protocolo de Quioto. O Protocolo de Quioto foi assinado por 192 países com o objetivo de estabelecer metas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) para nações desenvolvidas. Neste mesmo acordo foi criado o mercado de carbono, designado como instrumento de mitigação de emissão de GEEs por meio da negociação de venda e compra de toneladas de carbono que foram deixadas de emitir ou retiradas da atmosfera.

Visto que o mercado de carbono surgiu para diminuir as concentrações de GEEs na atmosfera e mitigar as mudanças climáticas, um debate mais consistente sobre o assunto requer um conhecimento mínimo de questões tais como: O que são essas mudanças climáticas que a Conferência das Partes procura combater? Qual a sua relação com os gases de efeito estufa? Porque autoridades de todo o mundo debatem sobre a aplicação de políticas públicas capazes de mitigá-las? Este capítulo se dedica a responder essas perguntas e trazer um melhor entendimento sobre as razões de se estabelecer um mercado de carbono.

2.1.1. O Clima da Terra

O tempo é caracterizado pelas mensurações de temperaturas mínimas e máximas, humidade, precipitação, e velocidade e direção do vento de uma determinada área. O clima nada mais é que o padrão de longo prazo do tempo de certa região (BLOOM, 2010). O clima de Brasília, capital do Brasil, por exemplo, é classificado como clima de savana. O clima de savana é geralmente encontrado em regiões intertropicais, caracterizado por manter temperatura média acima 18°C durante todo ano, e de possuir apenas duas estações: a seca e a húmida. Enquanto isso, o clima de Londres, capital do Reino Unido, é classificado como temperado oceânico. Neste clima, a precipitação é bastante regular durante todo o ano, os verões são levemente quentes e os invernos são frios.

O clima da Terra varia de acordo com fenômenos externos e internos. Exemplos de fenômenos externos são os movimentos orbitais da Terra (Obliquidade, Excentricidade e Precessão). Estes movimentos definem a distância e o ângulo do planeta com relação ao Sol e consequentemente, influenciam na intensidade da radiação solar recebida (BLOOM, 2010). Os movimentos orbitais formam então, um ciclo de flutuação da radiação solar recebida pela Terra. Como a insolação influencia na temperatura, este ciclo de radiação recebida gera uma mudança regular da temperatura global: o ciclo das eras glaciais e interglaciais (BLOOM, 2010).

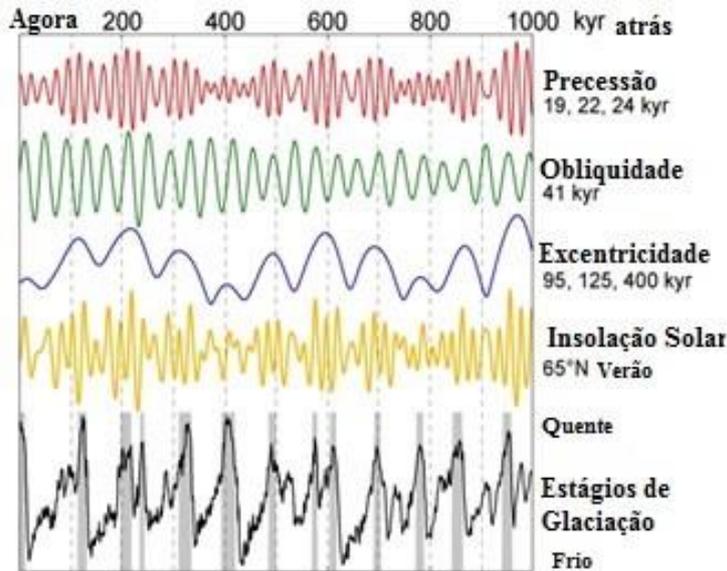


Figura 1: Representação gráfica da influência dos ciclos orbitais de Precessão, Obliquidade e Excentricidade sobre a insolação solar recebida pela Terra e, conseqüentemente, sobre seus ciclos glaciais. A Terra atinge suas menores temperaturas quando recebe menos radiação solar, e alcança suas maiores temperaturas quando a radiação solar é mais intensa. Kyr significa milhares de anos. Fonte: Pianka, 2009.

Na figura 1 podemos ver como o ciclo dos movimentos orbitais influenciam nos ciclos da radiação solar e dos estágios de glaciação do planeta. A Terra atinge suas menores temperaturas quando recebe menos radiação solar, e alcança suas maiores temperaturas quando a radiação solar é mais intensa.

Quanto aos fenômenos internos, eles são aqueles que afetam o clima da Terra e que são oriundos do próprio planeta. Dentre eles podemos citar o vulcanismo, o albedo (capacidade do planeta refletir a luz solar), e a composição atmosférica. Esta última, por exemplo, define o destino da luz solar ao passar pela atmosfera. A luz solar pode ser absorvida, transmitida/refratada, ou refletida pela atmosfera. Gases de efeito estufa (GEE) que compõem parte da atmosfera absorvem vários comprimentos de onda, convertendo a energia luminosa do Sol em energia térmica. A composição atmosférica afeta o clima pois estes gases aumentam a balança térmica do planeta em um fenômeno conhecido como efeito estufa. Sem o efeito estufa a Terra teria temperaturas relativamente mais baixas (BLOOM, 2010).

2.1.2. Mudanças Climáticas

Apesar dos esforços e dos avanços científicos nos estudos da história climática do planeta e dos fenômenos que causam flutuações no clima, a climatologia ainda gera muitas incertezas. Segundo Leroux, 2006, os mecanismos do tempo e do clima devem ser analisados para determinar se a meteorologia-climatologia é de fato capaz de gerar previsões confiáveis sobre o futuro do clima. Por isso, membros da academia científica divergem sobre qual a atual tendência climática da Terra (se o padrão climático permanece o mesmo ou está mudando) e quais as possíveis variáveis de uma mudança deste clima.

Para a maior parte dos cientistas, o clima da Terra está mudando e a principal variável é o aumento das concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera. Para esses estudiosos que compõem o *mainstream*, o clima tem mudado pois a temperatura média global tem se elevado devido à emissão de GEE na atmosfera pelas atividades antrópicas. Para outros

cientistas, esta não é a verdadeira causa do aquecimento global. Ainda há aqueles que dizem que não há aquecimento global, defendendo que as variações climáticas observadas desde 1850 são muito recentes e estão dentro de um longo ciclo normal do clima, sendo assim, a temperatura atual não passaria de uma representação da era interglacial em que vivemos.

Em *No Need to Panic About Global Warming* (ALLEGRE et al., 2012), dezesseis cientistas que se declaram preocupados com o alarmismo dos cientistas mainstream, escreveram no *The Wall Street Journal* que a ausência do aumento da temperatura global é exagero das projeções de modelos computacionais. Isso porque, até 2012, não havia sido observado aumento da temperatura por mais de 10 anos seguidos, sugerindo um exagero das projeções de modelos computacionais que o IPCC tem apresentado há décadas.

Já Leroux, afirma que a temperatura média da superfície da Terra tem aumentado. Entretanto, diferentemente dos cientistas *mainstream*, ele defende que a verdadeira causa do aquecimento não é o aumento dos gases de efeito estufa, mas o vapor de água. Ao descrever parte de seu trabalho, ele diz que procurou examinar a realidade do efeito estufa, e diz:

Assumindo primeiramente que existe um efeito estufa, (como assume o IPCC), nós observamos os princípios básicos da radiação, as respectivas contribuições para os chamados gases de efeito estufa, e as incertezas a respeito do papel de nuvens e aerossóis.

Leroux chega então à conclusão de que:

O papel dos gases de efeito estufa são mínimos comparados com o do vapor de água, a principal causa do efeito [...]. O resultado de tudo isso é que o efeito estufa não é definitivo como pode ser dito, e que esse cenário baseado nele é essencialmente um efeito da água, o qual deve ser levado em consideração (LEROUX, 2006).

2.1.3. Controvérsias

Como dito anteriormente, a maior parte dos cientistas defende que a superfície da Terra tem se aquecido devido aos gases de efeito estufa emitidos pelos humanos. Dada às incertezas geradas pela climatologia, principalmente pela volatilidade do histórico das temperaturas, para estes cientistas é crucial analisar tanto as variações de curto prazo quanto as de longo prazo. Mesmo que a curto prazo possa parecer que não houve aumento médio das temperaturas – como argumentado pelos céticos do aquecimento global na publicação feita no *The Wall Street Journal* – uma análise de longo prazo pode revelar um resultado diferente (NORDHAUS, 2012).

A importância da análise de curto e longo prazo pode se observar na figura 2 (a). Este gráfico reúne dados da média da temperatura global de três fontes diferentes (representadas por diferentes cores). Quando se analisa o registro de mensuração da temperatura média entre 1880 e 2011, Nordhaus mostra, por meio de uma análise de regressão baseada em modelos estatísticos e matemáticos, que a média global está crescendo, e ainda, que ela é maior que na década passada, quando comparado ao padrão das décadas antecedentes. Sendo assim ele conclui: “A descoberta de que as temperaturas globais estão aumentando desde um pouco antes do século passado é uma das descobertas mais robustas da ciência climática e da estatística.”

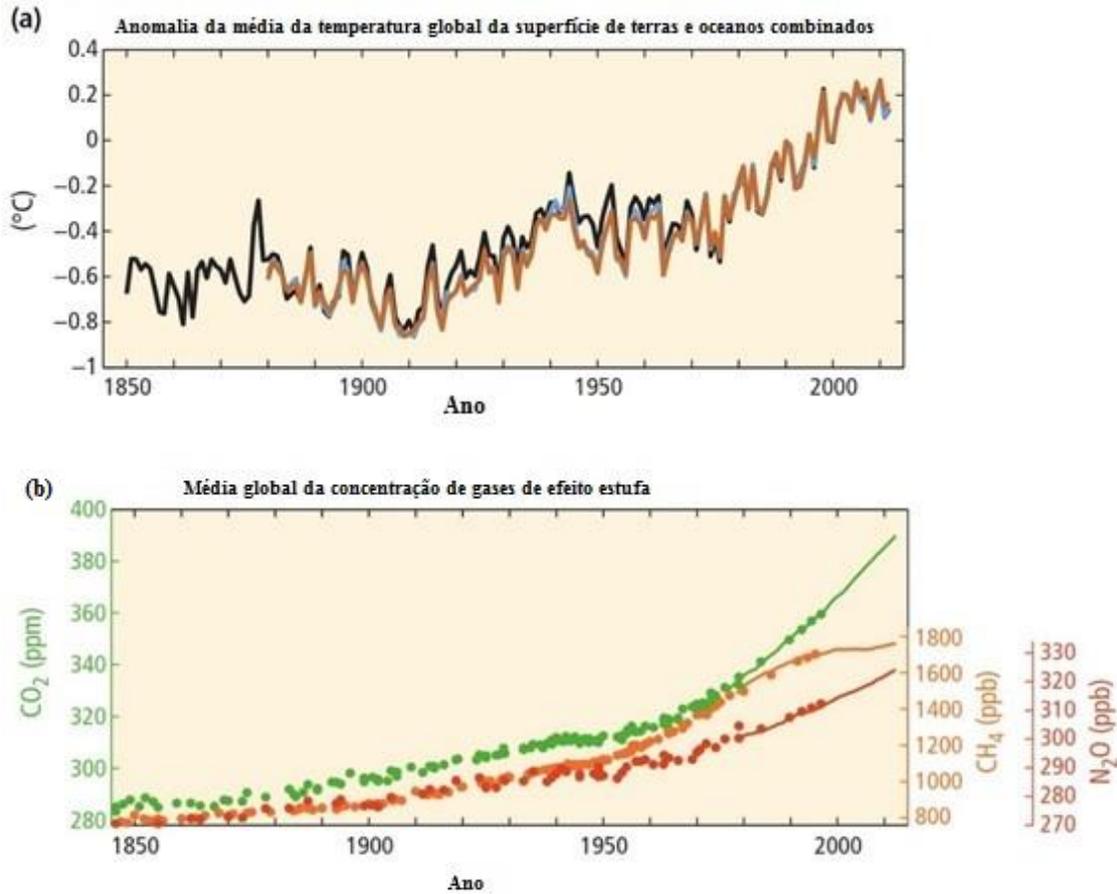


Figura 2 (a): Revela a variação da temperatura da superfície da terra e dos oceanos. As diferentes cores representam diferentes fontes de informação. (b) Revela a variação de três diferentes gases de efeito estufa: CO₂ (em verde), CH₄ (em laranja) e o N₂O (em vermelho). A temperatura (gráfico a) flutua em resposta a variação da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera (gráfico b). IPCC, 2014. Adaptado.

Para os cientistas *mainstream*, o motivo do aumento das temperaturas médias globais são o aumento dos GEE, como o CO₂, CH₄ e o N₂O. Eles argumentam que uma forte relação pode ser vista na figura 2 entre os gráficos (a) e (b), sugerindo que a temperatura flutua em resposta à variação da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera.

Nas diversas projeções realizadas pelo IPCC, os modelos que incluem apenas variáveis naturais - como os movimentos orbitais, o albedo e vulcanismo - mostram projeções com temperaturas médias globais abaixo das dos modelos que incluem o atual aumento antrópico das concentrações de GEE na atmosfera (NORDHAUS, 2012). Na figura 3, por exemplo, há duas imagens distintas. A imagem de baixo revela as variações de temperatura no globo com apenas os fenômenos naturais, e a imagem de cima inclui tanto os fenômenos naturais quanto a influência antrópica. O fato de as temperaturas esquentarem bem mais quando incluída a influência humana sugere que o homem exerce um papel importante nas mudanças climáticas. O IPCC conclui que:

Nenhum modelo climático que usa forças motrizes naturais (fatores naturais de aquecimento) sozinhas tem produzido a tendência global de aquecimento observada na segunda metade do século (S. SOLOMON et. al, 2007, *apud* NORDHAUS, 2012).

