

DESACOPLAMENTO ENTRE AS EMISSÕES DE CO₂ E O PIB

Y.R.S.Lima¹; T.S.Machado²; J.J.A.Rangel^{2*}

1 Instituto Federal Fluminense, 28030-131, Campos dos Goitacazes - RJ, Brasil.

2 Universidade Candido Mendes, 28030-335, Campos dos Goitacazes - RJ, Brasil.

* joao.rangel@ucam-campos.br

Artigo submetido em 06/09/2016 e aceito em 15/12/2016

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a variação das taxas de emissão de CO₂ e do PIB per capita, identificando as possíveis interações existentes entre eles. Para isto, foram utilizados dados da Agência Internacional de Energia de dois países, Brasil e Estados Unidos, país com o maior PIB mundial. Assim, foi possível observar que as emissões de CO₂, por muitos anos, acompanharam o crescimento econômico dos países. Porém, nos Estados Unidos,

o desacoplamento destes dois indicadores já ocorreu em 2007, enquanto no Brasil isto só acontece em 2011. Além disso, são feitas projeções para o futuro das emissões de CO₂ até o ano de 2040, considerando 6 cenários distintos. Com isso, verificou-se que ainda que o preço do petróleo diminuísse, se o crescimento econômico não for desacelerado, a queda das taxas de emissão não seria significativa.

PALAVRAS-CHAVE: emissões, PIB, desacoplamento.

DECOUPLING OF CO₂ EMISSIONS AND GDP

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the variation of CO₂ emissions and GDP per capita throughout the years and identify the possible interaction between them. For this purpose, data from the International Energy Agency was collected on two countries, Brazil and the one with the highest GDP worldwide, the United States. Thus, the results showed that CO₂ emissions have been following the country's economic growth for many years. Howev-

er, these two indicators have started to decouple in the US in 2007 while in Brazil the same happened in 2011. Furthermore, projections for CO₂ emissions are made until 2040, considering 6 probable scenarios. These projections showed that even if the oil price decreases, the emissions will not be significantly affected as long as the economic growth does not decelerate.

KEYWORDS: emissions, GDP, decoupling.

1. INTRODUÇÃO

A Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency – IEA*) publicou em recente relatório o desacoplamento entre o crescimento das emissões globais de gases do efeito estufa (GEE) associado à expansão econômica global (IEA, 2016). A análise mostra, em detalhes, que a correlação direta que existia entre a expansão do produto interno bruto (PIB) global e as emissões de CO₂ equivalente associadas à energia estão dissociadas pelo segundo ano consecutivo. Ou seja, a partir de 2014, iniciou-se uma ruptura no acoplamento que sempre foi registrado entre o PIB global e as emissões de GEE. A IEA chama a atenção que esta informação é otimista do ponto de vista da sustentabilidade do planeta, especialmente ocorrendo logo após a Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP-21), ocorrida no final de 2015, em Paris.

O motivo do otimismo é que, como tudo indica, a eletricidade gerada por fontes renováveis está desempenhando um papel fundamental, sendo responsável por cerca de 90% da expansão da oferta em 2015. Apenas a energia eólica foi responsável por mais da metade do crescimento da geração elétrica. Em paralelo, a economia global continuou a crescer mais de 3%, oferecendo mais evidências de que a ligação entre crescimento econômico e crescimento das emissões está enfraquecendo (IEA, 2016).

Autores como Freitas e Kaneko (2011) e Zhang e Da (2015) realizaram estudos buscando encontrar os meios eficazes para reduzir a intensidade de emissões de carbono (relação entre CO₂ e PIB) no Brasil e na China, respectivamente. Os resultados encontrados nos trabalhos indicam que o mix de energia é o principal determinante da redução de emissões. Além disso, as modificações na estrutura da economia também estão associadas à mitigação de emissões. Dentro deste contexto, aparece o uso de novas energias renováveis aplicados ao setor residencial.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar as taxas de emissão de CO₂ em conjunto com a variação do PIB per capita avaliando as possíveis interações existentes. Através de dados recentes obtidos da IEA foram feitas correlações com foco principal nos países estudados, Brasil e EUA, escolhido por ter o maior PIB do mundo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Algumas definições são importantes para o entendimento da análise realizada neste trabalho. Estas definições são apresentadas nos tópicos 2.1 a 2.4.

2.1. Desacoplamento CO₂ X PIB

A demanda de energia de um local e as emissões de CO₂ relacionadas a ela são geralmente associadas à população e sua atividade econômica, medida através do PIB. Porém, dados recentes mostraram que nos anos de 2014 e 2015 o crescimento econômico foi possível sem que houvesse aumento nas emissões de CO₂. Nos últimos 40 anos, de acordo com os dados sobre emissões coletados pela Agência Internacional de Energia (IEA), foi observado que houve queda ou estabilização das emissões apenas em quatro períodos. Em três destes períodos, a queda nas emissões é explicada por crises mundiais, enquanto a estabilização aconteceu nos anos de 2014 e 2015. A Figura 1 mostra o comportamento das emissões de CO₂ no mundo, entre os anos de 1975 e 2015, com dados do IEA.

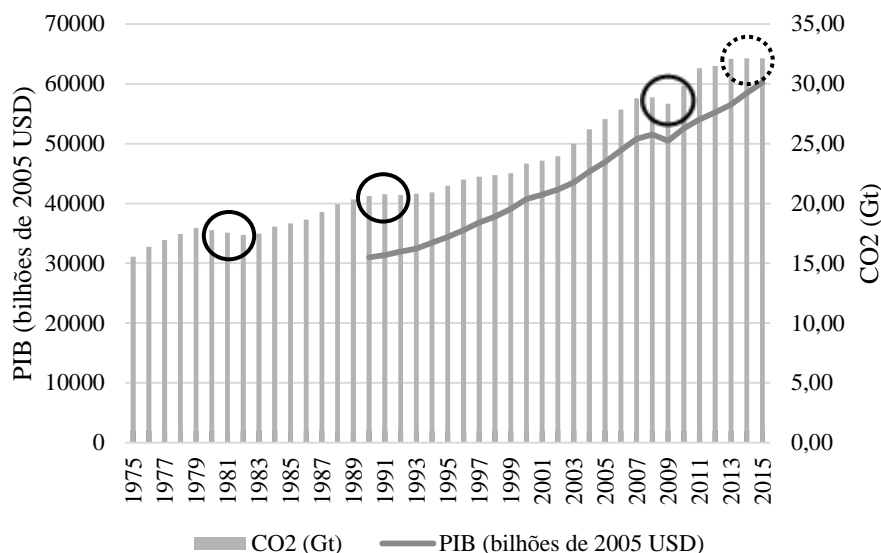


Figura 1 - Emissões de CO₂, em Gt, e PIB, em bilhões de 2005 USD, entre os anos de 1975 e 2015.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados da IEA.

Na Figura 1 pode ser observado que as emissões de CO₂, até o ano de 2014, seguiram a variação do PIB mundial. As quedas nas emissões observadas, e demarcadas no gráfico por uma circunferência de linha contínua, no início dos anos 80, 1992 e 2009 são explicadas por crises mundiais, nas quais houve retração da economia mundial. Por outro lado, em 2014 e 2015 houve um crescimento econômico mundial de 3,4% e 3,1%, respectivamente, sem que as emissões ultrapassassem os 32,1 Gt (IEA, 2016), como evidenciado na marcação pontilhada no gráfico. Isto pode ser explicado pois 90% da geração da eletricidade que alimentou a nova demanda energética em 2015 foi realizada através de fontes renováveis, principalmente eólica. Apesar do baixo preço atual do petróleo – em torno dos \$ 36,79 – a preferência pela geração de energia limpa mostra que as políticas mundiais para mitigação das mudanças climáticas ocasionadas pela emissão de gases de efeito estufa estão atingindo a população.

