



**Encontro da Sociedade
Brasileira de Economia
Ecológica**

Brasília, 4 a 8 de Outubro de 2011

Políticas Públicas e a Perspectiva da Economia Ecológica

IX ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO
Outubro de 2011
Brasília - DF - Brasil

A (IN)SUSTENTABILIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

André Luiz Campos de Andrade (ESAG/UDESC) - ALCA_RJ2002@YAHOO.COM.BR

Mestre em Economia pela UFSC. É membro da carreira de Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental do MPOG e Professor de Economia da ESAG/UDESC.

Lauro Mattei (UFSC) - mattei@cse.ufsc.br

Doutor em Economia pela UNICAMP. É professor dos cursos de Graduação e Pós-Graduação em Economia da UFSC.

A (In)Sustentabilidade da Matriz Energética Brasileira

Sessão temática “E”: Crescimento e meio ambiente

Subseção: Indicadores ambientais

Resumo

O atual debate sobre as mudanças climáticas envolve diretamente a questão do uso e produção de energia e, conforme destaca o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), as emissões de gases do efeito estufa (GEE) originadas do consumo energético são o principal fator responsável pelas alterações climáticas verificadas nas últimas décadas. Trata-se, portanto, de um problema de repercussão global, mas que é derivado da forma como os países fazem uso da energia em suas economias. Sendo assim, este trabalho discutiu a sustentabilidade da matriz energética brasileira, sob o ponto de vista das emissões de GEE. Concluiu-se que, ao contrário do senso comum, existem fortes indícios apontando para a insustentabilidade do uso de energia no país, fato que tende a se agravar considerando-se as previsões oficiais relativas ao crescimento econômico e à expansão da oferta e do consumo energético.

Palavras chave: Mudanças climáticas, Matriz energética brasileira, Insustentabilidade.

Abstract

The current debate on climate change involves the issue of energy use and production. As highlighted by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the emissions of greenhouse gases (GHG) arising from energy consumption is the principal factor responsible for climate change seen in recent years. It is therefore a problem of global repercussions, but that is derived from how countries make use of energy in their economies. Thus, this paper discussed the sustainability of the Brazilian energy matrix, from the point of view of greenhouse gas emissions. It was concluded that, contrary to common sense, there is strong evidence to the unsustainability of energy use in the country, a fact which tends to worsen given the official forecast for economic growth and expansion of energy supply and consumption.

Keywords: climate change, brazilian energy matrix, unsustainability

A (In)Sustentabilidade da Matriz Energética Brasileira

INTRODUÇÃO

A conferência sobre Mudanças Climáticas realizada em Copenhague, em 2009, foi o momento em que a comunidade científica internacional alertou, de forma incisiva, que o sistema econômico industrial atual baseado na energia do carbono está mostrando claramente seus limites, uma vez que a quantidade de gás carbônico emitida na atmosfera poderá levar a mudanças catastróficas no planeta. E isso está diretamente ligado ao modelo energético global que continua fortemente ancorado na exploração dos combustíveis fósseis, de caráter finito.

Por isso, a discussão atual sobre mudanças climáticas remete, necessariamente, à questão do nível de emissões dos gases de estufa (GEE)¹. A maior parcela das emissões antropogênicas, denominação fornecida às emissões de origem humana, decorre da queima de combustíveis fósseis (combustíveis não renováveis), sendo consequência dos diversos processos produtivos da economia, tais como atividades industriais e sistemas de transportes, motivo pelo qual o tema está fortemente condicionado às perspectivas de mudanças no atual padrão energético.

O debate envolvendo a sustentabilidade dos recursos energéticos do planeta envolve três aspectos básicos: mudança do paradigma em relação ao padrão de consumo atual²; busca por uma maior eficiência energética dos atuais processos produtivos; desenvolvimento e inserção de tecnologias energéticas limpas.

Nesse sentido, reduzir o consumo dos combustíveis fósseis, substituindo-os por um maior emprego das energias renováveis, como a energia hidrelétrica, os biocombustíveis e a energia solar, bem como buscar uma maior eficiência na

¹ Os principais gases do efeito estufa são: Dióxido de carbono (CO₂), Vapor d'água(H₂O), Ozônio(O₃), Metano (CH₄), Óxido Nitroso(N₂O), Clorofluorcarbonos(CFCs), Hidrofluorcarbonos(HFCs) e Perfluorcarbonos(PFCs).