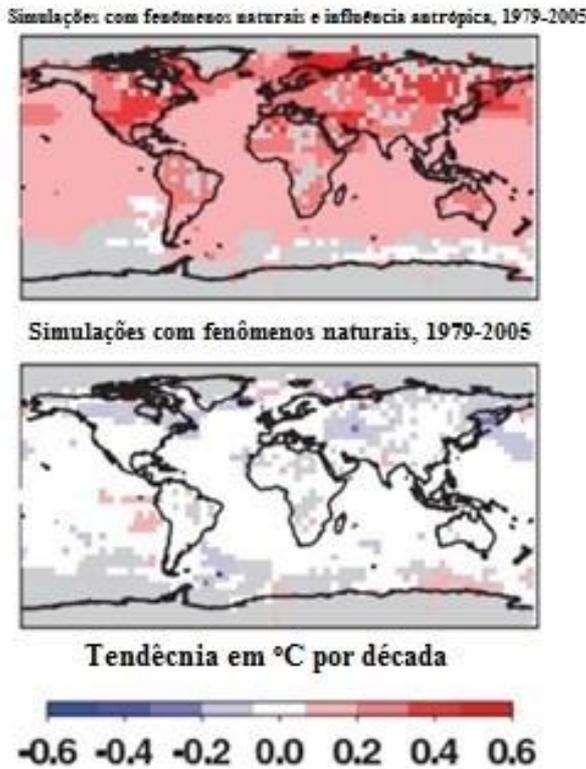


Figura 3: O gráfico de cima revela as variações de temperaturas das simulações que incluem os fenômenos naturais e a influência antrópica, e o gráfico abaixo apenas inclui os fenômenos naturais. A figura sugere que o homem exerce um papel importante nas mudanças climáticas. Fonte: IPCC, 2014. Adaptado.

O IPCC vai além e revela suas projeções para a média da temperatura da superfície da Terra de acordo com a intensidade de emissão de GEE pelo homem. A figura 4 mostra vários cenários de emissões e suas respectivas variações na temperatura média global. Os cenários são chamados de RCP, sigla para *Representative Concentration Pathways*. Eles variam de um cenário com alta mitigação de emissão de GEE (cenário RCP2.6) até o cenário com emissões de GEE muito altas (RCP8.5). O gráfico revela uma forte relação com o maior aumento da temperatura média global da superfície e os cenários de alta emissão de GEE (IPCC, 2014). Tal relação reforça a argumentação que o ser humano tem um papel importante nas mudanças climáticas observadas recentemente (desde 1992 aproximadamente, de acordo com a figura 2).

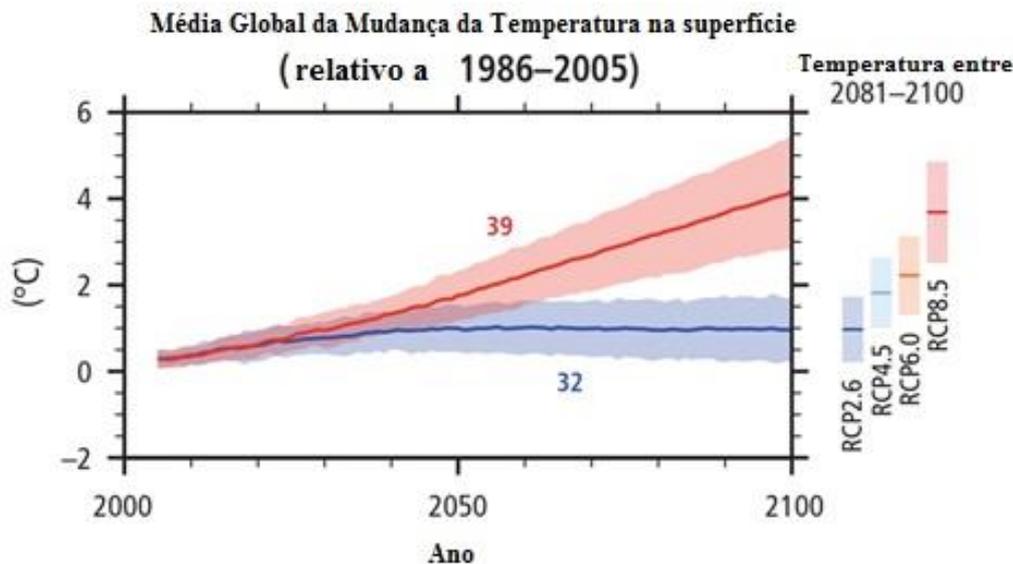


Figura 4: o gráfico revela uma forte relação com o maior aumento da temperatura média global da superfície e os cenários de alta emissão de GEE. Fonte: SOLOMOM, 2007. Adaptado.

Impactos das Mudanças Climáticas

Como dito anteriormente, a hipótese mais aceita na academia é a veracidade das mudanças climáticas e a reponsabilidade do ser humano como parte desse processo. As emissões antropogênicas de gases de efeito estufa tem se intensificado desde a era pré-industrial, impulsionadas pelo forte crescimento econômico e populacional. Em 2010, essas emissões alcançaram o marco de 49 ± 4.5 Gt equivalentes de CO_2 /ano. O motivo do alarmismo da maior parte dos estudiosos é a variedade, a intensidade e possível irreversibilidade dos impactos causados pelas mudanças climáticas. Os impactos são inúmeros, em sua maioria negativos (causando secas, enchentes, desertificação e outros fenômenos) e diferem para cada região do planeta. Segundo o IPCC,

A influência humana no sistema climático é clara, e as recentes emissões antropogênicas de gases de efeito estufa são as maiores na história. Mudanças climáticas recentes têm tido impactos abrangentes em sistemas humanos e naturais. [...] O aquecimento do sistema climático é inequívoco, e desde 1950, muitas das mudanças observadas são sem precedentes de décadas a milênios. A atmosfera e oceano tem aquecido, os montantes de neve e gelo tem diminuído, e o nível do mar tem subido. [...] Os riscos de mudanças brutas ou irreversíveis crescem de acordo com o aumento da magnitude do aquecimento (IPCC, 2014).

Mudanças na temperatura, albedo, precipitação, evaporação, formação/derretimento de geleiras, e maior frequência de eventos extremos como furacões e vulcanismo têm sido observados ao redor do planeta em resposta as mudanças climáticas (BLOOM, 2010). Essas mudanças e seus impactos são diferentes de região para região e aumentarão segundo as projeções realizadas pelo IPCC. Alterações no clima já estão afetando recursos hídricos, energia, transporte agricultura, e saúde (IPCC, 2014; KARL, 2009).

Os mares e oceanos especificamente, estocam grande parcela das emissões de CO_2 e do aumento da energia térmica. O aquecimento de mares e oceanos representam maior derretimento que formação de geleiras e consequente aumento do nível do mar. Apenas no Ártico, a média anual da extensão do gelo diminuiu entre 1979 e 2012 em um ritmo provável de 3,4 a 4,1 % por década (IPCC, 2014). O aumento do nível de mar eleva o risco de inundações sobre áreas costeiras ao redor do mundo, como em ilhas do Oceano Pacífico e partes do Alaska (KARL, 2009). Enquanto isso, o aumento da concentração de gás carbônico tem levado a acidificação dos oceanos. O observado estresse sobre a vida marinha tem sido tamanho que tem se tornado mais frequente o branqueamento de corais (NOAA, 2008) e a má formação de conchas e esqueletos de carbonato de cálcio de organismos marinhos (WALDBUSSER et al, 2013).



Figura 5: Coral saudável na esquerda e esbranquiçado, mas ainda vivo, coral na direita. Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Altas temperaturas estressam corais ao ponto deles expelirem as zooxantelas, algas pluricelulares com as quais mantinham relação simbiótica e que lhe davam pigmentação. Um pólipos de coral que vive um longo período de tempo sem as células de zooxantelas provavelmente não sobreviverá (NOAA, 2008).

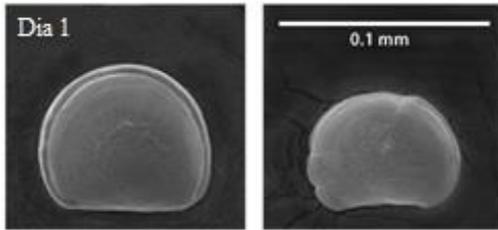


Figura 6: Essa imagem mostra duas larvas de ostra do Pacífico de um ano de idade, ambas do mesmos país. A larva da esquerda se encontra em ambiente com condições químicas de carbonato favoráveis, enquanto que a da direita em condições desfavoráveis. A má formação da concha da direita se dá devido à alta concentração de dióxido de carbono na água que altera a formações de conchas e esqueletos de cálcio. Fonte: imagem de George Waldbusser e Elizabeth Brunner, da Oregon State University (WALDBUSSER et al., 2013).

Desde a era pré-industrial as concentrações de gases de efeito estufa têm se elevado exponencialmente na atmosfera, e a temperatura média da superfície tem aumentado como resposta (ver figura 1.2). Tal processo tem ocorrido em uma escala de tempo tão pequena (ver figura 1.7) que a aceleração das mudanças climáticas tem dado um curto prazo de adaptação para muitas espécies biológicas – causando grande perda de biodiversidade – e para vários setores da economia (IPCC, 2014). Rifkin, já dizia que os setores da economia que dependem dos ecossistemas encontrarão dificuldades para se ajustarem à rápida mudança prevista nas variáveis ambientais. Isso porque cada nação toma decisões econômicas e faz planos para o desenvolvimento futuro com base na premissa de que os dados climáticos do passado são um guia seguro para o futuro. Premissa tal parece não se sustentar mais frente as atuais mudanças climáticas (RIFKIN 1992, *apud* COSTA, 2004).

Em sua tentativa de mensurar os custos econômicos, o governo britânico apresentou em novembro de 2006 um documento chamado *Stern Review on the Economics of Climate Change*. No resumo de sua análise, o governo afirma que

[A] análise estima que se não agirmos, os custos totais e riscos de mudanças climáticas será equivalente à perda de pelo menos 5% do PIB global a cada ano, agora e para sempre. Se uma abrangência maior de riscos e impactos for levada em consideração, as estimativas do prejuízo pode subir para 20% do PIB ou mais (BLAIR, 2006 *apud* NORDHAUS, 2006).

No entanto, Nordhaus rebate que tais estimativas do governo britânico são exageradas e não são consistentes atualmente com as reais taxas de juros (NORDHAUS, 2006). Mesmo assim, Nordhaus reafirma que é necessário aplicar políticas de mitigação, pois os custos de não combater as mudanças climáticas continuam sendo maiores que os custos de aplicar essas políticas para mitigar o aquecimento global. Para ele, essa relação só tende a se intensificar com o passar do tempo. Nordhaus diz que os benefícios líquidos de implantar políticas de mitigação agora em vez de esperar 50 anos chegam a US\$4,1 trilhões nos preços de 2012 (NORDHAUS, 2012). Ao citar os motivos que os países tiveram para assinar o Acordo de Paris, Dimitrov, 2016, afirma que “Argumentos persuasivos sobre os benefícios econômicos da ação climática alterou preferências em favor de políticas de comprometimento em níveis nacionais e internacionais”.

2.1.4. A Resposta da Comunidade Internacional

Ainda que existam muitas controvérsias em relação às mudanças climáticas, é possível perceber hoje certa reação da comunidade internacional em resposta a recomendação de muitos dos cientistas de mitigar os impactos e os custos do aquecimento global. Com o intuito de tratar do assunto, 186 países formaram em 1992 a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre

Mudanças Climáticas – CQNUMC. As partes (países) estabeleceram, também, um grupo de acompanhamento das ações voltadas ao tema, a Conferência das Partes (COP), que desde então faz reuniões anuais (COSTA, 2004).

A Conferência das Partes de Quioto em 1997 foi uma das mais relevantes até o momento. Isso porque ela firmou pelo Protocolo de Quioto um acordo que estabeleceu metas de redução de emissão de GEE para países desenvolvidos (países do ANEXO I). O objetivo do protocolo foi de reduzir as emissões para 5,2 % abaixo dos níveis observados em 1990 entre 2008 e 2012. Ele representou um grande passo nas negociações internacionais sobre mudanças climáticas.

Foi justamente no Protocolo de Quioto que surgiu o mercado de carbono. Ele foi estabelecido como um instrumento de incentivo econômico para que as partes alcançassem suas metas do protocolo e para que alcancem as novas metas estabelecidas após o fim do acordo. O mercado consiste na negociação de venda e compra de toneladas de carbono que foram deixadas de emitir ou retiradas da atmosfera (ROCHA, 2003). O item seguinte da revisão bibliográfica se dedica a uma explicação mais elaborada sobre como o mercado supostamente deveria incentivar a redução de emissão de GEE e a captura de parte da concentração já presente na atmosfera.

2.2. Mercado de Carbono – A teoria

A temática das Mudanças Climáticas e seus impactos é muito bem difundida e popular mundo afora. Hoje é difícil encontrar pessoas que nunca ouviram falar que o mundo está esquentando e o quanto isso é “ruim” para o planeta. Mas como combater as mudanças climáticas? Quais são as melhores soluções para a problema? Para responder essas perguntas é necessário não somente que se conheça os efeitos e as causas das mudanças climáticas. É necessário estudar qual é categoria do problema para se descobrir qual a categoria de soluções a serem tomadas. O aumento das concentrações de GEE na atmosfera, por exemplo é uma externalidade negativa gerada pela poluição. Como tratar as externalidades causadas pela poluição? Este capítulo procura justamente responder essas e outras perguntas e a entender o motivo dos formuladores de políticas públicas proporem o mercados de carbono como uma das possíveis soluções.

2.2.1. A Tragédia dos Comuns

A Terra é um planeta redondo, limitado em seus recursos naturais e em sua capacidade de resiliência. Isso significa dizer que existe uma capacidade de carga, um limite de número de indivíduos com determinado nível de consumo que podem ser suportados pelo ecossistema em que vivem. Ultrapassar a capacidade de carga significa que a população passa a degradar o meio ambiente e a limitar o número de indivíduos e/ou nível de consumo das futuras gerações (ABERNETHY, 2001).

A capacidade de carga é uma relação de equilíbrio entre o tamanho de uma população, seu nível de consumo e a habilidade do ecossistema de sustento. Quando muitos indivíduos vivem com altos padrões de consumo, perde-se o equilíbrio e o ecossistema deixa de ser capaz de suportar a população. Surge então um problema conhecido como Tragédia dos Comuns.

A Tragédia dos Comuns (TDC) é definida pela soma de todos os impactos dos membros de uma população. O resultado é um impacto muito maior que a soma individuais dos impactos por si mesmos. Isso ocorre quando um bem comum (não-exclusivo e não-rival) é explorado além de seu limite por seus usuários. O bem comum é geralmente explorado pois seus usuários não tem o incentivo de conservá-lo. Isso porque simplesmente quase não existe uma esperança realística de benefício futuro do esforço ou auto-restrição do usuário para preservar no presente (ABERNETHY, 2001).

A TDC é geralmente ilustrada por um pasto aberto sem restrição de uso para pastores. O esperado é que cada pastor tente manter o maior número possível de gado dentro do pasto, isto é, cada um tentará maximizar sua utilidade. Para todo gado ali colocado, o pastor ganha em poder vendê-lo no futuro, mas perde com a degradação que o animal causa no pasto. Um determinado pastor no entanto, percebe que a vantagem de vender o gado no futuro é apenas dele, mas que a desvantagem da degradação do pasto é dividida por todos os outros pastores que compartilham o pasto. A tendência então é que o referido pastor adicione o maior número de gado possível dentro do pasto. No entanto, todos os outros pastores chegam a mesma conclusão. O resultado é degradação do pasto além de resiliência, é ultrapassar a capacidade de carga. No final todos os pastores acabam perdendo com a morte do pasto (HARDIN, 1968).