Estas políticas energéticas mundiais também têm sido efetivas do ponto de vista demográfico em muitos países desenvolvidos. Assim como o PIB, o crescimento da população também impulsiona o consumo de energia e, conseqüentemente, as emissões relacionadas a ela (IEA, 2015a). Porém, entre os anos de 2000 e 2012, países como a França, Canadá e Reino Unido tiveram um crescimento populacional de 8%, 13,5% e 6,5%, respectivamente, enquanto a energia consumida pelo setor residencial foi menor em 1%, 1% e 11%, respectivamente.

2.2. Gases De Efeito Estufa

Os gases de efeitos estufa (GEE) são os gases que, quando liberados retêm o calor na atmosfera. Vale ressaltar que o efeito estufa é algo natural e que sem ele a temperatura terrestre seria muito baixa, sendo quase impossível a existência de seres humanos na Terra. No entanto, com o aumento das emissões dos GEE, o efeito estufa se agravou e, além de aumentar a temperatura terrestre, ele também faz com que radiações nocivas sejam absorvidas por nós (AUSTRALIAN ACADEMY OF SCIENCE, 2015).

Os principais gases que compõem os GEE são o dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e gases fluorados. O dióxido de carbono (CO₂) é o gás de efeito estufa mais abundante, responsável

por 80% dos gases emitidos em 2014 nos EUA. Sua emissão se dá principalmente através da queima de combustíveis fósseis, lixo sólidos, árvores e produtos de madeira (EPA, 2016)

O segundo GEE mais emitido é o Metano (CH_4), que é proveniente da produção e transporte de carvão, gás e petróleo, além de ser produzido a partir da decomposição dos resíduos orgânicos pela pecuária e outras atividades agrícolas (EPA, 2016).

Em menores concentrações estão o óxido nitroso (N_2O), com um percentual de emissão de 5,5%, proveniente das atividades agrícolas, industriais e da queima dos combustíveis fósseis, e o gás fluorado, principalmente o hidrofluorcarboneto (HFC) que passou a ser utilizado em detrimento do uso do clorofluorcarboneto (CFC). O CFC era considerado um dos maiores prejudiciais à camada de ozônio, mas, estudos apontaram que o HFC interage com os gases do efeito estufa, intensificando suas consequências negativas. Nos EUA, em 2014, 3% dos GEE eram proveniente dos gases fluorados (EPA, 2016), como mostra a Figura 2.

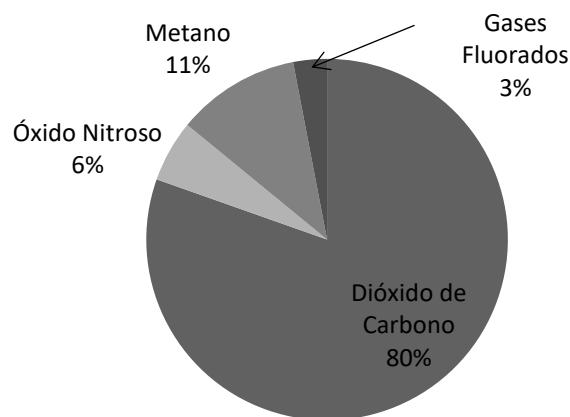


Figura 2 - Emissão de GEE nos EUA em 2014.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do EPA (2016).

2.3. Produto Interno Bruto (PIB)

O PIB é soma de tudo aquilo que é produzido durante um determinado período de tempo. Além disso, há também o Produto Interno Bruto Real, que representa o valor dos bens e serviços produzidos pela nação subtraído do valor dos bens e serviços utilizados em produção (BEA, 2016). A Figura 3 mostra os dez países com maior PIB no mundo.

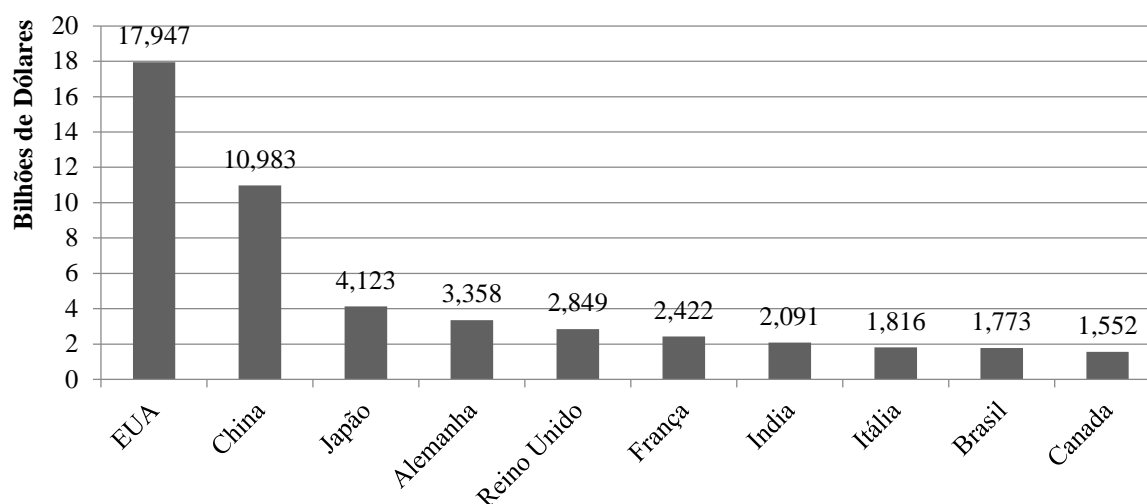


Figura 3 - Os dez maiores PIBs do Mundo.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do World Bank (2015).

Atualmente, existe uma disparidade muito grande entre os EUA e a China em relação aos demais países. Os EUA são a maior economia mundial, e, se fossem somados os oito maiores PIBs (com exceção da China), o valor obtido seria apenas ligeiramente maior que o dos EUA. Seriam necessários cerca de onze Brasis para se igualar à economia Norte-Americana.

O Brasil é atualmente a nona economia mundial. Porém, no ano de 2011 o país alcançou o sexto lugar, sua melhor colocação da história. Não obstante, quando a análise leva em consideração o PIB PPP (Poder de Paridade e Compra) per capita, a realidade apontada é outra, como mostra a Figura 4.

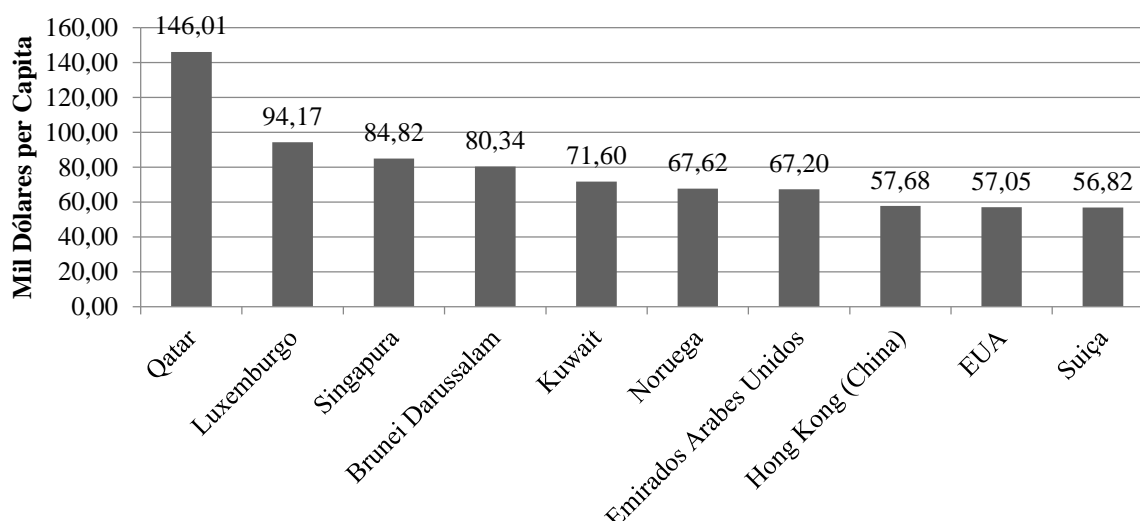


Figura 4: Os 10 maiores PIBs PPP per capita.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IMF (2015).