² As consequências do atual padrão de consumo sobre a sustentabilidade ambiental extrapolam os limites da discussão energética culminando no questionamento da própria dinâmica capitalista e consiste no principal debate em relação ao Desenvolvimento Sustentável.

produção e no consumo da energia são as contribuições que o setor energético pode oferecer ao debate sobre mudanças climáticas.

No que se refere às energias renováveis, o Brasil tem sua importância reconhecida no cenário internacional. Derivado de uma conjunção de fatores tanto econômicos, como a crise do petróleo da década de 1970, quanto geográficos, como a possibilidade de aproveitamento do potencial energético de diversas bacias hidrográficas espalhadas por seu território, o país conta atualmente com uma matriz energética em que aproximadamente 45% do total da energia ofertada provêm de fontes renováveis.

No entanto, esse elevado percentual de energia renovável na Matriz Energética Brasileira (MEB) não pode ser visto, por si só, como um “selo de qualidade” incontestável do modelo energético brasileiro, tampouco deve encobrir abordagens críticas sobre a sustentabilidade da oferta e do consumo de energia no país.

Neste sentido, o objetivo do estudo é fornecer um conjunto de informações sobre a matriz energética brasileira, destacando seus gargalos relativos à questão ambiental e às emissões de GEE. Para tanto, além dessa breve introdução, o artigo contém mais quatro seções. A primeira delas apresenta o panorama geral da matriz energética brasileira (MEB), enfatizando a sua constituição histórica e o balanço entre oferta e demanda de energia. A segunda seção discute os principais gargalos que podem levar a MEB a um processo de insustentabilidade. A terceira seção analisa alguns indicadores da insustentabilidade ambiental da produção/consumo de energia no país. Finalmente, a quarta seção traz as considerações finais do trabalho.

1 – PANORAMA GERAL DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A matriz energética brasileira foi sofrendo alterações decisivas com o processo de expansão da industrialização do país. Assim, verifica-se que se até os anos de 1940 a maior parte da energia produzida tinha como fonte a lenha e o carvão vegetal, as três décadas seguintes marcaram a transição da economia nacional de um perfil de consumo energético de baixa emissão de carbono, onde

as fontes não renováveis representavam pouco mais de 12%, para uma fase onde expansão da oferta derivados do petróleo e outros combustíveis fósseis praticamente igualou a participação de fontes não renováveis a das fontes renováveis”.

1.1 – A Oferta interna de energia

Com as mudanças estruturais ocorridas na economia brasileira na segunda metade do Século XX a matriz energética brasileira sofreu alterações consideráveis, que vão desde o expressivo aumento da oferta interna de energia (OIE)³, que atingiu o montante de 243,7 milhões de tep, correspondente a 2% da energia mundial (MME, 2010), a mudanças nas participações relativas dos insumos energéticos, as quais são apresentadas na tabela 1.

Entre 1973 e 2009 houve uma expansão de aproximadamente 200% na OIE, variação pouco abaixo da verificada para o PIB do país, que aumentou 220% no mesmo período. Petróleo e derivados continuam sendo o principal insumo energético da matriz, porém com uma menor participação relativa, que decorre principalmente do aumento da oferta de gás natural, inexistente em 1973 e atualmente respondendo por 9% do total da OIE, e da expansão da oferta hidrelétrica e de derivados da cana-de-açúcar.

Tabela 1- Oferta Interna de Energia 1973 - 2009

	Em %	
	2009	1973
Energia não renovável	52,8	49,1
Petróleo e Derivados	37,9	45,6
Gás natural	8,8	0,4
Carvão Mineral e Derivados	4,8	3,1
Urânio (U308) e derivados	1,4	0,0
Energia renovável	47,2	50,9
Hidráulica e eletricidade	15,2	6,1
Lenha e carvão vegetal	10,1	38,8
Derivados da cana-de-açúcar	18,0	5,6
Outras renováveis	3,8	0,4
Total (em %)	100	100
Total (em 10³ tep)	243.679	82.157

Fonte: BEN 2009

³ A oferta interna de energia (OIE), também denominada de demanda total de energia, é a soma do consumo final de energia, das perdas na distribuição e armazenagem e das perdas nos processos de transformação de todos os tipos de energia empregados no país (MME, 2010).

Com relação aos combustíveis renováveis, destaca-se a redução da participação da lenha e carvão vegetal, explicado pelo efeito deslocamento de outras fontes energéticas que se expandiram no período, como a hidrelétrica e a biomassa, e pelo maior uso da energia elétrica nas residências. No entanto, esse aumento da oferta de energia renovável em valores absolutos não foi suficiente para conter a maior expansão relativa dos combustíveis não renováveis, cujo percentual relativo passou de 49,1%, em 1973, para 52,8%, em 2009.