A Terra, incluindo a atmosfera e a biosfera, fazem parte do ecossistema utilizado pelo homem. Este ecossistema é um bem comum global. Sua utilização por um agente não impede a utilização por outro agente. Como um bem comum, ele está sujeito a superexploração quando seus usuários procuram maximizar seus benefícios. A utilização de seus recursos acima de sua capacidade de carga é a razão de muitos problemas ambientais observados hoje, inclusive os problemas de poluição como das altas emissões de GEE.

A atmosfera é limitada em sua capacidade de absorver os gases de efeito estufa sem alterar o clima. Como um bem comum ambiental, ela está sujeita a tragédia dos comuns. As altas emissões de GEE provenientes da ação humana podem comprometer a habilidade da atmosfera de absorver os gases de efeito estufa sem alterar o clima (VIOLA & LEIS, 2001, *apud* COSTA, 2004). Como então impedir que os agentes poluidores mudem seu comportamento? Qual o caminho a ser seguido para que nosso pasto (atmosfera) não seja degradado pelo gado (poluição) excedente? Para responder essas perguntas é necessário entender o pensamento do poluidor, começando pelo conceito de externalidade.

2.2.2. A Economia dos Bens Comuns: A Teoria dos Mercados de Poluição

O conceito de externalidades foi apresentado por Pigou, 1946, e se remete aos casos em que a ação de um agente econômico interfere na utilidade ou função de produção de um outro agente, sem nenhum meio de compensação. Assim, parte dos benefícios ou custos da ação de um agente recaem sobre outros agente(s) da sociedade, sem nenhuma forma de ressarcimento (Pigou, 1946 *apud* CORNES; SANDLER, 1996).

No caso da poluição, o agente produtor e poluidor provoca um custo externo, ou externalidade negativa, que somado aos custos produtivos privados (e.g., mão-de-obra, capital, materiais etc.) formam o custo real ou social associado à produção que gera poluição. Contudo, ao decidir o quanto produzir, o agente “enxerga” somente os custos privados, que são menores do que o custo social de produção. Assim, dada a demanda, o mercado produz em excesso, comparado ao que seria socialmente desejável ou ótimo, o qual seria atingido se os agentes levassem em consideração os custos sociais (privados mais externos) em suas decisões. Essa solução de mercado é também chamada de solução de mercado competitivo. Se assumirmos

que a poluição é diretamente proporcional à quantidade produzida do produto em questão, podemos dizer então que o mercado competitivo polui em excesso. Em outras palavras, podemos considerar a solução de mercado competitivo como falha no sentido de que ela não leva em conta os custos produtivos sociais ou reais.

Ainda que o mercado seja falho, o governo pode estabelecer incentivos para que ele se comporte de modo desejado. Dentre estes incentivos existem os instrumentos de Comando e Controle e os instrumentos de Incentivo Econômico (também conhecido como Instrumentos de Mercado). O mercado de carbono é um instrumento de Incentivo Econômico conhecido como sistema de comércio de licenças de poluição. Outros Instrumentos de Mercado que podem ser citados são encargos por poluição, subsídios, sistemas de depósito/reembolso e sistemas de comércio de licenças de poluição (conhecidos como ETS – *emission trading system*).

Tabela 1: Os Instrumento de Mercado

INSTRUMENTO DE MERCADO	DESCRIÇÃO
Encargos por poluição	Uma taxa cobrada do poluidor por unidade de poluição emitida.
Subsídio	Pagamento ou concessão de redução de impostos, que provê assistência financeira para a redução da poluição ou planos para reduzi-la no futuro.
Sistemas de depósito/reembolso	Um sistema que impõe uma cobrança antecipada com a finalidade de cobrir possíveis danos em função da poluição, valor que é devolvido no caso de ações positivas, como o retorno de um produto para o descarte apropriado ou para reciclagem.
Sistema de comércio de licenças de poluição (ETS)	O estabelecimento de um mercado voltado para os direitos de poluir, aproveitando créditos ou permissões

Fontes:

US. EPA, Departamento de Políticas, Planejamento e Avaliação), julho de 1992; OECD, 1989, *apud* THOMAS e CALLAN, 2010.

A Teoria dos Mercados de Poluição

Os Mercados de Poluição surgem quando é estabelecido um sistema de comércio de licenças de poluição. Este sistema pode ser implementado por meio da utilização de créditos ou permissões. Estes são previamente emitidos pelo governo conforme a quantidade socialmente desejável de poluição ou de sua redução. O principal diferencial deste instrumento de mercado é que diferentemente das taxas ou subsídios, o mercado é livre para estabelecer o preço e se ajustar aos padrões do governo como melhor lhe convém (THOMAS, CALLAN, 2010). Em outras palavras, no caso das taxas e subsídios, fixam-se os preços das emissões e a quantidade de emissão é endógena. Já no caso do mercado de emissão, as quantidades de emissões são exógenas e os preços das licenças é que ficam endógenos.

O fundamento de um sistema de licenças negociáveis para poluição é primeiramente a emissão de uma quantidade fixa de licenças em uma região e em seguida uma cláusula para negociar essas licenças entre as fontes poluidoras dentro dessa área. A partir do momento que os formuladores de políticas fundamentam o sistema de licenças negociáveis, os poluidores escolhem a alternativa de menor custo: ou compram essas licenças ou reduzem a poluição. Esta alternativa de menor custo será definida pelos custos marginais de despoluição. (THOMAS, CALLAN, 2010).

Baseado em Thomas e Callan (2010), consideremos a seguinte situação hipotética como exemplo. Em um mercado existem apenas dois poluidores (1 e 2), com os seguintes custos marginais respectivamente:

$$CMgD_1 = 0,4D_1 \quad (1)$$

$$CMgD_2 = 0,8D_2 \quad (2)$$

Onde $CMgD_1$ significa o custo marginal de despoluição do poluidor 1 e $CMgD_2$ o custo marginal de despoluição do poluidor 2; D_1 significa a quantidade de despoluição do poluidor 1, D_2 a quantidade de despoluição do poluidor 2, e t toneladas. Assuma que o Poluidor 1 esteja emitindo $40.000t$ e o Poluidor 2, $60.000t$.

Suponhamos que o governo juntamente com a sociedade chegue à conclusão de que o nível socialmente desejável para a região seja de $60.000t$. Isso significa que do total sendo emitido ($40.000 + 60.000 = 100.000$ toneladas), a emissão total deve ser reduzida em 40.000 toneladas. Para tanto, o governo dá 30.000 licenças de emissão a cada poluidor, com cada licença permitindo a emissão de 1 tonelada de CO_2 . Sendo assim, para os poluidores:

Poluidor 1:

$CMgD_1 = 0,4D_1$ Emite: $40.000t$ Licença para poluir: $30.000t$ Necessita despoluir: $10.000t$

Poluidor 2:

$CMgD_2 = 0,8D_2$ Emite: $60.000t$ Licença para poluir $30.000t$ Necessita despoluir: $30.000t$

Dadas as suas respectivas funções de custo marginal de despoluição e os níveis que precisariam ser despoluídos, os seus custos marginais de despoluição seriam:

Poluidor 1: $CMgD_1 = 0,4 (10.000) = US\$ 4.000,00$

Poluidor 2: $CMgD_2 = 0,8 (30.000) = US\$ 24.000,00$

O Poluidor 2, portanto, para obedecer a regulação do governo, terá um custo de emissão na margem de $US\$ 24.000,00$. No entanto, se ele emitir uma unidade a mais de poluição, e assim a despoluição cair de $30.000t$ para $29.999t$, ele deixa de gastar $US\$ 24.000,00$ com a despoluição, mas terá que comprar um título do Poluidor 1 para continuar obedecendo a regulação. Desse modo, se ele conseguir comprar um título por menos $US\$ 24.000,00$, ele gastará menos com a despoluição e sairá ganhando. Por outro lado, o Poluidor 2 estaria disposto a vender um título se recebesse no mínimo $US\$ 24.000,00$ por ele.

Em outras palavras, o Poluidor 2 estaria disposto a comprar um título por menos US\$ 24.000,00 e a vender um título por mais que este mesmo valor. Enquanto isso, o Poluidor 1 estaria disposto a comprar um título por menos de US\$ 4.000,00, e a vender por um valor maior do que este, como podemos ver abaixo:

Poluidor 1: Licença negociável < US\$ 4.000,00 = compra

Licença negociável > US\$ 4.000,00 = vende

Poluidor 2: Licença negociável < US\$ 24.000,00 = compra

Licença negociável > US\$ 24.000,00 = vende

O preço de uma licença, portanto, deve estar entre US\$ 4.000,00 e US\$ 24.000,00 para que os agentes realizem uma negociação. Como o Poluidor 2 está disposto a comprar uma licença que custe menos que US\$ 24.000,00, ele irá comprar do Poluidor 1 que está disposto a vendê-la por mais de US\$ 4.000,00. Esta compra e venda de licenças irá ocorrer até o ponto onde os custos marginais se igualam ($CMgD1 = CMgD2$). Como podemos ver abaixo, o Poluidor 2 irá comprar do Poluidor 1 16.667 licenças de poluição.

$$CMgD1 = CMgD2 \quad \therefore \quad 0,4D1 = 0,8D2 \quad (3)$$

$$D1 + D2 = 40.000 \quad \therefore \quad D1 = 40.000 - D2 \quad (4)$$

Substituindo: (3) em (4), teremos que: $0,4(40.000 - D2) = 0,8D2$

$$D2 = 13.333,33t$$

$$D1 = 26.666,66t$$

Visto que os custos marginais são obtidos pela derivada dos custos totais, temos que os custos totais com a despoluição (CTD) para os poluidores seriam;

$$\text{Poluidor 1: } CTD1 = 0,2D_1^2 = 0,2(26.666,66t)^2 = \text{US\$ } 142.222.151,10$$

$$\text{Poluidor 2: } CTD2 = 0,4D_2^2 = 0,4(13.333,33t)^2 = \text{US\$ } 71.111.075,56$$

Assim, depois que as licenças foram negociadas, temos o seguinte cenário:

Tabela 2: Mercado com licenças negociáveis

Mercado com licenças negociáveis	
Poluidor 1	Poluidor 2
Poluía: 40.000t	Poluía: 60.000t
Despolui: 26.666,66t	Despolui: 13.333,34t
Passa a poluir: $(40.000t - 26.666,66t) = 13.333,34t$	Passa a poluir: $(60.000t - 13.333,33) = 46.666,66t$
Pode poluir: 30.000t	Pode poluir: 30.000t
Passa vender: $(30.000t - 13.333,34t) = 16.666,66$ licenças	Passa comprar: $ (30.000t - 46.666,66t) = 16.666,66t$
Gasto com despoluição: $0,2 (26.666,66t)^2 =$ US\$ 142.222.151,10	Gasto com despoluição: $0,4 (13.333,34t)^2 =$ US\$ 71.111.075,56
Total gasto com despoluição: US\$ 213.333.226,70	

Agora vejamos o mesmo cenário, porém sem a possibilidade de negociação das licenças:

Tabela 3: Mercado sem licenças negociáveis

Mercado sem licenças negociáveis	
Poluidor 1	Poluidor 2
Poluía: 40.000t	Poluía: 60.000t
Despolui: 10.000t	Despolui: 30.000t
Passa a poluir: $(40.000t - 10.000t) = 30.000t$	Passa a poluir: $(60.000t - 30.000t) = 30.000t$
Pode poluir: 30.000t	Pode poluir: 30.000t
Passa vender: $(30.000t - 30.000t) = 0$ licenças	Passa comprar: $ (30.000t - 30.000t) = 0$ licenças
Gasta com despoluição: $0,2 (10.000t)^2 =$ US\$ 20.000.000,00	Gasta com despoluição: $0,4 (30.000t)^2 =$ US\$ 360.000.000,00
Total gasto com despoluição: US\$ 380.000.000,00	

Sendo assim, o sistema de licenças comercializáveis permite que os agentes poluidores atinjam o nível de poluição definido pela regulação da maneira que melhor lhe convém. Isso significa que os agentes irão escolher a maneira mais barata de atingir as metas estipuladas pelo regulador. Consequentemente, este sistema se revela menos custoso para a sociedade em geral.

Vejam os a diferença entre os sistemas de licenças negociáveis e não negociáveis. Os gastos de despoluir 40.000t (nível de despoluição desejada) é US\$ 380.000.000,00 para o sistema de licenças não negociáveis. Enquanto isso para o de licenças negociáveis, é de apenas US\$ 213.333.226,70. A diferença de US\$ 358.666.773,30 chega a ser quase de 60%.

Segundo Thomas e Callan (2010), os sistemas de licenças comercializáveis podem apresentar muitas vantagens, especialmente em relação aos instrumentos de comando e controle. Isso porque quando o regulador ambiental possibilita que os poluidores escolham sua alternativa de menor custo para se enquadrar no padrão ambiental definido pelos formadores de políticas públicas, a sociedade como um todo paga menos pela despoluição. Este sistema de comércio de licenças de poluição pode ser então a solução mais custo efetiva. Outra vantagem deste instrumento é o incentivo à inovação de tecnologias menos poluidoras para diminuição dos custos marginais de despoluição (THOMAS, CALLAN, 2010).

Um exemplo de ETS é o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS). Nele, o Comitê Europeu do Clima regula a emissão de alguns setores chaves da economia, estipulando um padrão ambiental. Usinas e indústrias recebem licenças de emissão que permitem, cada uma, a emissão de uma tonelada de carbono ou seu equivalente em N₂O e PFCs. Após o término de cada ano, esses agentes devem apresentar licenças suficientes para cobrir o total de suas emissões. Caso ocorra um déficit ou excesso de licenças, eles podem negociar a venda e compra destas licenças entre si, e com certa restrição, também podem comprar de vendedores não inclusos na EU ETS. O Comitê Europeu, 2013, afirma que o

sistema de comércio de emissões estão entre as ferramentas mais custo-efetivas para cortar as emissões de gases de efeito estufa. Em contraste com a tradicional regulação de “comando e controle”, o comércio incentiva as forças do mercado a encontrar os caminhos mais baratos para reduzir as emissões.