Analisando a Figura 4, alguns países que não fazem parte do cenário econômico mundial como Brunei Darussalam e Luxemburgo aparecem entre os dez maiores PIBs per capita e gigantes como Alemanha e Reino Unido não aparecem. Uma explicação para tal fato é o critério utilizado pelo IMF (International Monetary Fund), que, além de levar em consideração o PIB, relacionou juntamente com ele o poder de paridade e compra (PPP). Desta forma, custos reais de serviço e a

inflação dos países são levados em consideração em vez de apenas converter a moeda local para o dólar, eliminando assim as diferenças provocadas pela força da moeda local, como se todos países possuíssem a mesma moeda. Se fosse desconsiderado o poder de paridade e compra, os dez maiores PIBs per capita ficariam distribuídos como mostra a Figura 5.

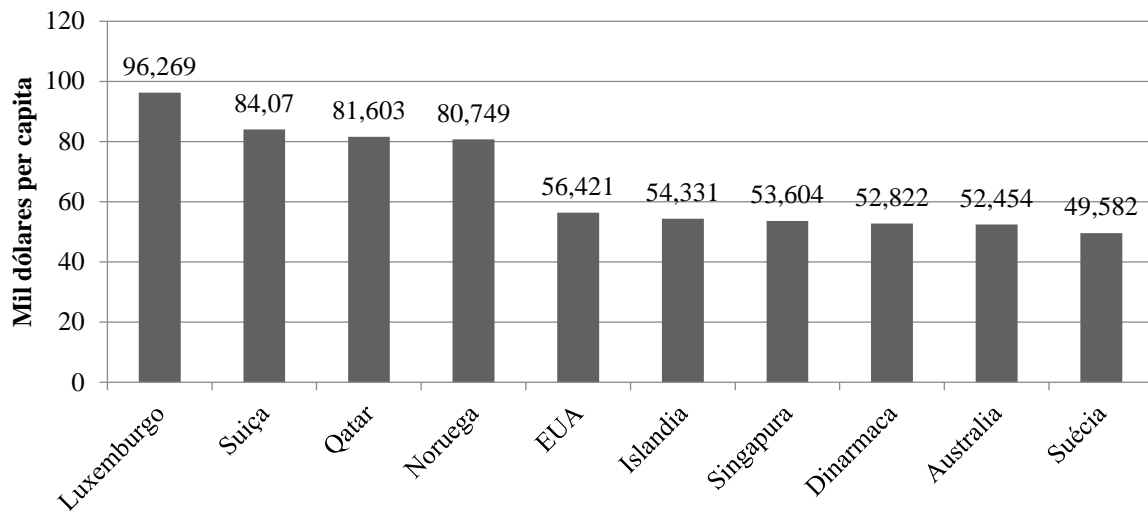


Figura 5 - Os dez maiores PIB per capita do mundo.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IMF (2015).

A Figura 5 desconsidera o poder de paridade e compra (PPP), fazendo com que países com moedas relativamente mais fracas saiam do top 10, ocupando posições inferiores no ranking. Como exemplo temos Brunei Darussalam que vai da 4ª para a 29ª posição, os Emirados Árabes Unidos que da 7ª posição cai para a 23ª e Hong Kong que cai dez posições no ranking, indo para a 18ª colocação. Isto evidencia a influência direta do poder da moeda local na economia e no desenvolvimento do país. Vale ainda ressaltar que, quando desconsidera-se o PPP, os países que ficam no topo do ranking, em sua maioria, possuem o Euro ou o Dólar como moedas oficiais, visto que elas detêm maior poder no mundo.

2.4. Identidade de Kaya

A identidade de Kaya é, segundo Kaya (1997), uma maneira de quantificar as emissões de dióxido de carbono na atmosfera. Esta quantificação provém da variação populacional, do Produto Interno Bruto (PIB), da intensidade energética e da variação da intensidade de CO₂. A partir dessas relações, Yoichi Kaya desenvolveu a seguinte decomposição matemática, representada pela Equação 1.

$$C = P \times \frac{PIB}{P} \times \frac{E}{PIB} \times \frac{C}{E} \quad (1)$$

Onde:

C - Emissões de CO₂, em Mt;

PIB - Produto Interno Bruto, em bilhões de 2005 dólares;

P - População, em milhões;

E – Energia, em Mtoe (mega tonelada de equivalente de petróleo).

Assim:

$\frac{PIB}{P}$ - PIB per capita;

$\frac{E}{PIB}$ - Intensidade Energética;

$\frac{C}{E}$ - Intensidade de Dióxido de Carbono.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Fornecimento Total De Energia Primária

Antes de iniciar uma discussão comparativa sobre as emissões de CO₂ do Brasil e dos Estados Unidos é importante conhecer a matriz energética do país, representada pela IEA através do gráfico TPES (*Total Prime Energy Supply*), que representa as fontes principais de energia primária.

O IEA (2016) evidencia que o Brasil tem uma grande participação em sua matriz de energias renováveis. Segundo o Ministério de Minas e Energias, até 2010 a matriz brasileira era composta em 45% de energias renováveis enquanto a média mundial é de 13%. Além disso, 51% da matriz é ocupada por combustíveis fósseis, enquanto no mundo este valor chega a 81%.

As usinas hidrelétricas são um dos destaques quando se fala em energia "limpa" no Brasil, superiores à opção de geração energética em termelétricas principalmente devido à baixa emissão de GEE (ROSA et al., 2016). Apesar de autores como Fearnside (2016) não acreditarem em hidrelétricas como fontes limpas de energia, no país, 68,6% da energia elétrica produzida é proveniente desta fonte (IEA, 2015b). Um outro ponto forte é o uso de biocombustíveis, principalmente no setor de transportes, com o país entre os três maiores produtores/consumidores, de acordo com Ajanovic e Haas (2014). No entanto, ainda existe uma grande dependência desse setor dos combustíveis fósseis, principalmente do petróleo e seus derivados.

Diferentemente da matriz energética brasileira, a americana possui uma participação muito grande dos combustíveis fósseis. O carvão, petróleo e o gás natural são as principais fontes energéticas. No entanto, investimentos em energias renováveis, como a solar fotovoltaica (IEA, 2015b), têm sido feitos. Nos dias atuais existe uma maior participação na matriz das energias limpas, acrescido ao fato de que a partir de 2007 há uma diminuição do uso da energia em si (IEA, 2016).

Um outro ponto muito importante é a diferença da quantidade energia requerida pelos países. Segundo o IEA (2016), o Brasil tem um gasto energético de aproximadamente 300 Mtoe. Já na matriz Norte-Americana, esse valor passa dos 2000 Mtoe, quase chegando aos 2500 Mtoe. Tal fato acontece principalmente porque o crescimento econômico está fortemente ligado ao consumo energético (BOZOKLU; YILANCI, 2013).

3.2. Comparativo do PIB - Brasil Versus EUA

Quando se fala em diferença econômica entre o EUA e o Brasil, uma forma de demonstrar tal disparidade é comparando o PIB entre eles, como mostrado na Figura 6.

