

**Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa  
Stricto Sensu em Economia**

**ANÁLISE DE PAINEL - EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>, SEGUNDO A  
INTENSIDADE ENERGÉTICA, CRESCIMENTO  
POPULACIONAL E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE 202  
PAÍSES**

**Autora: Elenice dos Santos Costa  
Orientador: Prof. Dr. Tito Belchior da Silva Moreira**

**Brasília - DF  
2012**

**ELENICE DOS SANTOS COSTA**

**ANÁLISE DE PAINEL - EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>, SEGUNDO A INTENSIDADE  
ENERGÉTICA, CRESCIMENTO POPULACIONAL E DESENVOLVIMENTO  
ECONÔMICO DE 202 PAÍSES.**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação  
*Stricto Sensu* em Economia da Universidade  
Católica de Brasília, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Doutor em Economia em 01  
de junho de 2012

Orientador: Prof. Dr. Tito Belchior da Silva Moreira

Brasília  
2012

C837a Costa, Elenice dos Santos.

Análise de painel – emissões de CO<sub>2</sub>, segundo a intensidade energética, crescimento populacional e desenvolvimento econômico de 202 países. / Elenice dos Santos Costa – 2012.

61f. ; il.: 30 cm

Tese (doutorado) – Universidade Católica de Brasília, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Tito Belchior da Silva Moreira



**Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa**  
**Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Economia**  
**Doutorado em Economia**

**TÍTULO:**

Tese de autoria de Elenice dos Santos Costa, intitulado, ANÁLISE DE PAINEL - EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>, SEGUNDO A INTENSIDADE ENERGÉTICA, CRESCIMENTO POPULACIONAL E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE 202 PAÍSES, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de doutor no Curso de Economia da Universidade Católica de Brasília, em 01 de junho de 2012, deferido e aprovado pela banca examinadora abaixo assinada.

---

Prof. Dr. Tito Belchior Silva Moreira  
Orientador - UCB

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Amorim Loureiro  
Co-orientador - Examinador Externo – UnB

---

Dr. Jaimilton Vogado de Carvalho  
Examinador Externo

---

Prof. Dr. Rogério Boueri Miranda  
Examinador Interno - UCB

---

Prof. Dr. Adolfo Sachsida  
Examinador Interno – UCB

Dedico esta Tese ao meu companheiro Antônio pela paciência e incentivo, à minha filha Maria Vitória e aos meus pais Antero e Nali.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Tito Belchior Silva Moreira, deixo meu eterno agradecimento por toda ajuda, ensinamentos, incentivos e paciência durante todo período de trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Amorim Loureiro pela co-orientação significativa em estatística e pelas sugestões que foram decisivas para conclusão da dissertação.

Aos Profs. Drs. Adolfo Sachsida; Rogério Baueri Miranda e Jaimilton Vogado de Carvalho por participarem da Banca Examinadora.

Aos demais professores do Curso de Doutorado em Economia da Universidade Católica de Brasília.

Aos meus familiares, amigos, colegas pela compreensão nos momentos de ausência, que mesmo à distância tiveram um papel importante nesta etapa, sempre torcendo pelo meu sucesso.

Aos meus colegas de mestrado e em seguida no doutorado, por estarem sempre juntos nos momentos de dificuldades acadêmicas.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram na concretização deste trabalho.

**Muito obrigada!**

Valorar significa atribuir valor monetário a algo ou alguma coisa.  
Valorizar é atribuir um grau de importância a um fato, a algo ou a alguém.

## RESUMO

Referência: COSTA, Elenice.

TÍTULO: Análise de Painel – Emissões de CO<sub>2</sub>, segundo a Intensidade Energética, Crescimento Populacional e Desenvolvimento Econômico de 202 Países. 2012. Doutorado em Economia. **Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2012.**

O trabalho examina o impacto de variáveis associadas ao nível de atividade econômica e ao crescimento populacional sobre as emissões de CO<sub>2</sub> e pm10. Foi utilizado o método de Análise de Painel não balanceado, com dados do Relatório do “*World Development Indicators (WDI)*”, de uma amostra de 4.242 dados de 202 países, no período de 1988 a 2008. A construção de um modelo econométrico serviu de apoio para uma análise multicritério. Na abordagem empírica utiliza-se a equação de Kaya (*Identidade Kaya*) para analisar os fatores determinantes das emissões de dióxido de carbono (*CO<sub>2</sub> kt*) e da intensidade energética (*pm10*). A equação proposta analisa os impactos do crescimento populacional (*popgrw*), renda per-capita (*gdppc*), consumo global de energia (*fossilfuel*) e uso de energia por unidade da renda (*CO<sub>2</sub> int*) sobre a poluição global (medido pelas emissões de carbono por unidade de energia consumida) e da intensidade energética (*pm10*). Os resultados mostram que todas as variáveis independentes *popgr*, *gdppc*, *fossilfuel* e *CO<sub>2</sub> int* mantêm relações positivas e estatisticamente significantes com as duas variáveis dependentes, *CO<sub>2</sub> kt* e *pm10*.

**Palavras Chave:** Emissão CO<sub>2</sub>; Análise Painel; Modelo Econométrico; IPCC;



**Abstract: Panel Analysis - CO<sub>2</sub> emissions, energetic intensity, population growth, and economic development of 202 countries**

This study examines the impact of variables associated to the level of economic activity and population growth on the CO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> emissions. It was used the Panel Analysis method by using a 4.242 data sample of 202 countries, from 1988 to 2008, obtained from the World Development Indicators (WDI) Report. Construction of an econometric model was used to support a multicriteria analysis. In an empirical approach it was used the equation of Kaya (Kaya Identity) to analyze the determinants of emissions of carbon dioxide (kt CO<sub>2</sub>) and energy intensity (PM<sub>10</sub>). This equation analyzes the impacts of population growth (popgrw), per capita income (gdppc), global energy consumption (fossilfuel) and energy use per unit of income (CO<sub>2</sub> int) on the global pollution (measured by carbon emissions by unit of energy consumed) and energy intensity (PM<sub>10</sub>). Results have showed that all the independent variables popgrw, gdppc, fossilfuel and CO<sub>2</sub> int keep positive and statistically significant relationships with the two dependent variables, kt CO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>.

**Key Words:** CO<sub>2</sub> emissions; Panel Data; Econometric Model; IPCC.

## Sumário

1.0– INTRODUÇÃO .....	11
1.1 -Motivação .....	13
1.2 – Objetivo do Trabalho .....	13
2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. - Curva de Kuznets Ambiental .....	15
2.2 - Identidade de Kaya.....	18
3.0 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
3.1 - Metodologia para Construção do Modelo Econométrica .....	22
3.2 - Modelos com Efeitos Fixos .....	25
3.3 - Modelos com Efeitos Aleatórios.....	26
4.0 –ESTUDO DE CASO.....	29
5.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
6.0 - CONCLUSÃO .....	48
7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
7.1. – Sites Consultados.....	51
ANEXO 1 .....	55

## **1.0- INTRODUÇÃO**

A emissão dos gases poluentes na atmosfera tem sido atribuída a vários fatores, dentre eles o aumento dos aglomerados urbanos e da densidade demográfica e, em consequência, o aumento das necessidades de locomoção e consumo, tendo a queima de combustíveis fósseis e os incêndios florestais suas maiores fontes. Por outro lado as práticas agrícolas também contribuem consideravelmente para incrementar as emissões de óxidos de carbono e nitrogênio.

Os países em desenvolvimento, em que a produção agrícola e a modificação da cobertura vegetal nativa são intensas, representam uma parte elevada das emissões como resultante destas atividades.

O dióxido de carbono por apresentar características de regulador de temperatura é considerado o gás de efeito estufa padrão, de forma que todos os outros gases têm seus potenciais de aquecimento global expressos em equivalência de CO<sub>2</sub>. Por este motivo, a hipótese a ser testada no presente trabalho parte do pressuposto de que existem fortes relações entre emissões de CO<sub>2</sub> e as características socioeconômicas de cada país, representadas pela renda *per – capita*, intensidade energética, crescimento populacional e PIB.

Um marco importante na discussão das questões ambientais relativas à emissão de gases-estufa foi à criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change*, IPCC (1992, 1995 e 2007), na sigla em inglês) - um órgão composto por delegações de 130 governos para prover avaliações regulares sobre a mudança climática. Nasceu em 1988, da percepção de que a ação humana poderia estar exercendo uma forte influência sobre o clima do planeta e que é necessário acompanhar esse processo.

A criação do IPCC teve grande repercussão mundial, pois no ano de sua criação, pela primeira vez, cientistas mostraram-se convictos de que as mudanças climáticas se devem à ação humana, sobretudo por meio da emissão de gases como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), que causam o efeito estufa.

A preocupação com os padrões atuais de produção e consumo com consequente emissão de gases poluentes, causadores do efeito estufa e das chuvas ácidas, diante da expansão econômica e do próprio modelo de desenvolvimento que caracterizava o período após as primeiras guerras, desenvolveu a partir da 1ª Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente Humano em 1972, em Estocolmo.

Vinte anos mais tarde (1992) ocorreu a chamada Rio-92 ou Eco-92, onde dentre outros assuntos foi tratado também a convenção de mudanças climáticas. Esta última, assinada por 192 países, procura disciplinar as iniciativas para conter o fenômeno das mudanças climáticas, isto é, limitar a poluição atmosférica e em consequência conter a expansão do efeito estufa e a destruição da camada de ozônio. Essa convenção foi ratificada pelo Brasil, pelo Decreto Legislativo no 2.652, de 1o de julho de 1998.

Em 2007, foi realizada em Bali, Indonésia, a 13<sup>a</sup> Conferência das Partes (COP 13) da Convenção da Organização das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas surgindo a proposta de um acordo global a ser apresentado e assinado em 2009 durante a COP 15 em Copenhague na Dinamarca.

A partir de 1997 com o Protocolo de Kyoto, que só entrou em vigor em 2005, começaram a ser executadas ações visando à redução na emissão de gases poluentes. Neste contexto, os países integrantes do chamado I (países desenvolvidos e do Leste Europeu) deveriam fixar metas (em média 5,2%) de redução de suas emissões no período 2008-2012, tomando como base o nível de emissões de 1990, por ser os mais industrializados, os mais ricos e os maiores poluidores do ar.

O exame da relação entre a renda nacional e a qualidade ambiental tem se tornado de grande interesse de economistas e fazedores de política (*policy makers*) e do público em geral. Este interesse é expresso não somente em escala nacional, mas também no crescimento de conflitos entre as preocupações com o ambiente global e a política de desenvolvimento global, como visto em muitos encontros internacionais sobre o assunto.

Com base nestas discussões entendemos que a compreensão dos problemas ambientais, pertinentes à emissão de gases-estufa é uma questão interdisciplinar que inclui o componente socioeconômico, levando também em conta critérios culturais e determinações específicas das políticas públicas, o que também é objeto do presente trabalho.

O trabalho parte do pressuposto de que existem fortes relações entre emissões de gases poluentes, particularmente CO<sub>2</sub>, com o crescimento populacional, renda *per-capita*, Produto Interno Bruto (PIB) e intensidade energética de um País.

Para a comprovação desta hipótese foi utilizada a metodologia de análise de painel e formulado e validado um modelo econométrico para uma análise multicritério que permita criar cenários para estimar a relação entre emissão de poluentes do ar local e global, particularmente CO<sub>2</sub>, com o crescimento populacional, renda *per-capita*, Produto Interno Bruto (PIB) e intensidade energética de um País.

## 1.1 -Motivação

A realização do presente trabalho foi motivada inicialmente pelo fato de que as discussões sobre as emissões de gases poluentes como o CO<sub>2</sub> têm sido tratada dentro de um enfoque mais técnico, havendo uma maior preocupação com as fontes emissoras e as consequências em relação às mudanças climáticas globais, sem relacionar as emissões com parâmetros socioeconômicos.

A revisão bibliográfica mostrou que embora existam trabalhos com o enfoque socioeconômico, estes continuam ainda incipientes, pois trabalham com poucos países e poucas variáveis e não conduzem a discussão dentro da visão holística envolvendo também aspectos políticos nas premissas do desenvolvimento sustentável.

Assim sendo, o presente trabalho buscou de forma inédita trabalhar as emissões de CO<sub>2</sub>, com os dados de 202 países, enfocando aspectos da intensidade energética, crescimento populacional e desenvolvimento econômico em países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Outra motivação foi a procura de um método que fosse mais adequado para este tipo de estudo e que permitisse o uso de mais observações, aumentando o número de graus de liberdade e capazes de identificar e mensurar efeitos que não são possíveis de serem detectados por meio de análise de dados em corte transversal ou de séries temporárias isoladamente. Neste contexto, verificou-se que o método de Análise de Painel e o modelo econométrico são ferramentas bastante adequadas para este tipo de estudo.

Por outro lado, na elaboração da proposta do Projeto de Tese verificou-se que havia disponibilidade de dados em fontes oficiais como o Banco Mundial com um vasto número de informações de variáveis e países de interesse para este tipo de estudo.

## 1.2 - Objetivo do Trabalho

### 1.2.1. - Objetivo Geral

Examinar as emissões de CO<sub>2</sub> segundo o desenvolvimento econômico, considerando-se crescimento populacional, renda *per-capita*, consumo global de energia e intensidade energética em 202 países no período de 1988 a 2008.

### 1.2.2. - Objetivos Específicos

- Por meio da análise de painel discutir e avaliar 6 variáveis em 202 países, por meio de dados oficiais gerados pelo Banco Mundial, visando relacionar as emissões de CO<sub>2</sub> com o crescimento populacional, renda *per-capita*, Consumo global de energia e intensidade energética.

- Realizar uma análise descritiva entre dados de emissão de CO<sub>2</sub> em 7 (sete) países de economias diferentes, buscando relacionar as variáveis contempladas dentro da pesquisa dentro do enfoque econômico, social, político e ambiental.

Para atingir os objetivos propostos o trabalho foi organizado em 07 (sete) capítulos como se segue.

O Capítulo 1 busca introduzir, de forma concisa, os problemas gerados pelo aumento nas emissões de dióxido de carbono contextualizando o modelo de crescimento econômico e as conseqüências ao meio ambiente, e explicitar os objetivos deste trabalho.

O Capítulo 2 objetiva apresentar os métodos utilizados, na literatura para questões que relacionam o meio ambiente e crescimento econômico. Dessa forma o capítulo foi dividido em três seções. A primeira seção é introdutória e busca mostrar e estabelecer comparações entre alguns métodos utilizados na literatura de meio ambiente e crescimento econômico. As segunda e terceira seções aprofundam os estudos dos modelos pertinentes ao tema.

O Capítulo 3 tem como objetivos apresentar a metodologia de integração do modelo e descrever a base de dados utilizada com o intuito de gerar informações que facilitem a interpretação dos resultados.

O Capítulo 4 objetiva gerar informações que facilitem a compreensão dos resultados, para tanto, serão priorizadas para o estudo de caso os dados fornecidos pelo Banco Mundial referentes às Emissões de CO<sub>2</sub>; Intensidade Energética; Crescimento Populacional; Densidade populacional e Produto Interno Bruto (PIB). Este capítulo apresenta também uma análise descritiva e comparativa entre estes dados da África do Sul (África), Alemanha (Europa); Austrália (Austrália); Brasil, (América do Sul); Estados Unidos (América do Norte) China e Japão (Ásia), dentro do enfoque das questões econômicas e sociais.

O Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos utilizando a metodologia proposta no capítulo 03 fazendo uma discussão detalhada de cada fase do trabalho.

O Capítulo 6 descreve a conclusão do trabalho, sugerindo os modelos mais indicados a serem utilizados para simulação de emissão de gases poluentes.

O Capítulo 7 apresenta a referência bibliográfica.

## **2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A pesquisa consistiu da consulta a livros, trabalho científicos, dissertações e teses sobre o assunto e texto, além da participação em seminários. Para as análises estatísticas foram procurados especialistas com profundo conhecimento em Análise de Painéis, construção e aplicação de modelos econométricos, análise de correlação e de testes como os de Hausman e de Breusch-Pagan, os quais muito contribuíram para a organização dos resultados e discussão.

De acordo com GUTIERREZ e MENDONÇA (2000), somente será possível manter as taxas de crescimento populacional e do PIB associadas a uma diminuição das emissões dos gases, se houver uma redução na intensidade energética e na intensidade de dióxido de carbono nas atividades econômicas. De fato, quanto maior o crescimento da produção, da renda *per capita* e do consumo de energia, maiores serão os impactos sobre o meio ambiente (CROPPER, M. and GRIFFITHS G, 1994). Como exemplo desta situação, CUNHA (2008) mostrou que no período de 1980 a 2004, o PIB do Brasil foi de R\$ 10.887,00 e a emissão de CO<sub>2</sub> foi de 206 milhões de toneladas métricas e previu que, no ano de 2010, o PIB do Brasil seria de R\$ 12.370,00 e a emissão de CO<sub>2</sub> de 240 milhões de toneladas métricas.

Uma das ferramentas, encontradas na literatura, mais usadas no estudo das relações entre o meio ambiente e a renda é chamada de curva de Kuznets Ambiental (EKC) e na abordagem empírica utiliza-se para analisar os fatores determinantes das emissões de dióxido de carbono a Identidade de Kaya, as quais são discutidas a seguir.

