



Encontro Internacional sobre Gestão  
Empresarial e Meio Ambiente

## **PRINCÍPIO DO POLUIDOR PAGADOR: ESTUDO EXPLORATÓRIO DA ASSIMETRIA NO MERCADO CORRIGIDO POR MEIO DE CERTIFICADO DE CARBONO.**

**FRANCISCO SANTANA DE SOUSA**

Universidade Nove de Julho - Uninove  
chicosans@uol.com.br

**ALBA ZUCCO**

Universidade Nove de Julho - Uninove  
alba.zucco@gmail.com

**EDNA DE SOUZA MACHADO SANTOS**

Universidade Nove de Julho - Uninove  
proedna@uol.com.br

**PRISCILA REZENDE DA COSTA**

Universidade Nove de Julho - Uninove  
priscilarc@uninove.br

**GILSON CUBAN MARCOLINO**

gilson.cuban@uninove.br

## PRINCÍPIO DO POLUIDOR PAGADOR: ESTUDO EXPLORATÓRIO DA ASSIMETRIA NO MERCADO CORRIGIDO POR MEIO DE CERTIFICADO DE CARBONO.

**RESUMO.** Este estudo teve como objetivo discutir o papel do certificado de gás carbônico previsto do Protocolo de Kyoto, a fim de equalizar a assimetria entre produtores poluidores que ultrapassam as cotas permitidas de emissão de gases de efeito estufa e os produtores poluidores que não excederam as cotas permitidas e as negociam no mercado bursátil transacional por meio de leilões. A emissão de certificados de gás carbônico é uma aplicação do Princípio do Poluidor Pagador preconizado por Pigou (1920), tendo como meta internalizar os custos sociais imputados à população aos seus custos privados. Este estudo se justifica porque é cada vez maior o impacto da ação antropogênica dos seres humanos na alteração do clima da Terra, por meio da potencialização do efeito dos gases de efeito estufa e dos gases que destroem a camada de ozônio da Terra. Quanto à abordagem, este é um estudo qualitativo-quantitativo e para se atingirem os objetivos, foi utilizada a metodologia descritivo-exploratória. O resultado deste estudo sugere que a comercialização de certificados de gás carbônico, acordado no Protocolo de Kyoto, é uma aplicação do Princípio do Poluidor pagador, cujo objetivo é minimizar a assimetria no mercado de poluição.

Palavras-Chave: Princípio do Poluidor Pagador; Certificado de Carbono; Gases de Efeito Estufa; Protocolo de Kyoto.

## PRINCIPLE THE POLLUETER PAYING: ASYMMETRY OF THE CORRECTED EXOLORATORY STUDY MARKET FOR CARBON CERTIFIED MEANS.

**ABSTRACT:** This paper aimed to discuss the role of carbon dioxide certificate provided for under the Kyoto Protocol in order to equalize the asymmetry between polluters producers in excess of quotas allowed for issuing made greenhouse gases and polluting producers that did not exceed the quotas allowed and trade in the stock transactional market through auctions. The carbon dioxide emission certificates is an application of the Polluter Pays Principle advocated by Pigou (1920), with the goal to internalize the social costs attributed to the population to their private costs. This study is justified because it is increasing the impact of anthropogenic action of human beings on the earth's climate change, through the potentiation of the effect of greenhouse gases and gases that destroy the ozone layer of the Earth. On the approach, this is a qualitative and quantitative study and to achieve the objectives, descriptive and exploratory methodology was used. The result of this study suggests that the marketing of carbon dioxide certificates, agreed in the Kyoto Protocol, is an application of the polluter pays principle, which aims to minimize pollution asymmetry in the market.

Keywords: Polluter Pays Principle; Carbon certificate; Greenhouse gases; Kyoto protocol.

### 1. Introdução

A preocupação com a ação do homem sobre os recursos finitos da Terra foi proposta pelos economistas neoclássicos Pós-Revolução Industrial, no fim do Século XIX. Houve a percepção de que o ritmo de crescimento da população, incentivado pelo sistema capitalista, que é primordial para a sua longevidade, não era acompanhado do aumento da produção de alimentos. Malthus (1798) abordou essa questão: a população crescia à taxa exponencial, enquanto a produção de alimento crescia à taxa linear. Desse modo, haveria um momento em que a população ultrapassaria a capacidade do setor agrícola em alimentá-la.

Mas a previsão de Malthus não se concretizou, porque, alertado, o sistema capitalista procurou soluções inovadoras. Entre elas, foi desenvolver tecnologias que aumentassem a produtividade da produção de alimentos. Com tal procedimento, foram introduzidos

aditivos químicos para aumentar a produtividade da agricultura; desenvolveram-se máquinas que substituíam o homem e que podiam duplicar ou até mesmo triplicar a produção com a mesma área agriculturável. Portanto, em virtude da junção de desenvolvimento de aditivos químicos com novas tecnologias, a catástrofe prevista por Malthus fora afastada.

Mas, no início do Século XX, outra preocupação começou a assombrar os economistas: o efeito da poluição emitida pelas fábricas na saúde da população, ou seja, o custo social provocado pelas fábricas. Sidgwich (1833) introduziu o conceito de externalidade negativa provocada pelas emissões dos gases poluidores sobre a população. Dando prosseguimento às ideias de Sidgwich, seu aluno Pigou (1920) propôs uma solução para que o produtor poluidor incluísse em seus custos privados os custos sociais imputados à população. Essas ideias só ficaram no campo da teoria à época.

Esquecidas essas soluções, o sistema de produção capitalista continuava a introduzir novos produtos elaborados a partir das indústrias química, petrolífera e farmacêutica. No entanto, houve um acidente durante o inverno de Londres, em 1952: os habitantes dessa cidade, para combaterem o frio, queimaram lenhas, e houve uma inversão térmica -, quando uma camada de ar impede a dispersão desses gases - ocasionou milhares de mortes e doenças.

Começou-se, então, a prestar atenção a esses fenômenos. Um livro publicado por Carson (1962), o *Silêncio da Primavera*, provocou imediata reação dos estudiosos a respeito do efeito dos produtos da indústria química na saúde da população, ou seja, externalidades negativas dessas empresas estavam causando um custo social às comunidades. Também os efeitos dos gases jogados sobre as populações, durante a Guerra da Coreia (Napalm), comprovaram que os gases de efeito estufa estavam acima do necessário para manter a vida na Terra, além da destruição da camada de ozônio. Tal constatação levou cientistas e líderes políticos de diversas nações a procurarem soluções.