Embora ainda exista uma pequena predominância dos combustíveis fósseis, quando comparada ao cenário mundial a MEB é reconhecida como um exemplo de matriz energética a ser buscada devido à considerável participação dos combustíveis renováveis em sua estrutura.

A tabela 2 apresenta um panorama do uso das duas fontes de energia no Brasil e no mundo. Sendo possível observar que, ao contrário do Brasil, o emprego da energia renovável nos países da OCDE e no mundo de um modo geral ainda é pouco expressivo. No entanto, essa maior participação da energia renovável não é um garantidor *per se* que o Brasil não precise se preocupar com alguns critérios de sustentabilidade envolvendo o consumo e a produção de energias, como será vistos nas seções seguintes.

Tabela 2 - Comparação da Estrutura da OIE

	Renovável	Não Renovável
Brasil (2008)	45,4	54,6
Mundo (2006)	12,9	87,1
OCDE (2006)	6,7	93,3

Fonte:MME(2010)

1.2 - O consumo energético no Brasil

Para compreender os condicionantes da OIE, analisar o perfil do consumo energético pelos diversos setores da economia é de extrema importância, pois permite visualizar como se forma a demanda pelos diversos tipos de insumos energéticos que compõe a MEB. De acordo com o Balanço Energético Nacional 2008, é possível constatar que o consumo conjunto dos setores industriais e de transportes respondeu por 65% de toda a demanda energética do país no ano de

2007, no entanto as características que explicam o consumo destes dois setores são distintas: enquanto que o setor industrial possui um padrão de consumo diversificado, o que faz com que aproximadamente 60% da energia do setor seja renovável, o setor de transportes, por sua vez, apresenta elevada dependência em torno de combustíveis derivados do petróleo, como óleo diesel, gasolina, óleo combustível e querosene, combustíveis que, em 2007, somaram 80,8% do consumo total do setor (BEN, 2008).

A diferença na estrutura do perfil dos dois principais consumidores de energia no país bem como a maneira de produção das energias renováveis possibilita a elaboração de uma série de conjecturas quando se tem em mente uma maior sustentabilidade da MEB, assunto a ser abordado na seção seguinte.

2 – GARGALOS QUE CONDUZEM À INSUSTENTABILIDADE DA MEB

Conforme apontado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)⁴ a energia é a principal fonte de emissões de gases do efeito estufa a nível global (IPCC, 2007). No entanto, o Brasil destoa da média mundial, uma vez que sua principal fonte de emissões é a mudança do uso da terra e das florestas⁵. De fato, segundo o inventário brasileiro de emissões de GEE, para o ano de 2005 este segmento representou cerca 57,5% do total das emissões do país no ano de 2005 (MCT, 2009). Naquele mesmo ano as emissões oriundas do setor energético representaram 16,4%, um aumento de 0,5 pontos percentuais em relação ao primeiro inventário brasileiro de GEE, realizado em 1994.

No entanto, essa menor participação relativa das emissões derivadas da energia no Brasil não exige o país de manter uma discussão contínua em relação à sustentabilidade de sua matriz energética. E são muitos os argumentos que

⁴ O IPCC foi criado por proposta da Organização Mundial de Meteorologia(OMM) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente(PNUMA). Trata-se de grupo de especialistas cuja missão consiste em analisar, de forma exaustiva, objetiva, aberta e transparente as informações científicas, técnica e socioeconômica relevantes para entender os elementos científicos do risco impostos pelas mudanças climáticas provocadas pelas atividades humanas, suas possíveis repercussões e as possibilidades de adaptação e atenuação das mesmas (IPCC,2007).

⁵ Segundo o inventário brasileiro de emissões de gases do efeito estufa, as emissões são originadas de três setores: Energia, Processos industriais e Mudança no uso da terra e das florestas.

permitem fazer essa afirmação, tanto pelo lado da oferta quanto pelo lado do consumo energético.

2.1 - As controvérsias sobre a energia hidrelétrica

O elevado volume de produção de energia elétrica a partir do potencial hidrelétrico do Brasil vem sendo apontado como um dos principais sinalizadores da sustentabilidade da matriz energética nacional, uma vez que se trata de uma energia renovável e que, supostamente, apresenta baixa emissão de carbono.