### **2.1. - Curva de Kuznets Ambiental**

As questões ambientais ganharam destaque no rol das preocupações sociais e econômicas, nos últimos anos. Até 1970 havia a crença de que a maioria dos problemas ambientais deriva do processo de crescimento econômico (FONSECA e RIBEIRO, 2005). Entretanto, GROSSMAN and KRUEGER (1991, 1995) ressaltaram que esta crença desconsiderava os avanços na tecnologia, na educação e na política advindos do próprio processo de crescimento econômico. Estas relações entre o meio ambiente e a renda são conhecidas como curva de Kuznets Ambiental (EKC). A EKC é baseada no estudo de KUZNETS (1955), onde foi proposta, pela primeira vez, uma relação invertida (U) entre a renda e as desigualdades econômicas.

A curva de Kuznets passou a ser referência para explicar a relação de como a poluição ambiental em suas várias formas evolui em razão do crescimento econômico. Por isto, muitos

estudos vêm sendo conduzido utilizando a chamada Curva Ambiental de Kuznets que hipotetiza uma curva em forma de U invertido quando indicadores de poluição é plotado contra a renda *per capita*.

A figura---- mostra a curva proposta por Kuznets – Pressão Ambiental x Renda per - capita.

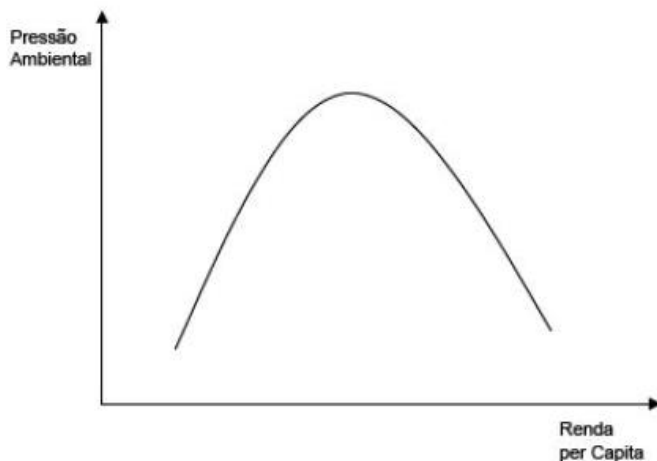


Figura 01 – Curva de Kuznets Pressão Ambiental x Renda Per - Capita  
Fonte: Grossman e Krueger (1995).

O formato da curva é explicado através de dois argumentos. A porção ascendente reflete o progresso natural do desenvolvimento econômico, passando-se de uma economia agrária “limpa” para uma economia industrial “poluída” e para uma economia de serviços “limpos” (ARROW *et al*, 1995). Enquanto a porção descendente seria o mecanismo das economias desenvolvidas exportarem processos de produção intensivos em poluição para economias menos desenvolvidas. Assim, a EKC tornou-se comum para testar as relações em que o crescimento econômico e o meio ambiente, mensuram a degradação da atividade econômica.

Diversas formas funcionais e econométricas procuram corroborar a hipótese da EKC. Entretanto, diversos trabalhos criticam a hipótese da EKC, entre os quais Stern *et al.* (1996), Arrow *et al.* (1996), Bruyn e Heintz (2000), Ekins (2000). O trabalho original de Grossman e Krueger (1991, 1995) é criticado por Harbaugh *et al.* (2001).

Na literatura da EKC têm surgido curvas que associam desmatamento e renda (Cropper e Griffiths, 1994), biodiversidade, sustentabilidade, com níveis de renda (Shubert e Dietz, 2001). Nestes estudos empíricos da EKC são utilizadas como variável dependente,



níveis de SO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, nível de desmatamento, e outras variáveis, dependendo dos objetivos e perguntas a serem respondidas por cada pesquisador.

A equação básica utilizada para verificação empírica da hipótese original de Kuznets, depois modificada para se testar a curva ambiental de Kuznets, é especificada na forma cúbica a seguir:

$$GINI_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIBC_{it} + \beta_2 PIBC_{it}^2 + \beta_3 PIBC_{it}^3 + DR_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde, *GINI* = coeficiente de Gini; *PIBC* = PIB *per capita* expresso na paridade do poder de compra; *DR* = *dummy* regional, assumindo o valor “0” para os países da África-Subsahara e valor “1” para os demais; *i* e *t* referem-se ao país e o tempo, respectivamente.

Formulações teóricas mostraram que a curva ambiental de Kuznets pode ser derivada simplesmente da característica tecnológica do esforço gasto para se diminuir a poluição. Assim, se a tecnologia de produção para diminuir a poluição exibir retornos crescentes de escala, essa seria uma condição suficiente para que se pudesse apresentar uma relação entre crescimento e poluição na forma de um “U” invertido.

O desenvolvimento tecnológico implica tanto em aumento de produtividade, como também adoção mais intensa de tecnologias cada vez mais “limpas”, estas em decorrência da imposição de leis ambientais e exigências do mercado externo.

Em termos mais gerais, podemos inferir que as economias evoluem de uma fase essencialmente agrícola para uma fase de industrialização e modernização da agricultura, haveria uma correlação positiva com o aumento da emissão de poluentes. Entretanto, outros fatores são apontados como amortecedores ou compensadores desse processo, tal que a partir de certo ponto observa-se uma inflexão para baixo dessa relação. esses fatores seriam:

- i) elasticidade-renda positiva para qualidade ambiental;
- ii) mudanças na composição da produção e consumo;
- iii) aumento do nível educacional e consciência ambiental; e
- iv) sistemas políticos mais abertos.

Anterior a estimativa da equação da curva EKC deverá ser feita uma análise de estacionaridade das séries temporais, para não incorrer em uma regressão espúria, o que pode invalidar os resultados estimados.

## 2.2 - Identidade de Kaya

Outra forma de abordagem empírica utiliza-se para analisar os fatores determinantes das emissões de dióxido de carbono ( $CO_2 kt$ ) e da intensidade energética ( $pm10$ ) é conhecida como equação de Kaya (*Identidade Kaya*). A equação analisa os impactos do crescimento populacional ( $popgrw$ ), renda per-capita ( $gdppc$ ), consumo global de energia ( $fossilfuel$ ) e uso de energia por unidade da renda ( $CO_2 int$ ) sobre a poluição global (medido pelas emissões de carbono por unidade de energia consumida) e da intensidade energética ( $pm10$ ).

A Identidade de Kaya relaciona o impacto ambiental decorrente da actividade da população, do crescimento econômico e da tecnologia. Este conceito pode ser visto do ponto de vista das emissões de  $CO_2$  e da procura de energia.

As emissões de  $CO_2 = CO_2$

População = POP

PIB per capita = GDP / POP

Intensidade Energética = EI = E / GDP

Intensidade de carbono = CI = EM / E

Procura de energia = E

Equação genérica para as emissões de  $CO_2$  :

$$CO_2 = POP * (GDP / POP) * EI * CI \quad (2)$$

Equação genérica para a procura de energia:

$$E = POP * (GDP / POP) * (E / GDP) \quad (3)$$

Segundo SANTIN, e ALVIN, (2008) , o cálculo de emissões através da Identidade Kaya é a utilização do coeficiente de intensidade de dióxido de carbono, I  $CO_2$ , que abrange apenas as liberações derivadas de energias fósseis. Entretanto essa limitação é contornada, quando se aplica a metodologia aos países desenvolvidos, haja vista que a quase-totalidade de suas emissões se origina das transformações energéticas de combustíveis fósseis. Já nos países em desenvolvimento, em que a produção agrícola e a modificação da cobertura vegetal nativa são intensas, uma parte relativamente elevada das emissões é resultante dessas atividades. Nesses casos, a utilização da Identidade Kaya para estimar as emissões totais não se aplica.

Essa metodologia é considerada pelo Intergovernmental Panel on Climate Change para estimar cenários de emissões cuja vantagem se refere à decomposição das emissões em quatro

forças, o que simplifica a comparação e a análise de diversos cenários de emissões (IPCC, 1992).

STERN (2006), através da utilização da Identidade Kaya aplicada a um conjunto de países, concluiu que, no período 1992-02, houve reduções na intensidade energética e na intensidade de CO<sub>2</sub> fatores que se refletem no retardamento das emissões globais, mas as emissões totais sofreram aumento, devido aos crescimentos econômico e populacional.

ALBRECHT, FRANÇOIS e SCHOORS (2001) afirmam que, para períodos muito longos, a estimativa de CO<sub>2</sub> emitido por um país gera resíduos significativos, podendo inviabilizar as políticas climáticas que se baseiam em seus resultados.

SANTIN (2008), apud Gutierrez e Mendonça (2000) utilizaram a Identidade Kaya para simular cenários em que consideram a emissão de CO<sub>2</sub>, o consumo de energia e algumas variáveis macroeconômicas para o Brasil, em uma tentativa de avaliar o impacto da produção e do consumo energético na sustentabilidade climática. De acordo com esse estudo, houve uma contínua elevação da intensidade energética no período 1970- -90, e uma possível causa desse aumento está relacionada à mudança estrutural na indústria e à substituição das fontes energéticas. A perda de competitividade de setores nacionais menos intensivos no uso da energia estaria forçando uma realocação menos favorável. Entretanto, visto que a taxa de crescimento populacional tem mostrado desaceleração, pode ocorrer que um aumento da intensidade energética seja compensado pela desaceleração da renda *per capita* e da população, fazendo com que haja diminuição da quantidade emitida de CO<sub>2</sub>.

Dada a possibilidade de que a relação entre emissões de dióxido de carbono e o nível de renda seja endógena, para lidar com esse problema, utilizou-se métodos de variáveis instrumentais através da regressão em dois estágios (MQ2E), aproveitando a disponibilidade de dados de painel. O *método de variáveis de Instrumentais de dois estágios* tem sido utilizado para a estimação dos parâmetros tanto em modelos lineares, como em modelos não lineares para averiguar a presença de endogeneidade, variáveis omitidas e erros de mensuração.

Os Modelos de Equações Simultâneas representam situações onde duas ou mais variáveis são determinadas juntamente por um sistema de equações. Assim, essa simultaneidade pode acarretar violação das hipóteses básicas do modelo clássico tornando o estimador inconsistente, uma vez que as variáveis endógenas tornam-se relacionadas com o termo de erro.

### **3.0 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A metodologia utilizada buscou atingir os objetivos gerais e específicos e foi desenvolvida em fases interrelacionadas. Por se tratar da análise de um número bastante elevado de dados, foi necessário o uso de *softwares* robustos capazes de correlacionar parâmetros sociais e econômicos em diferentes países com as questões pertinentes à emissão de gases.

Em meio a esta discussão, cabe-nos perguntar como tratar o tema deste trabalho de maneira pragmática e encontrar resultados que possam ser quantificados de forma a poder tratar juntos a emissão dos gases estufas com parâmetros socioeconômicos. A resposta está no fato de que é possível “empacotar” (codificar) os princípios da dinâmica de sistemas como tecnologia de modelagem matemática (BRIDGELAND, 1998) de modo a buscar integrar as abordagens dedicadas ao ambiente urbano com as formuladas para o ambiente natural, no contexto da emissão de gases e suas relações com fatores socioeconômicos de um país.

Foram feitas as coletas de 4.242 dados de 6 variáveis investigadas em 202 países durante 21 anos, partir de informações obtidas do Relatório do *World Development Indicators (WDI)*. No WDI algumas variáveis podem ser consideradas de grande importância nas emissões de poluentes atmosféricos em todo o mundo independente de suas características, dentre elas destacam-se: a tecnologia; a democracia, as políticas ambientais, a renda per capita, a educação e a produção de energia. Neste capítulo foram tratados a emissão de dióxido de carbono e os parâmetros socioeconômicos: crescimento populacional; renda *per-capita*; Produto Interno Bruto (PIB) e intensidade energética.

As variáveis do modelo econométrico foram tratadas estatisticamente, utilizando a Análise Multicritério.

Os parâmetros investigados, utilizando a nomenclatura internacional, foram :

- *CO<sub>2</sub> emissions (metric tons per capita);*
- *PM10, country level (micrograms per cubic meter);*
- *Fossil fuel energy consumption (% of total);*
- *GDP per capita (constant 2000 US\$);*
- *Population growth (popgrw);*
- *CO<sub>2</sub> intensity (CO<sub>2</sub> int).*

Tendo em vista o foco central do trabalho, a metodologia proposta teve por objetivo analisar a emissão de dióxido de carbono em países com características distintas e considerar cenários alternativos, de acordo com a classificação divulgada pela ONU.

Após “alimentar e estimar” os modelos propostos na metodologia, os resultados foram discutidos com base nos dados obtidos sobre as emissões de dióxido de carbono, por meio da construção de um modelo econométrico, que serviu de apoio para uma análise multicritérios, com vistas às variáveis dependentes e suas interrelações dando suporte ao processo de decisão (desenvolvimento dos modelos com efeitos fixos e aleatórios); aplicação do teste de especificação de Hausman e do teste Breusch-Pagan.

O método utilizado para atingir os objetivos propostos foi a Análise de Painel. Dentre as técnicas estatísticas de destaque na literatura mundial está inserida a metodologia de análise de painel, que se constitui da observação de  $n$  entidades por mais de dois períodos de tempo, combinados a características de séries temporais, com dados em cortes transversal amplamente utilizado em estudos econométricos e nas ciências sociais aplicadas.

Dados em painel, ou *panel data*, são informações de unidades, indivíduos, empresas, parâmetros, etc., que podem ser acompanhadas ao longo do tempo. Os métodos de análise também podem ser aplicados, com as devidas considerações, a diferentes séries de dados observados em duas dimensões, por exemplo, observar a variação da emissão de CO<sub>2</sub> em diferentes países, em um intervalo de tempo determinado. Assim, espera-se que este modelo de interrelação, baseado em dados fornecidos pelo Banco Mundial entre 1988 a 2008, como o aqui proposto, seja mais eficaz que o modelo tradicionalmente desenvolvido.

Uma das vantagens da estimação com dados em painel é que a modelagem utilizando esta metodologia implica em maior quantidade de informações e, conseqüentemente, maior eficiência na estimação. Então, a amostra contém uma análise longitudinal de cada situação, permitindo avaliar não só a diversidade dos comportamentos individuais, mas também a existência de suas dinâmicas.

Segundo HSIAO (1986), outra vantagem do método é o fato de que os dados em painel por permitirem o uso de mais observações, aumentam o número de graus de liberdade e são capazes de identificar e mensurar efeitos que não são possíveis de serem detectados por meio de análise de dados em corte transversal ou de séries temporárias isoladamente.

Apesar das vantagens, a análise de painel tem algumas limitações. Segundo HSIAO (1986), como as variáveis são analisadas no tempo, os dados em painel exigem uma grande de número de informações às vezes não disponíveis, o que dificulta a sua implementação. Esta situação, entretanto, foi contornada neste trabalho, tendo em vista o grande número de informações obtidas do Relatório do *World Development Indicators (WDI)*, ou seja, 4.242 dados, em 202 unidades de cortes (países), durante 21 anos, conforme especificado no item seguinte “Coleta de dados”.

Para se atingir os objetivos propostos e construção do Painel foram seguidos os passos:

- Coleta de informações a respeito de Análise de Painel;
- Realização de pesquisa bibliográfica para obtenção de informações que subsidiaram o planejamento da metodologia;
- Coleta de dados para desenvolvimento do trabalho.

As informações sobre as variáveis investigadas foram obtidas do banco de dados do Relatório do “*World Development Indicators (WDI) Focuses on Progress Toward the Millennium Development Goals and the Challenges of Meeting Them*”, lançado pelo Banco Mundial, em 2010, principal base de dados para esta pesquisa.

O banco de dados do WDI, juntamente com a iniciativa do Banco Mundial Open Data, fornece dados a todos os usuários, incluindo mais de 900 indicadores que documentam o estado de todas as economias do mundo. O WDI abrange muitas variáveis. Algumas destas variáveis podem ser consideradas de grande importância nas emissões de poluentes atmosféricos em todo o mundo, dentre elas destacam-se: a renda *per capita*, o crescimento populacional, o consumo global de energia, o uso de energia por unidade da renda e a produção de energia, que são tópicos investigados no presente trabalho.

Utilizando um painel de análise de dados para o período 1988-2008, formulado a partir de dados oficiais disponibilizados pelo Banco Mundial, o modelo estimou a relação entre fatores sócio-políticos e econômicos com as emissões de CO<sub>2</sub> em países ricos e em desenvolvimento, entre eles o Brasil, e os países mais pobres do mundo.

### 3.1 - Metodologia para Construção do Modelo Econométrica

As variáveis dependentes são:

- As emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* (**CO<sub>2</sub> kt** - toneladas métricas); e
- Intensidade energética (**pm10**) PIB por unidade de energia utilizada –dólares PPC constantes de 2005 por quilograma de petróleo equivalente, foram obtidas da Agencia Internacional de Energia (International Energy Agency).

As variáveis independentes são:

- a renda per-capita (**gdppc**): o coeficiente da variável resulta da divisão do Produto Interno Bruto dos países pela população residente. A renda *per-capita* está medida em dólares a preços constantes de 2000 e foi obtida junto ao Banco mundial no site [data.worldbank.org](http://data.worldbank.org).