No primeiro grande encontro em Estocolmo, na Suécia, foi criado o conceito de desenvolvimento sustentável. Em 1992, no Rio de Janeiro, em um encontro de pesquisadores, líderes políticos e sociedade civil (ECO – 92, Rio), foram feitas várias propostas para deter o aumento da temperatura da Terra. Mais tarde, em uma reunião em Kyoto, no Japão, em 1987, foi determinado um grupo de gases que provocavam o aumento dos gases de efeito estufa e dos gases que destruíam a camada de ozônio da Terra, a saber: o carbono foi definido como padrão para conversão dos gases de efeito estufa em potencial de aquecimento; uma tonelada de dióxido de carbono foi definido como potencial de aquecimento igual a 1; todos os demais gases seriam transformados em potenciais equivalentes a uma tonelada de dióxido de carbono; os seguintes gases foram eleitos como causadores do aumento do potencial dos gases de efeito estufa, quais sejam, dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, família dos hidrofluorcarbonos, família dos perfluorcarbonos e o hexafluoretocarbono.

Nesse contexto, para que as metas que esses países se comprometeram a cumprir não provocassem outro problema, surgiu a ideia de taxar o produtor poluidor por meio de negociação de certificados de emissão de gases de efeito estufa. Com isso, essas empresas passariam a internalizar os custos sociais que a poluição da sua atividade causava ao Planeta, acrescentando-os aos seus custos privados. Reaparecem, assim, as ideias de Pigou (1920), que, naquela época era apenas uma tese acadêmica, para ter aplicação real. Certamente, a questão da inapropriação desses gases não seria mais uma questão acadêmica, pois, por causa da globalização, os efeitos provocados pela emissão de gases potencializadores dos efeitos dos gases de efeito estufa e da destruição da camada de ozônio tornaram-se universal.

O mercado de crédito de carbono se dá em mercado bursátil, que, no Brasil é efetivado na Bolsa de Valores de São Paulo. Todavia, em virtude da falta de consenso pelos órgãos fiscalizadores (CVM) e negociadores (BM&FBOVESPA) quanto à natureza desses papéis, o nosso mercado está tendo dificuldades, embora o Brasil seja um potencial vendedor desses papéis, apesar de, posteriormente ter sido regularizado por Lei Federal, considerando-os enquanto mercadoria como *commodity* e, quanto à forma de negociação, em bolsas como valor mobiliário.

Este trabalho recupera o papel dos economistas neoclássicos quanto à questão dos custos sociais (Sidwick, 1833; Pigou, 1920) provocados pela ação antropogênica do homem na exacerbação do potencial de aquecimento dos gases de efeito estufa e dos gases que destroem a camada de ozônio. O problema levantado foi: como fazer com que os produtores poluidores diminuíssem e/ou mantivessem suas atuais emissões para que os países signatários do Protocolo de Kyoto cumprissem as metas acordadas? Respondeu-se a essa questão valendo-se da hipótese de que os certificados de carbonos negociados entre produtores poluidores que excedessem as suas cotas acordadas no Protocolo de Kyoto e os produtores poluidores que não excedessem as suas cotas, comprassem destes últimos a possibilidade de poderem emitir mais gases de efeito estufa em suas atividades econômicas.

A importância deste estudo está na recuperação das propostas dos economistas neoclássicos, tais como Sidwick (1833) e Pigou (1920), que já se preocupavam com a questão da poluição antes mesmo que o efeito devastador de um grupo de gases provocasse mudanças no clima da Terra. A recuperação dessas teses se dá no Protocolo de Kyoto, quando se reconheceu que os produtores poluidores deveriam internalizar os custos sociais aos custos provados das suas atividades econômicas. Utilizou-se metodologia descritivo-exploratória, em virtude de haver poucos estudos que evidenciem o papel dos economistas neoclássicos (Sidwick & Pigou) nas soluções atuais para resolver problemas de como mitigar os efeitos dos gases de efeito estufa por meio de negociações de *commodities* em um comércio transacional entre produtores poluidores que excedessem as suas cotas de emissão desses gases com os produtores poluidores que não as utilizavam.

A conclusão deste trabalho sugere que a solução antevista pelos economistas neoclássicos foi fundamental para ancorar as soluções propostas e colocadas na prática pelos países signatários do Protocolo de Kyoto, a fim de que se cumprissem as metas negociadas para a diminuição dos gases que afetam o equilíbrio do clima da Terra.

## **2.Referencial Teórico**

A seguir, serão abordados os principais eventos teóricos que ancoram o título deste estudo.

### **2.1 Gênese.**

Os primeiros teóricos a questionar os efeitos da poluição no âmbito do debate global foram os economistas da Escola Neoclássica (Rima, 1987). O desafio entre os custos privados e os custos sociais, estabelecidos pela Revolução Industrial, foi introduzido por Sidgwick (1833), em seu livro *The Principles of Political Economy*, no qual abordou o conceito de externalidades. Este conceito advém das atividades das empresas que impõem custos a outros entes e pelos quais pagam (Rima, 1987; Blanchard, 2011; Krugman, Wells & Olney, 2010). Portanto, havia uma assimetria entre os custos privados e os custos sociais impostos pelos produtores.

Mais tarde, Pigou, aluno de Sidgwick, publicou o livro *Economics of Welfare* (1920), no qual propôs um imposto ao poluidor (Rima, 1987). A primeira questão apresentada por Pigou foi: como apropriar o ar poluído, quando este alcançava áreas muito extensas e além da sua fonte? Para este economista, os efeitos negativos da poluição na população

era uma externalidade, conforme Sidgwick já havia afirmado *São impactos negativos ou positivos que uma atividade econômica provoca sobre terceiros e que não são considerados no sistema de preço* (Curi, 2011). Além de provocar impactos em terceiros, a poluição é um bem inapropriável, ou seja, *não pode ser atribuída a determinado proprietário, tais como o ar, os rios, as florestas*, entre outros (Curi, 2011; Cánepa, 2010).

## **2.2 O Princípio do Poluidor Pagador**

Pigou propôs, então, que as atividades que produzissem externalidades negativas deveriam ser taxadas, e as que produzissem externalidades positivas deveriam ter subsídios governamentais. Portanto, o objetivo da taxa de Pigou era internalizar no seu sistema de preço (Curi, 2011; Rima, 1987). Logo, Pigou, muito antes do Acordo de Kyoto (1997), já imaginava um modelo de procurasse mitigar as falhas de mercado, que, posteriormente (2005), recebeu o nome de Certificado de Carbono.

## **2.3 Mudanças Climáticas**

A ação antropogênica do homem no meio ambiente tem causado mudanças no clima da Terra. Segundo O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), mudanças climáticas

[...] referem-se à mudança no estado do clima que pode ser identificado (por exemplo, utilizando testes estatísticos) por mudanças na média e/ou na variabilidade de suas propriedades, e que persistem por um período prolongado, tipicamente por décadas ou mais tempo [...] seja devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana (IPCC, 2007<sup>a</sup> como citado em Oliveira & Vecchia, 2013).