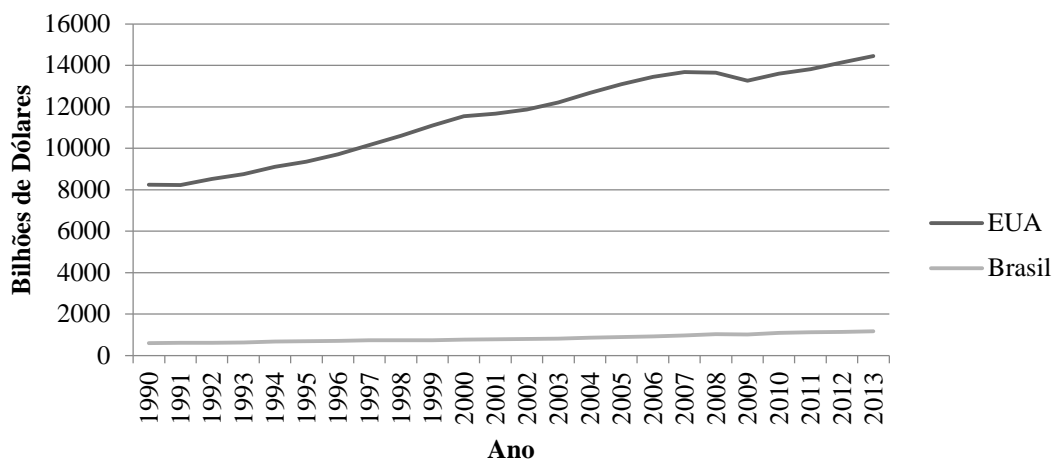


Figura 6 - Comparação entre os PIBs do Brasil e EUA.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

A diferença do Produto Interno Bruto entre os EUA e o Brasil é imensa. Em 2013, o Brasil tinha um PIB de 1166,72 bilhões de dólares enquanto os EUA possuíam um valor quase 10 vezes maior, 14451,52 bilhões de dólares, evidenciando dessa forma a disparidade econômica existente entre os dois países. Essa informação é ratificada quando analisamos também o PIB per capita, como representado na Figura 7.

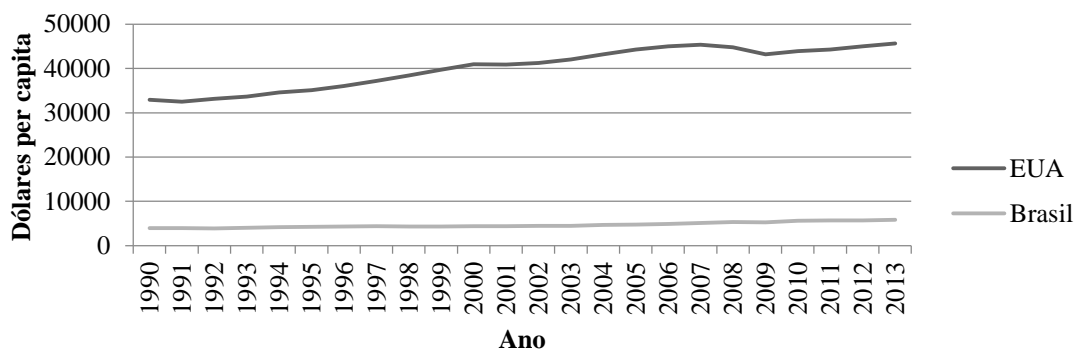


Figura 7 - Comparação entre os PIBs per capita do Brasil e EUA.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

Além de existir uma disparidade econômica confirmada pelas Figuras 6 e 7, outro ponto a ser observado é que, entre 1990 e 2013, a taxa de crescimento econômico dos EUA foi muito superior ao do Brasil. Um único ponto a favor do Brasil nessa análise é que entre os anos de 2008 e 2009, quando houve uma crise mundial, os EUA tiveram uma queda em sua atividade econômica enquanto o Brasil continuou em desenvolvimento.

3.3 Comparação das Emissões de CO₂ - Brasil X EUA

O consumo de energia está diretamente ligado ao desenvolvimento econômico de um país (BOZOKLU; YILANCI, 2013). Uma tendência mundial é que quanto mais um país cresce economicamente maiores são os gastos com energia para suportar este crescimento. Juntamente com o consumo energético estão as emissões de CO₂. Como a maioria das fontes energéticas provém dos

combustíveis fósseis, quanto maior a energia produzida maior a emissão de gases de efeito estufa como o CO₂. A Figura 8 mostra a evolução das emissões de CO₂ no Brasil.

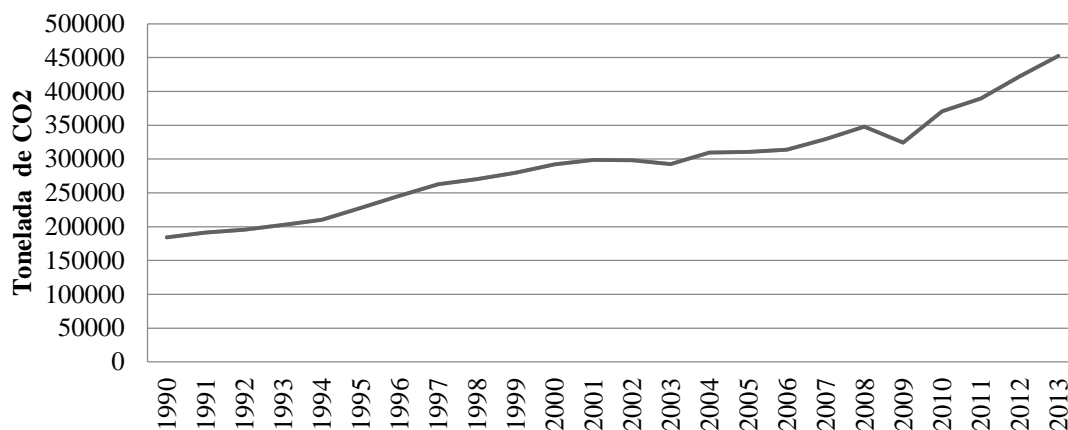


Figura 8 - Emissões de CO₂ no Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

Conforme é visto na Figura 8, as taxas de emissão de CO₂ aumentaram significativamente no Brasil. Entre os anos de 1990 e 2013, a quantidade de CO₂ na atmosfera foi dobrada. Ainda que esses valores de emissão de CO₂, se comparados a potências mundiais, seja pequeno, ele poderia ser menor. Durante anos o grande vilão do aumento das emissões de CO₂ no Brasil foram as queimadas e desmatamento.

Mesmo com uma matriz energética de baixo carbono, as queimadas, além de destruir árvores, que são sequestradores de CO₂, emitem muitos GEE na atmosfera, elevando assim a concentração desse tipo de gás. Medidas têm sido tomadas pelo governo brasileiro para a diminuição do desmatamento e das queimadas. Desde 2004, segundo o INPE, o número de desmatamentos tem diminuído, no entanto, essa tendência não pode parar. Aliado a isso, para que ocorra uma redução da emissão de CO₂ é necessário o investimento público e privado em energias renováveis. O Brasil possui um grande potencial nesse quesito, de acordo com Garcia-Heller, Espinasa e Paredes (2016), que não é explorado da forma correta. O alto custo dessa tecnologia e o desinteresse por parte de algumas empresas, pelo fato do petróleo ainda ser viável economicamente, atrasam o seu crescimento. A Figura 9 mostra a evolução das emissões de CO₂ nos Estados Unidos.