Este entendimento é predominante, tanto nos estudos conduzidos pelo Ministério das Minas e Energia como nos trabalhos do Banco Mundial e discussões do Fórum Econômico Mundial, os quais apontam a expansão da energia hidrelétrica como uma das respostas à crise climática (Werner e Tavares, 2009).

De fato, a obtenção de eletricidade no Brasil a partir da hidroeletricidade é muito acima da média mundial. Enquanto o padrão mundial é de 65% de eletricidade obtida por fontes de combustíveis fósseis e apenas 16% de hidroeletricidade, no Brasil a geração hidrelétrica responde por 82% de toda a eletricidade ofertada no país (Abranches, 2009).

Porém, o uso do potencial hidrelétrico traz certas contradições que nem sempre são considerados adequadamente nas análises que envolvem este tipo de energia renovável. Uma série de impactos socioeconômicos e ambientais relaciona-se diretamente ao uso da energia hidrelétrica, destacando-se:

a) O deslocamento populacional de áreas alagadas para a formação de represas e a conseqüente alteração da dinâmica de vida local que o represamento provoca (Fernandez e Bursztyn, 2006);

b) A perda da qualidade da água pela formação de lagos artificiais, o desmatamento, a perda de espécies da fauna e flora e a formação de processos erosivos (Werner e Tavares, 2009);

c) A possibilidade dos reservatórios das hidrelétricas estarem contribuindo para a intensificação da emissão de gases do efeito estufa oriundas da matriz energética brasileira.

Com relação a este último aspecto uma série de estudos vêm apontando que, por meio de seus reservatórios, as hidrelétricas estariam contribuindo para o aumento das emissões de metano na atmosfera, que seria originado da decomposição da biomassa depositada em sua bacia de acumulação (Rosa et al, 2008). Estudos empíricos reforçaram este argumento ao constatar que hidrelétricas da região amazônica, como a usina de Balbina, possuem emissões mais elevadas do que as de uma termelétrica, movida a carvão mineral (Rosa, Schaeffer e Santos 1996). envolvendo as hidrelétricas da região amazônica constatou que as emissões da usina de Balbina eram mais elevadas do que as de uma termelétrica, movida a carvão mineral.

A questão central envolvendo o polêmico debate das hidrelétricas gira em torno das emissões de Metano (CH_4) à jusante da represa, ou seja, após a água passar pela turbinas. Quanto maior a profundidade da represa mais elevada se torna a concentração de metano, cujo potencial de aquecimento global é 21 vezes maior do que o dióxido de carbono. Quando a água emerge das turbinas ela provém de tomadas d'água situadas a uma profundidade que varia, na média, de 15 a 30 metros, isto é, com uma carga expressiva de CH_4 , que estava retido no fundo dos reservatórios e é lançado na superfície por ocasião da liberação da água represada (Fearnside, 2002).

Como destacam Rosa et al (2008), as polêmicas envolvendo as hidrelétricas sugerem que deveriam ser feitos estudos adicionais para compreender as diferentes formas de fluxo de carbono e suas distintas escalas espaciais e temporais. Este procedimento ajudaria a entender melhor a real contribuição dos reservatórios para o efeito estufa.

2.2 - As controvérsias sobre os biocombustíveis

Assim como a energia hidrelétrica, a produção de biocombustíveis no Brasil também apresenta polêmicas acerca de sua sustentabilidade, tanto em termos sociais como ambientais.

No que se refere aos aspectos sócio-econômicos da produção de biocombustíveis, verifica-se que tanto o cultivo da cana de açúcar quanto o da

soja, principal insumo produtivo do biodiesel, ocorre em grandes propriedades e com caráter monocultor, um modelo produtivo que favorece a concentração de renda, exclusão de trabalhadores do campo e até mesmo casos de violação de direitos trabalhista e humanos. No caso da produção do álcool, por exemplo, dos 5 milhões de hectares plantados com cana em 2005, somente 20% eram oriundos de pequenas e médias propriedades (Neto, 2006 e Barbosa, 2007).

Outra questão importante na esfera sócio-econômica refere-se à possível competição que estaria ocorrendo entre a produção de biocombustíveis e o abastecimento alimentar, fato realçado com elevação dos preços das commodities agrícolas nos últimos anos. A elevação dos preços não pode ser atribuída exclusivamente ao aumento da produção de biocombustíveis, porém existem análises consistentes que mostram a existência de um mecanismo de transmissão parcial de preços entre a produção de biocombustíveis e algumas commodities, sobretudo o milho, a soja, o trigo e a cana-de-açúcar (Flexor, 2008 e FAO,2008).