Nota-se nessa definição que a mudança do clima da Terra pode ocorrer por causas naturais, como erupções de vulcões, terremotos, maremotos, entre outros; ou por ação deliberada do ser humano, como atividades econômicas que aumentam a ação dos gases de efeito estufa.

### **2.3 Gases de efeito estufa**

Conforme definido pelo Protocolo de Quioto, os gases de efeito estufa são aqueles que, por ação antropogênica do homem, aumentam em muito o objetivo desses gases, que é manter a vida na Terra (Silva & Macedo, 2012; Sousa & Vivan, 2012; Calijuri & Cunha, 2013). Conforme Calijuri & Cunha (2013), da energia que a Terra recebe do Sol, em condições normais, reflete 30% de volta para o espaço; outros 25% são absorvidos pela atmosfera, e o restante (45%) chega à superfície da Terra. Alguns gases existentes na superfície da Terra são eficientes absorvedores de calor e o retém em volta do planeta como em uma estufa: são os gases de efeito estufa, tais como: vapores de água, dióxido de carbono, metano, alguns dióxidos de nitrogênio e compostos halogenados da família dos clofluorcarbonos (Calijuri & Cunha, 2013).

O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre na Terra, assim como em outros planetas do sistema solar. Na Terra, o vapor d'água é, na verdade, o gás de efeito estufa mais importante, [...] Aproximadamente 89% do aquecimento provocado pelo efeito estufas naturais podem ser atribuídas à água. O dióxido de carbono representa 7,5% do efeito estufa. Devido ao efeito estufa, a baixa atmosfera da Terra é mantida a aproximadamente 34° C mais quente do que ela seria sem esse efeito (Calijuri & Cunha, 2013, p. 372).

Logo, o efeito estufa é uma externalidade benéfica à existência de vidas no planeta; o que causa externalidades negativas é o efeito marginal da ação dos seres existentes na Terra, principalmente dos humanos, nas suas atividades econômicas (Spiro & Stigliani, 2009; Sousa, Tomé, Zucco & Pereira, 2014).

### **2.3.1 Ciclo dos gases de efeito estufa**

Em sua maioria, os gases de efeito estufa são componentes essenciais a todos os seres vivos existentes na Terra: são os elementos químicos denominados biogeoquímicos (Braga, Hespanhol, Conejo, Mierzwa, Barros, Spencer, Porto, Nucci, Juliano & Eiger, 2005; Calijuri & Cunha, 2013).

### 2.3.1.1 Ciclo do Carbono

A Figura 1 representa o processo do ciclo do carbono no planeta.

Figura 1 – Ciclo do Carbono

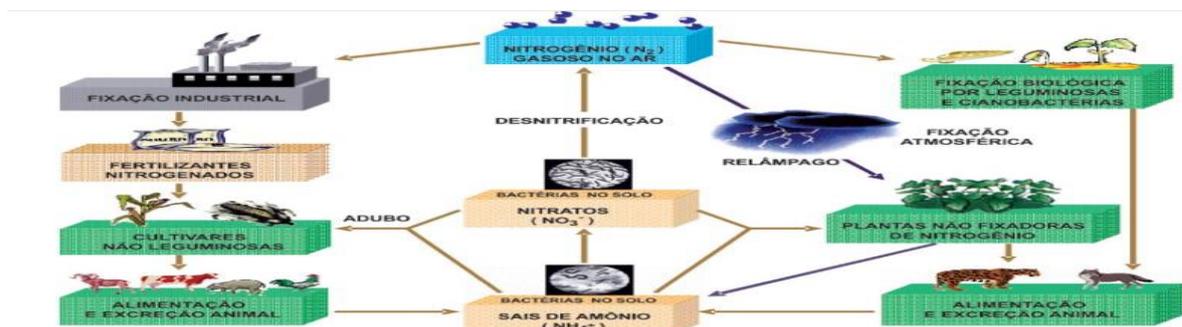


Fonte: [www.google.com/imagem-ciclo-do-carbono](http://www.google.com/imagem-ciclo-do-carbono).

A atmosfera da Terra retém o carbono na forma de dióxido de carbono, que é a principal fonte do processo de fotossíntese desenvolvido pelas plantas, formando a glicose que os seres vivos (produtores e consumidores) decompõem para devolvê-la à atmosfera por meio da respiração (Calijuri & Cunha, 2013; Braga *et al.*, 2005); outra parte do dióxido de carbono fica retido nos compostos orgânicos que dão sustentação à formação dos seres vivos.

Daí a relevância do carbono em todo o ciclo da vida na Terra. *O dióxido de carbono funciona como regulador da temperatura do planeta. Se no ciclo do carbono houver remoção excessiva de dióxido de carbono, a atmosfera esfriará; se houver disponibilidade em excesso, ela esquentará* (Miller Jr., 2007 como citado por Calijuri & Cunha, 2013, p. 140).

### 2.3.1.2 Ciclo do Nitrogênio.



O nitrogênio está ligado diretamente às atividades agrícolas da população humana.

Figura 2 – Ciclo do nitrogênio.

Fonte: [www.google.com/imagem-do-ciclo-do-nitrogenio](http://www.google.com/imagem-do-ciclo-do-nitrogenio).

Conforme a Figura 2, o nitrogênio está ligado diretamente às atividades antropogênicas das populações; ele, de certa forma, foi fundamental para a crescente produtividade agrícola Pós-Revolução Industrial (Braga *et al.*, 2005) e teve papel preponderante para que não ocorresse a catástrofe prevista por Malthus (1798), na obra *An Essay On the Principle of Population*, quando estudou a questão da produção de alimentos *versus*

aumento da população (Sousa & Zucco, 2015). Juntamente com o fósforo, o nitrogênio tornou-se a principal fonte de fertilizantes utilizados na agricultura.

Além do papel no avanço da produtividade agrícola, o nitrogênio é o principal componente do DNA humano. É um elemento químico abundante na atmosfera: 78%; enquanto o carbono só apresenta 0,032% (Braga *et al.*, 2005; Sousa & Vivan, 2014). O ciclo do nitrogênio tem quatro passos: (a) fixação do nitrogênio gasoso em nitratos; (b) amonificação; (c) nitrificação; (d) desnitrificação. Assim, todos os seres aeróbicos e anaeróbicos fazem parte do ciclo do nitrogênio. Durante a Primeira Guerra Mundial, o químico Fritz Haber sintetizou a amônia e a transformou em fertilizante sintético, o que elevou bastante a produtividade agrícola, mas, simultaneamente, tem causado graves danos à vida dos seres vivos do Planeta, conforme descreve Carson (1962), no livro *Silent Spring*:

(...) permitimos que esses produtos químicos fossem utilizados com poucas ou nenhuma investigação profunda quanto aos seus efeitos sobre o solo, a água, a vida selvagem e o próprio homem. As gerações futuras não nos perdoarão pela falta de prudência em relação à integridade do mundo natural que dá suporte a toda a vida. (Carson, 1962 citado por Elkington, 2012).