Se por um lado o sistema de comércio de licenças de poluição define um padrão ambiental e deixa para o mercado precificar a tonelada equivalente de carbono, as taxas por emissão precificam a tonelada de poluição e deixa os agentes alcançarem o padrão ambiental. A taxa por emissão é capaz de alcançar o padrão ambiental estabelecido pelo regulador ao menor custo assim como o sistema de comércio de licenças. Entretanto, se o regulador der um valor muito alto para a taxa, ele pode restringir a poluição além de sua meta antes estabelecida. Do mesmo modo, se a taxa for baixa demais, é possível que nem mesmo alcance esta meta. Por este motivo, é natural que governos reajustem as taxas por emissão impostas aos agentes. O tempo levado com as tentativas até que seja definido o preço certo pode demorar e gerar custos que a sociedade não teria com o sistema de comércio de licenças de poluição (THOMAS, CALLAN, 2010).

Quanto aos padrões ambientais definidos pelos reguladores ao adotarem o sistema de comércio de licenças de poluição ou taxa, vale ressaltar que nem sempre eles são ótimos ou eficientes. Os padrões ótimos, como podemos ver na figura 7, são aqueles em que os benefícios marginais com a despoluição são iguais aos custos marginais da despoluição. Para tanto seria necessário um conhecimento em termos monetários das curvas de demanda e oferta de despoluição associados. Entretanto, o formulador de políticas públicas não possui tais informações para estabelecer qual a quantidade de poluição ótima. O objetivo dos instrumentos de incentivo econômicos então passa a ser alcançar o padrão ambiental imposto pelo regulador da maneira mais custo-efetiva.

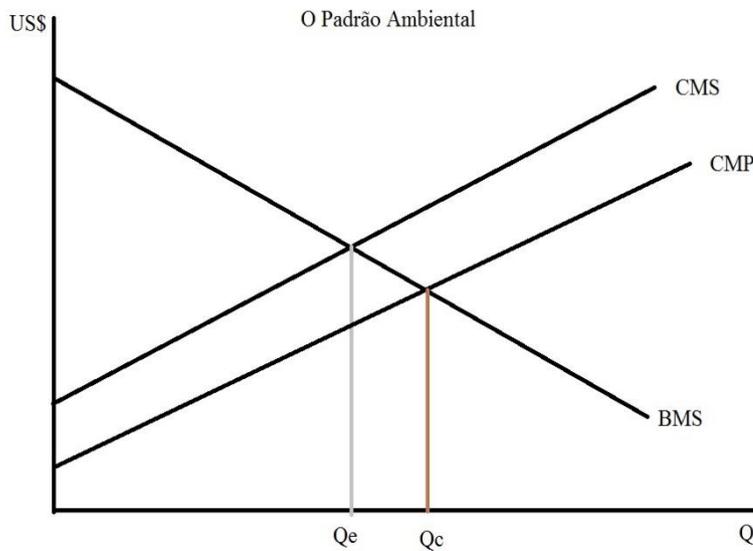


Figura 7 Os padrões ótimos, como podemos ver na figura 7, são aqueles em que os benefícios marginais são iguais aos custos marginais, pois ali surgirá a quantidade eficiente de poluição. Para tanto seria necessário um conhecimento em termos monetários das curvas de demanda e oferta de despoluição associados. Sem regulação, o mercado produzirá em Q_c (quantidade competitiva), onde os custos marginais da poluição são ignorados.

Como dito anteriormente, os sistemas de licenças comercializáveis é fundamentado primeiramente com a emissão de uma quantidade fixa de licenças. Foi dito também que o regulador não sabe qual o padrão ambiental eficiente para emitir a quantidade eficiente de licenças. Surge então uma das questões mais controversas dos problemas de poluição. Qual deve ser o nível de redução de poluição? Quantas licenças devem ser emitidas? A delimitação dessas metas são importantes pois “quanto menos ambiciosas forem as metas de redução de emissões menores serão os preços dos certificados de carbono”, afirma Costa, 2010.

2.3. O Mercado de Carbono na Prática

Como dito anteriormente, o fundamento de um sistema de licenças negociáveis para poluição é primeiramente a emissão de uma quantidade fixa de licenças em uma região e em seguida uma cláusula para negociar essas licenças entre as fontes poluidoras dentro dessa área. Nos itens seguintes abordaremos sobre como foi delimitada a quantidade fixa de licenças de poluição no mercado de carbono e como elas podem ser comercializadas entre agentes poluidores.

2.3.1. O Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto, assinado em 1997, é um acordo firmado entre as nações industrializadas (Países do Anexo I), como Japão, França Alemanha, Austrália e Canadá. Tais nações que estão listadas no Anexo I do Protocolo de Kyoto, devem diminuir suas emissões de seis gases de efeito estufa. Esses gases são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6), e estão listados no Anexo A do Protocolo. Cada tonelada destes gases possuem um potencial diferente sobre aquecimento global. Dessa maneira, eles são contabilizados por tonelada equivalente de CO_2 (quantidade do gás que tem o efeito equivalente de uma tonelada

de CO₂ na atmosfera). O compromisso de redução aplica-se a 38 nações industrializadas (excluindo, portanto, o Brasil) que, no período de 2008 a 2012, deveriam diminuir suas emissões, em média, 5,2% abaixo dos níveis de 1990 (COSTA, 2004). Contudo, as emissões de CO₂ oriundas da utilização de combustíveis fósseis e da produção de cimento tem continuado a crescer na última década em uma média de 2,5% ao ano (FRIEDLINGSTEIN, P. et al., 2014).

O acordo de 1997 estabeleceu uma quantidade fixa de redução da emissão destes gases e estabeleceu também as regras para a comercialização de licenças de poluição entre as nações, idealizando assim, o mercado de carbono (COSTA, 2004). Com o intuito de auxiliar esses países a atingirem seus objetivos de redução de maneira economicamente viável, foram estabelecidos três mecanismos de mercado: um sistema de comércio de emissões; a Implementação Conjunta (IJ) de projetos de redução de emissões, e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Estes mecanismos possibilitam a negociação de licenças de emissão de tonelada equivalente de carbono entre nações. Mais especificamente, eles são definidos pelo MMA (2010) e por Costa (2004), da seguinte maneira:

Comércio de Emissões existe quando um país do Anexo I já reduziu a emissão de GEE além da sua meta. Assim, ele pode comercializar o excedente com outros países do Anexo I que não tenham atingido sua meta de redução (MMA, 2010).

Implementação Conjunta: Um dos três mecanismos de mercado estabelecidos pelo Protocolo de Kyoto. Implementação Conjunta ocorre quando um país do Anexo I investe em projeto de redução de emissões localizado em outro país do Anexo I. Nesse caso, as reduções atingidas são rateadas entre os partícipes (COSTA, 2004)

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Um dos três mecanismos de mercado estabelecidos no Protocolo de Kyoto. O MDL foi proposto para promover o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento e auxiliar os países do Anexo I a cumprir seus compromentimentos de redução de emissões. Esse mecanismo permite aos países industrializados investirem em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento e receberem créditos pelas reduções conseguidas (COSTA, 2004).

Em 1997, a ideia de um sistema internacional de comércio de emissões se mostrava promissora, visto que uma tonelada equivalente de CO₂ tem o mesmo efeito sobre o aquecimento global independente do seu local de origem. Entretanto, se observa hoje que um sistema *top-down*, onde um grande sistema internacional de comércio de licenças negociáveis regula as emissões globais, parece ser uma realidade distante, senão impossível (NEWELL et al., 2013). Dentre os empecilhos que surgem para que um sistema internacional unificado de comércio de emissões opere, estão as incertezas do mercado, e a perda de controle regulatório (BANCO MUNDIAL et al., 2016).

Desde que o Protocolo de Quioto foi assinado, as Partes têm seguido seu próprio caminho no que se refere a políticas nacionais do clima e energia. Surgiram diversos sistemas de comércio de emissões a níveis nacionais e regionais. Ainda assim, muitos países não respeitaram seus objetivos do Protocolo. Os Estados Unidos, um dos maiores emissores de GEE, nem mesmo ratificou o acordo. Uma nova negociação entre as partes, portanto, se mostrou necessária (PFLIEGER, 2014) tomando forma com o Acordo de Paris de 2016.

2.3.2. O Acordo de Paris (AP)

Após o término do Protocolo de Quioto em 2012, a negociação de um novo acordo multilateral de combate ao clima obteve forma com o Acordo de Paris de 2015. As principais metas firmadas pelas Partes no documento são: (1) restringir o aumento da temperatura bem abaixo de 2°C neste século, juntando esforços para limitá-lo para 1,5°C, tomando como referência os níveis pré-industriais (Artigo 2); e (2) atingir o pico das emissões o mais rápido possível, isto é, em breve conter o aumento das emissões de GEE (Artigo 4). Para alcançar estas metas “todas as partes devem tomar e comunicar [para a UNFCCC] esforços ambiciosos” (Artigo 2). Estes esforços devem estar descritos no *Intended Nationally Determined Contributions* (INDCs), documento que deve ser apresentado individualmente por cada país e que traça a sua trajetória de ação climática para os próximos anos (Artigo 4.2). Os INDCs devem ser revisados a cada cinco e anos e devem demonstrar clara progressão com o tempo (UNFCCC, 2016).

O Acordo de Paris defende que a responsabilidade de combater as mudanças climáticas devem ser comum a todas as partes, mas diferenciadas devido às distintas situações que cada nação se encontra. Assim como no Protocolo de Quioto, os países desenvolvidos devem continuar a ser aqueles que retém maior responsabilidade e possuem as metas mais ambiciosas. Eles devem ser os pioneiros na transição da economia intensiva em carbono para menos intensiva (Artigo 4.4) (DIMITROV, 2016). Entretanto, diferentemente do Protocolo de Quioto, todos os países são encorajados a fazer compromissos individuais e voluntários para cooperar com a meta global. Este é o início de uma nova era na cooperação de esforços para limitar as mudanças climáticas” (BANCO MUNDIAL, 2016).

Dimitrov, 2016, faz algumas críticas ao Acordo de Paris. Ele afirma que os mecanismos de regulação do acordo é fraco pois não há punições para aqueles que não seguem seus próprios INDCs. O cientista também diz que o documento é menos justo com nações em desenvolvimento e favorece as nações desenvolvidas, que tiveram a maior partes de suas demandas aceitas. Ele diz que o AP “é fraco em dimensões internacionais para adaptação de políticas, e exclui quaisquer reclamações futuras de responsabilidade e compensação”. Este ponto negativo é uma contradição com o que o próprio acordo diz em seu preâmbulo, onde reconhece a importância da justiça climática. Dimitrov acrescenta em suas críticas a fraqueza do AP nas metas mundiais de longo prazo, na compensação por perda e estrago e na transferência de tecnologia.

Outra crítica crucial ao debate sobre o AP defendida por Rogelj, 2016 é sua eficácia. Ele afirma que todos os INDCs juntos reduzem as emissões dos GEEs quando comparado com quantidade de emissão antes do acordo ser assinado. Entretanto, o Acordo de Paris, da maneira que se encontra hoje, não atingiria sua meta de conter o aquecimento global abaixo de 2 °C. Rogelj diz que na verdade, o AP restringiria o aquecimento global apenas entre 2,6 ° e 3,1°C até 2100. Ainda assim, o acordo possui uma chance de alcançar sua meta se os INDCs forem mais ambiciosos.

Apesar dos seus pontos negativos, o Acordo de Paris é considerado um sucesso do ponto de vista de negociações internacionais referente ao meio ambiente. Depois de dezenas de anos de negociação, a Conferência das Partes finalmente firmou um acordo que incluiu todas as principais regiões poluidoras como a União Europeia, Índia, China e Estados Unidos. O AP foi a primeira negociação multilateral a incluir metas para todas as Partes, apesar de seus mais diversos e distintos posicionamentos (DIMITROV, 2016). O Acordo de Paris se tornaria operacional quando fosse ratificado por menos 55 países que contabilizassem por pelo menos 55% das emissões globais. Este marco foi atingido em 5 de outubro de 2016, tornando o acordo

operacional em 4 de novembro de 2016. Até a presente data (24 de novembro de 2016) 113 das 197 Partes da Convenção do Clima ratificaram o AP (UNFCCC, 2016).

Tendências para o Mercado de Carbono após a assinatura do Acordo de Paris

O Banco Mundial prevê um futuro bastante otimista para o mercado de carbono com a operação do Acordo de Paris. Os instrumentos de incentivo econômico terão um papel cada vez mais importante. Cerca de 100 Partes, representando 58% das emissões globais de gases de efeito estufa, planejam usar estes mecanismos. O próprio AP incentiva os instrumentos de precificação do carbono, fornecendo facilidade no seu reconhecimento internacional e identificando novos conceitos que podem fazer o caminho para novas cooperações (Artigo 6) (BANCO MUNDIAL, 2016).

Cerca de 40 jurisdições nacionais e mais de 20 cidade estão colocando um preço no carbono. São aproximadamente 7 GtCO_{2e} (gigatoneladas equivalente de dióxido de carbono), ou seja, 13% das emissões globais são reguladas por instrumentos de incentivo econômico. A parcela das emissões de GEE que são agora reguladas por sistemas de comércio de emissões (ETS) cresceu na última década. A República da Coreia, por exemplo, instalou seu próprio ETS em 2015. Outros ETS estão em fase de planejamento, como o de Ontário e o da China que devem ser implementados em 2017. Além das iniciativas locais e nacionais, também se observou avanços nas iniciativas regionais, com o México mostrando interesse no mercado de carbono norte americano. (BANCO MUNDIAL, 2016).

Mesmo com retrocessos como a suspensão temporária do ETS do Cazaquistão, o ano de 2017 pode ser o ano com o maior crescimento da cobertura das emissões de GEE reguladas pelo mercado de carbono. Isso porque, se implementado como anunciado, o sistema de comércio de licenças chinês será o maior mercado de carbono do mundo, maior ainda que o mercado europeu. Estimativas não oficiais mostram que as emissões de gases de efeitos estufas reguladas por instrumentos econômicos podem crescer de 13% para 20 a 25% (BANCO MUNDIAL, 2016), como podemos ver claramente na figura 8, onde o aumento do volume de emissões de GEE regulado se destaca em azul claro com a entrada do mercado chinês.

Mesmo que a precificação do carbono (dar o valor para uma licença ou taxa por emissão) tenha se expandido consideravelmente nos últimos anos, muitas das iniciativas ainda são recentes. O preço do carbono tem uma variação muito alta, pode ser de menos de US\$1/tCO_{2e} a US\$131/tCO_{2e}. Cerca de três quartos das emissões foram precificadas por menos de US\$10/tCO₂ (BANCO MUNDIAL, 2016). Na figura 9, podemos ver que o preço das licenças variou bastante desde a implementação do mercado de carbono em 2005, inclusive na maior jurisdição, a do EU ETS. A figura mostra os preços para apenas 5 jurisdições, mas a variação do valor das licenças é provavelmente ainda mais discrepante ao se observar um número mais abrangente de mercados.