- A população residente dos países foi extraída das projeções anuais e estimativas da Divisão de População das Nações Unidas. (*popgrw*)
- Os dados sobre consumo global de energia (*fossilfuel*),
- Consumo de energia por unidade da renda (*CO<sub>2</sub> int*),

Outra etapa da metodologia foi a construção de um modelo econométrico que serviu de ferramenta de apoio para uma análise multicritérios, com vistas às variáveis dependentes e independentes suas interrelações dando suporte ao processo de decisão. Foram criados diversos cenários para estimar a relação entre emissão de poluentes do ar local e global com o desenvolvimento econômico, analisando os aspectos críticos do regime sócio-político-econômico do Estado.

A Análise Multicritério é definida como um conjunto de técnicas e métodos cujo objetivo é facilitar as decisões referentes a um problema, considerando múltiplos pontos de vista. Sua aplicação permite priorizar, ou reduzir, os vários fatores que devem considerados, sendo usada em apoio aos métodos de construção de cenários.

A Análise Multicritério tem como propósito, portanto, auxiliar pessoas e/ou organizações em situações nas quais é necessário identificar prioridades, considerando, ao mesmo tempo, diversos aspectos. Resume-se em uma técnica quali-quantitativa, situada no meio do *continuum* que separa as abordagens puramente exploratórias e pouco estruturadas de tomada de decisão – como Brainstorm e Grupos de Discussão – e os modelos quantitativos rigidamente estruturados da Pesquisa Operacional, voltados para a otimização de funções-objetivo, sujeitas a um conjunto de restrições como a Programação Linear ou Dinâmica, buscando uma solução ótima para um objetivo específico (ENSSLIN *et al* 2001).

Trata-se de uma técnica que permite que a decisão seja pautada com base nos critérios considerados relevantes para o problema em questão pelos agentes decisores, em que a importância dos critérios é definida por estes, em um processo interativo com outros atores técnico-políticos. Afinal, cada ministério, cada secretaria estadual ou municipal, cada gestor tem, de partida, um elenco de objetivos setoriais a orientar sua agenda de prioridades, conferindo maior importância a determinadas questões sociais e estratégias de intervenção (ENSSLIN 2001).

A metodologia empírica aplicada no modelo econométrico segue os modelos de Painel que utiliza uma abordagem Econométrica - conjunto dos dados de *series de tempo* e *dados de cortes* no mesmo modelo, conhecido como *dados empilhados (Pooled)*. Neste sentido, a estrutura dos dados de painel é a mais apropriada para observar os impactos, por exemplo, do consumo de energia e crescimento da população sobre as emissões de CO<sub>2</sub>.

A especificação de um modelo geral de dados em painel é dada pela equação:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_{1i,t}x_{1i,t} + \dots + \beta_{ni,t}x_{ki,t} + e_{it} \quad (4)$$

$$e_{it} = \varphi_i + v_{it} \quad (5)$$

$$E(\varphi_i) = E(v_{it}) = E(\varphi_i v_{it}) = 0 \quad (6)$$

onde  $y_{it}$  é a variável dependente escalar,  $i$  é a dimensão individual e  $t$  é a dimensão do tempo. O  $x_{it}$  é um vetor de variáveis explicativas de dimensão  $1 \times K$  e  $\beta_{ni,t}$  o vetor de coeficientes a serem estimados,  $K \times 1$ , associado a esses regressores. O componente de erro do modelo,  $e_{it}$ , é composto por dois elementos ortogonais: um componente de efeitos individual-específicos e constantes no tempo,  $\varphi_i$  (clima, geografia) e outro aleatório idiossincrático  $v_{it}$ .

A forma matricial para  $i$ -ésimo país tem-se:

$$y_i = \begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} \quad X_i = \begin{bmatrix} X_{1i1} & X_{2i1} & \dots & X_{ki1} \\ X_{1i2} & X_{2i2} & \dots & X_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1iT} & X_{2iT} & \dots & X_{kiT} \end{bmatrix}$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_{1i1} & \beta_{2i1} & \dots & \beta_{ki1} \\ \beta_{1i2} & \beta_{2i2} & \dots & \beta_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{1iT} & \beta_{2iT} & \dots & \beta_{kiT} \end{bmatrix} \quad e_i = \begin{bmatrix} e_{i1} \\ e_{i2} \\ \vdots \\ e_{iT} \end{bmatrix} \quad (7)$$

onde  $e_{it}$  se refere ao termo de perturbação para a  $i$ -ésimo país no instante  $t$ . Muitas vezes, os dados são apresentados sob a forma seguinte:

$$y_i = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_T \end{bmatrix} \quad X_i = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \quad \beta_i = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad e_i = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_T \end{bmatrix} \quad (8)$$

onde  $y_i$  é um vetor  $nT \times 1$ ,  $X_i$  é do tipo  $nT \times k$ ,  $\beta$  é um vetor  $nK \times 1$ ,  $e_{it}$  é do tipo  $nT \times 1$ .



HSIAO (1986) observa que a utilização dos modelos de dados em Painel possui muitas vantagens, quando comparada com a estimação de cortes (*cross-sectional*). As vantagens são: o número de observações é maior, produz propriedades assintóticas dos estimadores; graus de liberdades maiores, tornando mais robustos os testes  $t$  e  $F$ ; não apresenta problema de multicolinearidade já que a unidade *cross-sectional* tem estruturas diferentes; controla os efeitos específicos dos indivíduos que, em análises de dados em cortes (*cross-sectional*), podem gerar problemas de endogeneidade; elimina diversos efeitos causados por variáveis omitidas que são correlacionadas com variáveis independentes. Enquanto, as principais desvantagens são: os efeitos dos vieses causados pela heterogeneidade e pela seletividade amostral entre as unidades de cortes.

Os principais modelos econométricos desenvolvidos para dados longitudinais ou em painel (“modelos de painel”) são os *modelos com efeitos fixos (fe)* e *efeitos aleatórios (re)*. Estes modelos podem apresentar uma estrutura estática ou dinâmica. As principais diferenças entre os dois tipos de modelos é como interpretar o intercepto e consiste do efeito estar ou não correlacionado com as variáveis explicativas. A descrição dos modelos fixos e aleatórios e suas equações são mostradas no próximo item.

### 3.2 - Modelos com Efeitos Fixos

O modelo de efeitos fixos pretende controlar os efeitos das variáveis omitidas que variam entre indivíduos e permanecem constantes ao longo do tempo. Por isso, assume a hipótese de que intercepto varia entre as unidades de cortes e/ou entre os anos, capturam as diferenças entre as unidades de cortes que são invariantes no tempo, controlando a heterogeneidade das características individuais observadas ou não.

O modelo de efeitos fixos é um modelo de regressão clássico  $Y_{it} = \alpha_i + \beta' x_{it} + e_{it}$  onde  $E[e_{it}] = 0$  e  $\text{var}[e_{it}] = \sigma^2$ . E os  $X_{jt}$  são variáveis dummy específicas que correspondem aos mesmos indivíduos quando  $j=i$ .

Portanto, o modelo de efeitos fixos é dado por:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + e_{it} \quad (9)$$

A forma matricial do modelo de efeitos fixos para o  $i$ -ésimo país é dada por:

$$y_i = \begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \alpha_i + X_i = \begin{bmatrix} X_{1i1} & X_{2i1} & \cdots & X_{ki1} \\ X_{1i2} & X_{2i2} & \cdots & X_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1iT} & X_{2iT} & \cdots & X_{kiT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} e_i = \begin{bmatrix} e_{i1} \\ e_{i2} \\ \vdots \\ e_{iT} \end{bmatrix} \quad (10)$$

### 3.3 - Modelos com Efeitos Aleatórios

O modelo de efeitos aleatórios possui as mesmas suposições do modelo de efeitos fixos. A diferença entre os dois modelos é o tratamento do intercepto. A hipótese do modelo de efeitos aleatórios é que o intercepto assume um valor médio comum a todas as unidades de *cortes* e suas diferenças individuais são capturadas pelo erro aleatório. A inferência é incondicional, ou marginal, relativa a uma população a partir de uma amostra aleatória. O modelo de efeitos aleatórios tem a seguinte equação  $y_{it} = \alpha + \beta' x_{it} + e_{it} + \mu_i$ , e é um modelo de regressão generalizado. Todo o termo aleatório tem variância  $\text{var}[e_i + \mu_i] = \sigma^2 = \sigma_e^2 + \sigma_\mu^2$ . Mas, para um dado  $i$ , os termos aleatórios em períodos diferentes são correlacionados por causa de seu componente comum  $\mu_i$ ,  $\text{corr}[\varepsilon_{it} + \mu_i, \varepsilon_{is} + \mu_i] = \rho = \sigma_\mu^2 / \sigma^2$  (GREENE, 2008).

O modelo de efeitos aleatórios é dado por:

$$y_{iy} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_{2it} X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \mu_{it} \quad (11)$$

$$\text{onde } \mu_{it} = v_{it} + \varepsilon_i \quad (12)$$

A forma matricial do modelo efeitos aleatória fixos para o  $i$ -ésimo país é dada

$$\text{por: } y_i = \begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \alpha + \begin{bmatrix} X_{1i1} & X_{2i1} & \cdots & X_{ki1} \\ X_{1i2} & X_{2i2} & \cdots & X_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1iT} & X_{2iT} & \cdots & X_{kiT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} e_i = \begin{bmatrix} e_{i1} \\ e_{i2} \\ \vdots \\ e_{iT} \end{bmatrix} \quad (13)$$

O modelo de feitos aleatórios assume algumas hipóteses:

$$E(\mu_{it}) = 0 \quad (14)$$

$$\text{var}(\mu_{it}) = \sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2 \quad (15)$$

$$\text{cov}(v_{it}, v_{is}) = \sigma_\varepsilon^2, \quad \forall t \neq s \quad (16)$$

$$\text{cov}(v_{it}, v_{jt}) = 0, \quad \forall i \neq j \quad (17)$$

No modelo de efeitos aleatórios, o efeito regional não está correlacionado com as variáveis explicativas e são invariantes no tempo  $E(\alpha, \mu_{1,t}) = 0$ . As hipóteses (14) e (15) correspondente à heteroscedasticidade. O termo  $v_{it}$  assume que tem média zero e variância constante. A hipótese (16) representa a covariância dos erros regionais. A hipótese (17) garante que não há correlação entre os diferentes países na amostra ao longo do tempo, a covariância dos erros é igual a zero.

Para capturar quais efeitos estão presentes na amostra e utilizar o modelo mais apropriado utiliza-se o teste de especificação de Hausman.

A estatística de Hausman utilizada para testar estas hipóteses é a seguinte:

$$H = (\hat{b}_{fe} - \hat{b}_{re})' [\text{Var}(\hat{b}_{fe}) - \text{Var}(\hat{b}_{re})]^{-1} (\hat{b}_{fe} - \hat{b}_{re}) \sim \chi_k^2 \quad (18)$$

$\hat{b}_{fe}$  é o vetor dos estimadores do modelo com efeitos fixos

$\hat{b}_{re}$  é o vetor dos estimadores do modelo com efeitos aleatórios

$\text{Var}(\hat{b}_{fe})$  é a matriz de variâncias-covariâncias dos estimadores  $\hat{b}_{fe}$

$\text{Var}(\hat{b}_{re})$  é a matriz de variâncias-covariâncias dos estimadores  $\hat{b}_{re}$

$k$  é o número de regressores

Critério de seleção: se  $H > \chi_k^2$  rejeitar o modelo com efeitos aleatórios. O modelo com efeitos fixos é, nesse caso, mais apropriado.

**Hipótese nula  $H_0$ :**  $[E(\mu_i/x_{it}) = 0$ : não são correlacionados]. Os estimadores do modelo com efeitos aleatórios (estimação *GLS*) são consistentes e eficientes.

**Hipótese alternativa  $H_A$ :**  $[E(\mu_i/x_{it}) \neq 0$ : são correlacionados]. Os estimadores *GLS* com efeitos aleatórios (e *OLS*) são não consistentes, mas os estimadores com efeitos fixos são.

Se a hipótese nula ( $H_0$ ) for rejeitada (o modelo de efeitos aleatórios é apropriado para estimar a equação de emissões de  $\text{CO}_2$ ), o modelo de efeitos fixos é adequado à estimação dos dados.

Os resultados econométricos deste estudo são baseados na equação de abaixo. O modelo de efeitos fixos tem a forma como segue:

$$\ln(y_{it}) = \alpha_i + \beta' x_{it} + \lambda_t + e_{it} \quad (19)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n; t = 1, \dots, T)$$

onde  $y_{it}$  é um vetor de emissões de  $\text{CO}_2$ . O  $X_i$  é um vetor de características regionais, o  $T$  mede o tempo e  $n$  é número de países. O  $e_{it}$  erro componente que varia entre países e tempo. Uma formulação específica desta equação, no qual controla para ambos os grupos, por heterogeneidade não-observada ( $\alpha_i$ ) e por efeitos específicos de tempo ( $\lambda_t$ ), pode ser estimada seus efeitos sobre emissões de  $\text{CO}_2$  usando a técnica de efeitos fixos.

$$E(e_{it}^2) = \sigma^2 \quad E(e_{it} e_{js}) = 0 \quad \text{se } i \neq j \text{ ou } t \neq s \quad (20)$$

A hipótese nula é que os instrumentos são válidos, ou seja, não correlacionados com os erros na equação de primeira diferenciada e que os instrumentos utilizados para instrumentar as variáveis endógenas foram corretamente excluídos da equação estimada. É calculado como:

$$S = NJ_N(\hat{\alpha}_2) \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i' \Delta \hat{v}_{i2} \right]' W_{N2} \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i' \Delta \hat{v}_{i2} \right) \quad (21)$$

Sob a hipótese nula, a estatística de teste tem uma distribuição qui-quadrado, com  $q$  igual número de restrições de sobreidentificação menos o número de parâmetros do modelo. É usado sempre em estimação de dois estágios.

O estimador em dois estágios é eficiente sob condições mais gerais, como heteroscedasticidade. O peso eficiente da matriz é calculada como:

$$W_{N2} = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i' \Delta \hat{v}_{i2} \Delta \hat{v}_{i2}' Z_i \right)^{-1} \quad (22)$$

$$\Delta \hat{v}_i = \Delta y_i - \hat{\alpha}_i \Delta y_i, -1$$

onde  $\hat{\alpha}_i$  é o estimador GMM de primeiro estágio. Um problema é que, em pequenas amostras (pequeno número de indivíduos), os erros-padrão estimados do estimador GMM em dois estágios

tendem a ser muito pequenos. De acordo com Arrellano e Bond (1991), os erros padrões assintóticos (mesmo que robustos) de tais estimadores são viesados para baixo quando o tamanho da *cross section* é pequeno.

#### **4.0 -ESTUDO DE CASO**

##### **Análise Descritiva e Comparativa de Dados sobre a Emissão de CO<sub>2</sub>, Intensidade Energética, Crescimento Populacional, Densidade Populacional e Produto Interno Bruto (PIB), nos países: ÁFRICA DO SUL; ALEMANHA; AUSTRÁLIA; BRASIL; CHINA; ESTADOS UNIDOS E JAPÃO.**

Antes de aplicar a metodologia da Análise de Painel para os 202 países conforme previsto no objetivo geral do trabalho, foram selecionados sete países para a realização de uma análise comparativa dos parâmetros em estudo, em um outro contexto, e apresentar os resultados apenas de forma descritiva, mas que pudessem ilustrar a situação em países com destaque global em relação às emissões de CO<sub>2</sub>.

Para tanto, foram selecionados 7 (sete) países de diferentes continentes, desenvolvidos ou não, seguindo critérios variados pertinentes ao presente estudo, a saber: Emissão de CO<sub>2</sub>; Intensidade Energética; Crescimento Populacional; Densidade populacional e Produto Interno Bruto (PIB) e se o país era ratificador ou não ratificador do Protocolo de Kioto, realizando uma discussão comparativa entre estes dados na África do Sul (África), Alemanha (Europa); Austrália (Austrália); Brasil, (América do Sul); Estados Unidos (América do Norte) China e Japão (Ásia), dentro do enfoque das questões econômicas e sociais.

Quanto à escolha dos países, apesar de que poderiam ter sido selecionados outros, os critérios utilizados conduziram à escolha dos sete já mencionados, justificados conforme mostrado a seguir:

- (a) A escolha pela África do Sul deveu-se ao fato de ser um país em desenvolvimento do continente Africano, signatário do Protocolo de Kioto, e que passou um longo período sem crescimento econômico devido ao *apartheid*, chegando a um crescimento negativo do PIB (-0,30%) em 1990, até atingir 5,30% em 2005, tendo como principais parceiros a Alemanha, Estados Unidos, China e Japão, países estes que também foram selecionados neste trabalho;

(b) Alemanha, representando a Europa, como país desenvolvido, com alta densidade populacional (230,47 hab/km<sup>2</sup> em 2010) e que ratificou o Protocolo de Kioto;

(c) Austrália (continente Australiano), país desenvolvido que ratificou o Protocolo com restrições, com baixa densidade populacional em 2010 (2,80 hab/km<sup>2</sup>);

(d) Brasil (América do Sul) por ser um país em desenvolvimento, que detém a maior floresta tropical do mundo, com grande emissão de CO<sub>2</sub> pelas queimadas;

(e) China (Ásia) por ser um país em desenvolvimento, cuja economia cresce de maneira excepcional, com crescimento do PIB de 10,40 % e alta densidade populacional (202,60 hab/km<sup>2</sup>), em 2010;

(f) A escolha pelos Estados Unidos (América do Norte) deveu-se ao fato de que ainda na primeira versão do Protocolo de Kioto (1997) este país não concordou em ratificar o Protocolo e, até hoje (2012), continua apresentando argumentos para não implementar ações prevista no protocolo visando a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub>, apesar de ser um grande emissor de gases poluentes e estar com a economia ameaçada.