No debate ambiental as controvérsias envolvem o manejo ambiental da produção dos insumos, uma vez que o ciclo produtivo destes gera impactos negativos sobre o solo e fontes de água próxima ao cultivo. A queimada, que serve para facilitar a colheita, destrói a maior parte dos microorganismos presentes no solo, polui o ar e provoca doenças respiratórias (Vieira Júnior, 2009). Junte-se a isso o emprego de amplas quantidades de herbicidas e pesticidas no cultivo da cana, da soja e da mamona, além do uso de espécies geneticamente modificadas, cujos impactos ambientais, em sua maioria, ainda são desconhecidos.

Outro aspecto a ser considerado é o elevado consumo de água, um bem renovável, porém escasso, que ocorre na agroindústria canavieira, seja na etapa de plantio/cultivo ou na fase de destilação do etanol. Pereira (2009) concluiu que para o estado de São Paulo, responsável por mais de 60% da produção da cana de açúcar e derivados, a indústria sucroalcooleira pode comprometer o abastecimento de água. Isto porque a demanda hídrica do cultivo da cana é cerca de três vezes maior do que a demanda da soja e quase o dobro do consumo de água na cultura do café.

Outra questão igualmente preocupante refere-se à hipótese de a produção de biocombustíveis poderia estar influenciando a expansão da fronteira agrícola, sobretudo nas regiões do Cerrado e da Amazônia, fato que traria repercussões no incremento das emissões de gases do efeito estufa decorrentes da própria mudança do uso do solo.

São amplamente conhecidos os casos de países como Colômbia, Indonésia e Equador, onde a produção em massa de oleaginosas acarretou a devastação de grandes áreas de florestais (Barbosa, 2007). Um argumento geralmente utilizado para rebater a hipótese de que os biocombustíveis ampliariam o desmatamento no Brasil refere-se ao fato de que o país possui terras agricultáveis mais do que suficientes para o incremento dessa produção (BNDES, 2010). Apesar de ser procedente a informação sobre a disponibilidade de terras, o foco do debate deveria se concentrar no fato de que a expansão dessas culturas, especialmente a soja e a cana-de-açúcar, tenderia a deslocar outras culturas menos lucrativas para regiões de fronteira agrícola do país, sobretudo na direção do bioma amazônico, ocasionando o desmatamento da região (Vieira Junior et al, 2009 e Lapola, 2010).

2.3. Setor de transportes: um complicador no consumo energético

O atual perfil de consumo energético do setor de transportes encontra-se concentrado em torno dos combustíveis fósseis, com o óleo diesel e gasolina sendo os principais combustíveis utilizados. Essa consolidação em torno dos combustíveis não-renováveis decorre diretamente do perfil da matriz de transportes brasileira, extremamente dependente do transporte rodoviário.

Da tabela 5 é possível observar a participação percentual dos modais envolvidos no transporte de cargas e de passageiro, onde se constata a forte dependência que o setor possui em relação ao transporte rodoviário, responsável por 61,1% do total da carga transportada em 2006 enquanto que o modal ferroviário movimentou apenas 20% do total daquele ano (ANTT, 2010). No transporte de passageiro a discrepância é ainda maior, com o modal rodoviário respondendo por 96,2% do total, com o modal ferroviário que poderia, por

exemplo, ser usado como alternativa no transporte de massa respondendo por apenas 1,37% .

Tabela 5 - Distribuição do Transporte de Cargas e Passageiros (em %)

Tipo de Transporte	Rodoviário	Ferrovário	Aquaviário	Aéreo	Dutoviário
Carga	61,3	20,7	13,4	0,4	4,2
Passageiros	96,18	1,37	2,35	0,1	-

Fonte: CNT (2010), ANTT(2010)

Essa conjugação transporte rodoviário/combustíveis fósseis faz com que o setor de transportes tenha uma parcela de responsabilidade importante no que se refere às emissões de gases do efeito estufa do país, uma vez que conforme dado do segundo inventário de gases do efeito estufa, elaborado pelo governo brasileiro, o setor responde por 8,8% do total das emissões brasileira, sendo ultrapassado apenas pelas emissões oriundas da mudança do uso do solo, que responde por 76% do total.