Conforme Braga e colaboradores (2005, p.31), [...] *o excesso sintetizado artificialmente carrega para rios, lagos e lençóis de água subterrâneos, [que] tem provocado o fenômeno da eutrofização, comprometendo a qualidade da água* (Braga *et al.*, 2005, p. 31).

### 2.3.1.3 Ciclo do Fósforo

Além de o nitrogênio ter papel no processo de formação da transmissão dos genes humanos, o fósforo é o principal componente do DNA e do RNA.

Figura 3 – Ciclo do Fósforo



Fonte:

[www.google.com/i,agem-do-ciclo-do-fósforo](http://www.google.com/i,agem-do-ciclo-do-fósforo)

Embora seja essencial à vida, o fósforo tem um ciclo muito lento; sua principal fonte é a litosfera (crosta terrestre) e os sedimentos marinhos. As atividades antropogênicas dos humanos têm diminuído esses recursos já escassos de tal sorte que terá impacto relevante na vida do planeta.

### 2.3.1.4 Ciclo do Enxofre

O enxofre é o principal componente de diversos produtos industriais.

Figura 4 – Ciclo do Enxofre



Fonte: [www.google.com/imagem-do-ciclo-do-enxofre](http://www.google.com/imagem-do-ciclo-do-enxofre)

A ação desmesurada do homem pelo uso dos componentes formados pelo enxofre tem provocado graves problemas ou externalidades aos seres humanos.

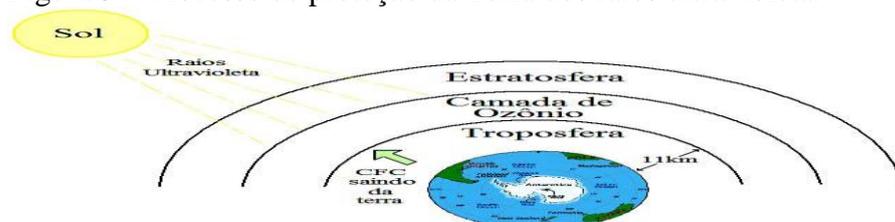
A ação do homem também interfere nesse ciclo por meio de grandes quantidades de dióxidos de enxofre liberadas nos processos de queima de carvão e óleo combustível em indústrias e usinas termoeletricas. O dióxido de enxofre tem potenciais efeitos danosos ao organismo, além de provocar, em certas situações, o que se denomina de 'chuva ácida' e o *smog* industrial. (Braga *et al.*, 2005, p. 32).

O uso excessivo dos compostos do enxofre ocasionou graves impactos nas populações de grandes cidades, a exemplo de Londres (fog londrino), quando morreram 12.000 pessoas e ficaram mais de 100.000 doentes, em decorrência de uma frente fria que impedia a circulação do ar pelo fato de a população queimar carvão para se aquecer. No Brasil, também houve as chuvas ácidas no complexo industrial de Cubatão, quando o sulfato de enxofre se dissolveu com a chuva na atmosfera.

#### 2.4 Camada de Ozônio.

Assim como um grupo de gases forma uma estufa em torno da Terra, o ozônio a protege dos raios ultravioleta que têm ação nociva à saúde dos seres vivos do planeta.

Figura 5 – Processo de proteção da Terra dos raios ultravioleta.



Fonte: [www.google.com/imagem-da-camada-de-ozônio](http://www.google.com/imagem-da-camada-de-ozônio)

No entanto, o cloro é um potente destruidor do gás ozônio, ao se combinar para formar clorofluorcarbonos, muito comuns em produtos como geladeiras domésticas, ar condicionado e outros produtos de uso industrial e doméstico, como os aerossóis. Em 1974, os cientistas norte-americanos Molina & Rowland observaram que os átomos de cloro se combinavam diretamente com o gás ozônio, o que provocava a sua destruição (Spiro & Stigliani, 2009).

O primeiro país a proibir o uso de CFCs, tais como propelentes em frascos de aerossol foram os Estados Unidos.

Em Montreal, em 1987, foi assinado o Protocolo de Montreal, que estabeleceu congelamento e, em seguida, redução de 50% na produção e uso desses gases, juntamente com os seus halos (Spiro & Stigliani, 2009). Vários acordos foram feitos depois do Protocolo de Montreal: (a) Emendas de Londres (1990) e (b) Emenda de Copenhagen (1992) que propuseram a extinção completa da fabricação e uso desses gases. Foi concedido um período de carência para os países em desenvolvimento até o ano de 2010 (Spiro & Stigliani, 2009).

### 3. Metodologia

Quanto à abordagem, este é um estudo qualitativo-quantitativo: qualitativo, pois o pesquisador [...] *busca explicar o porquê das coisas, exprimindo o que deve ser feito, mas não quantifica os valores* [...] (Gerhardt & Souza, 2009, p. 32). Este se aplica ao Princípio do Poluidor Pagador de Pigou (1920), cujo objetivo foi discutir questões da taxa do produtor poluidor, a fim de que este incluía nos seus custos privados aos custos sociais. A

análise não objetivava a quantificação desses custos, mas a sua natureza conceitual. Por outro lado, é quantitativo porque:

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados [...] A pesquisa quantitativa se concentra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno [...] (Fonseca, 2002, como citado em Gehardt & Souza, 2009, p. 33).

A abordagem quantitativa deste estudo se dá ao se metrificar o gás dióxido de carbono, quando se padroniza uma tonelada do gás dióxido de carbono com valor de potencial de aquecimento global igual a 1. Todos os demais gases de efeito estufa serão comparados com uma tonelada do dióxido de carbono e suas equivalências. Outra forma da abordagem quantitativa é a comercialização dos certificados de carbono, pois neles estão quantificados em toneladas aos gases equivalentes ao dióxido de carbono.

Quanto aos objetivos, este estudo pode ser classificado como descritivo-exploratório. *A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade* (Triviños, 1987 como citado por Gehardt & Souza, 2009, p. 35). Na descrição da taxa do Pagador poluidor de Pigou (1920) e do mercado de certificado de carbono esses fenômenos não são quantificados. É exploratória, uma vez que *o estudo exploratório deve ser realizado em áreas em que há pouco conhecimento acumulado e sistematizado* (Collins & Hussey, 2006; Hair Júnior et al.; 2005). Ou ainda, a pesquisa exploratória [...] *tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses [...] por meio de levantamento bibliográfico* (Gil, 2007, como citado por Gehardt & Souza, 2009, p. 35), entre outros.