(g) Japão (Ásia), país do grupo do G-7, de economia em franco crescimento, ratificador do Protocolo de Kioto com restrições, com uma das mais altas densidade populacional do planeta (336,30 h/km<sup>2</sup>, em 2010).

As informações necessárias para a realização do estudo de caso também foram obtidas a partir da revisão e atualização do banco de dados do Relatório do “*World Development Indicators (WDI) Focuses on Progress Toward the Millennium Development Goals and the Challenges of Meeting Them*”, lançado pelo Banco Mundial, em 2010.

Para confecção das Tabelas e gráficos foi utilizado o Programa Excel, nos mesmos padrões utilizados pelo Banco Mundial.

A Tabela 01 apresenta os resultados obtido para os parâmetros em estudo, no período de 1990 a 2010, em intervalo de cinco anos, para cada país selecionado, e valores globais para o mundo.

TABELA 01. Dados da % do crescimento populacional (hab/km<sup>2</sup>), intensidade energética por PM10, média anual de emissão de CO<sub>2</sub> (1000 Ton. Métrica/*per capita*), % do crescimento do PIB (GDP) Anual e densidade populacional (hab/km<sup>2</sup>) dos países selecionados e valor global, no período de 1990 a2010.

PAÍS	Ano	<u>% Crescimento Populacional</u>	<u>Média Anual CO2 emissão 1000 Ton. métrica/Percepta</u>	<u>Crescimento do PIB(GDP) ANUAL %</u>	<u>Densidade Populacional (hab/km2)</u>	<u>Intensidade de energia por PM10</u>
World	1990	1,70	4,21	7,73	40,64	0,79
	1995	1,48	4,10	2,84	43,85	0,69
	2000	1,30	4,10	4,79	46,88	0,63
	2005	1,20	4,56	5,43	49,84	0,52
	2008	1,20	4,76	5,94	51,56	0,45
	2010	1,15	4,90	3,61	53,08	0,43
África do Sul	1990	2,04	9,47	-0,30	28,98	0,39
	1995	2,16	9,04	3,10	32,21	0,34
	2000	2,48	8,38	4,20	36,23	0,30
	2005	1,14	8,65	5,30	38,61	0,25
	2008	1,10	8,93	3,60	40,09	0,27
	2010	1,35	8,90	2,80	40,28	0,26
Alemanha	1990	0,86	10,18	5,30	227,75	0,27
	1995	0,26	11,00	1,70	234,09	0,23
	2000	0,15	10,12	3,10	235,71	0,22
	2005	-0,07	9,82	0,70	236,46	0,19
	2008	-0,19	9,60	1,10	235,51	0,16
	2010	-0,02	9,30	3,70	230,47	0,16
Austrália	1990	1,48	16,84	3,60	2,21	0,21
	1995	1,21	17,01	3,90	2,34	0,20
	2000	1,19	17,21	4,00	2,48	0,18
	2005	1,32	18,09	3,05	2,65	0,15
	2008	2,23	18,60	3,80	2,78	0,14
	2010	1,57	9,29	2,30	2,90	0,14
Brazil	1990	1,73	1,40	-4,30	17,68	0,39
	1995	1,53	1,70	4,40	19,11	0,32
	2000	1,45	1,89	4,30	20,59	0,31
	2005	1,20	1,88	3,20	21,85	0,25
	2008	0,90	2,05	5,20	22,69	0,21
	2010	0,80	7,49	7,50	22,40	0,19
China	1990	1,47	2,20	3,80	121,70	11,51
	1995	1,09	2,70	10,90	129,17	0,93
	2000	0,79	2,70	8,40	135,37	0,87
	2005	0,58	4,44	11,30	139,77	0,78
	2008	2,19	5,25	9,60	142,12	0,66
	2010	0,59	10,40	10,40	202,60	0,60
Estados Unidos	1990	1,71	19,55	1,90	27,25	0,30
	1995	7,94	19,67	2,50	29,07	0,26
	2000	1,12	19,54	4,20	30,80	0,24
	2005	0,91	18,93	3,10	32,26	0,22
	2008	0,42	17,96	0,00	33,19	0,19
	2010	0,23	17,60	3,00	31,90	0,18

Japão	1990	0,34	8,86	5,20	338,63	0,42
	1995	0,38	9,44	1,90	344,05	0,36
	2000	0,17	9,61	2,90	348,07	0,33
	2005	0,01	9,70	1,90	350,54	0,30
	2008	-0,05	9,60	-1,20	350,35	0,27
	2010	-0,08	9,30	4,00	336,30	0,25

Tabela 01 – Informações quantitativas das variáveis nos países selecionados e valor global, de 1990 a 2010.  
**Fonte:** Banco Mundial 2012.

A análise descritiva global e dos países supra citados na Tabela 01, elaborada a partir de dados fornecidos pelo Banco Mundial, geraram gráficos (figuras de 02 a 07) para melhor ilustrar as considerações.

A Figura 02 mostra o gráfico da evolução dos parâmetros estudados, no período de 1990 a 2010, em escala global.

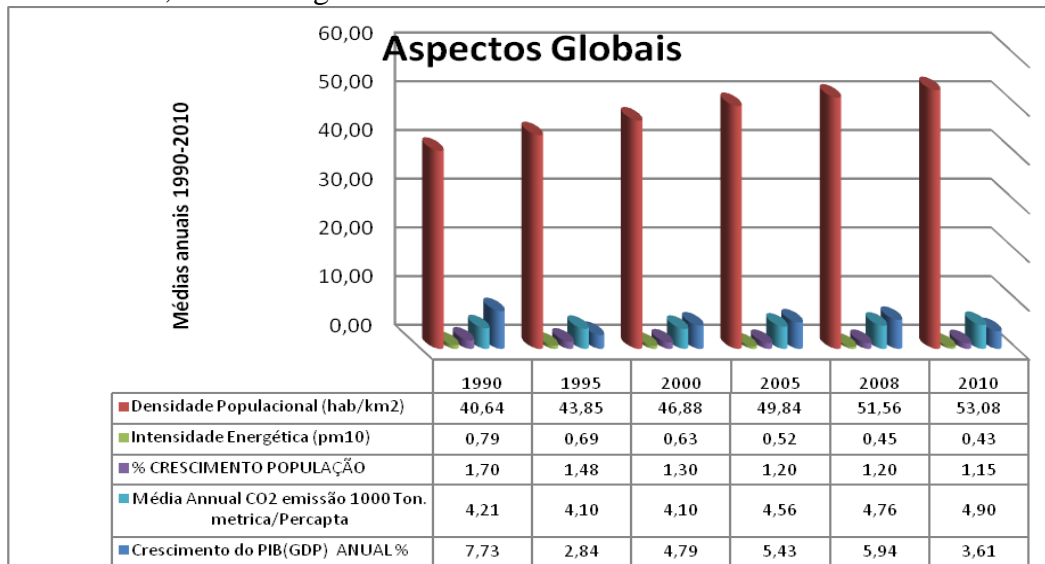


Figura 02. Gráfico dos valores globais, no período de 1990 a 2010, da % do crescimento populacional (hab/km<sup>2</sup>), intensidade energética por PM10, média anual de emissão de CO<sub>2</sub> (1000 Ton. Métrica/per capita), % do crescimento do PIB (GDP) Anual e densidade populacional (hab/km<sup>2</sup>).

Fonte: Banco Mundial 2012 – Adaptada pelo autor

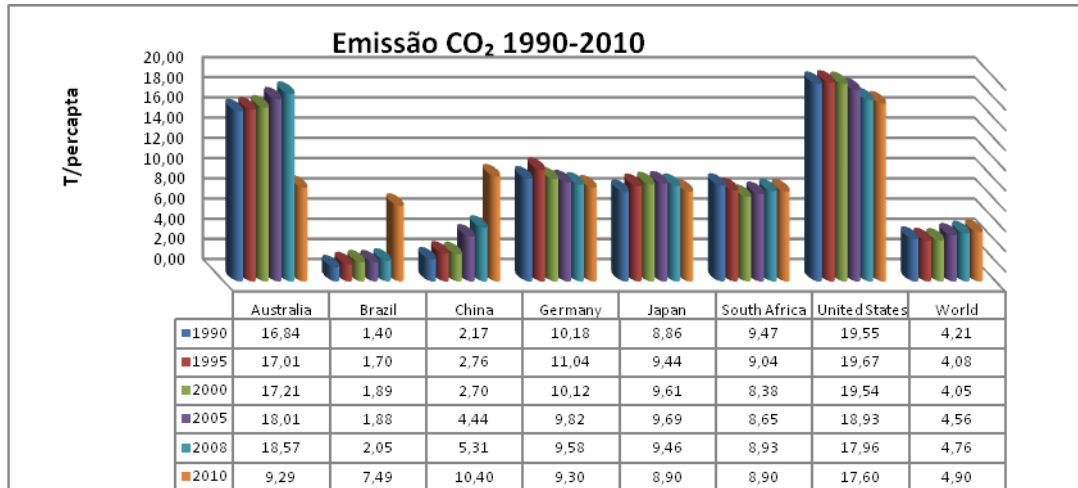
Conforme mostra a Tabela 01 e a Figura 02, em termos globais a % do crescimento populacional diminuiu de 1990 (1,71%) a 2005 (1,19%), aumentando em 2008 para 2,2 %, mantendo-se nesta faixa em 2010 (2,16%). A densidade populacional do planeta aumentou no período, variando de 40,64 hab/km<sup>2</sup>, em 1990, a 53,08 hab/km<sup>2</sup>, em 2010. Em todos os países selecionados houve aumento da densidade populacional neste período, à exceção do Japão onde aumentou até 2008, mas diminuiu em 4,0% de 2008 (350,35 hab/km<sup>2</sup>) a 2010 (336,30 hab/km<sup>2</sup>).

A intensidade energética global, por sua vez, variou de 0,79 (pm10) em 1990 a 0,43 (pm10), em 2010. A emissão de CO<sub>2</sub> teve uma pequena diminuição de 1990 (4,21 1000



ton.métrica/*per capita*) a 2000 (4,05 1000 ton.métrica/*per capita*), atingindo 4,9 1000 ton.métrica/*per capita*, em 2010. O PIB variou de 2,95% em 1990 a 4,22%, em 2010. A menor variação ocorreu em 2008 (1,44%) e a maior (4,30%), em 2010.

A Figura 03 mostra a variação da emissão de CO<sub>2</sub>, no período de 1990 a 2010, nos países selecionados.



A Figura 03 mostra a variação da emissão de CO<sub>2</sub>, no período de 1990 a 2010, nos países selecionados.

Fonte: Banco Mundial 2012 – Adaptada pelo autor

A Austrália e os Estados Unidos apresentam-se como os maiores poluidores, sendo que ambos tiveram diminuição das emissões de 2008 a 2010, com destaque para a Austrália que teve uma redução drástica de 18,57 T/*per capita* em 2008 para . 9,29 T/*per capita*, em 2010.

Ressalta-se que, apesar da redução de emissão dos Estados Unidos e da Austrália, os valores emitidos hoje são muito altos, sendo que o Brasil e a China foram os únicos países que aumentaram substancialmente a emissão de 2008 a 2010. O Brasil variou 2,05 T/*per capita* em 2008 para 7,49 T/*per capita* em 2010, enquanto que a China variou de 5,31 T/*per capita* em 2008 para 10,40 T/*per capita* em 2010. Estes resultados refletiram no aumento global em 2010.

A lista dos países que mais emitem CO<sub>2</sub> do mundo tem mudado. Em 2003, a lista fornecida pela ONU trazia como primeiro colocado os EUA, com uma emissão anual de 5.799.240 (X 1000) toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, ou seja, 21,2% de toda emissão de CO<sub>2</sub> do mundo saía de solo americano. Os EUA vinham seguidos pela China (15,2%), Rússia (5,4%), Índia (4,6%) e Japão (4,5%). O Brasil ocupava a 20ª posição, sendo responsável por 1,1% da emissão mundial.

Ainda em 2003, a emissão *per capita* dos EUA era 19,8 tonnes de CO<sub>2</sub>. Na Austrália, este número era 18, no Canadá 17,9, na Arábia Saudita, 13. A China, o Brasil e a Índia tinham emissões *per capita* de 3,2, 1,6 e 1,2 respectivamente.

Segundo a “Netherlands Environmental Assessment Agency” a emissão global de CO<sub>2</sub> vindas somente de uso de combustíveis fósseis aumentou 2,6% em 2006 (menos do que em 2005, cujo aumento tinha sido 3,3%). O maior contribuinte foi o aumento de 4,5% no consumo global de carvão, principalmente pela China, responsável por 2/3 desta quantidade.

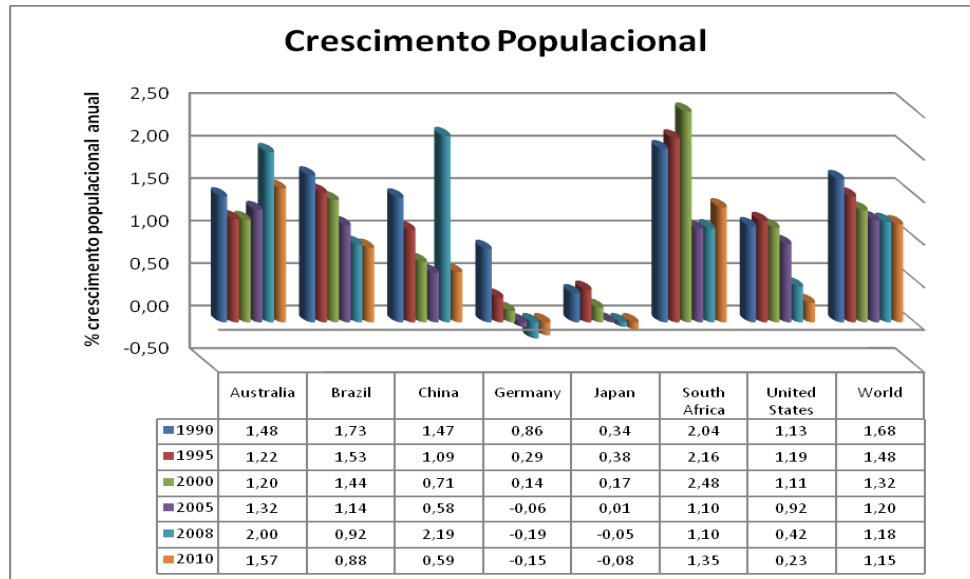
A China ficou em primeiro lugar da lista dos países mais emissores, ultrapassando os EUA, principalmente por conta do aumento no uso de carvão e por ser responsável por 44% de toda produção mundial de cimento.

Em números brutos, considerando apenas gases liberados da queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento, os EUA tiveram uma produção de 5,8 bilhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> enquanto a produção da China foi de 6,23 bilhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>. A China se defende lembrando que sua população é 4 vezes maior que a população americana e, considerando a emissão *per capita*, os EUA ficam com 19,278 tonnes de CO<sub>2</sub> por pessoa, enquanto a China fica com 4,763 tonnes, em 2006.

Quanto aos europeus, entre 2004 e 2005 o EU-15 (Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Portugal, Espanha, Suíça e Reino Unido) diminuiu suas emissões em 0,8%. Os maiores colaboradores foram a Alemanha (-2,3%), Finlândia (-14,6%) e a Holanda (-2,9%).

Para cientistas holandeses, se todo CO<sub>2</sub> presente na atmosfera hoje fosse dividido entre os países responsáveis por suas emissões, os EUA seriam culpados por 27% do total, a União Européia por 20%, enquanto à China só caberiam 8%, o que não foi evidenciado com os dados de 2010 analisados no presente estudo.

A Figura 04 mostra o crescimento populacional, no período de 1990 a 2010, nos países selecionados.



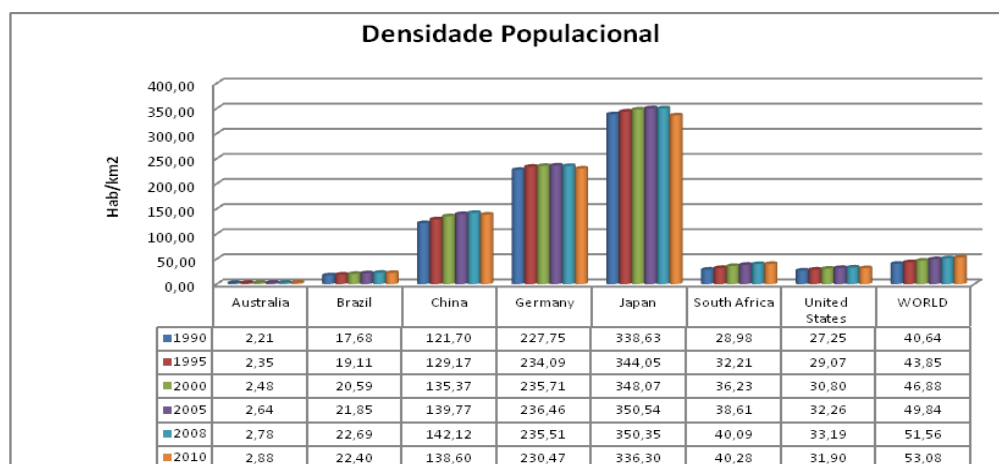
A Figura 04 mostra o crescimento populacional, no período de 1990 a 2010, nos países selecionados.