3 – ALGUNS INDICADORES DE INSUSTENTABILIDADE DA MEB

Ao se analisar a matriz energética através do emprego de quatro indicadores é possível encontrar contradições relacionadas à oferta e ao consumo de energia do país.

O primeiro indicador utilizado é o índice de intensidade energética (IIE) que, ao calcular a razão entre o consumo energético de um país e o valor de seu PIB, fornece a medida exata do quanto de energia é necessária para a produção de uma unidade monetária do PIB, consistindo numa medida de eficiência do uso de energia na produção de riqueza (PINTO JR. et al, 2007). Um IIE elevado sugere a necessidade de utilizar muita energia para gerar cada unidade do PIB.

O segundo indicador representa o índice de carbono na energia (ICE), que é a razão entre o fluxo de emissões de GEE do consumo energético e esse próprio consumo. Uma tendência de crescimento do ICE indica que o consumo energético apresenta uma elevação em seu teor de carbono, situação indesejável do ponto de vista da sustentabilidade.

O terceiro indicador refere-se às emissões per capita de CO₂ originada do consumo energético e o quarto indicador relaciona-se à evolução das emissões de CO₂ originadas do consumo energético. Ambos seguem a mesma linha de raciocínio dos dois primeiros indicadores, isto é, seu crescimento é sinal de deterioração das condições de sustentabilidade da matriz energética.

3.1. Comportamento e análise dos indicadores selecionados

No que se refere à evolução da intensidade energética (primeiro indicador), a tabela 7 mostra que o Brasil teve um aumento de 5% em sua necessidade de energia para gerar riqueza entre os anos de 1991 e 2007, enquanto que os países da OCDE e a média mundial apresentaram comportamento contrário, reduzindo suas intensidades energéticas no mesmo período.

Tabela 7 – Evolução da Intensidade Energética – Brasil, OCDE, Mundo

	m Tep/milhões de US\$ de 2005					
	1980	1990	1991	2000	2006	2007
Brasil	198,07	242,29	249,93	279,55	266,11	263,53
OCDE	Nd	Nd	202,001	182,549	167,548	164,209
Mundo	Nd	Nd	286,886	252,348	251,541	248,14

Fonte: EIA (2010)

Este aumento do IIE no Brasil reflete a maior dependência que o país passou a ter em relação à energia a partir da abertura comercial promovida no início dos anos 1990, que favoreceu a instalação de indústrias energointensivas e consolidou o país com um dos principais exportadores mundiais de produtos intensivos em energia, como alumínio e aço (MME, 2010).

A tabela 8, que apresenta a intensidade de carbono na economia – ICE (segundo indicador), também indica tendências distintas para os casos brasileiro e mundial. Enquanto que a quantidade de CO₂ emitido para cada mil dólares produzidos reduziu nos países da OCDE e na média mundial, no Brasil emitiu-se em 2008 cerca de 3,4% a mais de toneladas de CO₂ do que em 1991 para gerar a mesma quantidade de riqueza. Em outras palavras, para manter a economia numa

trajetória de crescimento econômico o Brasil intensificou as emissões do principal gás causador do efeito estufa.

Tabela 8 – Intensidade de Carbono na Economia

Em Toneladas de CO ₂ / 1000 US\$ de 2005							
	1980	1991	2000	2006	2007	2008	Variação 1991/2008
Brasil	0,36	0,407	0,449	0,418	0,41	0,421	3,31%
Mundo	NA	0,704	0,603	0,614	0,608	0,607	-13,90%
OCDE	NA	0,463	0,41	0,374	0,368	0,358	-22,65%

Fonte: EIA

Outra medida efetiva da sustentabilidade do consumo energético brasileiro são as emissões per capita de CO₂ originadas do consumo energético, que estão indicadas na tabela 9. Enquanto que as emissões per capita mundiais aumentaram 9,3%, de 1980 para 2008, no Brasil o aumento foi quase cinco vezes superior, com as emissões tendo saltado de 1,51 para 2,18 toneladas de CO₂ por habitante no mesmo período. Apesar de ainda possuir uma emissão per capita visivelmente menor que a média mundial, a velocidade com que este indicador aumentou nos últimos 30 anos no caso brasileiro sugere que o mesmo deve ser motivo de preocupação por parte das autoridades governamentais.