Iniciativas regionais, nacionais e subnacionais de precificação do carbono: parcela de cobertura das emissões globais de GEE

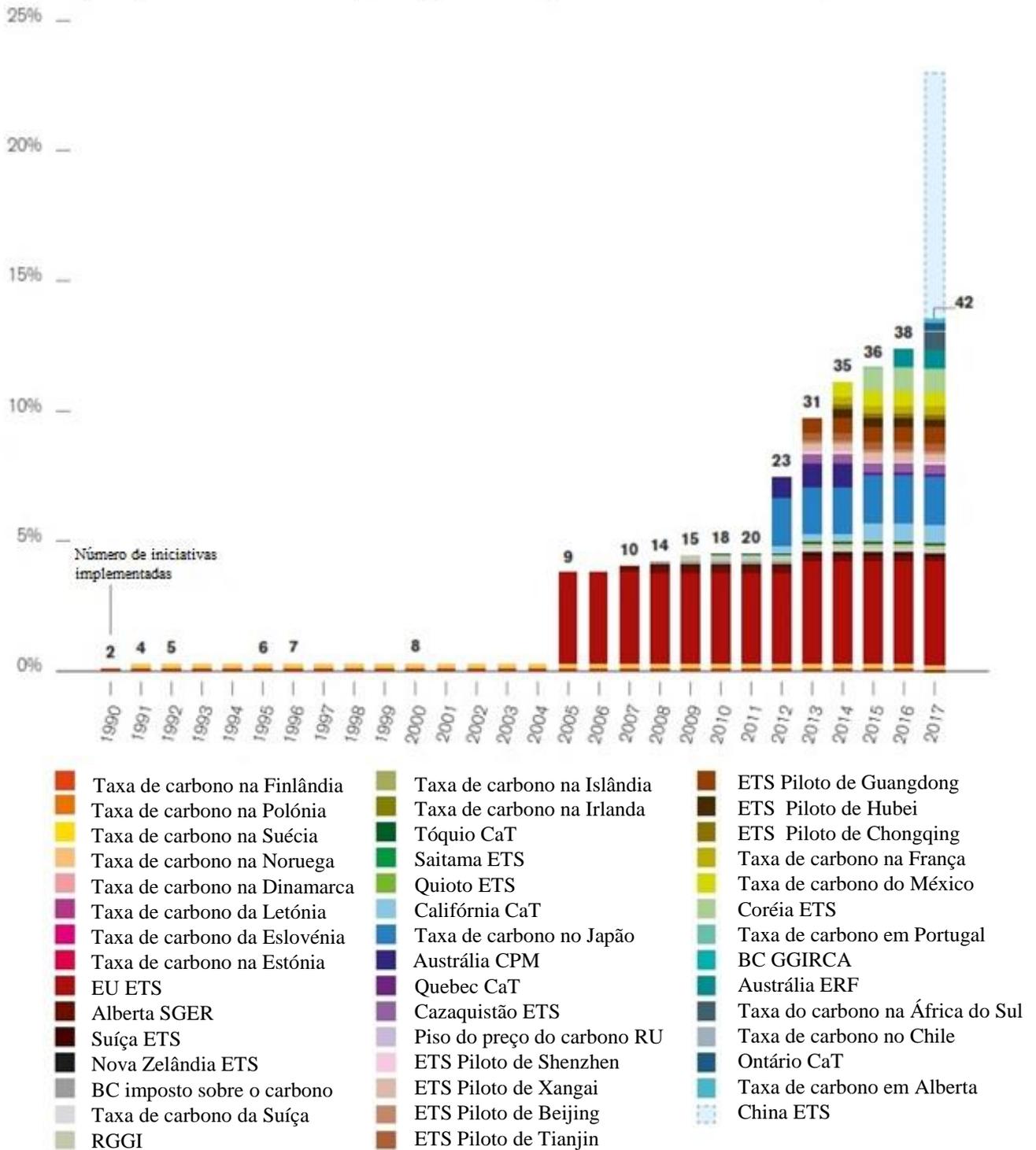
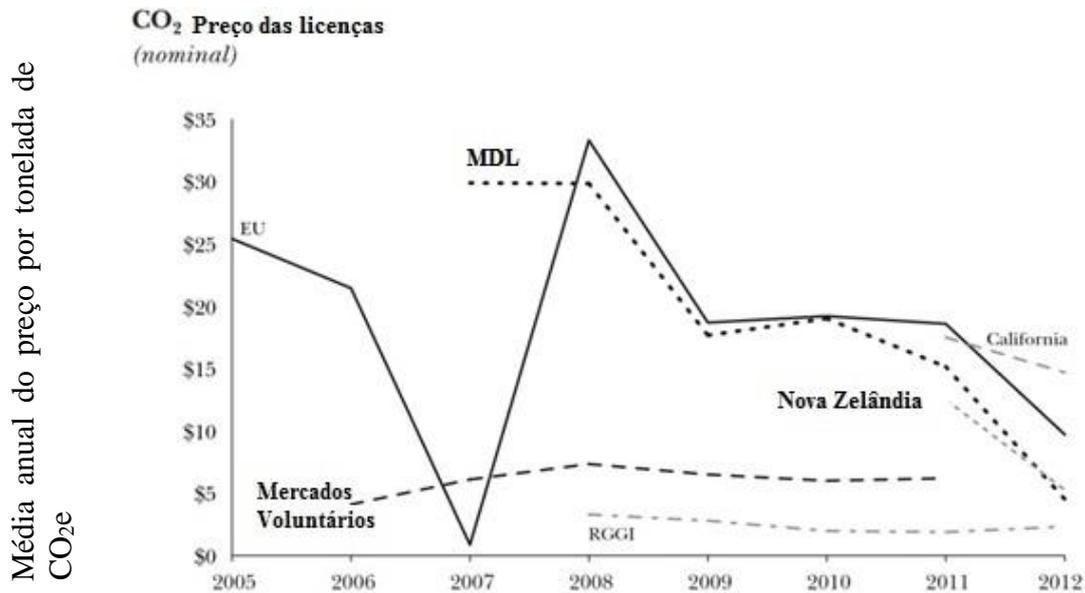


Figura 8: Iniciativas regionais, nacionais e subnacionais de precificação de carbono: parcelas das emissões de GEEs cobertas. No gráfico podemos observar a porcentagem dos GEEs foram emitidos que estão regulados por instrumentos de incentivo econômico entre 1990 e 2016, e as previsões para 2017. Se destacam no gráfico os EU ETS e o ETS da China devido ao grande volume de licenças que foram emitidas e que se estima emitir. Fonte: Banco Mundial, 2016.

Figura 9, o preço das licenças variam bastante desde a implementação do mercado de carbono em 2005, inclusive na maior jurisdição, a do EU ETS. A figura mostra os preços para apenas 5 jurisdições, mas a variação do valor das licenças é ainda mais discrepante ao se observar um número mais abrangente de mercados.



Além dos preços que já são baixos, alguns formuladores de políticas públicas tem introduzido preços já baixos nas taxas por emissão com o objetivo de conseguir suporte político. Por fim, há certa tendência no aumento da preferência a implantação de taxas aos ETS devido aos baixos preços das licenças na maioria dos sistemas de comércio de emissões (BANCO MUNDIAL, 2016).

2.3.3. Mercados Regionais e Nacionais e Locais

O sistema internacional de comércio de emissões ainda não é uma realidade. Mas sistemas nacionais e regionais existem e continuam surgindo em muitos continentes. Essas iniciativas locais podem ter o potencial de juntas cobrirem a lacuna deixada pela falta de uma regulação internacional. Desde 2005 notáveis mercados começaram a operar, como o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), o *Regional Greenhouse Gas Initiative* (RGGI) do nordeste dos Estados Unidos e outros sistemas na Nova Zelândia, Califórnia, Quebec, Austrália e Coréia do Norte (NEWELL et al., 2013).

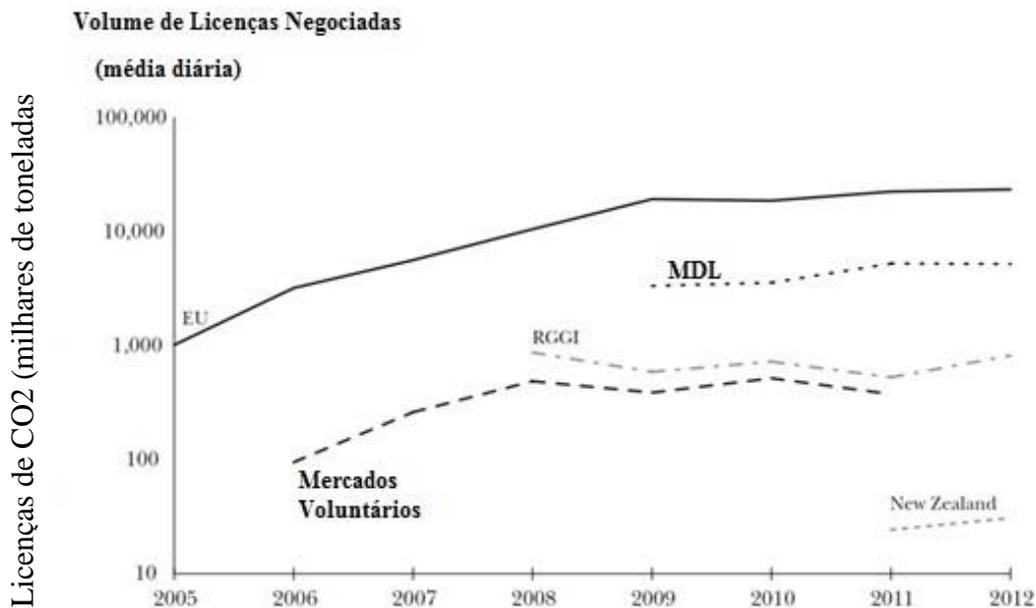


Figura 10: O gráfico demonstra o volume de licenças vendidas nos principais mercados até 2012. Estes mercados são: EU ETS, RGGI, MDL, Nova Zelândia e mercados voluntários. Apesar de o MDL ser um mercado internacional regido pelo Protocolo de Quioto, o EU ETS foi o que mais comercializou licenças. Fonte: NEWELL et al., 2013.

Estes mercados de carbono possuem grande impacto e importância do ponto de vista ambiental e econômico. Mais de 30 bilhões de toneladas métricas de dióxido de carbono são emitidas por ano apenas de combustíveis fósseis no mundo (BODEN, MARLAND, e ANDRES 2011; *apud* NEWELL et al., 2013). O valor anual da venda de créditos para compensar essa emissão seria de US\$300 bilhões se vendidas a US\$10 por tonelada, e de US\$750 bilhões se vendidas a US\$25. O verdadeiro volume de licenças vendidas está representado no gráfico da figura 9. Nele podemos ver o número de licenças comercializadas nos cinco principais mercados até o ano de 2012: EU ETS, RGGI, MDL, Nova Zelândia e mercados voluntários (NEWELL et al., 2013).

Vista a importância dos mercados de carbono para o meio ambiente e para a economia, seu entendimento é necessário para a formulação de políticas climáticas e econômicas. Em seguida abordaremos individualmente alguns destes mercados com o objetivo de analisarmos seus pontos fortes e fracos. Por fim, veremos quais as lições podem ser levadas aos formadores de políticas brasileiros.

Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS)

O Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), é o principal instrumento utilizado pelo *European Commission Climate Action* para conter as emissões de GEE gerada pelo homem. O EU ETS funciona como um sistema de ‘cap and trade’, ou seja, o comitê europeu emite licenças de poluição para usinas de energias, fábricas, e outras empresas. Se assim desejarem, estes agentes estão livres para negociar essas licenças. Qualquer um com

uma a conta no registro da União pode vender ou comprar estas licenças, mesmo que não seja um dos agentes incluídos na EU ETS (Comitê Europeu, 2016).

O Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia foi desenvolvido para operar em 4 fases, sendo a primeira fase entre 2005-2007, segunda fase entre 2008-2012, terceira fase entre 2013-2020 e quarta fase entre 2021-2030. A primeira fase foi projetada como uma etapa de teste. O objetivo central foi de aprender na prática. Mesmo se estabelecendo como o um dos maiores mercados de carbono ainda na primeira fase, o preço das licenças no primeiro período chegou a praticamente zero em 2007. Segundo NEWELL et al., 2013, isto ocorreu por três motivos. Primeiramente, as metas de redução de emissão que deveriam ser modestas foram definidas em curto prazo de tempo com poucos dados confiáveis (Ellerman, Convery, e de Perthuis 2010, *apud* NEWELL et al., 2013). A segunda razão foi o atraso para publicar o volume de emissão agregada (informação essencial para saber a demanda do mercado). O terceiro motivo foi a impossibilidade de usar as licenças das fases piloto após sua conclusão em 2007. Essas razões levaram a um excesso de oferta de licenças que fez despencar os preços do mercado em 2007.

Na segunda fase (2008-2012), o programa que cobria algumas indústrias pesadas passou a aumentar sua cobertura (NEWELL et al., 2013) incluindo em 01/01/2012 a aviação. Uma novidade desta fase foi a entrada de novos membros, a Islândia, Liechtenstein e Noruega em 01/01/2008. O número de licenças emitidas foram reduzidas em 6,5%, mas ainda houve excesso de oferta. A demanda diminuiu em resposta a desaceleração econômica que naturalmente levou a um menor volume de GEE emitidos (Comitê Europeu, 2016).

Na terceira e atual fase (2013-2020), uma grande reforma entrou em ação no mercado. Foi incluída uma significativa parcela da atividade industrial no EU ETS. O número de licenças emitidas agora são reduzidas em 1.74% por ano. O objetivo é diminuir as emissões em 21% em comparação aos dados de 2005. Outra medida da reforma é a transição de um sistema onde as licenças são distribuídas gratuitamente para um sistema onde elas são leiloadas. A cada ano uma proporção cada vez maior de licenças devem ser leiloadas, em contraste a diminuição da proporção de licenças distribuídas sem custo. A estimativa é que 57% das licenças sejam leiloadas nesta terceira fase (Comitê Europeu, 2016). Além dessas mudanças, as regras para distribuição destas licenças estão mais harmonizadas, com os planos nacionais menos significantes (NEWELL et al., 2013). Em 01/01/2013 a Croácia foi incluída no EU ETS (Comitê Europeu, 2016).

Hoje, o EU ETS regula no total 45% de todos os gases de efeito estufa gerados na União Europeia (EU). São cobertas em torno de 11.000 usinas elétricas e fábricas nos 28 países membros da EU, incluindo a Islândia, Liechtenstein e Noruega. Com estes números, o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia é de longe o maior mercado de carbono do mundo, sendo responsável por mais 75% do mercado internacional de carbono. Apenas em 2015, 26 milhões de licenças foram comercializadas por dia de negociação. No total foram 6,6 bilhões de licenças de tonelada equivalente de CO₂, contabilizando €49 bilhões (Comitê Europeu, 2016).