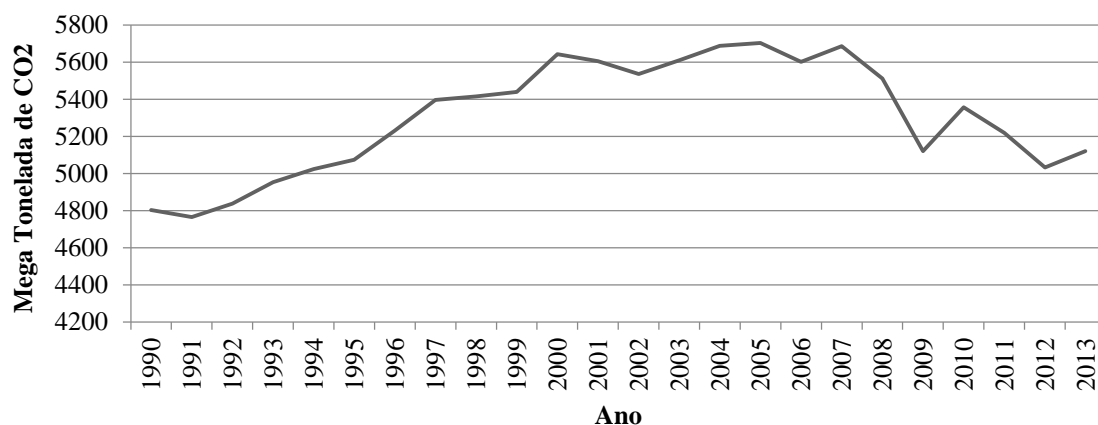


Figura 9 - Emissões de CO₂ nos EUA.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

Os EUA são um dos maiores responsáveis pelas emissões de CO₂ no mundo. Segundo o IEA (2015b), os EUA foram o segundo país que mais emitiu CO₂ ao ambiente ficando atrás apenas da China. A diferença desse indicador, se comparado os EUA com o Brasil, pode ser observada analisando o eixo das ordenadas das Figuras 8 e 9. Enquanto no Brasil os valores são medidos em toneladas de CO₂, o dos EUA é medido em mega tonelada. No entanto, tais valores nos EUA estão caindo. A partir de 2007 a taxa de emissão de CO₂ reduz consideravelmente ao longo dos anos em contrapartida a economia cresce como mostra os gráficos 5 e 6. Isso mostra que o EUA chegou em um patamar de eficiência energética onde o país consegue manter sua economia crescendo, gastando menos energia, principalmente de origem fóssil, e conseqüentemente gerando menos CO₂.

3.4. Correlação entre Emissão de CO₂ X PIB

A evolução das emissões de CO₂ e do PIB no Brasil, entre os anos de 1990 e 2013, está representada na Figura 10.

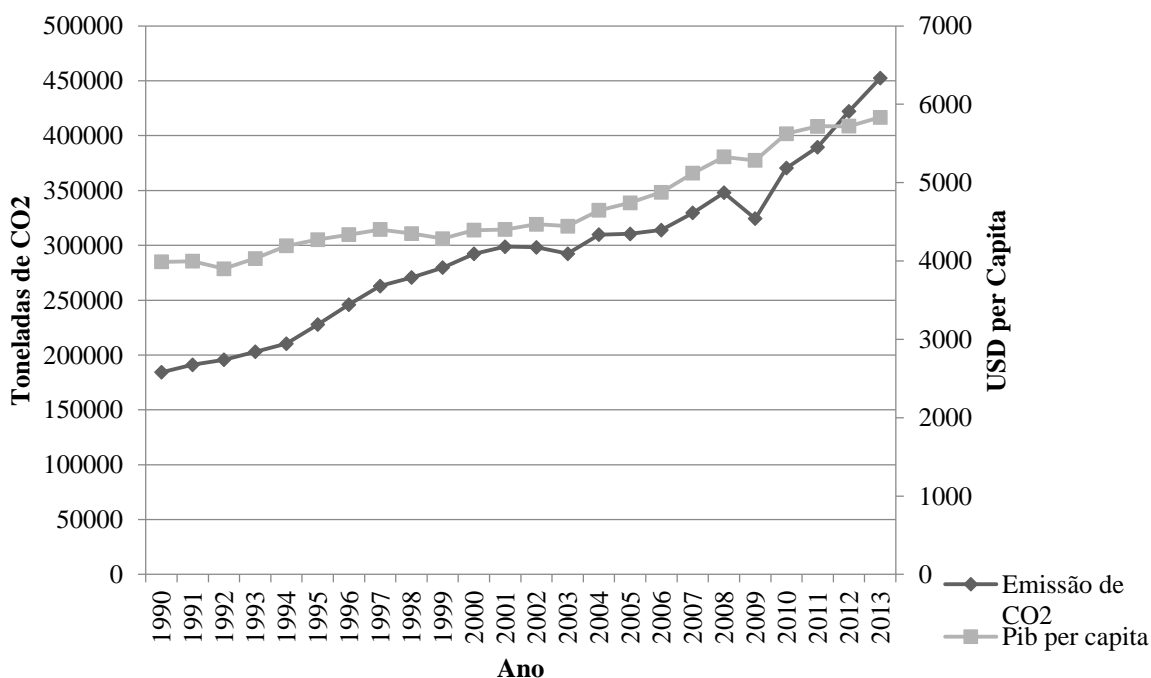


Figura 10 - Emissão de CO₂ versus PIB per capita do Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

Quando são analisados de forma conjunta a emissão de CO₂ e o PIB per capita, fica evidente a relação diretamente proporcional existente entre esses dois indicadores. No entanto, em 2012, ocorreu um fato curioso e negativo para o Brasil. A emissão de CO₂ ultrapassou o crescimento do PIB Brasileiro. Diante desse fato pode-se constatar a ineficiência energética do Brasil. Para que esse cenário se reverta é necessário um maior investimento em políticas de energias renováveis e também uma mudança no setor de transporte, como já foi explicado no presente trabalho.

A Figura 11 mostra a variação das emissões de CO₂ e do PIB nos EUA entre os anos de 1990 e 2013.

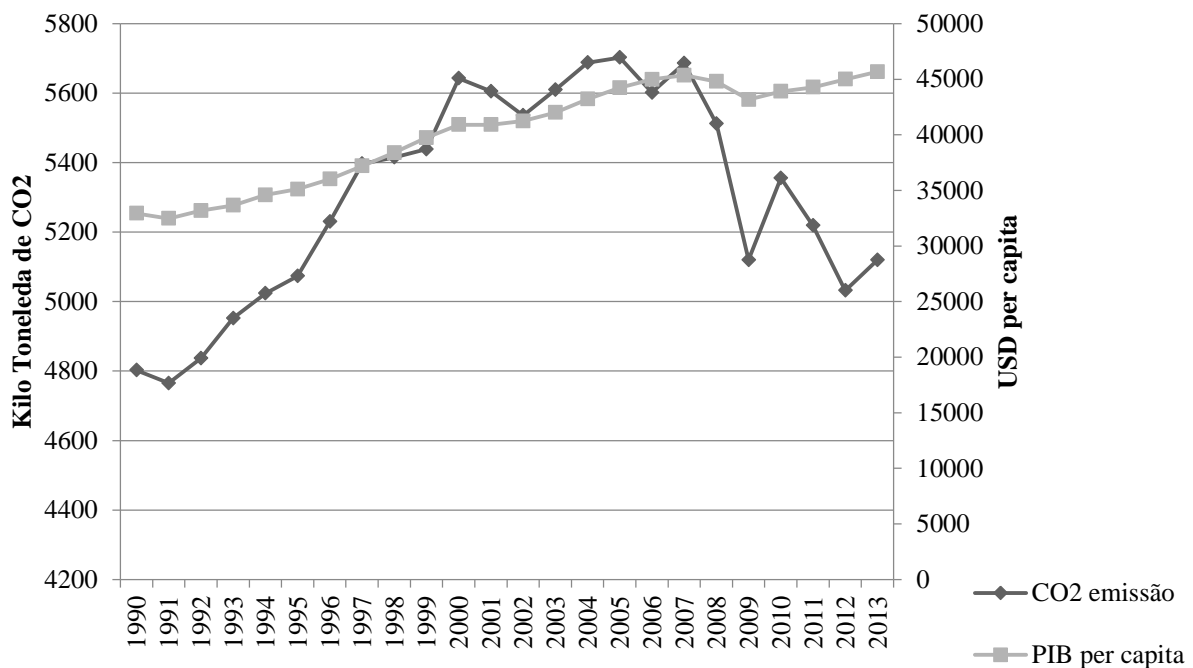


Figura 11 - Emissão de CO₂ x PIB per capita dos EUA.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

Nos EUA, entre os anos de 1999 e 2007, ocorreu o mesmo fato que ocorre no atualmente no Brasil, maiores taxas de emissão de CO₂ em relação ao PIB. No entanto, a partir de 2007 o Governo Norte-Americano criou medidas para a redução das emissões de CO₂. Desta forma, conseguiu obter uma maior eficiência energética, desacoplando o desenvolvimento econômico e o gasto com energia das emissões de CO₂.