Fonte: Banco Mundial 2012 – Adaptada pelo autor

A China mais uma vez se destaca nesta discussão, por ser o país que teve o maior crescimento populacional no período, atingindo 2,19% em 2008. Houve uma redução em 2010 para 0,593%, mas assim mesmo continuou sendo o país de maior crescimento no Planeta, apesar da política do país de reduzir a taxa de natalidade.

Brasil, Estados Unidos, Alemanha e Japão tiveram a taxa de crescimento reduzida de 1990 a 2010, sendo que os dois últimos países representam os de menor taxa entre os países selecionados neste estudo.

A Figura 05 mostra a variação da densidade populacional, no período de 1990 a 2010, nos países selecionados.



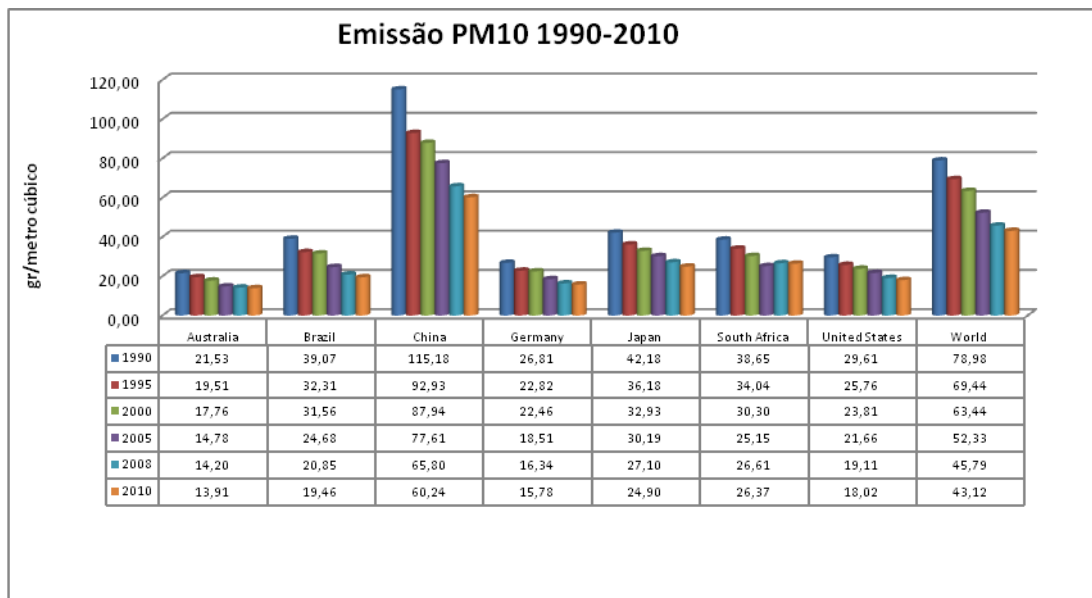
A Figura 05 mostra a variação da densidade populacional, no período de 1990 a 2010, nos países selecionados.

Fonte: Banco Mundial 2012 – Adaptada pelo autor

Entre os países selecionados, o com maior densidade populacional no período de 1990 a 2010 foi o Japão (336,30 hab/km<sup>2</sup>, em 2010), seguido da Alemanha (230,47 hab/km<sup>2</sup> em 2010) e China (202,60 hab/km<sup>2</sup> em 2010). Em todos os três a densidade diminuiu de 2008 a 2010. A Austrália registrou a menor densidade populacional em todo o período de estudo (2,88 hab/km<sup>2</sup>, em 2010). Acima da Austrália vem o Brasil (22,40 hab/km<sup>2</sup> em 2010), Estados Unidos (31,90 hab/km<sup>2</sup>, em 2010) e África do Sul (40,28 hab/km<sup>2</sup>, em 2010). O valor global (*Word*) foi de 53,08 hab/km<sup>2</sup>, em 2010).

Ressalta-se que o Japão e Alemanha tiveram o menor crescimento populacional, entre os países selecionados, mas apresentaram as maiores densidades populacionais por terem as menores áreas (377.944 km<sup>2</sup> e 357.021 km<sup>2</sup>, respectivamente). Estados Unidos, China, Brasil e Austrália, nessa ordem, têm as maiores áreas.

A Figura 06 mostra a intensidade energética (pm10), no período de 1990 a 2010, nos países selecionados.

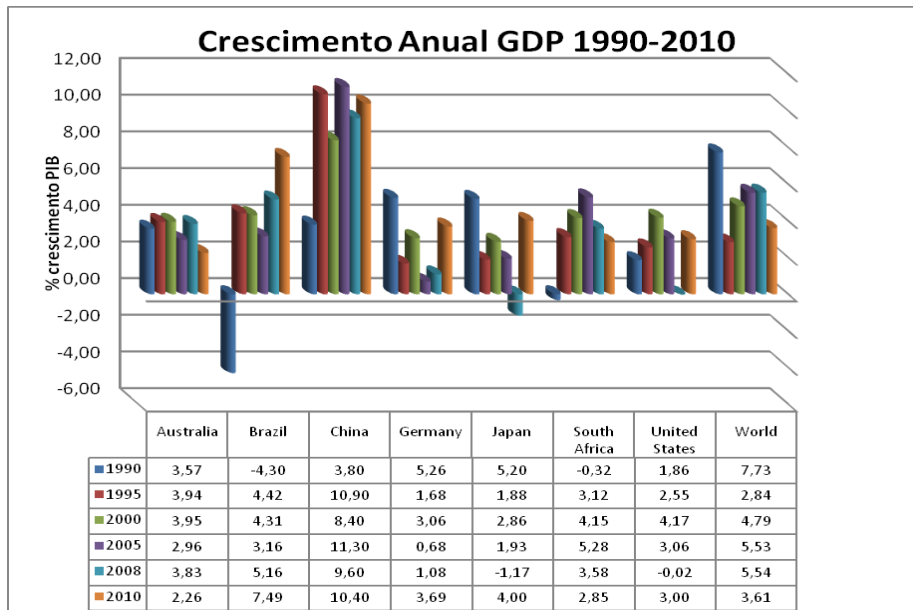


A Figura 06 - Intensidade energética (pm10), no período de 1990 a 2010, nos países selecionados  
Fonte: Banco Mundial 2012 – Adaptada pelo autor

No geral, todos os países apresentaram uma diminuição da intensidade energética no período de 1990 a 2010. O primeiro destaque é para a China que em 1990 teve o maior valor entre os países selecionados (115,18 pm10), mas houve uma diminuição grande até 2010 quando atingiu 60,24 pm10, valor este que ainda é o maior de todos em 2010.

A Austrália registrou o menor índice variando de 21,53 pm10, em 1990 a 13,91 pm10, em 2010. O Brasil localiza-se no meio entre os sete países, com 19,46 pm10, em 2010.

A Figura 07 mostra o crescimento anual do PIB, no período de 1990 a 2010, nos países selecionados.



A Figura 07 - Crescimento anual do GDP, no período de 1990 a 2010, nos países selecionados  
Fonte: Banco Mundial 2012 – Adaptada pelo autor

Mais uma vez a China se destaca apresentando o maior crescimento do GDP em todo o período, variando de 3,80% e, 1990 a 10,40% em 2010. Neste contexto, também se destaca o Brasil que variou de -4,30%, em 1990, a 7,49% em 2010. Situação similar ocorreu na África do Sul que variou de - 0,32%, em 1990, a 2,85% em 2010.

Austrália, Alemanha e Japão apresentaram queda no GDP de 1990 a 2010, enquanto que os Estados Unidos teve o pior GDP em 2008 (-0,02%) recuperando para 3,0% em 2010. Da mesma maneira o GDP global diminuiu de 7,73% em 1990 para 3,61% em 2010.

De uma maneira geral, os resultados apresentados e discutidos até aqui que os países desenvolvidos Estados Unidos, Austrália e Alemanha, tiveram diminuição das taxas de emissão de CO<sub>2</sub>. O GDP destes países também apresentaram quedas.

Ao contrário, no Brasil e na China as taxas de emissões de CO<sub>2</sub> aumentaram e este países considerados em desenvolvimento tiveram aceleração da economia, com grande aumento do GDP.

Ressalta-se que os maiores poluidores (Estados Unidos e Austrália) diminuíram a emissão, apesar de não terem ratificado o Protocolo de Kioto e que os que poluíam menos (Brasil e China) aumentaram a emissão, mesmo tendo ratificado o Protocolo. Embora não seja objetivo deste trabalho caberia uma investigação sobre as mudanças em relação ao uso de tecnologias “limpas” que também podem ter influenciado os resultados.

Apesar de que os estudos apontarem que países mais poluidores como os Estados Unidos e Austrália têm diminuído as emissões, observou-se que países em desenvolvimento e com aumento do GDP, como o Brasil e a China têm aumentado as suas emissões e diminuído a eficiência energética, pois utilizam matrizes energéticas com altos potenciais poluentes: carvão (China) e combustíveis fósseis (Brasil).

Neste contexto, SANTIN E ALVIM (2007) previram que, quando comparado com os níveis registrados em 2003, o aumento previsto para 2012 seria de 182,10% para o conjunto dos países estudados. A China foi considerada de situação preocupante por ser o país com taxa de crescimento econômico superior a dos demais países e também pela composição de sua matriz energética, em que 77,13% das emissões provem da utilização do carvão.

De acordo com fonte dados brutos (Euromonitor International, 2007), a África do Sul utiliza valores elevados de carvão (81,90%) e tecnologias de elevado potencial poluidor. Em termos globais os valores são gás natural (21,26%), carvão (37,00%) e petróleo (41,74%).

O Brasil está entre os países do mundo que mais aumentou as suas emissões devido ao maior uso de combustíveis fósseis (78,51%), sendo o que possui a menor utilização de gás natural, de apenas 8,90%.

## **5.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A seguir são apresentados os resultados e discussões da Análise de Painel. O detalhamento das análises estatísticas está no Anexo I.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas para as amostras em *pooled*. A média e o (desvio-padrão) das emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$  *kt*) é 1131,7 (857,63). A média (desvio-padrão) para algumas variáveis são: consumo global de energia (*fossilfuel*), 736,59 (738,92); renda per-capita (*gdppc*), 1756,73 (1140,48); intensidade energética (*pm10*), 1030,65 (859,95). O coeficiente de variação depende mais intensamente do desvio-padrão do que da média. O coeficiente de variação do  $CO_2$  *kt* é de 75,78%. Enquanto, o coeficiente de variação da intensidade energética (*pm10*) é 83,43%. O coeficiente de variação de menor expressão é a taxa de crescimento populacional (*popgrw*), 42,37%.

**Tabela 2 Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo**

Variáveis	Média	SD	CV
CO <sub>2</sub> kt	1131.773	857.308	.7577761
Fóssil fuel	736.5917	738.9716	1.003231
Pop grw	306.3025	129.7865	.4237198
Gdp PC	1756.731	1140.478	.6492051
pm10	1030.646	859.9527	.8343819
CO <sub>2</sub> int	131.4964	122.7118	.9331951

Tabela 2 Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo  
 Fonte: autor 2012

Na abordagem empírica utiliza-se para analisar os fatores determinantes das emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$  kt) e da intensidade energética ( $pm10$ ) a equação de Kaya (*Identidade Kaya*). A equação analisa os impactos do crescimento populacional ( $popgrw$ ), renda per-capita ( $gdppc$ ), consumo global de energia ( $fossilfuel$ ) e uso de energia por unidade da renda ( $CO_2$  int) sobre a poluição global (medido pelas emissões de carbono por unidade de energia consumida) e da intensidade energética ( $pm10$ ). As emissões de dióxido de carbono estão diretamente relacionadas com o consumo e crescimento da população humana. A ideia, aqui, é que todas as variáveis independentes mantêm relações positivas com o coeficiente da variável dependente. Por exemplo, quanto maior for à renda *per capita* maior tende a ser o nível de emissão de CO<sub>2</sub>. Aumentos no consumo de energia por unidade da renda ( $CO_2$ int) geram acréscimos na intensidade energética ( $pm10$ ) (Tabelas 6 e 7). Utilizou-se um modelo de dados de painel dinâmico não balanceado, isto é, como o mesmo número de observações para cada país. O método proposto de dados de painel que permite testar estas hipóteses foi construído por Arellano e Bond (1991), Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998).

O primeiro modelo resultante testado pode ser representado pela seguinte equação:

$$\ln co2kt_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln co2kt_{i,t-1} + \beta_2 \ln gdppc_{i,t} + \beta_3 \ln co2int_{i,t} + \beta_4 \ln fossilfuel_{i,t} + \beta_5 \ln popgrw_{i,t} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{i,t} \quad (23)$$

onde a variável  $\ln CO_2$   $kt_{i,t}$  é o logaritmo de emissões de CO<sub>2</sub> per- capita do país  $i$  no tempo. Os coeficientes expressam a magnitude de influência de cada variável independente em relação à variável dependente no fenômeno estudado. Todos os dados estão em escala logarítmica natural o que faz com que os coeficientes estimados possam ser interpretados como elasticidades.

O coeficiente  $\beta_1$  da variável  $\ln CO_2 kt_{i,t-1}$  é a elasticidade de emissões de CO<sub>2</sub> per-capita (defasada) do país  $i$  no período  $t-1$  com relação à variável dependente  $\ln CO_2 kt_{i,t}$  do país  $i$  no período  $t$ . O coeficiente  $\beta_2$  da variável independente  $\ln gdp pc_{i,t}$  representa a elasticidade do PIB real per - capita com relação à variável dependente  $\ln CO_2 kt_{i,t}$  do país  $i$  no período  $t$ . O parâmetro estimado  $\beta_3$  da variável explicativa  $\ln CO_2 int_{i,t}$  é definido como a elasticidade do uso de energia por unidade da renda com relação à variável dependente  $\ln CO_2 kt_{i,t}$  do país  $i$  no período  $t$ . O coeficiente  $\beta_4$  da variável explicativa  $\ln fosil fuel$  é a elasticidade do consumo global de energia com relação às emissões de CO<sub>2</sub> ( $\ln CO_2 kt_{i,t}$ ) per-capita do país  $i$  no tempo  $t$ . Enquanto,  $popgrw_{i,t}$  é definido como a taxa de crescimento populacional no país  $i$  no período  $t$ .

Dadas as especificações do modelo de dados em painel, tem-se  $\mu_i$  que representam os efeitos fixos, que capturam os efeitos não-observáveis relacionados a cada país poluente, como características culturais e geográficas, políticos e governos, leis ambientais e diversas influências que atuam sobre as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e da intensidade energética ( $pm10$ ) e são constantes ao longo do tempo. O efeito de tempo é representado por  $\varphi_t$  assume variáveis *dummies* associadas a cada período a todos os países. E  $\varepsilon_{i,t}$  representa o erro do modelo. As propriedades do erro são: (1)  $E(\varepsilon_{i,t}) = 0$ ; (2)  $var(\varepsilon_{i,t}) = \sigma_\mu^2 + \sigma_\varphi^2$ ; (3)  $cov(\varepsilon_{i,t}, \varepsilon_{i,s}) = \sigma_\varphi^2, \forall t \neq s$ ; (4)  $cov(\varepsilon_{i,t}, \varepsilon_{j,t}) = 0, \forall t \neq j$ . As propriedades (1) e (2) representam a  $\varepsilon_{i,t}$  média zero e variância constante. A terceira propriedade significa que os erros dos mesmos países em diferentes períodos de tempo são autocorrelacionados. Enquanto a última diz que os erros de diferentes países em períodos iguais, os erros não-autocorrelacionados.

Para a escolha do modelo a ser estimado, foi utilizado o teste de especificação de Hausman (um teste do tipo *Wald*), cuja hipótese nula é que as diferenças nos coeficientes não são sistemáticas, ou seja, os coeficientes do modelo e os efeitos aleatórios são ortogonais. De acordo com este teste, o resultado aponta para a rejeição da hipótese nula. O modelo de efeitos fixos quando comparado ao modelo estimado por efeitos aleatórios, a melhor escolha é o modelo de efeitos fixos. Os resultados foram reportados na Tabela 3.



**Tabela nº3 Resultados do teste de especificação de Hausman (CO2kt)**

---- Coefficients ----				
	(b) fixed	(B) Random	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
lnCO <sub>2</sub> int	1.269205	1.098489	.1707161	.0090823
popgrw	.0006713	.0028986	-.0022273	.0003491
lngdppc	.0333343	.01797	.0153643	.0144044
lnfossilfuel	.0196179	-.2569067	.2765246	.0114313
e(r2_w)	.658290	.6189278		
e(r2_b)	.007202	.0113616		
e(r2_o)	.263272	.3137018		
e(rho)	.7386128	.0765510		
e(N)	4198	4198		

b = consistent under Ho and Ha

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\begin{aligned} \text{chi2}(4) &= (\mathbf{b}-\mathbf{B})'[(\mathbf{V}_b-\mathbf{V}_B)^{-1}](\mathbf{b}-\mathbf{B}) \\ &= 1479.57 \\ \text{Prob}>\text{chi2} &= 0.0000 \end{aligned}$$

Em seguida, foi aplicado o teste Breusch-Pagan. Este é um teste do tipo *Lagrange Multiplier*, cuja hipótese nula é  $\text{var}(\mathbf{u}) = \mathbf{0}$  e a alternativa é  $\text{var}(\mathbf{u}) \neq \mathbf{0}$ . A rejeição da hipótese nula leva à conclusão da existência de efeitos individuais, e a inadequação do modelo estimado por mínimos quadrados com uma única constante. De acordo com os resultados reportados na Tabela 4, conclui-se pela rejeição da hipótese nula. Desse modo, confirmando o resultado da estatística do teste de especificação de *Hausman*. O modelo de efeitos aleatórios não é indicado e a melhor opção, neste caso, é o modelo com efeitos fixos.