Este estudo, portanto, quanto aos objetivos, se enquadra na categoria supracitada, pois foi feito com levantamentos bibliográficos em uma área com poucas informações do fenômeno dos certificados de carbono e sua relação com o Princípio do Poluidor Pagador de Pigou (1920).

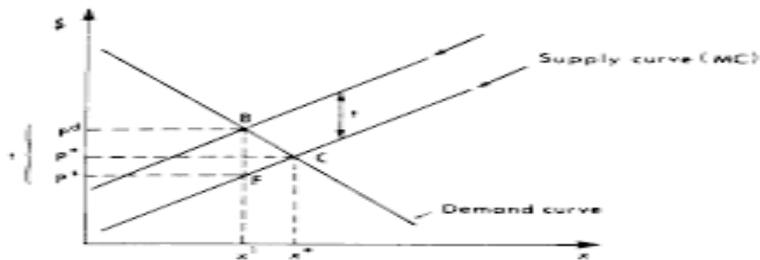
#### **4. Análise de resultados**

Todo o histórico da ação antropogênica do homem no meio ambiente, que levou ao desequilíbrio da estática e dinâmica da Terra, seja pelo excesso de produção de gases de efeito estufa, seja pela produção de gases que destruam o ozônio, conforme vistos no referencial teórico, culminou com o Protocolo de Kyoto (1997). E também trouxe à discussão as propostas dos economistas clássicos a respeito das externalidades negativas provocadas pela ação do homem no clima da Terra, pois estes já vislumbravam um imposto aplicado ao poluidor que, por meio de emissão de certificados de carbonos que equaliza as assimetrias de mercado, ou na falha de mercado ao internalizar no preço do poluidor o custo social imposto à população.

##### **4.1 Proposta de Pigou que antecedeu aos certificados de carbono.**

Pigou propôs um imposto que internalizasse aos custos privados os custos sociais externalizados pelo produtor poluidor, conforme Figura 6.

Figura 6 – Externalidades negativas causadas pelos custos privados *versus* custos sociais.



Fonte: [www.google.com/imagem-da-taxa-de-Pigou](http://www.google.com/imagem-da-taxa-de-Pigou).

Na Figura 6, tem-se uma função demanda de certo produto poluidor. No eixo X, está representada a possibilidade de quantidade produzida; no eixo Y, o preço unitário do produtor para cada nível de produção. O preço privado de equilíbrio está no encontro da reta de demanda (*Demand curve*) com a reta de oferta do produto (*Supply curve*) no ponto C. O preço marginal  $p''$  otimiza o lucro da empresa ao produzir  $x^*$  quantidades. *No entanto, a eficiência econômica exige que se atribua o 'preço' correto aos recursos ambientais* (Cánepa & Pereira, 2001). Todavia, a esse nível de produção há a máxima contaminação do meio ambiente, imputando um custo social à população. Para que o produtor poluidor internalize aos seus custos privados aos custos sociais, este deve ser taxado para forçá-lo a diminuir os danos ao meio ambiente. Com isso, o preço do produto poluidor é deslocado (aumentado) para  $p^d$ , o que desloca a quantidade produzida para  $x'$ . (Nota-se que não há diminuição do lucro do produtor poluidor. Antes da taxação, o lucro da empresa era dado pela área da figura geométrica  $\square p^*Cx'0$ . Ao aumentar o preço para  $p^d$ , há uma diminuição da produção de  $x^*$  para  $x'$ . O lucro agora é dado pela área da figura geométrica  $\square p^dBx'0$ , que é equivalente à área da figura geométrica anterior. Na realidade, o produtor poluidor repassa parte dos custos sociais para os compradores. O triângulo  $\Delta BCF$  é formado pela soma dos triângulos menores (excesso do consumidor e excesso do produtor). Portanto, o ponto B corresponde ao nível ótimo de contaminação do meio ambiente. No triângulo  $\Delta BC \frac{BF}{2}$ , o imposto é absorvido pelo comprador (excesso do consumidor); no triângulo  $C\hat{F} \frac{BF}{2}$ , o imposto é assumido pelo produtor poluidor (excesso do produtor). Ou seja, para unidade adicional de contaminação (custo marginal social) a empresa e o consumidor são taxados pelos danos causados ao meio ambiente e à sociedade. São essas as propostas feitas por Pigou, em 1920, para taxar o produtor poluidor, e que mais tarde foram abraçadas pelo Protocolo de Kyoto (1997) com a criação do certificado de carbono.

## 4.2 Certificado de carbono

4.2.1 O Protocolo de Kyoto (1997) elegeu uma série de gases que, pela ação do homem, aumentavam o potencial do efeito estufa, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Gases de efeito estufa

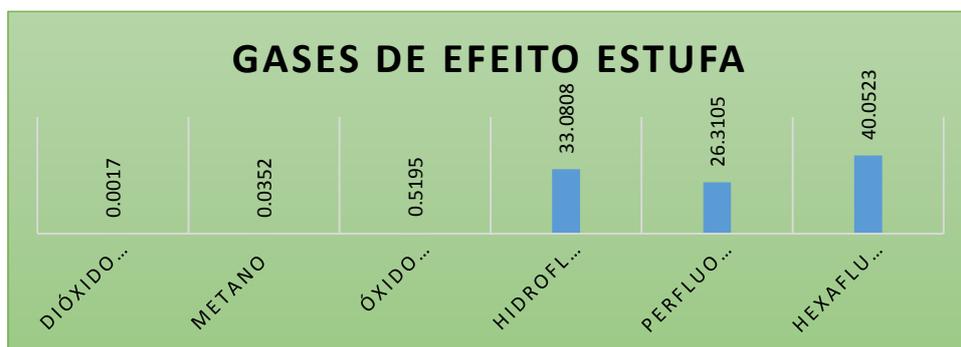
Gás	Potencial de aquecimento
Dióxido de carbono	1
Metano	21
Óxido nitroso	310
Hidrofluorcarbonos	19.740
Perfluorcarbono	15.700
Hexafluoreto de enxofre	23.900

Fonte: adaptado do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

O gás carbônico foi escolhido como padrão de potencial de aquecimento. Uma tonelada de gás carbônico (um metro cúbico) tem o potencial de aquecimento igual 1,0. O gás com maior potencial de aquecimento é o Hexafluoretano de enxofre, que é um gás sintético com alta utilização na indústria elétrica; em segundo lugar, estão os gases da família dos hidrofluorcarbonos usados na indústria de refrigeração e de extintores de incêndio; em terceiro lugar, estão os gases da família dos Perfluorcarno, também com utilização na indústria de refrigeração e de extintores de incêndios. Todos esses gases são denominados halons e são os principais causadores da destruição da camada de ozônio.