Uma outra perspectiva ao analisar a evolução das emissões de CO₂ nos países é através da Identidade de Kaya, ajustada para os indicadores do Brasil e representada de forma gráfica pela Figura 12. Deste modo, confirma-se no Brasil a tendência de crescimento econômico, o aumento da emissão de CO₂ além do aumento de energia primária. A intensidade energética e de dióxido de carbono, porém, se mantiveram estáveis durante o período analisado.

Como já foi visto anteriormente, o cenário Norte-Americano é diferente do Brasileiro e a Figura 13 evidencia esta diferença. A ideia de que o EUA cresce economicamente emitindo menos dióxido de carbono é confirmada, assim como a diminuição considerável da intensidade energética e de CO₂. Assim, pode-se dizer que os EUA atingiram um estágio de eficiência energética, continuam crescendo economicamente, gastando menos energia e, assim, emitindo menos CO₂. Tal fato não ocorre no Brasil.

As Figuras 12 e 13 representam os indicadores da Identidade de Kaya aplicados ao Brasil e aos EUA, respectivamente.

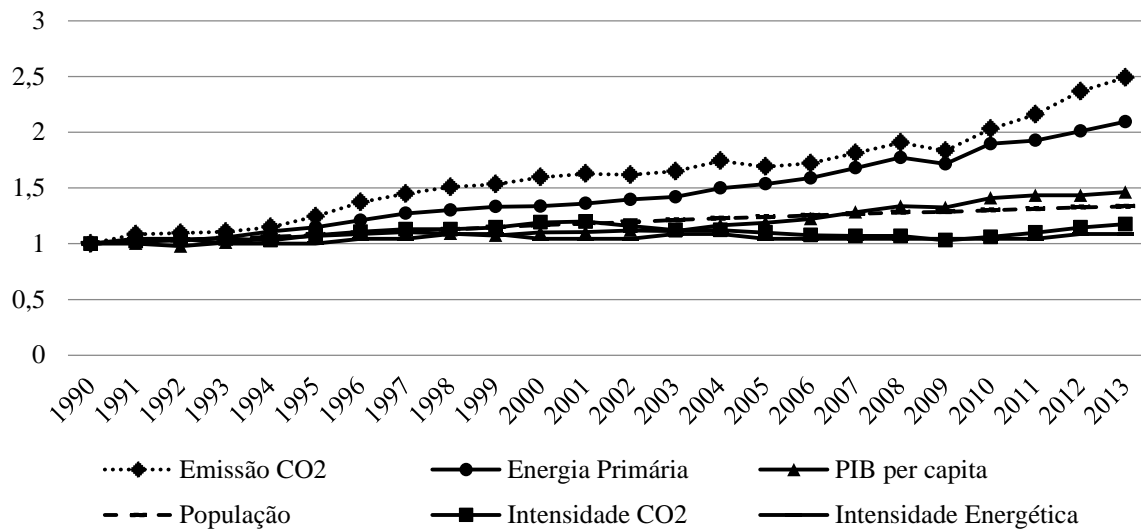


Figura 12 - Identidade de Kaya aplicada ao Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA

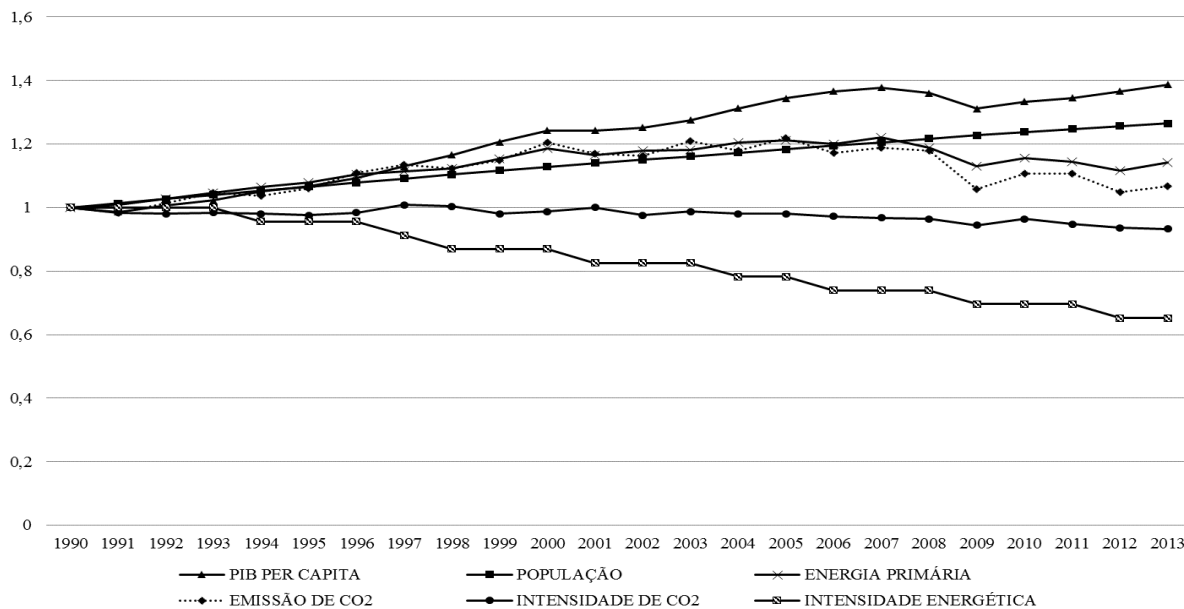


Figura 13 - Identidade de Kaya aplicada aos EUA.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA

Uma maneira de relacionar o fato mencionado acima é realizando a projeção da intensidade de emissão de CO₂ representada na Figura 14.