**Tabela nº4 Resultados do teste de especificação de Breusch e Pagan****Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects**

$$\ln\text{CO}_2 [\text{id},t] = \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{u}[\text{id}] + \mathbf{e}[\text{id},t]$$

Estimated results:

	Var	sd = sqrt(Var)
lnCO <sub>2</sub>	6.741245	2.596391
e	2.312039	1.520539
u	.1916851	.4378186

Test: Var(u) = 0

$$\text{chi2}(1) = 1730.16$$

$$\text{Prob} > \text{chi2} = 0.0000$$

A Tabela 5 mostra a matriz de correlação linear, construída a partir da amostra de dados obtidos sobre as emissões de dióxido de carbono. Após a definição da matriz de correlação, realizou-se uma inspeção entre os parâmetros com o objetivo de identificar as variáveis mais

específicas. Existem correlações relativamente baixas (0,14%) entre crescimento populacional (*popgrw*) e o logaritmo da intensidade energética (*lnpm10*). É de se esperar que as variáveis de consumo *per capita* de energia se relacionem com o mesmo conjunto de fatores. A matriz de correlação reporta graus de multicolinearidade fortes. Foram reportados altos graus de correlação (87,%) entre o logaritmo do consumo global de energia (*lnfossilfuel*) e o logaritmo do uso de energia por unidade da renda (*lnCO<sub>2</sub> int*).

**Tabela nº 5 Matriz de Correlação das variáveis do Modelo estimado. (*lnCO<sub>2</sub>*)**

	L. lnCO <sub>2</sub> kt	ln CO <sub>2</sub> kt	ln CO <sub>2</sub> int	Ln fóssil	Pop grw	Ln gdp pc	Ln PM 10
ln CO <sub>2</sub> kt							
--	1.0000						
L1.	0.7685	1.0000					
ln CO <sub>2</sub> int	0.5263	0.4070	1.0000				
lnfossilfuel	0.3522	0.4274	0.8750	1.0000			
Pop grw	0.0665	0.0590	-0.1445	-0.1832	1.0000		
Ln gdp PC	0.0198	0.0140	0.0400	0.0520	0.0379	1.0000	
Ln pm10	0.4869	0.6031	0.3583	0.4122	0.0014	0.0536	1.0000

Para os modelos (1) e (2) apresentados nas tabelas 6 e 7 os valores estimados foram obtidos aplicando-se o método de variáveis de Instrumentais de dois estágios – para corrigir o problema de endogeneidade.

Para validade dos instrumentos, testa-se a sobre identificação das condições de momento por meio das estatísticas de Sargan.

A primeira coluna (**1-ivreg-fe**) e segunda coluna (**1-ivreg-fe**) da Tabela 6 são um modelo de variáveis instrumentais com efeitos fixos e efeitos fixos com variáveis de controle *dummy* de tempo; e as terceira [**3-abond-(dynamic)**] e quarta colunas [**4-abond-(dynamic)**] são um modelo de dados de painel dinâmico - GMM e outro modelo com variáveis de controle *dummy* de tempo.

Conforme pode ser observado, o teste de Sargan não rejeita a validade dos instrumentos utilizados ao nível de significância de 10%, na utilização de variáveis instrumentais nas estimativas por *ivreg-fe* (variáveis instrumentais com efeitos fixos) e *abond* (Arellano – Bond Dynamic Panel GMM Estimators). Os valores em níveis de significância de 49,25% [modelo 1, (0,4925)]; 67,33% [modelo 2, (0.6733)]; 22,65% [modelo 3, (0.2265)]; 12,03% [modelo 4, (0.1203)]; asseguram a validade conjunta dos instrumentos referentes aos modelos estimados

(1); (2); (3) e (4) reportados pelas Tabela 6. Os modelos utilizam defasagens das variáveis explicativas como instrumentos.

Para testar estas hipóteses pode ser utilizado o teste de Arrelano-Bond, para a primeira hipótese, neste teste é aceita a autocorrelação de primeira ordem, mas não a de segunda ordem. O teste de autocorrelação dos resíduos de Arrellano e Bond (1991) rejeita a hipótese de autocorrelação serial de segunda ordem para as primeiras diferenças dos resíduos estimados da equação (12) e (13) pelo método System GMM não foi detectada. Portanto, cumprem-se as condições de momento utilizadas na estimação do painel dinâmico.

Em relação aos resultados reportados na Tabela 6, os modelos [(1) e (2)] *ivreg-fe* (variáveis instrumentais com efeitos fixos), verificam-se que os coeficientes de duas variáveis explicativas mostraram-se estatisticamente nulos: renda per-capita (*lngdppc*) e taxa de crescimento da população (*popgrw*). Enquanto, todas as outras variáveis explicativas mostram-se estatisticamente significativas ao nível de significância de 1% [(modelos (1) e (2)]. O sinal do coeficiente da variável consumo global de energia (*lnfossilfuel*) apresentou sinal contrário ao esperado no modelo (1). Entretanto, quando incluídas variáveis de controle *dummy* de tempo (*yr1992-2007*) para captura de todos os choques ocorridos no período em análise neste estudo, o coeficiente muda de direção. Ou seja, a variável mostra uma relação positiva com as emissões de CO<sub>2</sub>. Mencionando-se com isso que o consumo global de energia varia positivamente ao longo do tempo com as emissões de CO<sub>2</sub>.

No modelo (4), quando [repetindo a ação do modelo (2)] adicionando-se variáveis de controle *dummy* de tempo (*yr1992-2007*), a estatística *t* aparece com o sinal esperado em todas as variáveis explicativas e são altamente significativas. Por exemplo: o modelo (4) indica que aumento no coeficiente de elasticidade do *lnfossilfuel* tende a elevar a média da elasticidade das emissões de CO<sub>2</sub>. Em relação à elasticidade da renda per - capita (*lngdppc*), o resultado reportado nos diz que o aumento do coeficiente desta variável incentiva as indústrias

a produzirem mais, gerando mais emissões de dióxido de carbono ao longo dos anos. O crescimento populacional (*popgrw*) apesar de ser *altamente significativo estatisticamente* e relacionar positivamente com as emissões de CO<sub>2</sub>, tem contribuído muito pouco no crescimento mundial da poluição. Na estimação pelas quatro especificações [(1); (2); (3); (4)], os coeficientes da variável dependente defasada (emissões de dióxido de carbono no período anterior) tiveram valores próximos, oscilando entre: 0,645 a 0,814, o que aponta para a consistência dos dados. Esses resultados permitem inferir que o ajuste positivo das emissões de CO<sub>2</sub> é sensível; esperam-se que as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia tenham aumentos significativos de CO<sub>2</sub> ao longo dos anos. Os modelos estimados são corretamente especificados, como é evidenciado pelo teste de Sargan.

**Tabela N°6 Os resultados econométricos para a especificação de dois estágios e modelos dinâmicos (Arellano-Bond). Variável dependente:  $\ln CO_2$**

Variáveis	1-IVREG-FE	2-IVREG-FE	3-ABOND-(Dynamic)	4-ABOND-(Dynamic)
lngdppc	0.00330 (0.17)	0.0118 (0.76)	0.296*** (323.51)	0.0578*** (149.56)
L.lnCO2	0.698*** (48.06)	0.780*** (74.30)	0.645*** (1422.27)	0.814*** (1980.11)
lnCO2 int	1.171*** (62.59)	0.0663*** (3.67)	1.387*** (577.94)	0.0743*** (61.41)
lnfossilfuel	-0.565*** (-27.55)	0.0620*** (4.26)	-0.150*** (-66.00)	0.00382** (2.85)
popgrw	0.000194 (0.52)	0.000256 (1.20)	0.000972*** (148.63)	0.000113*** (11.59)
yr1992		0.523*** (7.25)		0.0943*** (59.09)
yr1993		0.515*** (7.30)		0.101*** (24.05)
yr1994		0.562*** (7.99)		0.144*** (41.47)
yr1995		0.553*** (7.83)		0.107*** (29.99)
yr1996		0.421*** (5.95)		0.0223*** (-7.63)
yr1997		0.536*** (7.63)		0.0897*** (25.43)
yr1998		0.481*** (6.81)		0.0539*** (22.70)
yr1999		0.562*** (7.99)		0.131*** (66.03)
yr2000		0.420*** (5.93)		-0.0114*** (-5.10)
yr2001		0.582*** (8.26)		0.147*** (69.11)

yr2002		0.540*** (7.65)		0.117*** (52.14)
yr2003		0.579*** (8.18)		0.168*** (86.65)
yr2004		0.464*** (6.52)		0.0680*** (33.61)
yr2005		0.557*** (7.86)		0.174*** (84.86)
Yr2006		-6.096*** (-62.40)		-6.437*** (-940.52)
yr2007		-0.453*** (-6.62)		-0.647*** (-299.03)
L.lngdppc			0.0716 (220.74)	0.0744*** (128.75)
L.lnCO2 int			-0.636*** (-191.12)	0.0478*** (21.86)
L.popgrw			-0.000960*** (-203.30)	0.000172*** (18.88)
L.lnfossilfue			0.000228*** (8.42)	0.0832*** (239.47)
_cons	0.103 (0.58)	0.279* (2.22)	-2.379*** (-171.71)	-0.709*** (-77.83)
-----				
N	3281	3553	3590	3792
Sargan test	p(0.4925)	p(0.6733)	p(0.2265)	p(0.1203)
Autoregression				
order 1 test			0.0000	0.0000
order 2 test			0.3999	0.1068
-----				

t statistics in parentheses \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

O segundo modelo (Tabela 7) resultante a ser testado pode ser representado pela seguinte equação:

$$\ln pm10_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln pm_{i,t-1} + \gamma_2 \ln gdppc_{i,t} + \gamma_3 \ln co2int_{i,t} + \gamma_4 \ln fossilfuel_{i,t} + \gamma_5 \ln popgrw_{i,t} + \alpha_i + \phi_t + \eta_{i,t} \quad (24)$$

onde  $\ln pm10_{i,t}$  é o logaritmo da intensidade energética do país  $i$  no tempo  $t$ . O coeficiente  $\gamma_1$  da variável dependente defasada  $\ln pm10_{t-1}$  é a elasticidade da intensidade energética (em logaritmo) do país  $i$  no período  $t-1$ . Os  $\gamma_2$ ;  $\gamma_3$ ;  $\gamma_4$  representa os coeficientes de elasticidades da renda per-capita; uso de energia por unidade da renda; consumo global de energia, respectivamente. Enquanto,  $\gamma_5$  é a taxa de crescimento populacional. Os  $\alpha_i$ ,  $\phi_t$   $\eta_{i,t}$  seguem as propriedades da equação (1).

As regressões com dados de painel dos países foram efetuadas sob duas diferentes especificações [(ivreg-fe) [abond-dynamic]. Neste modelo básico, a equação (24) é estimada considerando como variável dependente a intensidade energética ( $\ln pm10$ ), as variáveis independentes como ( $\ln pm10_{t-1}$ ),  $\ln gdppc$ ,  $\ln popgrw$  e  $\ln CO_2 int$ , e mais as variáveis de controle **dummy de tempo**.

A modelagem utilizada por Arrellano e Bond (1991) permite que as condições de ortogonalidade existentes entre os valores defasados de  $y_{it}$  e os erros  $v_{it}$ , para a construção dos instrumentos e que podem ser convenientemente aplicados na estimação no Método dos Momentos Generalizados (GMM). Neste método, escolheu em adotar os dois testes: teste de autocorrelação serial de regressão dos resíduos (de primeira e segunda ordem) e teste de especificação de Sargan. O teste de autocorrelação serial pode ajudar a definir com os números de defasagens incluídas nas variáveis instrumentais. O Teste de Especificação de Sargan permite validar as condições de momento e definir a melhor especificação do modelo, minimizando o problema de variáveis excluídas, e sobre identificação de restrições.

Em relação ao teste de autocorrelação serial de primeira e segunda ordem, sob a hipótese nula de ausência de autocorrelação serial de primeira ordem, rejeita-se a hipótese nula de ausência de autocorrelação serial (em nível de significância de 5%) para as duas especificações [p(0.0000) e (4) p(0.0000)]. A não rejeição da hipótese nula de autocorrelação serial de segunda ordem, usando a regressão dos resíduos (em nível de significância de 5%) de segunda ordem [p(0.3480) e p(0.083)], indica que o estimador de *GMM* é consistente para os dois modelos (3) e (4), respectivamente.

A não rejeição da hipótese nula torna-se válido os instrumentos utilizados no sistema para aqueles números de defasagens. De acordo com os resultados reportados nos Anexos do teste de especificação de Sargan, verifica-se que os instrumentos utilizados em todos os modelos [(1); (2); (3) e (4)] são validados. Conclui que não são rejeitadas as especificações para as equações estimadas.

A Tabela 7 indica, à exceção do coeficiente da variável renda *per-capita* (*lngdppc*) e taxa de crescimento da população (*popgrw*), estatisticamente nulos, para os modelos (1) e (2), todas as demais variáveis tiveram coeficientes de elasticidades estatisticamente significantes. Nesta especificação, todas as variáveis explicativas obtiveram sinais de acordo com esperado. O nível de consumo global de energia apresentou efeito positivo de 0,631 e 0,136 para a intensidade energética (*lnpm10<sub>t</sub>*) nos modelos (1) e (2), respectivamente. Pode-se observar pelas duas equações estimadas que o impacto positivo do coeficiente de elasticidade do uso de energia por unidade da renda (*lnCO<sub>2</sub>int<sub>t,t</sub>*) provocará crescimento da intensidade energética (*lnpm10<sub>t</sub>*) em todo mundo.

A elasticidade renda *per-capita* (*lngdppc*) foi estimada em 0,0457 no modelo (3), ao passo que no modelo (4) foi de 0,0938, quando incluídas as variáveis de controle *dummy* de tempo. A estimativa do coeficiente de elasticidade do uso de energia por unidade da renda

( $\ln CO_2$  *intc*) 0,168 mostra-se inferior à estimativa obtida para o modelo com as variáveis de controle *dummy* de tempo e muito superior à estimativa da taxa de crescimento da população (*popgrw*), como era esperado. As estimativas são consistentes uma vez que pode ser observada a ausência de autocorrelação de segunda ordem. Como todas as equações estimadas incluem uma variável dependente defasada, cada coeficiente estimado corresponde ao efeito de curto prazo de sua respectiva variável. O efeito de longo prazo pode ser obtido dividindo-se o efeito de curto prazo por 1 menos o coeficiente da variável dependente defasada. O coeficiente estimado para a variável dependente defasada intensidade energética ( $\ln pm10_i$ ) foi de 0,227. Esse resultado aponta para uma rigidez no ajuste da intensidade energética.

As variáveis de controle *dummy* de tempo (*yr1992-2007*) apresentam impacto negativo sobre a intensidade ) ao longo do tempo.

**Tabela N°7 Os resultados econométricos para a especificação de dois estágios e modelos dinâmicos (Arellano-Bond). Variável dependente:  $\ln pm10$**

Variáveis	1-IVREG-FE	2-IVREG-FE	3-ABOND-(Dynamic)	4-ABOND-(Dynamic)
lngdppc	0.0109 (0.26)	0.00829 (0.30)	0.0457*** (294.51)	0.0938*** (173.86)
L.ln $pm10$	0.459*** (32.51)	0.729*** (62.45)	0.165*** (1392.23)	0.227*** (518.15)
$\ln CO_2$ <i>int</i>	0.122*** (6.24)	0.0608** (2.85)	0.168*** (333.14)	0.439*** (336.82)
lnfossilfuel	0.631*** (34.56)	0.136*** (7.72)	0.277*** (241.52)	0.201*** (72.89)
popgrw	0.000651 (1.73)	0.0000718 (0.28)	0.000790*** (237.90)	0.000486*** (38.12)
yr1992		0.456*** (5.38)		-0.208*** (-125.42)
yr1993		0.487*** (5.89)		-0.208*** (-35.71)
yr1994		0.546*** (6.50)		-0.183*** (-43.15)
yr1995		0.516*** (6.10)		-0.157*** (-30.43)
yr1996		0.522*** (6.27)		-0.126*** (-22.87)
yr1997		0.521*** (6.24)		-0.119*** (-20.03)
yr1998		0.415*** (4.94)		-0.172*** (-28.64)
yr1999		0.505*** (6.04)		-0.127*** (-21.03)
yr2000		0.530*** (6.29)		-0.0871*** (-14.31)
yr2001		0.508*** (6.04)		-0.0732*** (-12.71)
yr2002		0.479*** (5.69)		-0.0914*** (-15.78)
yr2003		0.391*** (4.66)		-0.193*** (-34.29)

yr2004		0.444*** (5.33)		-0.234*** (-38.79)
yr2005		0.455*** (5.47)		-0.236*** (-38.94)
Yr2006		0.634*** (5.59)		1.412*** (217.89)
yr2007		-5.083*** (-53.48)		-3.621*** (-534.49)
L.lngdppc			-0.104*** (-450.15)	-0.222*** (-234.96)
L.lnCO2 int			0.923*** (447.89)	0.107*** (29.68)
L.popgrw			0.000813*** (209.16)	0.00113*** (71.83)
L.lnfossil~1			-0.115*** (-552.70)	0.286*** (256.97)
_cons	-0.435 (-1.44)	0.322 (1.60)	0.152*** (29.93)	0.889*** (114.98)
-----				
N	3540	3540	3771	3771
Sargan test	p(0.1824)	p(0.4578)	p(0.2221)	p(0.4653)
Autoregression				
order 1 test			0.0000	0.0000
order 2 test			0.3480	0.083
-----				

t statistics in parentheses

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

## 6.0 - CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, as emissões de dióxido de carbono estão diretamente relacionadas com o consumo e crescimento da população humana. Estatisticamente todas as variáveis independentes mantêm relações positivas com o coeficiente da variável dependente. Quanto maior for a renda *per capita* maior tende a ser o nível de emissão de CO<sub>2</sub>, da mesma forma, o consumo global de energia varia positivamente ao longo do tempo com as emissões de CO<sub>2</sub>, e o aumento populacional em uma determinada região, sem que haja um aumento da renda *per capita*, não implicará naturalmente em aumento de consumo de energia.