O Comitê Europeu monitora as emissões de seus agentes anualmente. Para se assegurar que os agentes sigam as regras do sistema, as emissões devem passar por um verificador credenciado pelo Comitê. Aqueles que são submetidos à regulação do comércio de emissão deve apresentar todo dia 30 de abril licenças suficientes para cobrir o total de suas emissões do ano anterior. Caso contrário, os agentes devem pagar uma penalidade de €100 por tonelada equivalente de CO₂ (preço bem acima da valor de uma licença), além de ter seu nome publicado e consequentemente denegrido. Para evitar fraudes e roubos no mercado de carbono europeu,

o Comitê possui uma conta com todas as licenças emitidas em um registro único da União com fortes medidas de segurança (Comitê Europeu, 2016).

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) faz parte do Protocolo de Quioto de 1997. Ele é um dos três instrumentos sugeridos para que os países do Anexo I pudessem atingir com mais facilidade suas metas do Protocolo. O MDL não é exatamente um ETS de *cap-and-trade* (onde o regulador de uma região define um limite máximo de poluição, emitindo licenças de poluição negociáveis que somadas não ultrapassam o esse limite). Ele é uma mecanismo no qual permite que os países que necessitam reduzir suas emissões de GEE tenha a possibilidade reduzi-las fora de suas fronteiras nacionais. Ele é uma ferramenta de flexibilidade que permite aos países desenvolvidos estabelecerem projetos de redução das emissões ou remoção de gases de efeito estufa da atmosfera em países menos desenvolvidos (COSTA, 2004). As operações de comercialização podem ser realizadas por meio de leilões eletrônicos, sites eletrônicos, e agendados pela BM&FBovespa a pedido de organização públicas ou privadas que desejem vender seus créditos de carbono no mercado (ALVES; OLIVEIRA; LOPES, 2013).

Um dos pontos mais interessantes do Protocolo de Quioto para os países menos desenvolvidos certamente é o MDL, que inclusive foi derivado da proposta brasileira formulada durante a Conferência de Quioto (COSTA, 2004). O objetivo desses projetos é emitir CERs (*Certified Emission Reductions*) que podem ser utilizados como créditos de carbono. O MDL é um dos maiores mercados de carbono existentes. Isso se dá, principalmente, porque as CERs são utilizadas como de créditos de carbono em uma variedade de outras jurisdições. A certidões emitidas em 2011 representaram quase 300 milhões de CO₂e (NEWELL et al., 2013).

O número de projetos propostos e implementados cresceu substancialmente entre os anos 2008 e 2013. Mais de 6.200 projetos foram aprovados e mais de 1 bilhão de créditos foram emitidos. A maioria dos projetos é focado em promover energias renováveis como a eólica e solar, e em sua maior parte tem seus créditos comprados por membros da EU ETS. Contudo, membros apenas podem comprar do MDL uma pequena parcela, cerca 6% referente à quantidade máxima de emissão que pode ser gerada (NEWELL et al., 2013).

Os outros compradores dos créditos do MDL são, por exemplo, a Nova Zelândia, Austrália e Japão. Na Nova Zelândia, diferentemente da União Europeia, os poluidores podem comprar créditos do MDL para cobrir até 100% das suas emissões. Na Austrália, esta porcentagem já cai para 12,5%. O governo japonês comprou mais de 100 milhões de créditos para contribuir com sua meta de redução de emissões do Protocolo de Quioto. Ainda assim, os créditos do Mecanismo de Desenvolvimento Livre ainda são massivamente comprados pelos membros do EU ETS (NEWELL et al., 2013).

A participação dos países europeus é a principal razão pela qual o MDL é um dos maiores mercados de carbono existentes. Entretanto, de acordo com o Banco Mundial, está também pode ser a razão que levará o MDL a entrar em crise. A instituição disse em 2015 que o EU ETS já tinha comprado quase 1,5 GtCO₂ em CERs. Isso significa que a demanda europeia por CERs do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo está praticamente esgotadas. Os membros do mercado europeu juntos são autorizados pelo sistema a comprar no total 1,6 entre 2008 e 2020 (BANCO MUNDIAL, 2015).

O Conselho Executivo do MDL tem pensado em novas maneiras de aumentar a demanda por CERs, já que nenhuma outra fonte significativa de demanda fora a EU ETS existe hoje. Foi proposto, por exemplo, o cancelamento voluntário de CERs. Contudo, menos de 1% das CERs emitidas desde que o cancelamento voluntário foi instaurado foram canceladas. É possível que o novo ETS coreano, e as outras iniciativas de precificação do carbono no México

e na África do Sul aumente a procura por CERs. No entanto, essas iniciativas só aceitam as certificações que são geradas em seu território nacional. É possível a Organização Internacional da Aviação Civil imponha sobre as companhias aéreas uma regulação sobre as emissões de carbono, o que pode aumentar a demanda por CERs. É improvável que estas iniciativas vão causar algum aumento substancial na demanda do MDL (BANCO MUNDIAL, 2015).

Devido as condições do mercado, metade dos projetos que tinham emitido CERs até o fim de 2012 não mais emitiram depois desse ano, e muitos vendedores tem optado por sair do mercado. Os projetos que foram instalados e que ainda gerarão CERs irão intensificar o excesso de demanda que o mercado enfrenta hoje. Apesar da diminuição da oferta, o MDL pode acumular a emissão de 300-600MtCO₂e excedente em certificações de redução entre 2016 e 2020. O futuro do MDL se torna ainda mais incerto já que o Acordo de Paris não definiu ainda qual seria seu instrumento de mercado a ser estabelecido (Artigo 6.4) (BANCO MUNDIAL, 2015).

Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI)

O RGGI foi o primeiro sistema de *cap-and-trade* americano. Ele foi implementado em dezembro de 2005 pelo *Memorandum of Understanding* (MOU), acordado por estados do nordeste dos Estados Unidos. Este são: Delaware, Maine, New Hampshire, Vermont, Massachusetts, Rhode Island, Nova Iorque, Connercticut e Maryland. O RGGI é focado na regulação das emissões geradas pelo setor energético da região, regulando assim 20% de todas as emissões de GEE da região (ISSER, 2016).

As licenças negociadas no mercado de carbono do nordeste americano são alocadas aos agentes por meio de leilões. Até junho de 2016, o governo arrecadou US\$2,4 bilhões com os leilões das licenças. Deste valor, cerca de 59% foi gasto especificamente no incentivo a eficiência energética, 10% energias renováveis e 10% para projetos de captação de carbono e apenas 1% para os custos administrativos do programa (ISSER, 2016).

As emissões de GEE diminuíram desde a implantação do RGGI, mas não necessariamente devido ao mercado. Em 2008 o preço do gás natural começou a cair, fazendo que o carvão se tornasse menos competitivo, dando espaço a outras fontes de energia menos poluentes. Invernos menos rigorosos entre 2010 e 2012 também levou a taxas menores de emissão pela menor demanda de energia (ISSER, 2016). O estabelecimento de um valor mínimo no preço das licenças evitou que o preço das licenças não entrasse em colapso. Porém, muitas delas não tem sido compradas, e as que são, tem sido vendidas a um valor próximo do piso (NEWELL et al., 2013).

Mercados Voluntários

Os Mercados Voluntários são formados por diversas organizações que permitem que pessoas físicas e jurídicas contratem terceiros para compensar suas emissões de GEE (NEWELL et al., 2013). O principal diferencial deste mercado é que não existe uma estrutura claramente configurada de regulamentação (Goulart, 2013, *apud* SOUZA; DE ANDRADE, 2014). Como resultado, regras são menos rígidas de como e onde as emissão estão sendo reduzidas ou captadas. Estas organizações promovem, por exemplo, diversos projetos que envolvem iniciativas tais como a promoção de energia de baixo carbono, a eficiência energética

e a captação de carbono. A fonte de emissão de GEE e a fonte de sua captação é irrelevante para as mudanças climáticas mundiais, por isso o mercado voluntário é mundial. Há compradores e vendedores negociando em todo o mundo (GILLENWATER et al, 2007)

Se por um lado a falta de regulação facilita a negociação de créditos de carbono, diminuído custos com burocracia (por exemplo: como e onde está sendo reduzida a emissão), menores padrões de regulação podem levar a emissão de certificações que não representam seus reais benefícios ambientais. São várias as organizações que vendem créditos de carbono, com os mais distintos procedimentos e padrões de monitoração para emitir seus créditos de carbono. (BENESSAIAH, 2012, *apud* NEWELL et al., 2013).

No ano de 2015, o volume de créditos de carbono negociados cresceu 10% em comparação ao ano de 2014. No total foram 84 MtCO_{2e}, valendo US\$278 milhões. Apesar do aumento do volume de créditos negociados, o valor do mercado caiu 7% por causa da queda no preço dos créditos de US\$4/tCO_{2e} para US\$3/tCO_{2e} em 2014. O número de créditos emitidos e seus preços tem sido mais estáveis que aqueles encontrados nos mercados estabelecidos no Protocolo de Quioto.

2.4. O Brasil no Mercado de Carbono

O Brasil não faz parte dos países listados no Anexo I do Protocolo de Quioto. Isso implica que ele não teve metas compulsórias de redução de emissão de gases de efeito estufa e não pode participar do Comércio de Emissões e do Implementação Conjunta (dois dos três mecanismos de flexibilização implementados no Protocolo de Quioto). Essa condição, no entanto, não impede que ele participe do MDL e de mercados voluntários.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, derivado de uma proposta do Brasil, é um mercado onde países em desenvolvimento como ele, realizam projetos de redução ou captação de emissões de GEE. Tais projetos geram créditos de carbono que podem ser comprados por países do Anexo I que necessitam reduzir suas emissões.

O Brasil voluntariamente se comprometeu em 2009 a contribuir no combate às mudanças climáticas, definindo metas nacionais de redução. Tal atitude, porém, não resultou na criação de um sistema brasileiro de comercialização de licenças até o momento. Devido à ausência de sistemas regionais na América do Sul, e de sistemas nacionais ou locais no Brasil, o país atualmente só participa no mercado de carbono por meio do MDL (como país vendedor de créditos de carbono) e nos mercados voluntários de carbono. Nesta parte do trabalho abordaremos primeiramente como o Brasil tem atuado no mercado de carbono internacional e posteriormente sobre a possível implantação de sistema brasileiro de comercialização de licenças de carbono.

2.4.1. A Participação Brasileira no Atual Mercado de Carbono

Como dito anteriormente, o Brasil participa no mercado de carbono por meio do MDL e de mercados voluntários. Abordaremos o papel do Brasil nestas jurisdições separadamente.

O Brasil nos Mercados Voluntários

O mercado voluntário de venda e compra de créditos de carbono no Brasil representa um instrumento econômico de grande importância na viabilização da redução e sequestro das emissões de GEE, contribuindo, dessa maneira, para a mitigação das mudanças climáticas e para o alcance das metas nacionais (SOUZA; DE ANDRADE, 2014).

Até 2014, o número de projetos desenvolvidos no Brasil para o mercado voluntário de carbono era de 111, uma quantidade ainda tímida. No tocante às categorias dos projetos, a maioria desempenha atividades de troca de combustível proveniente de mata nativa - como a troca do carvão vegetal de florestas nativas por bagaço de cana - (32% dos projetos), e de manejo de dejetos de suinocultura – criação de porcos - (24% dos projetos). Mas ainda há projetos de reflorestamento, de troca de combustíveis fósseis, de eficiência energética e outros. Quanto a localização dos projetos, há uma concentração maior na região sudeste do Brasil (SOUZA; DE ANDRADE, 2014).

No que se refere à capacidade de redução anual de emissões de GEE desses projetos, as categorias que mais contribuem são de energia renovável, com o abatimento anual de 1.051.649 milhões de CO₂t, representando 37% das reduções anuais. A segunda categoria com maior contribuição é a de troca de combustível oriunda de mata nativa, com um potencial de redução anual de 630.680 mil CO₂t, representando 22% das reduções anuais, seguido do reflorestamento, cujo o potencial de redução é de 417.874 milhões de CO₂t representando 15% das reduções. Outras categorias teve um potencial menor, mas não menos importante, como a categoria de troca de combustível fóssil, com potencial de redução anual de 335.027 milhões de CO₂t, representando 12% das reduções anuais totais (SOUZA; DE ANDRADE, 2014).

Souza e de Andrade, 2014, diante da pouca informação e do tímida participação brasileira no mercado voluntário, recomendam:

a realização de investigações futuras com o objetivo de analisar os co-benefícios gerados pelos projetos brasileiros de redução de emissão de GEE do mercado regulado e voluntário de comercialização de créditos de carbono, com vista a analisar a contribuição desses projetos para o desenvolvimento sustentável.

O Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O país do Anexo I do Protocolo de Quioto que não cumprir as metas de redução progressiva estabelecidas devem encontrar outros meios de compensar seu excesso de poluição. Ele deve, por exemplo, comprar certificados de redução (CERs) do MDL que podem ser comercializados de várias formas, inclusive nas Bolsas de Valores e de Mercadorias. Para que os projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo resultem em CERs capazes de serem usadas como créditos de carbono por esses países, os projetos devem passar necessariamente por uma série de etapas (ALVES; OLIVEIRA; LOPES, 2013).

As etapas do Ciclo do Projeto, segundo Lopes, 2002, são: (1) Elaboração do Documento de Concepção do Projeto - DCP; (2) Validação/Aprovação; (3) Registro; (4) Monitoramento; (5) Verificação/Certificação; (6) Emissão e aprovação das CERs. Apenas após se submeter com sucesso nessas etapas que as CERs dos projetos podem ser comercializadas. Observe que o investidor que promove um projeto, primeiro reduz as emissões para depois vender as CERs. A rígida regulamentação do MDL acaba encarecendo o preço das certificações, e a incerteza

das condições do mercado quando as CERs podem ser vendidas representa um risco para o vendedor.

Os certificados de redução de emissões do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo não podem ser usados fora de seus prazos de validade. Estes são de no máximo de 10 anos, para projetos de período fixo ou de 7 anos, para projetos de período renovável. Os projetos de período renovável ainda podem ter o prazo de suas CERs renovados por até 3 períodos de 7 anos, totalizando 21 anos. No tocante a legitimidade dos certificados, eles devem emitidos por uma organização credenciada, sendo que cada CER corresponderá a uma tonelada de CO₂e que foi reduzida pela implementação de um projeto, sem a existência do qual as emissões seriam mais elevadas (MACIEL et.al. 2009, *apud* ALVES; OLIVEIRA; LOPES, 2013).