Os gases dióxido de carbono, metano e óxido nitroso têm ação direta na estufa da Terra. As Figuras a seguir mostram a relevância desses gases no grupo total da ação antropogênica do homem, tanto na estufa terrestre quanto na camada de ozônio.

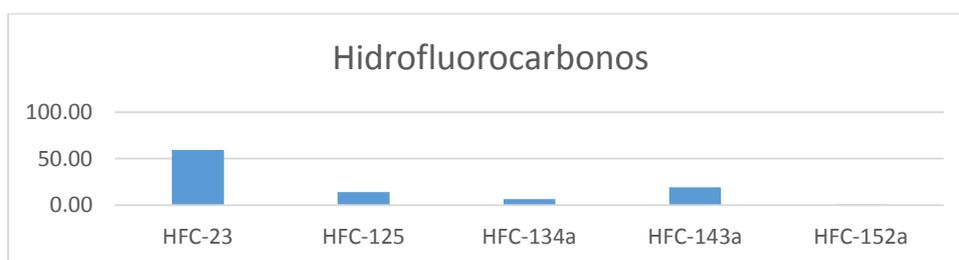
Figura 7 – Gases nomeados pelo Protocolo de Kyoto com aceleradores do efeito estufa



**Fonte:** dados da pesquisa.

Observa-se que as famílias dos gases halons, responsáveis pela destruição da camada de ozônio, correspondem a 99,55% desse conjunto; enquanto que os gases que aumentam o efeito estufam correspondem somente a 0,56%. O gás hexafluoreto de enxofre é sintético e detém o maior poder de aquecimento global. Abrindo o grupo de gases com a segunda maior participação no aquecimento global (Hidrofluorocarnos), tem-se uma melhor visão dos componentes desse grupo de gases.

Figura 8 – Gases de efeito estufa da família dos Hidrofluorcarbonos



**Fonte:** dados da pesquisa.

O maior potencial de aquecimento é o do gás HFC-23, e o menor é o HFC-152a. Todos são utilizados pela indústria de refrigeração.

E, finalmente, o terceiro grupo da família halons está representado na Figura 9:

#### 4.2.2 Normatização de emissão de recibo de gás carbônico.

A questão dos certificados de crédito de carbono foi uma forma encontrada para que os países desenvolvidos cumprissem os acordos internacionais da mudança do clima e, assim, pudessem cumprir as metas estabelecidas. Esses recibos são espécies de compensações entre o excesso de emissão de gases de efeito estufa do produtor poluidor

e as ‘sobras’ que o outro produtor poluidor teria permissão para emitir. Esse processo ocorre em países desenvolvidos (signatários do Protocolo) e em desenvolvimento.

Portanto,

O crédito de carbono é um certificado eletrônico que é emitido quando há diminuição de emissão de gases que provocam o efeito estufa, gerador do aquecimento global. Um crédito de carbono equivale a uma tonelada de dióxido de carbono que deixou de ser emitido para a atmosfera. Aos outros gases reduzidos são emitidos créditos, utilizando-se uma tabela de equivalência entre cada um dos gases e o dióxido de carbono (Menguim, 2012).

Segundo a Comissão de Valores Mobiliários (CVM), as Reduções Certificadas de Emissão (RCE) ou Certificados de Redução de Emissão de gases de efeito estufa não podem ser considerados valores mobiliários (COSIF, 2013). Todavia, para a Comissão de Direito Ambiental da Ordem dos Advogados do Rio de Janeiro (OAB-RJ) se trata, sim, de um certificado com características de valores mobiliários, pois podem ser negociados em bolsa de valores e em leilões iguais a quaisquer outros títulos mobiliários como ações e debêntures. O Banco Central do Brasil os considera um serviço, enquanto para a Bolsa de Valores de São Paulo é, sim, um valor mobiliário, uma vez que se trata de uma *commodity*. Há, portanto, conflito entre os agentes reguladores de mercados de capitais.

Por outro lado, há conflitos quanto à classificação desses papéis no Balanço Patrimonial das empresas emissoras (em princípio, no Brasil, só há emissores desses papéis). Para a Associação Brasileira das Empresas de Mercado de Capitais (ABMEC), trata-se um bem intangível e, de acordo com o Conselho Federal de Contabilidade (CFC), o certificado é um bem intangível. Quanto às RCES serem ou não valores mobiliários, tal questão foi dirimida pela Lei Federal 12.187/2009, que considerou os certificados como valores mobiliários (COSIF, 2013).

No que tange à classificação dos RCES como um intangível, tanto pelo CFC como pela ABMC, os autores deste estudo consideram um equívoco, pois intangível é tudo aquilo que não tem existência física, que não possa ser pesado, medido, tais como o ágio e os *softwares*. No entanto, os gases têm peso, têm medidas que podem ser avaliadas em metros cúbicos, toneladas, entre outros. Portanto, podem ser classificados pelos vendedores como investimentos; outro equívoco é informar que os compradores desses papéis podem amortizá-los (equivalente à depreciação). Ora, se são bens da natureza, devem ser recuperados pelo método de exaustão. Explicando: se a empresa compradora utilizar dez toneladas de gases de efeito estufa equivalentes ao dióxido de carbono por mês, de um total de 100 toneladas, ela não vai amortizar, porque não é um intangível; não foi criado valor adicional para a empresa, mas sim, o direito de recuperar o valor investido nessa *commodity* até exauri-la.

#### **4.2.3 Processo de emissão dos Recibos de Redução Certificada de Emissão dos gases de efeito estufa**

Depois da discussão quanto à natureza comercial e contábil das RCES, será abordado o processo de funcionamento do mercado de carbono.

Os termos utilizados nesse mercado são:

1. **Crédito de Carbono:** *unidade comercial com objetivo monetário que representa uma tonelada de dióxido de carbono equivalente; esse valor pode variar diariamente, pois sua atribuição de valor é dada por vários fatores externos* (Ministério do Meio Ambiente, 2012);

2. **Tonelada de dióxido de carbono equivalente:** *total emitido em gases que causam o efeito estufa multiplicado pelo seu potencial de aquecimento global (MMA, 2012);*
3. **Mercado de Carbono:** *área de troca, regulada pelo Conselho Executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permite a países com altas emissões de carbono comprarem o 'excedente' das cotas de países que produzem menos dióxido de carbono (MM, 2012);*
4. **Redução Certificada de Emissão:** *unidade emitida pelo Conselho Executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para cada tonelada de dióxido de carbono reduzida ou removida do meio ambiente (MMA, 2012);*
5. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo:** *projetos que visam ao crescimento econômico de um país sem causar prejuízos ao meio ambiente (MMA, 2012);*
6. **Cap and trade:** *[...] utilizada para nomear o processo que limita a emissão de gases do efeito estufa. Por meio desse modelo, é criada a estrutura do mercado de carbono, pois faz com que as empresas que são grandes emissoras de gases comprem os créditos excedentes das companhias que emitem menos (MMA, 2012);*
7. **Principal gás do efeito estufa:** dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hexafluoreto de enxofre, famílias de gases hidrofluorcarbonos e famílias dos perfluorcarbonos.