A aplicação do teste de especificação de **Hausman** e do teste **Breusch-Pagan**, mostraram-se satisfatórios nas análises feitas e o uso do modelo de efeitos fixos apresentaram-se como melhor escolha, quando comparado ao modelo estimado por efeitos aleatórios.

Quando incluídas variáveis de controle *dummy* de tempo (*yr1992-2007*) para captura de todos os choques ocorridos no período em análise neste estudo, o coeficiente de variação muda de direção, ou seja, a variável mostra uma relação positiva com as emissões de CO<sub>2</sub>, mencionando-se com isso que o consumo global de energia varia positivamente ao longo do tempo com as emissões de CO<sub>2</sub>. Resultados análogos são encontrados quando avalia-se o impacto das 4 variáveis independentes sobre a variável *pm10*.



## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, V.; JOHNSON, L. **Systems thinking basics: from concepts to causal loops**. Cambridge, MA: Pegasus Communications, 1997.
- ARROW, K et al. **Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment**. Science v. 268, p.p. 520-521, 1995.
- ARRELLANO, M. and BOND, S. **Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations**. The Review of Economic Studies, 58. pp. 277 – 297. April 1991
- ARRELLANO, M. and BOVER, O. **Another look at the instrumental variable estimation of error-components models**. Journal of Econometrics, 68:29-51. 1995.
- BECK, ULRICH. **Risk society**. London: Sage Publications, 1994.
- BLUNDELL, R. & BOND, S. **‘Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models’**. Journal of Econometrics, Vol.87, p.115-143. 1998.
- BRIDGELAND, D. **Technology versus discipline: why I am not a systems thinker**. The System Thinker, v.9, n.2, p. 9-10, 1998.
- BRUSECKE, FRANZ. **“Desestruturação e Desenvolvimento”**. Ferreira, Leila e Viola, Eduardo (orgs.) **Incertezas de Sustentabilidade na globalização**. Campinas: Ed. UNICAMP, 1996.
- CUNHA, Cleyzer Adrian. **Curva de Kuznets ambiental estimativa econométrica usando CO<sub>2</sub> e PIB per capita**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). Rio Branco (AC). Julho de 2008.
- CROPPER, M. and GRIFFITHS G. **The Interaction of Population, Growth and Growth**. Routledge, London, 2000.
- ENSSLIN, Leonardo; MONTIBELLER NETO, Gilberto; NORONHA e MACDONALD, Sandro Sandro. **Apoio à Decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.
- FONSECA, L. N. RIBEIRO, E. P. **Preservação Ambiental e Crescimento Econômico no Brasil**. In: VII ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 2005. **Preservação Ambiental e Crescimento Econômico no Brasil**. Rio Grande do Sul, 2005.
- GROSSMAN, G. M. and GRIFFITH, J. J. **Applying systemic thinking for teaching disturbed-land reclamation in Brazil**. *Environmental Philosophy*, v.4, n.1,2, p. 163-178, 2007.
- GRIFFITH, J. J. **Cinco subsistemas de recuperação ambiental: Uma proposta de gestão holônica**. In: **Recuperação de áreas mineradas: a visão dos especialistas brasileiros**, ed. José Maria F. Alba (Brasília, DF: Embrapa), 2007.

- GRIFFITH, J. J.; BERDAGUE, C. **Autopoiese urbana e recuperação ambiental**. Saneamento Ambiental, ano 16, n.120, p. 65-70, 2006.
- GROSSMAN, G. M. and KRUEGER, A. B. Economic Growth and The Environment. Quarterly Journal of Economics v. 112, p.p 353-378, 1995.
- GUJARATI, Damodar N. **Econometria básica**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.
- HARBAUGH, William; LEVINSON, Arik; WILSON, David. **Reexamining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve**. *NBER Working Paper 7711*, 2001.
- HERRERO, LUIS. **Desarrollo Sostenible e Economía Ecológica**. Madrid: Sintesis, 1997.
- HOGAN, DANIEL. “Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável”. Lua Nova, São Paulo: Cedec, nº 31, 1993.
- HSIAO, Cheng. **Analysis of panel data**. Cambridge: Cambridge University Press. 1986.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC **Greenhouse gas inventories**: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Manual. Bracknell: United Kingdom Metereogical Office, England, 1995.
- JACOBI, PEDRO (coord.). **Pesquisa sobre problemas ambientais e qualidade de vida na cidade de São Paulo**. São Paulo: Cedec/SEI, 1994.
- KAYA, Y. et al. Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios. In: **INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Energy and industry**: subgroup meeting. Genebra, 1989.
- KRUEGER, A. B. **Environmental Impacts of the North American Free Trade Agreement**. NBER Working Paper 3914, , Cambridge, 1991.
- KUZNETS, S. **Economic Growth and Income Equality**. American Economic Review 45(1).p.1-28.1955.
- MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J; BEHRENS W.W.III. **The limits to growth**. New York, NY: Potomac Associates, 1972.
- REES, WILLIAM. **Defining sustainable development**. Vancouver: University of British Columbia, 1988 (Background paper).
- RICHARDSON, G.P. **Feedback thought in social science and systems theory**. Waltham, MA: Pegasus Communications, 1991.
- SACHS, IGNACY. **Estratégias de Transição para o Século XXI- Desenvolvimento e Meio Ambiente**. São Paulo: Studio Nobel/Fundap, 1993.
- SENGE, P.M. **A quinta disciplina: arte, teoria e prática da organização de aprendizagem**. 12. ed. São Paulo, SP: Best Seller, 1990.
- SANTIN, M. F. **Os impactos da demanda por crédito de carbono sobre o mercado de certificações de reduções de emissões no Brasil, no âmbito do Protocolo de Quioto**. Dissertação (Mestrado).Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2008.

SCHUBERT, R., DIETZ, S. **Environmental Kuznets Curve, Biodiversity and Sustainability**. ZEF-University of Bonn – Discussion Papers on Development Policy Bonn, 2001.

UMPLEBY, S.A.; DENT. **The origins and purposes of several traditions in systems theory and cybernetics**. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, v.30, p.9-103, 1999.

WALDROP, M. M. *Complexity: the emerging science at the edge of order and chaos*. New York, NY: Touchstone, 1992.

WHITE, RODNEY and WHITNEY, JOSEPH. **Cities and the environment: an overview**. *Sustainable cities*. Boulder: Westview Press, 1992 (ed. by White, Whitney and Stren).

WORLD BANK. **World Development Indicators (WDI) Focuses on Progress Toward the Millennium Development Reports**. 2010.

YOUNG, C. **Trade and the Environment: Linkages between Competitiveness and Industrial Pollution in Brazil**, in: Munasinghe, M. (ed.) *Report to the Research Project Making Long-Term Growth More Sustainable: Brazil Country Case Study*, The World Bank, Washington, 2002.

### 7.1. – Sites Consultados

ALBRECHT, J.; FRANÇOIS, D.; SCHOORS, K. **A shapely decomposition of carbon emissions without residuals**. Bélgica: Ghent University, 2001. Disponível em: <[http://www.feb.ugent.be/fac/research/WP/Papers/wp\\_01\\_123.pdf](http://www.feb.ugent.be/fac/research/WP/Papers/wp_01_123.pdf)>. Acesso em: jan. 2012.

BANCO MUNDIAL. Disponível em: <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/0,,menuPK:476823~pagePK:64165236~piPK:64165141~theSitePK:469372,00.html>. Acesso em julho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Managing Climate Risk: Integrating Adaptation into World Bank Group Operations. 2006**. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/GLOBALENVIRONMENTFACILITYGEFOPEARATIONS/Resources/Publications-Presentations/GEFAdaptationAug06.pdf>. Acesso em maio de 2007.

BNDES. **Efeito estufa e a Convenção sobre Mudanças Climáticas**, 1999. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/especial/clima.pdf>.

CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER – CDIAC. Disponível em: <http://cdiac.ornl.gov/>. Acesso em maio de 2009.

CGSDI - CONSULTATIVE GROUP ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT ÍNDICES, DASHBOARD. Disponível em <[www.cgsdi.org](http://www.cgsdi.org)>. Acesso em: junho de 2010.

CONFERÊNCIA DAS PARTES DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA, 2006. Disponível <http://200.130.9.7/clima/negoc/Default.htm>. Acesso em junho de 2011.

CORDANI, Umberto. Geologia e Desenvolvimento. **Revista Ciência OnLine**, Ano II, nº 07. Agosto de 2003. Disponível em: <[www.cienciaonline.org](http://www.cienciaonline.org)>. Acesso em out. 2004.

EISENACK, K.; LÜDEKE, M.; KROPP, J. Construction of archetypes as a formal method to analyze social-ecological systems. In: IDGEC SYNTHESIS CONFERENCE: INSTITUTIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE FACE OF GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE, 2006, Bali. Panel paper...Santa Barbara, CA: UCSB, 2006. Disponível em: <[http://www2.bren.ucsb.edu/idgec/papers/Klaus\\_Eisenack.pdf](http://www2.bren.ucsb.edu/idgec/papers/Klaus_Eisenack.pdf)>. Acesso em: 19 mar. 2012.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. **International Energy Outlook 2006**- EUA Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/>. Acesso em junho de 2009.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. **International Energy Outlook 2007**- EUA Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html>. Acesso em junho de 2011.

ETHERIDGE, D.M. et al. Historical CO<sub>2</sub> records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores" em: **A Compendium of Data on Global Change**. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 1998. Disponível em: [cdiac.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html](http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html). Acesso em fev. 2007. EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2007. Disponível em: <http://www.euromonitor.com/countryfolders.aspx>. Acesso em julho de 2011.

GEO - *GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK* . **Estado do meio ambiente e retrospectiva política: 1972 –2002**. 2003. Disponível em: [www2.ibama.gov.br/~geobr/geo3-port/geo3port/cap2\\_%20terra.pdf](http://www2.ibama.gov.br/~geobr/geo3-port/geo3port/cap2_%20terra.pdf) . Acesso em fevereiro de 2010.

GUTIERREZ, Maria B.; MENDONÇA, Mário Jorge C. O efeito estufa e o setor energético brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto para discussão Nº 719. Rio de Janeiro, abril de 2000. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/pub/td/2000/td\\_0719.pdf](http://www.ipea.gov.br/pub/td/2000/td_0719.pdf)

GUTIERREZ, Maria B.; MENDONÇA, Mário Jorge C. O efeito estufa e o setor energético brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Texto para discussão Nº 719**. Rio de Janeiro, abril de 2000. Disponível em [http://www.ipea.gov.br/pub/td/2000/td\\_0719.pdf](http://www.ipea.gov.br/pub/td/2000/td_0719.pdf)

IBPS - INSTITUTO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E DIREITO AMBIENTAL . Disponível em [www.ibps.com.br](http://www.ibps.com.br). Acesso em outubro de 2004.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC Special Report on Emissions Scenarios, 1992. Disponível em: <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/034.htm>. Acesso em maio de 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE . Greenhouse gas inventories: **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Manual**. Bracknell: United Kingdom Metereogical Office, Inglaterra, 1995.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Aspectos Regionais e Setoriais da Contribuição do Grupo de Trabalho II ao 4º Relatório de Avaliação "Mudança Climática 2007" do IPCC. 2007. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/iea/online/midiateca/mudglobais/index.html>. Acesso em julho de 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Aspectos Regionais e Setoriais da Contribuição do Grupo de Trabalho II ao 4º Relatório de Avaliação "Mudança

Climática 2007" do IPCC. 2007. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/iea/online/midiateca/mudglobais/index.html>. Acesso em julho de 2007.

KAPPEL, R; STAUB, P.; GRÜNTTER. J.M. Simulating the market for greenhouse gas emission reductions: **the CERT model**. Heldswil: Grütter Consulting, 2002.

KARAKAYA, Etem; ÖZÇAG, Mustafa. Driving forces of CO<sub>2</sub> emissions in Central Asia: a decomposition analysis of air pollution from fossil fuel combustion. **Arid Ecosystems Journal**, v. 11, n. 26-27, p. 49-57, Aug 2005. Disponível em: <[http://www.econturk.org/Turkisheconomy/arid\\_paper.pdf](http://www.econturk.org/Turkisheconomy/arid_paper.pdf)>. Acesso em: ago. 2011.

KAYA, Y. et al. **Impact of carbon dioxide emission control on gnp growth**: interpretation of proposed scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change Energy and Industry Subgroup Meeting, Genebra, 1989.

MACK, M.C., *et al.* 2004. Ecosystem carbon storage in arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization. Revista *Nature* **431**(Sept. 23):440– 443. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/nature02887>. Acesso em maio de 2007.

MARLAND, G., BODEN, Boden, ANDRES, R. J. "Global, Regional, and National CO<sub>2</sub> Emissions." Em: *A Compendium of Data on Global Change*.

Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 2003 [http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre\\_glob.htm](http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.htm)

MURASSAWA, M. Mendes. Aquecimento global: ficção *versus* realidade. Disponível em <[www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)>. Acesso em dezembro de 2004.

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*. *Glaciers surge when ice shelf breaks up*. Disponível em <<http://www.gsfc.nasa.gov/topstory/2004/0913larsen.html>>. Acesso em dezembro de 2004.

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*, EUA. Disponível em <<http://www.noaa.gov>>. Acesso em dezembro de 2004.

PASTUCO, João A. M. Planejamento de Longo Prazo. **Revista Economia e Energia**, nº35, nov-dez 2002. Disponível em: <http://ecen.com/eee35/planej-log-praz.htm>. Acesso em mar 2010.

PINHEIRO, Flavio Cotrim. Mudança Global do Clima: **ciência e políticas públicas**. Revista Ciência Moleculares, nº 2. Dezembro de 20 05. Disponível em [http://revista.cecm.usp.br/arquivo/2005dez/artigos/mudancas\\_climaticas](http://revista.cecm.usp.br/arquivo/2005dez/artigos/mudancas_climaticas) *proposed scenarios*. Intergovernmental Panel on Climate Change Energy and Industry Subgroup Meeting, Genebra, 1989.

PROTOCOLO DE QUIOTO. The UN Framework Convention on Climate Change. 1997. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Acesso: Fev/2007.

ROSA, Luiz Pingueli et al. Contribuições históricas por países nas emissões de três gases de efeito estufa. UFRGS, 2012. Disponível em: <http://www.ivig.coppe.ufrj.br/doc/2o%20relatorio%20MCT.pdf>. Acesso em fev. 2012.

ROSON, Roberto. Modelling the economic impact of climate change. Ecological and Environmental Economics Programme, University of Venice, Fondazione Eni Enrico Mattei, Italy. Working Papers Series, nº 9, 2003.

SANTIN, M. F. ALVIM, A. M. **Impactos Do Crescimento Econômico Sobre o Aquecimento Terrestre; A Contribuição dos Países em Desenvolvimento.** Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2007.

STERN, Nicholas. Stern Review Report on the Economics of Climate Change. 2006. Disponível em : [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm). Acesso em fev. 2012.

THE INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2006. Energy Information Administration. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/> . Acesso em mar. 2007.