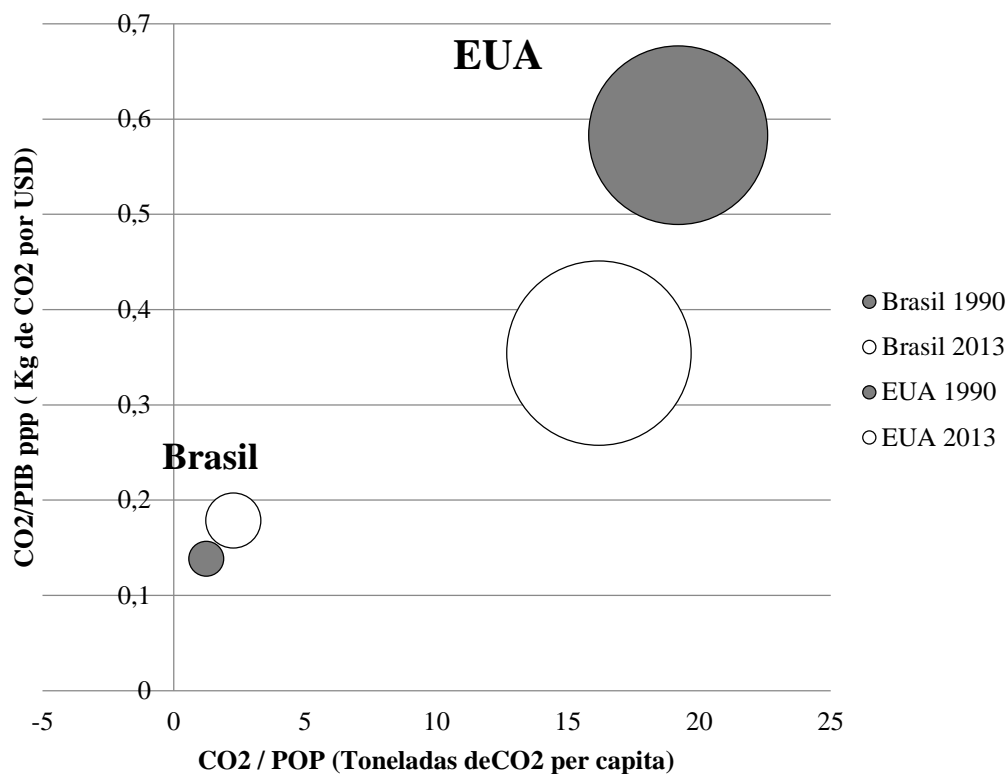


Figura 14 - Tendências da intensidade de Emissão de CO₂ - Brasil versus EUA.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

A Figura 14 relaciona a quantidade de CO₂ emitida por PIB PPP com a taxa de CO₂ per capita. Desta forma, ratifica-se a informação de que o Brasil aumentou a quantidade de CO₂ per capita assim como a relação da emissão de CO₂ com o PIB. Já nos EUA ocorreu o inverso, diminuindo de forma significativa sua intensidade de emissão de CO₂ no período de 1990 a 2013.

3.5. Projeções para as Emissões de CO₂ no Brasil e nos EUA

O principal cenário quando se avaliam as emissões de CO₂ no mundo é a de desacoplamento das emissões de dióxido de carbono da energia gerada pelos países. Autores como Marjanović, Milovančević e Mladenović (2016) já desenvolveram métodos para avaliar as projeções futuras das emissões dos GEE em relação ao PIB e, segundo o IEA (2015c), desde 2010 já acontece o desacoplamento entre eles.

Um outro cenário esperado é estabilização das emissões de CO₂ por parte dos países desenvolvidos, como os EUA. Para os países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos há uma expectativa que as emissões de CO₂ aumentem. A Figura 15 mostra a evolução das emissões em relação à produção de energia dos membros e não membros da OECD (em português, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico).

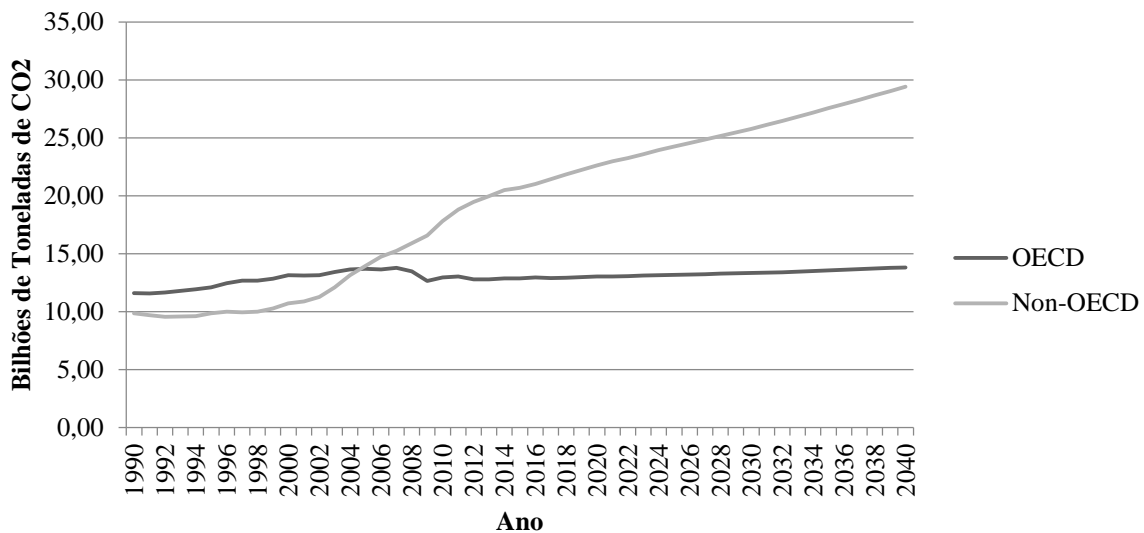


Figura 15 - Energia relacionada às emissões de CO₂.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

Desde 2004 os países que não são desenvolvidos poluem mais que os desenvolvidos. O Brasil segue esta tendência, ou seja, as emissões de CO₂ crescem ao invés de diminuir. No entanto, esse quadro é um pouco mais grave do que se imagina. A média de crescimento anual das taxas de CO₂ é uma das maiores do mundo. A Figura 16 mostra a média de crescimento anual das emissões de alguns países e regiões do mundo.

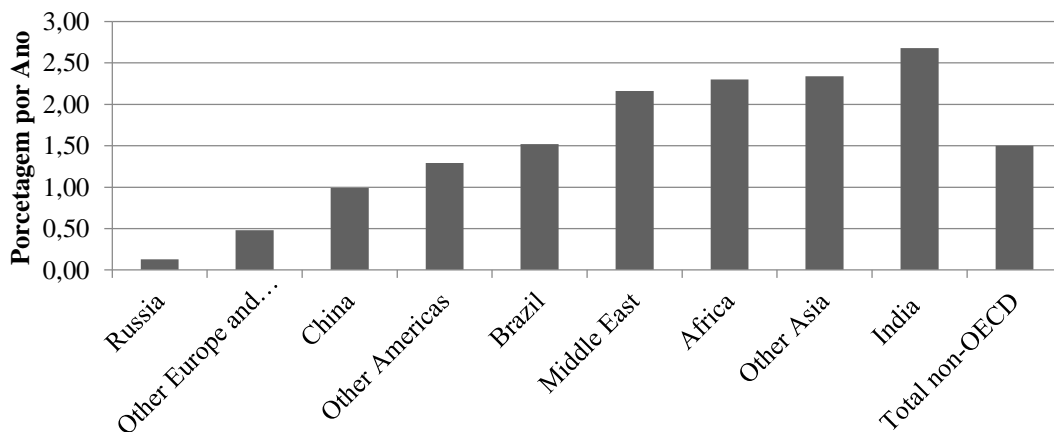


Figura 16 - Média de crescimento anual das emissões de CO₂.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do IEA.

Comparando o Brasil com a China, o maior emissor de CO₂ do mundo de acordo com Liang, Deng e Liu (2016), o crescimento médio anual brasileiro das taxas de CO₂ ainda é maior. O Brasil fica atrás somente da Índia, onde a qualidade do ar é uma das piores do mundo, prejudicada principalmente pelos veículos, indústrias e pelo processo de geração de energia (SUBRAMANIAN, 2016).

As emissões de CO₂ dependem diretamente de como a economia irá se comportar no Brasil. O EIA (2016) fez um estudo que apontou o futuro das taxas de emissão de CO₂ onde cada cenário depende de como a economia irá se portar. O resultado deste estudo pode ser visto na Figura 17.