De forma geral, quanto à legislação do mercado de carbono,

A Lei Federal nº 12.187, de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC, estabelece no artigo 9º que: *O Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões – MBRE – será operacionalizado em bolsas de mercadoria e futuros e entidades de balcão organizado autorizadas pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), onde se dará a negociação de títulos mobiliários representativos de emissões de gases de efeito estufa evitadas certificadas (Meneguim, 2012).*

De certa forma, essa Lei tenta pôr fim a critérios inconsistentes entre os agentes fiscalizadores (CVM) e a Bolsa de Valores. Essa regulamentação tornaria o Brasil uma fonte emissora de RCEs para países que tinham indústrias que precisavam cumprir as metas propostas e assumidas perante o Protocolo de Kyoto.

#### **4.2.4 Ambiente de negociação dos RCEs**

Os RCEs são negociados por meio de leilões eletrônicos no ambiente da BM&FBOVESPA. Essa estrutura funciona como um mercado primário de emissão, do qual podem participar os seguintes agentes:

- **Corretoras** associadas à BM&FBOVESPA, que representam seus clientes nesses leilões;
- **Trader** do mercado de RCEs e do mercado de permissão europeu;
- **Organismos multilaterais** de financiamentos;
- **Participantes do mercado de carbono global** credenciados pela BM&FBOVESPA que incluem: Fundos de Carbono e Entidades Governamentais. (MMA, 2012).

### **5. Discussão**

O debate da taxação de produtor poluidor remonta às discussões dos economistas da escola neoclássica, ao ser introduzido o conceito de externalidades negativas provocadas pelo produtor poluidor. Pigou (1920) foi o primeiro a propor uma solução para que o agente causador da poluição fosse taxado, a fim de que o custo de seu produto, além de refletir o custo privado, incorporasse, também, os custos sociais impostos à população. Essa tributação, conforme figura 6, seria repartida entre o produtor poluidor (excesso de produtor) e o consumidor dos produtos (excesso do consumidor). Todavia, poderia se identificar uma fábrica poluidora em certa área de atuação, mas seria difícil reconhecer

uma série de produtores poluidores e quantificar a externalidade de seus custos sociais, pois o ar, a água, os rios, as florestas são consideradas bens inapropriados. Ou seja, não se pode identificar, por exemplo, a poluição provocada no ar, nos rios e nas florestas, quando várias empresas são produtoras poluidoras.

Esse tema voltou à agenda, quando os representantes das nações que assinaram o protocolo de Kyoto se comprometeram a permitir determinada quantidade de emissão de gases de efeito estufa. Para resolver a questão dos bens impróprios, passou-se a medir a quantidade de emissão de gases efeito pela unidade produtora poluidora. Como forma de pagamento dos custos sociais provocados pelas suas atividades, a solução encontrada foi que as empresa com excesso de emissão, além das permitidas, comprassem o excedente de emissão de gases de efeito estufa de outros produtores que não atingiam as suas cotas de poluição permitida. Com tal procedimento, mantinha-se a meta proposta. Inicialmente, os países compradores seriam aqueles do chamado Anexo I do Protocolo de Kyoto (principalmente os países europeus), e os vendedores seriam os países em desenvolvimento, com menos potencial de emitirem gases de efeito estufa.

Desse modo, manteve-se o controle da emissão desses gases sem provocar diminuições das atividades econômicas das empresas poluidoras dos países que assinaram o protocolo de Kyoto, o que poderia provocar outros efeitos, como o desemprego. Outro importante resultado do Protocolo de Kyoto foi incentivar as empresas produtoras poluidoras a investirem em inovação, a fim de procurar novas tecnologias que substituíssem os produtos poluidores e/ou causadores da potencialização dos gases de efeito estufa ou que destruíssem a camada de ozônio da Terra.

Portanto, o objetivo central da comercialização dos certificados de gás carbônico em mercado de bolsas de valores é evitar a assimetria entre os diversos mercados de produtores poluidores, em que os poluidores produtores com ‘sobras’ de permissão para emitir gases de efeito estufa os vendessem aos consumidores produtores poluidores com excedente em suas cotas de emissão desses gases e, com isso, levar ao equilíbrio e manutenção da emissão desses gases, por meio do Princípio do Poluidor pagador preconizado por Pigou.

## **6. Considerações finais**

Este estudo sugere que a mais evidente aplicação do Princípio do Poluidor Pagador de Pigou (1920) foi implantar a comercialização dos certificados de carbonos adotados pelo Protocolo de Kyoto (1987), depois da ECO – RIO – 92.

As ações antropogênicas das atividades humanas podem ser divididas em cinco grupos: (a) energia oriunda, principalmente, da queima de combustíveis, além das emissões fugitivas (que escapam) dos processos das indústrias do petróleo; (b) grupo de processos industriais que não são resultantes da queima de combustíveis, mas em subsectores, além da emissão dos gases da família halons (hidrocarbono, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre); (c) agropecuárias: dejetos de animais, fermentação entérica dos herbívoros (gases metanos); (d) uso do solo: diminuição das matas que são sumidouros do dióxido de carbono; (e) tratamento de resíduos: esgotos domésticos e comerciais (MMA, 2012). Urge a diminuição e/ou controle desses eventos que alteram o clima da Terra por meio da potencialização dos gases de efeito, além da produção de halons que destroem a camada de ozônio.

A fim de mitigar a ação desses gases que aumentam o clima da Terra e/ou destroem a camada de ozônio, um grupo de países se comprometeu a controlar a emissão desses gases, mas, para evitar outros problemas sociais, tais como a provocação de desemprego nas atividades econômicas, foi criado um mecanismo de compensação entre o produtor poluidor, que excede a quantidade permitida para esses gases, e os produtores poluidores que não utilizam toda a permissão dada para a emissão desses gases.