Apesar do MDL ser um dos poucos mercados no qual o Brasil atua, a sua participação no segmento de oferta de projetos não é muito significativa. O Brasil ocupa o terceiro lugar em número de projetos, o que representa apenas 4,4% do total de projetos presentes no mercado. A China e a Índia, no entanto, são responsáveis, respectivamente, por 49,6% e 20,3% do total em 2014 (CIMGC, 2015, *apud* ALVES; OLIVEIRA; LOPES, 2013).

Segundo Alves, Oliveira e Lopes, 2013, a participação ainda tímida do Brasil no MDL significa que o mercado é ainda incipiente e aberto à entrada de novas empresas concorrentes. Torres, Fermam e Sbragia, 2016, também vão nessa linha ao sugerir que os projetos no setor de resíduos do tipo aterro têm grande potencial para serem explorados por um entrante neste mercado.

2.4.2. A Possível Implantação de um Sistema Brasileiro de Comércio de Licenças

O Brasil, sendo um país em desenvolvimento, não teve metas compulsórias de redução de emissão de GEE como os países industrializados. No entanto, antes mesmo do Acordo de Paris (que incentiva a definição de metas de redução para todas as nações), o país voluntariamente se comprometeu a contribuir no combate às mudanças climáticas. O seu compromisso foi formalizado pela Lei Federal 12.187/09 que estabelece a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). A PNMC definiu que a meta brasileira de redução deve ser entre 36,1 e 38,9% comparado com as emissões projetadas para 2020. Tal compromisso representa a redução entre 6% e 10% dos níveis emitidos em 2005 (IPEA, 2011).

As emissões brasileiras de GEE aumentaram 58% em 2005 comparado ao ano 1990 (UNFCCC, 2010, *apud* LUDEÑA; NETTO; RYFISCH, 2015). Das emissões nacionais, três quartos estão relacionadas ao uso da terra, mudança do uso da terra e florestas. Essa categoria dominante aumentou em 64% suas emissões de gases de efeito estufa no período de 1990-2005, mas as diminuiu em 76,7% no período de 2005-2010. Essa redução da categoria durante o referido intervalo de tempo representou uma queda nas emissões nacionais de 57% a 22%, (SEPED, 2013 *apud* LUDEÑA; NETTO; RYFISCH, 2015) mostrando ser um setor chave para que o Brasil alcance suas metas descritas na PNMC.

Para reduzir suas emissões e alcançar as metas definidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima, o Brasil pode adotar instrumentos de comando e controle, instrumentos de mercado, ou um pacote de medidas que inclua os dois. Na escolha da implementação de um sistema de comércio de licenças (um instrumento de mercado) a legislação deve conter alguns elementos essenciais. Apesar de alguns desses elementos já estarem presentes na legislação atual, podendo facilitar uma futura criação do mercado de carbono, a legislação ainda carece de especificações diretamente dirigidas a esse mercado. As legislações estaduais vêm avançado

atualmente, aumentado a possibilidade da criação de mercados estaduais. Contudo, esse avanços ocorrem descoordenadamente e podem criar obstáculo para que esses mercados se juntem um dia (LOPES et. at., 2015 *apud* LUDENÑA; NETTO; RYFISCH, 2015).

Dentre os elementos que poderão servir para o desenvolvimento de um sistema de comércio de licenças no Brasil, destacam-se as metas voluntárias de redução sobre as projeções de emissões de GEE, e os planos setoriais. Por outro lado, as principais razões que servem de empecilhos são a falta de especificações que regulem os aspectos mais relevantes de um potencial sistema de comércio de licenças de carbono e os planos setoriais que ainda não foram elaborados ou não estão em vigor. A falta de regulamentação, especificamente, poderia gerar desacordos sobre a natureza jurídica e o regime legal aplicável se houvesse um sistema hoje. A legislação atual carece de definir quantas licenças seriam emitidas, como seriam distribuídas, como seriam negociadas e como seria realizado o monitoramento de um possível sistema de comércio de licenças de carbono.

Na verdade, a PNMC até determina um mercado teoricamente, ao falar sobre o MBRE - Mercado Brasileiro de Redução de Emissões. O mercado contudo, ainda é inoperantes pois a

PNMC carece de clareza nalguns elementos claves para estabelecer tal mercado. Especificamente, a política não dispõe “quanto i) ao uso de unidades negociáveis e fungíveis representativas de direitos de emissão para o cumprimento de limites preestabelecidos de emissão; e ii) à criação de um sistema de registro para contabilizar e rastrear transações destas unidades, e à designação de uma ou mais autoridades para operar e/ou supervisionar tal sistema” (Lopes e outros, 2015).

Apesar de ainda não possuir um sistema brasileiro de comercialização de licenças de carbono operante, o Brasil já vivencia experiências que podem servir de base para implantá-lo. Dentre estas experiências, vale destacar a iniciativa da Bolsa Verde no Rio de Janeiro (BVRio). A BVRio é uma sociedade civil sem fins de lucrativos que foi fundada em 2011 para facilitar o cumprimento das novas leis e políticas ambientais nacionais. Ela atua, entre outras coisas, na comercialização das Cotas de Reserva Ambiental (CRA), instrumento criado pelo Código Florestal Brasileiro (BVRio, 2016).

As Cotas de Reserva Ambiental são títulos representativos de cobertura vegetal que podem ser comercializados para que proprietários de terra tenham a possibilidade de cumprir a sua obrigação de Reserva Legal em outra propriedade. Desde o estabelecimento das CRAs, a BVRio participa do processo de regulamentação desta lei a nível federal e em vários estados. A BVRio operacionaliza o comércio das CRAs por meio de uma plataforma de negociação conhecida como BVTrade. A plataforma também possibilita a comercialização de CRAFs – Contratos de Desenvolvimento e Venda de Cotas de Reserva Ambiental para Entrega Futura. Os CRAFs comprometem seu vendedores a criarem as CRAs e entregá-las ao compradores a um preço previamente acordado entre as partes e que deve ser pago no momento da entrega do título. Hoje a BVTrade já conta com 3000 participantes, e 3 milhões de ha de imóveis rurais ofertando Cotas de Reserva Ambiental (BVRio, 2016).

3. Métodos e Procedimentos

O objetivo desta pesquisa é identificar quais as lições que o Brasil pode tomar para sua participação nos mercados de carbono vigentes e para a implementação de um mercado brasileiro. Para alcançar o objetivo proposto, foi feita uma pesquisa exploratória, de cunho bibliográfico e documental, utilizando recursos como livros, artigos científicos e sites institucionais para consulta. Considerando isso, foi feita uma análise dos pontos fortes e

fracos dos mercados de carbono já operantes. Essa análise foi realizada a partir da coleta de informações tais como:

- O volume de licenças negociadas
- O volume de toneladas de CO₂e negociadas
- O preço das licenças (considerando sua variação e estabilidade)
- A existência de excesso ou falta de demanda e oferta
- O que atrai ou afasta os produtores dos mercados
- A regulamentação dos mercados

Os dados coletados para a análise se encontra na seção 2 da pesquisa, e as lições para o Brasil estão na seção 4.

4. Resultados e Discussão

A academia, em sua grande maioria, alerta sobre a existência das mudanças climáticas e seus consequentes impactos. Ela enfatiza que medidas de combate à essas mudanças devem ser tomadas logo. Isso porque os impactos tendem a intensificar e se tornarem irreversíveis com o tempo, fazendo com que os custos de nada fazer sejam maiores do que os custos de implantar políticas de mitigação. Nordhaus, por exemplo diz que os benefícios líquidos de agir agora em vez de esperar 50 anos para implantar políticas de mitigação chegam a US\$4,1 trilhões nos preços de 2012 (NORDHAUS, 2012).

Nesse sentido, o cenário atual desafia as lideranças globais a adotarem uma nova concepção de desenvolvimento que alinhe o crescimento econômico e o meio ambiente. Por isso, com o intuito de tratar do assunto, 186 países formaram em 1992 a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – CQNUMC. A Conferência das Partes (COP), órgão de decisão superior da partes (países) que ratificaram a CQNUMC, se reúne anualmente e define metas para a contenção do aumento da temperatura mundial. Em 1997, foi firmado na CQNUMC o Protocolo de Quioto. O protocolo estabeleceu que as nações industrializadas deveriam reduzir até 2012 as emissões para 5,2 % abaixo dos níveis observados em 1990. Para auxiliar estes países a cumprirem suas metas, sugeriram vários mercados de carbono para compra e venda de licenças de poluição. Em 2015, após o término do Protocolo de Quioto, outro acordo multilateral foi assinado: o Acordo de Paris. Nesse novo documento, todos as partes são encorajadas a aplicar medidas de combate às mudanças climáticas.

Diversos mercados de carbono sugeriram desde o Protocolo de Quito, e mais mercados de carbono devem surgir após a assinatura do Acordo de Paris (pois incentiva que países em desenvolvimento também definiram ações de mitigação do aquecimento global). Por serem as primeiras nações a terem metas impostas pela COP, os países industrializados são os pioneiros na criação e participação nos mercados de carbono. Alguns países em desenvolvimento se dedicaram, então, em vender créditos de carbono nos mercados que lhe deram abertura, como o MDL.

Atualmente o Brasil participa, ainda que muito moderadamente, do MDL e de mercados voluntários, em sua maior parte como vendedor de créditos de carbono. No entanto, o país

definiu em 2009, na PNMC uma meta de redução entre 36,1 e 38,9% comparado com as emissões projetadas para 2020 (IPEA, 2011). Além dessa meta, o país firmou no Acordo de Paris o compromisso de reduzir até 2025 as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 (SOUZA; DE ANDRADE, 2014). Tal compromisso dá abertura a adoção de instrumentos que auxiliem o Brasil a alcançar suas metas. Um desses instrumentos pode ser a criação de um mercado de carbono nacional ou subnacional.

Em seguida abordaremos as lições que o Brasil deve tomar para combater as mudanças climáticas, quais prós e contras de quatro grandes mercados de carbono e quais lições desses mercados o Brasil deve tomar especificamente para a implantação de um mercado de carbono.

4.1. Lições para combater as mudanças climáticas:

- 1) **Implantar políticas de mitigação.** A primeira atitude que o Brasil deve tomar é decidir combater as mudanças climáticas. Esta é a opção que gera mais benefícios para a nação. Os custos de não fazer nada são maiores do que os custos de implantar políticas de mitigação. Esses custos do não comprometimento tendem apenas a crescer com o passar do tempo. Como já dito acima, as revisões de Nordhaus, por exemplo, sugerem que os benefícios líquidos de agir agora em vez de esperar 50 anos para implantar políticas de mitigação chegam a US\$4,1 trilhões para o mundo nos preços de 2012 (NORDHAUS, 2012).
- 2) **Optar por um pacote de medidas de combate as mudanças climáticas.** Há uma grande discussão sobre quais instrumentos devem ser utilizados para a implantação de políticas ambientais. Não existe uma resposta universal para tal debate. O melhor instrumento a ser adotado depende de cada situação específica, e muitas vezes pode ser mais que um. Instrumentos de comando e controle, por exemplo, são mais interessantes para situações em que se prioriza a eficácia de um política, e os instrumentos de incentivo econômico para situações onde se prioriza a custo-efetividade da política. No caso dos instrumentos de políticas ambientais, estudos sugerem que os instrumentos que apresentam preços estáveis, como a taxa sobre o carbono, tem maiores benefícios esperados que os instrumentos que não tem preços estáveis, como o mercado de carbono (PIZER 2002; NEWELL, PIZER 2003, *apud* NEWELL et al., 2013). Contudo, grande parte dos estudos que avaliam a eficácia dos instrumentos econômicos destacam que eles (sobretudo as taxas ambientais) funcionam melhor quando são parte de um pacote de política que é capaz de abranger os principais aspectos de um mercado (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 1996, *apud* DE ALMEIDA, 1997). O Banco Mundial, reforça tal argumento ao dizer que deve-se combinar instrumentos de precificação do carbono com políticas complementares de tal modo que cada política desenvolva uma melhor performance. “Isso garante que que a precificação do carbono seja efetiva em mudar comportamentos e que suas consequências sejam aceitáveis para a sociedade” (BANCO MUNDIAL, 2016). Podemos concluir dessa discussão que talvez as taxas sejam melhores que um sistema de comércio de licenças, devido à instabilidade dos preços das licenças observados nos mercados existentes. Entretanto, mais importante que escolher entre a taxa ou um ETS, deve-se adotar um pacote de medidas. Isso quer dizer, por exemplo, que a Política Nacional de Mudança Climática deve andar no mesmo caminho de redução de emissões que a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a Política Nacional de Mobilidade Urbana a Política Energética Nacional etc., o que muitas vezes não ocorre.

- 3) **Aumentar a participação no MDL.** Apesar do potencial Brasileiro de reduzir suas emissões, ele é responsável apenas por 4,4% do total de projetos presentes no mercado. Segundo Alves, Oliveira e Lopes, 2013, a tímida participação do Brasil no MDL significa que o mercado é ainda incipiente e aberto à entrada de novas empresas concorrentes. Torres, Fermam e Sbragia, 2016, complementam dizendo que os projetos no setor de resíduos do tipo aterro tem grande potencial para ser explorado para o agente que deseja entrar no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

4.2. Lições para o Brasil Para implantar um mercado de carbono:

A partir da pesquisa realizada (presente na Revisão Bibliográfica), separamos aqui de forma breve alguns prós e contras de quatro grandes mercados de carbono. Os prós e contras têm o objetivo de relatar as experiências bem e mal sucedidas encontradas nos mercados ao redor do mundo.

Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS)

Prós

O Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia foi desenvolvido para operar em 4 fases, A primeira fase foi projetada como uma etapa de teste. O objetivo central foi de aprender na prática. As outras etapas gradativamente incluem mais setores produtivos, aumenta as metas de redução de emissão e aumenta a proporção de licenças leiloadas em comparação àquelas que são dadas diretamente pelo Comitê Europeu. Isso permite que os agentes do mercado tenham mais tempo para se adaptar às mudanças. Outros pontos fortes que se destacam é a monitoração da EU ETS, seu sistema seguro de negociação de licenças e a forte punição para aqueles que não cumprem as regras.

Contras

O preço das licenças no primeiro período chegou a praticamente zero em 2007 devido um excesso de oferta de licenças que fez despencar os preços. Isso ocorreu pois os ofertantes não tiveram informações essenciais para saber a dimensão de sua demanda, que acabou sendo abaixo de sua expectativa. As metas de redução foram definidas com poucos dados confiáveis (Ellerman, Convery, e de Perthuis 2010, *apud* NEWELL et al., 2013), e o volume de emissão agregada (informação essencial para saber a demanda do mercado) foi publicado tarde. O terceiro motivo para a queda dos preços foi a impossibilidade de usar as licenças das fases piloto após sua conclusão em 2007.