Tabela 9 – Emissão per capita de CO₂ originada do consumo de energia

Em toneladas de CO ₂ /pessoa							
	1980	1990	2000	2006	2007	2008	Variação 1980/2008
Brazil	1,51	1,57	1,96	2	2,05	2,181	44,34%
OECD	11,5	11	11,5	11,6	11,6	11,32	-1,49%
World	4,15	4,1	3,92	4,44	4,52	4,54	9,33%

Fonte: EIA

Uma quarta sinalização de que o consumo energético vem se consolidando sob uma base insustentável do ponto de vista das emissões de GEE, é indicada pela tabela 10: enquanto a média mundial das emissões cresceu a uma taxa anual de 2,30%, a taxa brasileira cresceu o dobro desta, ou seja, 4,66%. As taxas de crescimento das emissões de China e Índia foram colocadas propositalmente na tabela, de modo a sinalizar a considerável diferença que

estes dois países possuem em relação ao mundo. As elevadas taxas chinesas e indianas, no entanto, não atenuam o perfil de consumo energético brasileiro, que, como dito, também apresentou uma elevação considerável de suas emissões.

Tabela 10 - Evolução das Emissões de CO2 do Consumo Energético

Em Milhões de Toneladas de CO2				
	1980	2008	Var.1980/2008	Crescimento Médio Anual
Brasil	185,865	428,167	130,37%	4,66%
Mundo	18488,3	30377,3	64,31%	2,30%
China	1460,2	6533,55	347,44%	12,41%
Índia	293,171	1494,88	409,90%	14,64%

Fonte: EIA

Da análise de todos os indicadores anteriores, sobretudo os relacionados ao consumo energético e às emissões de dióxido de carbono, pode-se destacar dois aspectos que sugerem problemas na sustentabilidade da matriz energética brasileira.

O primeiro remete ao debate sobre o descolamento relativo⁶ (*relative decoupling*) entre os indicadores econômicos, sobretudo o PIB, e as trajetórias de consumo energético e de emissões de GEE ao longo dos últimos anos. De acordo com essa noção o mundo estaria presenciando um sistemático descasamento entre a geração de riqueza e a emissão de GEE, que seria fruto de ganhos de produtividade e de aumento da eficiência energética dos mais diversos processos do sistema econômico (Spence, 2008). No entanto, essa constatação não significa que tenha ocorrido redução ou estabilização da pressão do sistema econômico sobre o meio ambiente. Ao contrário, os dados mostrados pelas tabelas 9 e 10 revelam que os valores per capita e absoluto das emissões de CO2 apresentaram elevações de 9,3% e 2,3% respectivamente. No caso nacional, os números demonstram um cenário ainda pior, com a inexistência do descolamento relativo.

⁶ O conceito de *relative decoupling* relaciona-se à idéia de eficiência, isto é, ao fato de se produzir mais utilizando-se menos insumos. Um exemplo empírico é a intensidade energética em termos mundiais, que atualmente é 33% menor do que a verificada na década de 1970. No entanto, aumentar a eficiência com que se utiliza os recursos não garante a sustentabilidade ambiental, um exemplo seria o fato de que no mesmo intervalo de tempo no qual ocorreu a redução da intensidade energética as emissões de CO2 aumentaram cerca de 80%. Para que uma redução nas emissões de CO2 no mesmo período deveria ter ocorrido uma redução absoluta no consumo energético, esta seria a idéia do *absolute decoupling*.

De fato, no período de 1991 a 2008 ocorreu um aumento do IIE e do ICE de 5,4% e 3,3% respectivamente, como destacam as tabelas 23 e 24.

Jackson (2009) aponta que a redução absoluta no consumo de recursos naturais, dentre eles os combustíveis fósseis, seria o verdadeiro caminho a seguir para compatibilizar desenvolvimento econômico com sustentabilidade. As políticas governamentais e intergovernamentais deveriam, portanto, buscar o descolamento absoluto (*absolute decoupling*), que seria o progressivo aumento da prosperidade econômica associada a uma contínua redução do consumo de recursos naturais, diminuindo impacto do sistema econômico sobre o meio ambiente.

O segundo aspecto que deixa dúvidas sobre a sustentabilidade ambiental do consumo energético brasileiro está justamente na ausência desta perspectiva de *absolute decoupling* no planejamento energético brasileiro.

Da análise da principal peça do planejamento energético brasileiro para o médio prazo, intitulado Matriz Energética Nacional 2030 (MEN 2030) percebe-se a excessiva preocupação em assegurar o abastecimento energético para o crescimento econômico do país (Abranches, Veiga e Viana, 2009). O tema ambiental é abordado apenas sob a ótica da comparação às demais matrizes energéticas do planeta, sendo destacada a grande participação de combustíveis renováveis e a diversificação de fontes energéticas contidas na MEB.