Para tanto, foi criado um mercado transacional de certificados de carbono, negociados em bolsas de valores, por meio de leilões. Esse mecanismo, emissão de certificado de carbonos, já havia sido preconizado por Pigou (1920), quando ainda era incipiente o impacto da ação dos seres humanos na alteração do clima da Terra. A proposta de Pigou, denominado de Princípio do Poluidor Pagador, consistia em acrescentar aos custos privados das empresas os custos sociais imputados à população. Portanto, o mecanismo do Protocolo de Kyoto do comércio de certificados de carbono é uma aplicação do Princípio do Poluidor Pagador. Consequentemente, o comércio dessa *commodity* é regulado entre os excedentes do produtor poluidor e dos déficits do outro produtor poluidor. Sob tal ótica, torna simétrico um mercado que seria assimétrico, se não houvesse esse comércio entre ‘poupadores’ de emissão de gases de efeito estufa e os ‘consumidores’ em excesso desses gases.

Sugere-se para futuros estudos o volume dos certificados de gás carbônico negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuros da Bolsa de Valores de São Paulo.

### **Referências**

Banco Central do Brasil (2009). **Classificação contábil do crédito de carbono**. Recuperado em [www.cosif.com.br/mostra.asp?arquivo=mtvm\\_creditocarbono](http://www.cosif.com.br/mostra.asp?arquivo=mtvm_creditocarbono), em 05/10/2015.

Blanchard, O. (2011). **Macroeconomia. O Mercado de bens**. (5a. ed.). São Paulo: Pearson.

Braga, B. et al. (2005). **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. (2a.ed.). São Paulo: Pearson.

Bolsa de Mercadoria, Futuros da Bolsa de Valores de São Paulo (2009). **Negociação do crédito de carbono e classificação como título de crédito**.

Brasil. Lei Federal nº 12.187/2009. **Classificação do título de crédito de carbono**.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2012). **O funcionamento do mercado de carbono**. Recuperado em 01/10/2015 [www.brasil.gov.br/meio-ambiente](http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente).

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Recuperado em 05/10/2015.

Calijuri, M. C. & Cunha, D. G. (2013). **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologias e Gestão**. Rio de Janeiro: Campus.

Cánepa, E. M. (2010). May, P. H. (org.). **Economia do Meio Ambiente. Economia da Poluição**. Rio: Campus/Sociedade Brasileira de Economia Ecológica.

Cánepa, E. M. & Pereira, J. S. (2001). O Princípio Poluidor Pagador: uma aplicação de tarifas múltiplas à bacia do Rio dos Sinos, RS. **IV Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Belém- PA**, 21 a 24 de novembro de 2001.

Conselho Federal de Contabilidade (2009). **Classificação contábil do crédito de carbono: NBC-T19**.

Comissão de Valores Mobiliários (2009). **Classificação do crédito de carbono negociado na BM&FBOVESPA**.

Curi, D. (org.) (2011). **Gestão Ambiental: Da Revolução Industrial à Copenhague**. São Paulo: Pearson.

Curi, D. (org.) (2011). **Gestão Ambiental: Visão dos Economistas**. São Paulo: Pearson.

Carson, R. (1962). **Silent Spring**. Maryland – USA: Houghton.

Collis, J. & Hussey, R. (2003). **Business Research: A practical Guide for Undergraduate**. London: Lalgrave Macmillan.

ECO – 92 (1992, june). **Unced. United Nations Conference: Rio + 20**.

[www.un.org/geninfo/bp/enviro.html](http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html). Acessado em maio de 2015.

Elkington, J. (1997). **Cannibals With Forks: the Triple Bottom Line of 21<sup>st</sup> Century Business**. Oxford: Capstone Publishing.

- Fonseca, J.J. S. (2002). Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC – Apostila.
- Gil, A. C. (1994). **Métodos e técnicas de pesquisa social**. (4a. ed.) São Paulo: Atlas.
- Krugman, P; Wells, R. & Olney, M. L. (2007). Princípios de Economia. **O Princípio do Poluidor Pagador**. Rio de Janeiro: Campus.
- Macedo, N. D. (1994). Iniciação à pesquisa bibliográfica: **uma guia do estudante para a fundamentação da pesquisa**. São Paulo: Loyola.
- Malthus, T. R. (1798). *An Essay On the Principles of Population*. J.J., London.
- Meneguim, F. B. (2012). **O que é o mercado de carbono e como ele funciona no Brasil**. Recuperado em 30.09.2015 em [www.met.gov.br/index.php/content/view/14799.html](http://www.met.gov.br/index.php/content/view/14799.html).
- Oliveira, M. J. & Vecchia, F. A. (2013). Calijuri, M. C. & Cunha, D. G. (Coord.). Engenharia Ambiental. **Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Campus.
- Miller, Jr., G. T. (2007). **Ciências Ambientais**. São Paulo: Cenagage/Learning.
- Molina, M. J. & Rowland, F. F. (1974). *Stratospheric Sink for Chlorofluorocarbones thames atom-catalysed destruction of ozone*. Nature Journal, nº 249, pp. 810- 812, Californie – USA, 28 of june.
- Pigou, A. C. (1920). *Economics of Welfare*. London: *Macmillan and Co, Limited*.
- Prado Filho, A. G. (2009). Crédito de Carbono. Recuperado de [www.cosif.com.br/mostra.asp?arquivo=mtvm\\_creditocarbono](http://www.cosif.com.br/mostra.asp?arquivo=mtvm_creditocarbono), em 02/10/2015.
- Rima, I. H. (1972). História do Pensamento Econômico. **O Desafio ao Neoclassicismo: Riqueza e Bem-Estar de Pigou**. São Paulo: Atlas.
- Silva, L. F. & Macedo, A. H. (2012). Um estudo Exploratório sobre o Crédito de Carbono como forma de Investimento. **Rev. Elet. Em Gestão, Educação e Tecnoplogia Ambiental**. V (8), nº 8, pp. 1651 -1669, set –dez.
- Silveira, D. T. & Córdova, F. P. (2009). Gehardt, T. E. & Silveira, D. T. (org.). **A pesquisa Científica**. Porto Alegre: UFRS/Editora.
- Triviños, A. N. S. (1987). Introdução à pesquisa em ciências sociais: **a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas.
- Sidgwich, H. (1833). *The Principle of Political Economy*. London: Cambridge.
- Sousa, F. S. & Vivan, A. (2014). Retorno Exuberante do ISE em relação ao CAPM. **XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. - ENGEMA** São Paulo –SP, 02 e 03 de dezembro.
- Sousa, F. S. & Zucco, A. (2015). Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) e Geração de Valor para os Investidores (artigo aprovado). **XVIII SemeAd. Seminário em Administração. FEA-USP, São Paulo**, em 04, 05 e 06 de novembro.
- Sousa, F. S. et al. (2014). Análise do Índice de Sustentabilidade Empresarial – ISE: um estudo exploratório. Connexio. **Revista Científica da Escola de Gestão e Negócio. Universidade Potiguar**. RN.
- Spiro, T. G. & Stigliani, W. (2009). **Química Ambiental: Atmosfera e Biosfera**. (2a. ed.) São Paulo: Pearson.