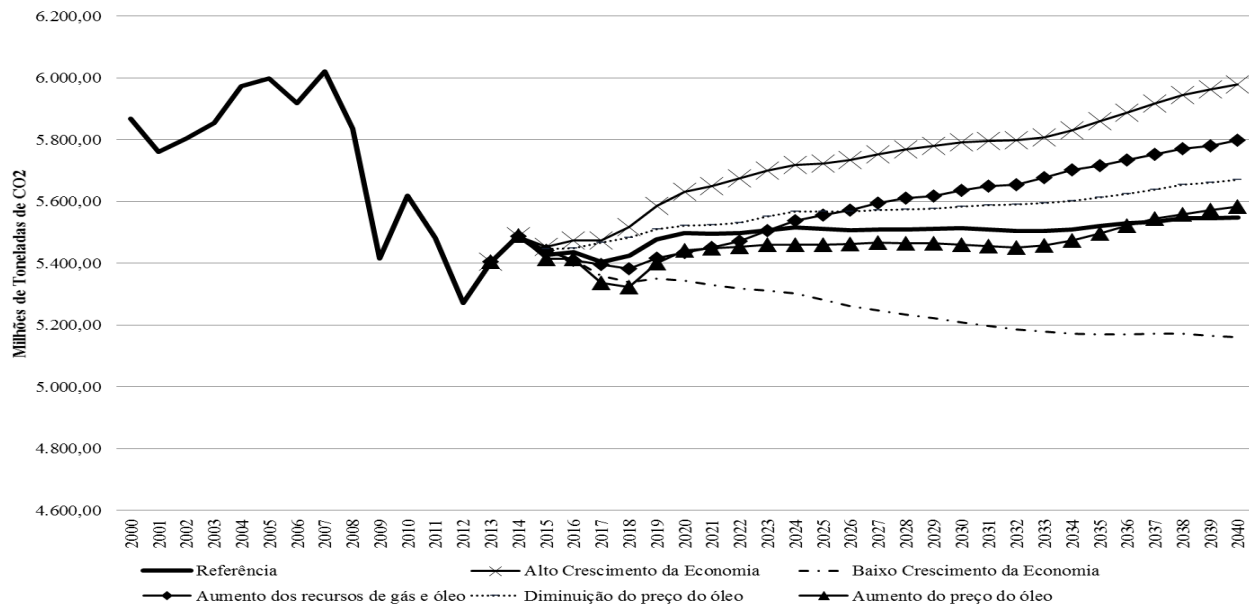


Figura 17 - Futuro das emissões de CO₂ em 6 cenários.

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do EIA (2016).

O primeiro dos cenários trata o futuro das emissões de CO₂ como se a economia mundial mantivesse a mesma taxa de crescimento dos dias atuais. Esse cenário será tratado como a referência. Assim as emissões continuariam crescendo, mas em uma taxa não muito elevada. As emissões cresceriam significativamente se ocorresse um alto crescimento da economia, um aumento dos recursos de gás e óleo (petróleo) e diminuição do preço do petróleo. Para que as emissões diminuam, seria necessário um baixo crescimento da economia. O cenário se manteria aproximadamente o mesmo que o da referência se ocorresse um aumento do preço do óleo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que os países possam diminuir a quantidade de emissão de GEE, principalmente o CO₂, é necessário não só uma cooperação governamental, mas também um entendimento por partes das empresas privadas que o meio-ambiente é um recurso de todos. A partir do momento em que ocorre um crescimento econômico, alguns benefícios e malefícios vêm acoplados a ele.

Dentre os malefícios estão as emissões de CO₂. No presente trabalho é possível identificar que a emissão de CO₂ está diretamente ligada ao crescimento econômico principalmente para os países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Nesses países, quando ocorre o aumento do PIB também há um aumento nas emissões de CO₂. Nos países desenvolvidos essa foi uma realidade até metade dos anos 2000. A partir dessa época, tais países conseguiram desacoplar o crescimento econômico da intensidade energética, por conseguinte da emissão de CO₂.

Mesmo com essa diminuição nas emissões dos GEE, as medidas para que continue esse processo não podem parar. No entanto, não depende somente de medida particulares dos países. A taxa

de CO₂ depende de como irá se comportar a economia mundial nos próximos anos assim como o preço dos principais combustíveis fósseis.

Para uma abordagem mais significativa a nível de Brasil, pode-se elaborar, em um trabalho futuro, uma relação das emissões de CO₂ entre os estados brasileiros. Assim, seria factível uma análise dos locais que mais poluem no Brasil, possibilitando determinar onde devem ser criadas novas políticas energéticas para mitigação das emissões destes gases poluentes. Do mesmo modo, seria importante uma comparação dos estados brasileiros com regiões de outro país. Assim, seria possível saber se os mesmos fatores influenciam na emissão de CO₂ em ambos países.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo suporte financeiro para realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

AJANOVIC, A.; HAAS, R. On the future prospects and limits of biofuels in Brazil, the US and EU. *Applied Energy*, v. 135, p. 730–737, 2014.

AUSTRALIAN ACADEMY OF SCIENCE. *The science of climate change: Questions and answers*. Canberra, 2015.

BEA. National Income and Product Accounts. Disponível em: <<http://www.bea.gov/newsreleases/national/gdp/gdpnewsrelease.htm>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

BOZOKLU, S.; YILANCI, V. Energy consumption and economic growth for selected OECD countries: Further evidence from the Granger causality test in the frequency domain. *Energy Policy*, v. 63, p. 877–881, 2013.

DE FREITAS, L. C.; KANEKO, S. Decomposing the decoupling of CO₂ emissions and economic growth in Brazil. *Ecological Economics*, v. 70, n. 8, p. 1459–1469, 2011.

EIA. *Annual Energy Outlook*, 2016.

EPA. Overview of Greenhouse Gases. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases.html>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

FEARNSIDE, P. M. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams. *Climatic Change*, v. 11, n. 1, p. 3, 2016.

GARCIA-HELLER, V.; ESPINASA, R.; PAREDES, S. Forecast study of the supply curve of solar and wind technologies in Argentina, Brazil, Chile and Mexico. *Renewable Energy*, v. 93, p. 168–179, 2016.

IEA. *Building energy performance metrics - Supporting energy efficiency progress in major economies*, 2015a.

IEA. *Trends in photovoltaic applications*, 2015b.

IEA. *Key Trends in CO₂ Emissions From Fuel Combustion*, 2015c.

IEA. *World Energy Outlook*, 2015d.

IEA. Decoupling of global emissions and economic growth confirmed. Disponível em: <<https://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2016/march/decoupling-of-global-emissions-and-economic-growth-confirmed.html>>. Acesso em: 9 ago. 2016.

IMF. World Economic Outlook Database. Disponível em: <<https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/02/weodata/index.aspx>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

KAYA, Y. *Environment, energy, and economy: strategies for sustainability*. Tokyo: United Nations University Press, 1997.

LIANG, Q.-M.; DENG, H.-M.; LIU, M. Co-control of CO₂ emissions and local pollutants in China: the perspective of adjusting final use behaviors. *Journal of Cleaner Production*, v. 131, p. 198–208, 2016.

MARJANOVIĆ, V.; MILOVANČEVIĆ, M.; MLADENOVIĆ, I. Prediction of GDP growth rate based on carbon dioxide (CO₂) emissions. *Journal of CO₂ Utilization*, v. 16, p. 212–217, 2016.

ROSA, L. P. et al. A model for the data extrapolation of greenhouse gas emissions in the Brazilian hydroelectric system. *Environmental Research Letters*, v. 11, n. 6, p. 11, 2016.

SUBRAMANIAN, M. Can Delhi save itself from its toxic air? *Nature*, v. 534, n. 7606, p. 166–169, 8 jun. 2016.

WORLD BANK. World Development Indicators Database. Disponível em: <<http://databank.worldbank.org/data/download/GDP.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

ZHANG, Y. J.; DA, Y. BIN. The decomposition of energy-related carbon emission and its decoupling with economic growth in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 41, p. 1255–1266, 2015.