**ANEXO 1****Tabela 01 - Regressão - Efeito fixos - Variável Dependente CO<sub>2</sub> kt**

```
xtreg lnco2kt lnco2int  popgrw lngdppc lnfossilfuel, fe
```

Fixed-effects (within) regression  
Group variable: id

Number of obs = 4198  
Number of groups = 202

R-sq: within = 0.6583  
between = 0.0072  
overall = 0.2633

Obs per group: min = 17  
avg = 20.8  
max = 21

F(4,3992) = 1922.61  
Prob > F = 0.0000

corr(u\_i, Xb) = -0.7592

---

lnco2kt	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnco2int	1.269205	.0220869	57.46	0.000	1.225902	1.312508
popgrw	.0006713	.0003783	1.77	0.076	-.0000704	.001413
lngdppc	.0333343	.0190603	1.75	0.080	-.0040346	.0707031
lnfossilfuel	.0196179	.0194616	1.01	0.314	-.0185377	.0577736
_cons	1.189	.1798155	6.61	0.000	.8364616	1.541539

---

sigma\_u | 2.5560178  
sigma\_e | 1.5205392  
rho | .7386128 (fraction of variance due to u\_i)

---

F test that all u\_i=0: F(201, 3992) = 21.20 Prob > F = 0.0000

**Tabela 02 - Estimativa Regressão - Efeitos aleatórios - Variável Dependente CO<sub>2</sub> kt**

```
estimates store fixed
```

```
. xtreg lnco2kt lnco2int  popgrw lngdppc lnfossilfuel, re
```

Random-effects GLS regression  
Group variable: id

Number of obs = 4198  
Number of groups = 202

R-sq: within = 0.6189  
between = 0.0114  
overall = 0.3137

Obs per group: min = 17  
avg = 20.8  
max = 21

Random effects u\_i ~ Gaussian  
corr(u\_i, X) = 0 (assumed)

Wald chi2(4) = 3506.90  
Prob > chi2 = 0.0000

---

lnco2kt	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
lnco2int	1.098489	.0258957	42.42	0.000	1.047734	1.149244
popgrw	.0028986	.0003148	9.21	0.000	.0022815	.0035156
lngdppc	.01797	.0187974	0.96	0.339	-.0188722	.0548122
lnfossilfuel	-.2569067	.0213077	-12.06	0.000	-.2986689	-.2151444
_cons	2.396052	.1741872	13.76	0.000	2.054652	2.737453

---

sigma\_u | .43781856  
sigma\_e | 1.5205392  
rho | .07655998 (fraction of variance due to u\_i)

---

.

**Tabela 3 – Teste de Hausman – Efeitos fixos**

```
hausman fixed ., sigmamore
```

	---- Coefficients ----			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	fixed	.	Difference	S.E.
lnco2int	1.269205	1.098489	.1707161	.0090823
popgrw	.0006713	.0028986	-.0022273	.0003491
lngdppc	.0333343	.01797	.0153643	.0144044
lnfossilfuel	.0196179	-.2569067	.2765246	.0114313

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg  
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic  
chi2(4) = (b-B)'[(V\_b-V\_B)^(-1)](b-B)  
= 1479.57  
Prob>chi2 = 0.0000

**Tabela 04 - Regressão - Efeito fixos - Variável Dependente pm10**

```
xtivreg lnpm10 l.lnmpm10 lnco2int lnfossilfuel popgrw (lngdppc = l3.popgrw
l3.gdp_1 l3.gdp pc2 l3.gdppc3 l3.kgperppp l3.density l3.co2int l3.fossilfuel
l3.gdppc ), fe
```

```
Fixed-effects (within) IV regression      Number of obs      =      3540
Group variable: id                       Number of groups   =      202

R-sq:  within = 0.7041                    Obs per group: min =      9
      between = 0.2796                    avg =                17.5
      overall  = 0.4569                    max =                18

Wald chi2(5) = 82143.57
corr(u_i, Xb) = -0.5777                    Prob > chi2        = 0.0000
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
lnpm10						
lngdppc	.0108886	.041532	0.26	0.793	-.0705126	.0922898
lnpm10						
L1.	.4592723	.0141279	32.51	0.000	.4315822	.4869624
lnco2int	.1221413	.019585	6.24	0.000	.0837554	.1605273
lnfossilfuel	.6320259	.0182684	34.56	0.000	.5955805	.6671913
popgrw	.000651	.0003766	1.73	0.084	-.0000871	.0020291
_cons	-.434961	.3025808	-1.44	0.151	-1.028008	.1580864
sigma_u	1.8521609					
sigma_e	1.2733629					
rho	.6790443	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0:      F(201,3333) = 10.42      Prob > F = 0.0000
```

```
Instrumented:  lngdppc
Instruments:  L.lnmpm10 lnco2int lnfossilfuel popgrw L3.popgrw L3.gdp_1 L3.gdppc2
L3.gdppc3
L3.kgperppp L3.density L3.co2int L3.fossilfuel L3.gdppc
```



**Tabela 05 - Teste de Sargan-Hansen – Efeitos Fixos (série/tempo) – Variável dependente pm10**

```

xtoverid
Test of overidentifying restrictions:
Cross-section time-series model: xtivreg fe
Sargan-Hansen statistic 11.355 Chi-sq(8) P-value = 0.1824

. xtivreg lnpm10 l.lnmpm10 lnco2int lnfossilfuel popgrw yr1992- yr2007 (lngdppc
= l3.popgrw l3.gdp_1 l3.gdppc2 l3.gdppc3 l3.kgperppp l3.density l3.co2int
l3.fossilfuel l3.gdppc ), fe

Fixed-effects (within) IV regression      Number of obs      =      3540
Group variable: id                       Number of groups   =      202

R-sq:  within = 0.8705                    Obs per group: min =      9
      between = 0.8725                      avg =      17.5
      overall = 0.8692                      max =      18

corr(u_i, Xb) = 0.0164                    Wald chi2(21)     = 190991.66
                                           Prob > chi2       = 0.0000

```

	lnpm10	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
	lngdppc	.008295	.0276857	0.30	0.764	-.045968 .0625579
	lnpm10					
	L1.	.7290854	.0116746	62.45	0.000	.7062035 .7519672
	lnco2int	.0607653	.0213575	2.85	0.004	.0189054 .1026252
	lnfossilfuel	.1357567	.0175844	7.72	0.000	.1012919 .1702215
	popgrw	.0000718	.0002542	0.28	0.778	-.0004264 .00057
	yr1992	.4555835	.0846453	5.38	0.000	.2896818 .6214853
	yr1993	.4872479	.0827048	5.89	0.000	.3251495 .6493462
	yr1994	.5459014	.0839855	6.50	0.000	.3812929 .7105098
	yr1995	.5160493	.0846466	6.10	0.000	.350145 .6819536
	yr1996	.5215494	.0832333	6.27	0.000	.3584151 .6846837
	yr1997	.5212141	.0834698	6.24	0.000	.3576162 .684812
	yr1998	.4146672	.0838667	4.94	0.000	.2502915 .5790429
	yr1999	.5050985	.083623	6.04	0.000	.3412005 .6689965
	yr2000	.5297427	.0842691	6.29	0.000	.3645782 .6949071
	yr2001	.5083363	.0841578	6.04	0.000	.34339 .6732825
	yr2002	.4786909	.0841241	5.69	0.000	.3202108 .643571
	yr2003	.390737	.0838487	4.66	0.000	.2263965 .5550775
	yr2004	.4437166	.083288	5.33	0.000	.2804751 .6069582
	yr2005	.4551626	.0832217	5.47	0.000	.2920512 .6182741
	yr2006	.6337357	.1133503	5.59	0.000	.4115732 .8558981
	yr2007	-5.083133	.095041	-53.48	0.000	-5.26941 -4.896856
	_cons	.3216695	.2009751	1.60	0.109	-.0722345 .7155736

```

-----
sigma_u | .50418418
sigma_e | .84456715
rho     | .26274202 (fraction of variance due to u_i)
-----

```

```

F test that all u_i=0:      F(201,3317) =      1.33      Prob > F      = 0.0017
-----

```

```

Instrumented:  lngdppc
Instruments:  L.lnmpm10 lnco2int lnfossilfuel popgrw yr1992 yr1993 yr1994 yr1995
yr1996 yr1997
              yr1998 yr1999 yr2000 yr2001 yr2002 yr2003 yr2004 yr2005 yr2006
yr2007 L3.popgrw
              L3.gdp_1 L3.gdppc2 L3.gdppc3 L3.kgperppp L3.density L3.co2int
L3.fossilfuel
              L3.gdppc
-----

```

**Tabela 06 -Teste de Sargan-Hansen – Efeitos Fixos – Variável dependente pm10**

```

. xtoverid
Test of overidentifying restrictions:
Cross-section time-series model: xtivreg fe
Sargan-Hansen statistic   7.755   Chi-sq(8)       P-value = 0.4578

. xtabond lnpm10 l(0/1).(lnco2int  popgrw lnfossilfuel) , lags( 1) maxldep(2)
maxlags() endogenous( lngdppc, lag(1,.)) twostep artests(2)

Arellano-Bond dynamic panel-data estimation   Number of obs       =       3771
Group variable: id                             Number of groups    =        202
Time variable: year

Obs per group:   min =         14
                  avg =      18.66832
                  max =         19

Number of instruments =      196                Wald chi2(9)        =      6.18e+07
                                                Prob > chi2         =      0.0000

Two-step results
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
      lnpm10 |           Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
      lnpm10 |
      L1. |   .1649542   .0001185   1392.23   0.000   .164722   .1651864
      |
      lngdppc |
      --. |   .0457067   .0001552   294.51   0.000   .0454025   .0460109
      L1. |  -.1043108   .0002317  -450.15   0.000  -.104765  -.1038566
      |
      lnco2int |
      --. |   .1676411   .0005032   333.14   0.000   .1666548   .1686274
      L1. |   .9227265   .0020602   447.89   0.000   .9186887   .9267644
      |
      popgrw |
      --. |   .0007897   3.32e-06   237.90   0.000   .0007832   .0007962
      L1. |   .0008131   3.89e-06   209.16   0.000   .0008055   .0008207
      |
      lnfossilfuel |
      --. |   .2774582   .0011488   241.52   0.000   .2752066   .2797097
      L1. |  -.1145794   .0002073  -552.70   0.000  -.1149858  -.1141731
      |
      _cons |   .1523566   .00509     29.93   0.000   .1423805   .1623327
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

Instruments for differenced equation
      GMM-type: L(2/3).lnpm10 L(2/.) .L.lngdppc
      Standard: D.lnco2int LD.lnco2int D.popgrw LD.popgrw D.lnfossilfuel
      LD.lnfossilfuel
Instruments for level equation
      Standard: _cons

. estat sargan
Sargan test of overidentifying restrictions
      H0: overidentifying restrictions are valid

      chi2(186)   =   200.4521
      Prob > chi2 =   0.2221

. estat abond

Arellano-Bond test for zero autocorrelation in first-differenced errors
+-----+-----+-----+
|Order | z      Prob > z|
+-----+-----+
|  1   |-10.144  0.0000 |
|  2   |-.93851  0.3480 |
+-----+-----+
H0: no autocorrelation

```

**Tabela 07 – Estimativa dinâmica de Arellano-Bond – Painel data – Variável dependente pm10**

```
. xtabond lnpm10 l(0/1).(lnco2int popgrw lnfossilfuel) yr1992- yr2007, lags( 1)
maxldep(3) maxlags() endogenous( lngdppc, lag(1,.)) twostep artests(2)
```

```
Arellano-Bond dynamic panel-data estimation Number of obs = 3771
Group variable: id Number of groups = 202
Time variable: year
Obs per group: min = 14
                avg = 18.66832
                max = 19
```

```
Number of instruments = 226 Wald chi2(25) = 5.17e+07
Prob > chi2 = 0.0000
```

Two-step results

lnpm10	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
lnpm10					
L1.	.2266737	.0004375	518.15	0.000	.2258163 .2275311
lngdppc					
--.	.0937725	.0005394	173.86	0.000	.0927153 .0948296
L1.	-.221866	.0009443	-234.96	0.000	-.2237167 -.2200152
lnco2int					
--.	.4391417	.0013038	336.82	0.000	.4365863 .441697
L1.	.1072239	.0036133	29.68	0.000	.100142 .1143057
popgrw					
--.	.0004858	.0000127	38.12	0.000	.0004608 .0005108
L1.	.0011288	.0000157	71.83	0.000	.001098 .0011596
lnfossilfuel					
--.	.2008403	.0027556	72.89	0.000	.1954394 .2062411
L1.	.2859813	.0011129	256.97	0.000	.2838001 .2881626
yr1992	-.2076301	.0016554	-125.42	0.000	-.2108747 -.2043855
yr1993	-.2075549	.0058124	-35.71	0.000	-.2189471 -.1961627
yr1994	-.183381	.0042497	-43.15	0.000	-.1917103 -.1750517
yr1995	-.1573223	.0051708	-30.43	0.000	-.1674568 -.1471877
yr1996	-.1258005	.0055006	-22.87	0.000	-.1365815 -.1150195
yr1997	-.1188281	.0059311	-20.03	0.000	-.1304529 -.1072033
yr1998	-.1722678	.0060156	-28.64	0.000	-.1840582 -.1604773
yr1999	-.1266887	.0060232	-21.03	0.000	-.2024941 -.1148834
yr2000	-.0871142	.0060893	-14.31	0.000	-.0990491 -.0751793
yr2001	-.0732341	.0057618	-12.71	0.000	-.0845271 -.0619412
yr2002	-.0913729	.0057918	-15.78	0.000	-.1027247 -.0800211
yr2003	-.1934774	.0056429	-34.29	0.000	-.2045372 -.1824176
yr2004	-.2343564	.0060414	-38.79	0.000	-.2461973 -.2225154
yr2005	-.2362066	.0060666	-38.94	0.000	-.248097 -.2243162
yr2006	1.411664	.0064789	217.89	0.000	1.398966 1.424363
yr2007	-3.620696	.0067741	-534.49	0.000	-3.633973 -3.607419
_cons	.8885511	.0077279	114.98	0.000	.8734047 .9036976

Instruments for differenced equation

GMM-type: L(2/4).lnpm10 L(2/.).L.lngdppc

Standard: D.lnco2int LD.lnco2int D.popgrw LD.popgrw D.lnfossilfuel

LD.lnfossilfuel

D.yr1992 D.yr1993 D.yr1994 D.yr1995 D.yr1996 D.yr1997 D.yr1998

D.yr1999

D.yr2000 D.yr2001 D.yr2002 D.yr2003 D.yr2004 D.yr2005 D.yr2006

D.yr2007

Instruments for level equation

Standard: \_cons

```
. estat sargan
Sargan test of overidentifying restrictions
H0: overidentifying restrictions are valid

chi2(200) = 201.078
Prob > chi2 = 0.4653
```

```
. estat abond
```

```
Arellano-Bond test for zero autocorrelation in first-differenced errors
```

```
+-----+
|Order | z      Prob > z|
+-----+-----+
|  1  |-9.7553 0.0000 |
|  2  | 2.6408 0.0083 |
+-----+-----+
```

```
H0: no autocorrelation
```

### Tabela 08 – Média - Painel série/tempo

```
. sum
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
country	0				
id	4242	101.5	58.31854	1	202
year	4242	1998	6.056015	1988	2008
co2kg2000	4198	94.32373	110.8894	1	525
co2kg2005	4198	36.87256	38.0347	1	220
kgperppp	4198	44.0767	46.1294	1	255
co2kt	4198	1131.773	857.6308	1	2692
co2percap	4198	345.5071	378.3282	1	1183
co2fuelcons	4198	398.8418	526.185	1	1671
co2int	4198	131.4964	122.7118	1	415
pm10	4191	1030.646	859.9527	1	2659
cleanener	4198	323.6329	411.9488	1	1311
combren	4198	439.848	531.8352	1	1694
combrentons	4198	448.4233	531.4738	1	1616
fossilfuel	4198	736.5917	738.9716	1	2101
gdpperunit~p	4198	238.863	239.9192	1	822
gdp2000	4198	1756.731	1140.478	1	3745
gdppcap2000	4198	1743.211	1135.326	1	3728
growth	4198	215.6003	119.7733	1	481
density	4198	1738.48	1019.873	1	3521
popgrw	4198	306.3025	129.7865	1	624
gdp	4198	1756.731	1140.478	1	3745
gdp2	4198	4386484	4206724	1	1.40e+07
gdp3	4198	1.23e+10	1.48e+10	1	5.25e+10
gdp_1	4197	1756.571	1140.567	1	3745
gdpgrw	4156	41.20341	315.2702	-.9997261	3729
lngdp	4198	6.781709	1.990574	0	8.228177
gdppc	4198	1756.731	1140.478	1	3745
gdppc2	4198	4386484	4206724	1	1.40e+07
gdppc3	4198	1.23e+10	1.48e+10	1	5.25e+10
lnco2pc	4198	4.402999	2.360478	0	7.075809
yr1988	4242	.047619	.212984	0	1
yr1989	4242	.047619	.212984	0	1
yr1990	4242	.047619	.212984	0	1
yr1991	4242	.047619	.212984	0	1

yr1992		4242	.047619	.212984	0	1
yr1993		4242	.047619	.212984	0	1
yr1994		4242	.047619	.212984	0	1
yr1995		4242	.047619	.212984	0	1
yr1996		4242	.047619	.212984	0	1
-----						
yr1997		4242	.047619	.212984	0	1
yr1998		4242	.047619	.212984	0	1
yr1999		4242	.047619	.212984	0	1
yr2000		4242	.047619	.212984	0	1
yr2001		4242	.047619	.212984	0	1
-----						
yr2002		4242	.047619	.212984	0	1
yr2003		4242	.047619	.212984	0	1
yr2004		4242	.047619	.212984	0	1
yr2005		4242	.047619	.212984	0	1
yr2006		4242	.047619	.212984	0	1
-----						
yr2007		4242	.047619	.212984	0	1
yr2008		4242	.047619	.212984	0	1
lnkgperppp		4198	2.938026	1.682552	0	5.541264
lnpm10		4191	5.356163	3.002286	0	7.885705
lnfossilfuel		4198	4.443777	3.248043	0	7.650169
-----						
lnco2int		4198	3.282377	2.540939	0	6.028278
lngdppc		4198	6.781709	1.990574	0	8.228177
lngdppc2		4198	13.56342	3.981148	0	16.45635
lngdppc3		4198	20.34513	5.971722	0	24.68453
_est_fixed		4242	.9879774	.1089995	0	1
-----						
lnco2kt		4198	5.873869	2.596391	0	7.89804