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Prós

O MDL faz uso de uma metodologia padronizada na aprovação, no monitoramento, no reporte e na verificação dos seus projetos. Essas ações garantem a validade e comparabilidade das emissões realizadas e reduzidas nos projetos, além da qualidade dos ativos negociados.

Compradores e vendedores, portanto, têm segurança do mercado. Outro ponto positivo muito importante do MDL é a especificação clara do prazo de validade das CERs negociadas.

Contras

Se por um lado as rígidas regras do MDL asseguram a qualidade e a segurança das certificações vendidas no mercado, de outro lado os custos de implantar os projetos acabam sendo maiores com os processos burocráticos. Além do mais, seu futuro é muito incerto. O Protocolo de Quioto se findou em 2012, e o Acordo de Paris ainda não informou qual mecanismo de flexibilização adotará (o MDL ou a criação de outro mecanismo). Isso compromete a demanda por CERs. Outro ponto negativo é sua forte dependência pela demanda que vem dos países que participam da EU ETS. A demanda dos europeus por CERs devem diminuir drasticamente, impactando o MDL.

Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI)

Prós

As licenças negociadas no mercado de carbono do nordeste americano são alocadas aos agentes por meio de leilões. A receita dos leilões é gasta em incentivo a eficiência energética, energias renováveis e projetos de captação de carbono. Além disso, o estabelecimento de um valor mínimo no preço das licenças evita que o preço das licenças entre em colapso.

Contras

O estabelecimento de um valor mínimo no preço das licenças pode evitar que o preço das licenças entre em colapso, mas não é opção de custo mínimo para a sociedade.

Mercados Voluntários

Prós

A falta de regulação facilita a negociação de créditos de carbono, diminuindo custos com burocracia (por exemplo: como e onde está sendo reduzida a emissão), e provendo a redução de GEE das mais diversas maneiras e em vários lugares ao redor do mundo. Outra vantagem dos mercados voluntários é que o número de créditos emitidos e seus preços tem sido mais estáveis que aqueles encontrados nos mercados estabelecidos no Protocolo de Quioto.

Contras

Os menores padrões de regulação, falta de monitoração e punição podem levar a emissão de certificações que não representam seus reais benefícios ambientais. A qualidade dos créditos de carbono emitidos nos mercados voluntários pode ser duvidosa.

Dada essas observações sobre os pontos fortes e fracos desses quatro mercados, temos que as lições para o Brasil, caso decida implantar um mercado de carbono, são:

- 1) **O Brasil deve ter metas claras para o combate as mudanças climáticas.** No caso, o Brasil já firmou no Acordo de Paris o compromisso de até 2025, reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005. Como podemos ver na teoria de mercados de poluição, o primeiro passo para se estabelecer um sistema de comercialização de licenças é estabelecer um limite emissão para determinado poluente. O MDL, atualmente, é um mercado bastante incerto justamente por que sua demanda vem das metas de redução do Protocolo de Quioto. O Protocolo acabou em 2012, deixando no ar as metas de redução de emissão de GEE por meio do MDL.
- 2) **O Brasil deve ter dados confiáveis para estabelecer suas metas de redução.** Os ofertantes e demandantes do mercado de carbono vão se comportar em resposta as metas estabelecidas pelo regulador. Segundo Ellerman, Convery, e de Perthuis 2010, *apud* NEWELL et al., 2013) as metas de redução de emissão da EU ETS que deveriam ser modestas foram definidas em curto prazo de tempo com poucos dados confiáveis, fazendo a oferta ser maior do que a demanda. Ter informações seguras sobre o crescimento econômico, por exemplo, pode fazer o regulador emitir menos licenças em tempos de decrescimento econômico, pois a demanda cai com o menor uso de energia pelos setores produtivos.
- 3) **Prazos de validade das licenças devem ser bem definidos e bem divulgados.** Saber quando suas licenças expiram é essencial para que não aconteça um desequilíbrio entre demanda e oferta. Um dos motivos para a queda dos preços das licenças da EU ETS em 2007, por exemplo, foi a impossibilidade de usar as licenças das fases piloto após sua conclusão no referido ano.
- 4) **Estabelecer um meio seguro para a negociação das licenças de poluição.** Um meio seguro impede fraudes no sistema, atraindo mais compradores e vendedores. Para evitar fraudes e roubos no mercado de carbono europeu, por exemplo, o Comitê possui uma conta com todas as licenças emitidas em um registro único da União com fortes medidas de segurança (Comitê Europeu, 2016).
- 5) **Estabelecer qual a prioridade: assegurar a qualidade das licenças ou diminuir os custos das licenças.** Assegurar a qualidade das licenças simplifica em custos maiores gerados pela fiscalização e requerimentos impostos pelos reguladores. Esse *trade off* é observado nas queixas dos participantes do MDL, que se mostram insatisfeitos com o custo e tempo tomado pela burocracia do sistema.
- 6) **Monitoração.** Fiscalizar é fundamental para identificar agentes que não seguem as regras do sistema, e posteriormente, puni-los. O Comitê Europeu, por exemplo, monitora as emissões de seus agentes anualmente. Para se assegurar que os agentes sigam as regras do sistema, as emissões devem passar por um verificador credenciado pelo Comitê. Aqueles que são submetidos à regulação do comércio de emissão deve apresentar todo dia 30 de abril licenças suficientes para cobrir o total de suas emissões do ano anterior. Já o MDL, apenas permite a comercialização de CERs que vem de projetos que se submeteram e foram aprovados em todas as suas etapas de validação.
- 7) **Punição para agentes que não seguem as regras.** As regras são estabelecidas para o bom funcionamento do mercado. Elas servem, por exemplo, para garantir que os certificados de redução comercializados de fato represente a redução que foi realizada.

Se não houver um monitoramento e, posteriormente punição para os infratores, é possível que as regras do mercado continuem não ser seguidas. No EU ETS, por exemplo, os agentes que não apresentarem licenças suficientes para cobrir suas emissões, devem pagar uma penalidade de €100 por tonelada equivalente de CO₂ (preço bem acima do valor de uma licença), além de ter seu nome publicado e consequentemente denegrado. O agente sempre escolherá a opção de menor custo. Por isso é importante assegurar que a punição faça com que desobedecer seja mais caro que obedecer.

- 8) **Evitar dependência da demanda de poucos demandantes.** Diversificar a clientela do mercado de carbono pode ser muito importante para evitar uma crise de falta de demanda no futuro. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, por exemplo, é bastante dependente da demanda da EU ETS. Os agentes desse sistema dominam a compra das CERs do MDL. Contudo, devido ao limite de CERs que a EU ETS definiu que seus agentes podem comprar, a compra por créditos de carbono do MDL deve cair bastante. Hoje o Mecanismo de Desenvolvimento Livre tem procurado novas maneiras de atrair os consumidores.

5. Conclusões

O combate as mudanças climáticas é necessário e deve ser implantado com urgência. A modificação do clima pode ser, e está sendo, responsável pela extinção de diversas espécies biológicas e pela promoção de eventos climáticos que afetam setores econômicos dependentes dos serviços ecossistêmicos. Os fenômenos ambientais fomentadores do aumento da média da temperatura global se intensificam exponencialmente com o tempo na ausência de ações de mitigações. Eles podem levar a Terra a ultrapassar seu ponto de resiliência, tornando alguns impactos das mudanças climáticas irreversíveis.

O Brasil, portanto, deve participar ativamente dos esforços globais para a mitigação das mudanças climáticas. Ele pode ajudar outros países a cumprirem suas metas de redução, aumento sua participação no MDL. Apenas 4% dos projetos do MDL são brasileiros. Investidores podem criar projetos relacionados a resíduos sólidos, por exemplo, que ainda tem muito a melhorar no país. O Brasil também pode estabelecer suas próprias metas de redução de GEE, as quais ele deixou explícita no Acordo de Paris.

Para isso alcançar suas metas, ele deve optar por traçar uma políticas incluam instrumentos que incentivem a mudança do comportamento dos agentes emissores de GEE. Ele pode escolher instrumentos de comando e controle ou instrumentos de mercado. Não há uma resposta universal definitiva sobre qual desses tipos de instrumento são mais adequados para solucionar problemas ambientais.

Entretanto, no que se refere aos instrumentos de talvez as taxas sejam melhores que um sistema de comércio de licenças, devido à instabilidade dos preços das licenças observados nos mercados existentes. Entretanto, mais importante que escolher entre a taxa ou um ETS, deve-se adotar um pacote de medidas. Um pacote de medidas é o reconhecimento que o comportamento do poluidor não depende apenas da precificação do carbono. Isso quer dizer que, além de colocar um preço na poluição, por exemplo, a Política Nacional de Mudança Climática deve andar no mesmo caminho de redução de emissões que a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a Política Nacional de Mobilidade Urbana a Política Energética Nacional etc., o que muitas vezes não ocorre. Na verdade, no Brasil, há uma desconexão entre as políticas, acarretando que muitas vezes algumas delas acabam por desconstruir os resultados de outras políticas. Não convém ao governo, por exemplo, incentivar o uso de combustíveis menos poluentes em uma política A, e na política B incentivar a destruição de mata nativa por atividades agropecuárias.

É importante também que, caso decida estabelecer um mercado de carbono no Brasil, o país se atente em pontos cruciais para o bom funcionamento do mercado. Podemos citar aqui, a necessidade de ter metas claras para o combate as mudanças climática, de estabelecer um meio seguro para a negociação das licenças de poluição, de fiscalizar e de punir os agentes que não seguem as regras.

6. Referências Bibliográficas

- ABERNETHY, Virginia Deane. Carrying capacity: the tradition and policy implications of limits. *Ethics in Science and Environmental Politics*, v. 2001, p. 9-18, 2001.
- ALLEGRE, Claude et al. No need to panic about global warming. **Wall Street Journal**, v. 27, 2012.
- ALVES, Raíza Silva; DE OLIVEIRA, Louise Antunes; DE LAVOR LOPES, Paloma. **CRÉDITO DE CARBONO: O mercado de crédito de carbono no Brasil**. 2013.
- BANCO MUNDIAL. **State and Trends of Carbon Pricing 2016**. 2016.
- BLOOM, Arnold Jeffrey. **Global climate change: Convergence of disciplines**. Sinauer Associates, 2010.
- BVRIO. Cotas de Reserva Ambiental. 2016. Disponível em <http://bvrrio.org/setores/florestal/cotas-de-reserva-ambiental/>. Acessado em 30/11/2016.
- COMITÊ EUROPEU. **The EU emissions trading system (EU ETS)**. 2016.
- CORNES, Richard; SANDLER, Todd. **The theory of externalities, public goods, and club goods**. Cambridge University Press, 1996.
- COSTA, Paulo. **Resposta político-econômica às mudanças climáticas: origens, situação atual e incertezas do mercado de créditos de carbono**. 2004.
- DE ALMEIDA, TOGEIRO. **O debate internacional sobre instrumentos de política ambiental e questões para o Brasil**. 1997.
- DIMITROV, Radoslav S. The Paris agreement on climate change: Behind closed doors. **Global Environmental Politics**, 2016.
- FRIEDLINGSTEIN, P. et al. Persistent growth of CO2 emissions and implications for reaching climate targets. **Nature Geoscience**, v. 7, n. 10, p. 709-715, 2014.
- GILLENWATER, Michael et al. Policing the voluntary carbon market. **Nature Reports Climate Change**, 2007.
- HARDIN, G. The tragedy of the commons. The population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. **Science (New York, NY)**, v. 162, n. 3859, p. 1243, 1968.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014 Synthesis Report**. 2015. Disponível em <http://www.ipcc.ch/index.htm>. Acessado em 28/06/2016
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects**. Cambridge University Press, 2014.
- IPEA. **A Política nacional sobre mudança do clima: aspectos regulatórios e de governança**. 2011.

- ISSER, Steve N. A Review of Carbon Markets: EU-ETS, RGGI, California, the Clean Power Plan and the Paris Agreement. 2016
- KARL, Thomas R. Global climate change impacts in the United States. **Cambridge University Press**. 2009.
- LEROUX, Marcel. Global warming-myth or reality?: The erring ways of climatology. **Springer Science & Business Media**, 2006.
- LOPES, I. V, O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – Guia de Orientação FGV. Coordenação-geral Ignez Vidigal Lopes. Rio de Janeiro, 2002. 90p.
- LUDEÑA, Carlos E.; NETTO, Maria; RYFISCH, David. Estudos sobre mercado de carbono no Brasil (Resume). 2015.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Saiba mais sobre o Protocolo de Quioto. 2010. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/protocolo-de-quioto>. Acessado em 29/11/2016.
- NEWELL, Richard G.; PIZER, William A.; RAIMI, Daniel. Carbon markets 15 years after Kyoto: Lessons learned, new challenges. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 27, n. 1, p. 123-146, 2013.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **NOAA Ocean Service Education**. 2008. Disponível em http://oceanservice.noaa.gov/education/kits/corals/media/supp_coral02d.html. Acessado em 16/10/2016.
- NORDHAUS, William D. Why the global warming skeptics are wrong. **The New York Review of Books**, v. 59, n. 5, p. 32-34, 2012.
- NORDHAUS, William D. **The "Stern review" on the economics of climate change**. National Bureau of Economic Research, 2006.
- PFLIEGER, Geraldine. Kyoto Protocol and Beyond. In: **Global Environmental Change**. Springer Netherlands, 2014. p. 517-525.
- PIANKA, Eric R. Milankovitch Cycles. 2009. Disponível em: http://www.zo.utexas.edu/courses/THOC/Milankovitch_Cycles.html. Acessado em 04/12/2016
- ROGELJ, Joeri et al. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C. **Nature**, v. 534, n. 7609, p. 631-639, 2016.
- SOLOMON, Susan et al. The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, p. 235-337, 2007
- SOUZA, André Luís Rocha; DE ANDRADE, José Célio Silveira. Análise do mercado de carbono voluntário no Brasil: um estudo sobre o perfil dos projetos de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE). **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 52, 2014.

THOMAS, Janet M.; CALLAN, Scott J. **Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações**. Cengage Learning, 2010

TORRES, Camila; FERMAM, Ricardo Ks; SBRAGIA, Isabel. CDM Projects in Brazil: Market Opportunity for Companies and New Designated Operational Entities. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 3, p. 199-212, 2016.

UNFCCC. Paris Agreement - Status of Ratification. 2016. Disponível em http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php. Acessado em 24/11/2016.

UNFCCC. Summary of the Paris Agreement. 2016. Disponível em <http://bigpicture.unfccc.int/#content-the-paris-agreemen>. Acessado em 24/11/2016.

WALDBUSSER, George G. et al. A developmental and energetic basis linking larval oyster shell formation to acidification sensitivity. **Geophysical Research Letters**, v. 40, n. 10, p. 2171-2176, 2013.