Com relação às projeções futuras, feitas por organismos oficiais, dentre os quais o próprio governo brasileiro, os números realçam ainda mais a deterioração dos indicadores brasileiros vis-à-vis à média mundial.

No que se refere ao consumo de energia primária e emissões de CO₂ originadas do setor energético, espera-se um aumento em termos absolutos para ambos os casos, mas com a elevação brasileira ocorrendo em uma magnitude maior que a média mundial. Cabe destacar, ainda, que enquanto a participação relativa do Brasil no PIB e no Consumo Energético aumentarão em aproximadamente 30% entre os anos de 2005 e 2030, a participação brasileira nas emissões CO₂ deverá crescer cerca de 67%.

Embora o Brasil possua uma intensidade energética (IIE) e um índice de carbono na economia (ICE) menores do que a média mundial, é possível observar

que a redução destes indicadores ocorrerá de maneira mais lenta para o caso brasileiro do que para o mundo.

Quanto às emissões de CO₂ per capita, os números brasileiros, apesar de serem menores, crescem a uma taxa mais elevada do que a taxa mundial.

Assim, esses dados indicam que o planejamento energético brasileiro, mesmo considerando-se a elevada participação das energias renováveis, poderá agravar as emissões totais de gases do efeito estufa do país.

Tabela 11 - Projeção de Indicadores Energéticos e Ambientais 2005-2030

	2005	2030	Variação 2005-2030
PIB - Brasil(bilhões de US\$ de 2005)	796,30	2.133,28	167,90%
PIB - Mundo(bilhões de US\$ de 2005)	45.161,00	93.922,00	107,97%
Participação Relativa (PIB Brasil/PIB Global)	0,018	0,023	28,82%
Brasil - Consumo de Energia Primária (Em milhões de tep)	236,88	453,60	91,49%
Mundo - Consumo de Energia Primária (Em milhões de tep)	11.644,92	17.093,16	46,79%
Participação Relativa (Consumo Brasil/Consumo Global)	0,020	0,027	30,45%
Brasil - Emissões de CO₂ (Em milhões de toneladas de CO₂)	323,10	770,80	138,56%
Mundo - Emissões de CO₂(Em milhões de toneladas de CO₂)	28.296,00	40.385,00	42,72%
Participação Relativa (Emissões Brasil/Emissões Globais)	0,011	0,019	67,15%
Brasil - IIE (Tep/ Mil US\$ de 2005) - Baseado no Consumo de Energia Primária	0,30	0,21	-28,52%
Mundo - IIE (Tep/ Mil US\$ de 2005) - Baseado no Consumo de Energia Primária	0,26	0,18	-29,42%
Brasil - ICE (Kg CO₂/US\$ de 2005)	0,41	0,36	-10,95%
Mundo - ICE (Kg CO₂/US\$ de 2005)	0,63	0,43	-31,37%
Brasil - Emissões CO₂ per capita (t CO₂/hab.)	1,76	3,23	83,52%
Mundo - Emissões CO₂ per capita (t CO₂/hab.)	3,10	5,50	77,42%

Fonte: MEN 2030 (MME, BR) e IEO (IEA, DOE, US)

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão sobre mudanças climáticas, embora sendo um debate de alcance global, contém conseqüências que se explicitam no âmbito local.

Portanto, entender a importância de cada país nesse debate global é um exercício fundamental para se visualizar possíveis soluções para o problema. Foi imbuído desse propósito que o presente trabalho foi realizado, ou seja, buscou-se compreender a situação atual da matriz energética brasileira e sua relação com o tema da sustentabilidade.

Comparativamente à média mundial, a matriz energética brasileira possui uma posição confortável no que se refere ao emprego da energia renovável. Isso se deve, principalmente, pela larga utilização do potencial hidrelétrico do país e pelo aproveitamento energético dos derivados da cana-de-açúcar. Juntando-se essa perspectiva ao fato de que a maior parte das emissões brasileiras de GEE origina-se do desmatamento, a discussão da sustentabilidade e da responsabilidade da matriz energética brasileira nas emissões de GEE costuma ser colocada em segundo plano no âmbito da formulação das políticas públicas referentes ao assunto mudanças climáticas.

Todavia, tal postura se constitui em um grave equívoco tendo em vista uma série de aspectos críticos envolvendo o consumo e a oferta da matriz energética do país, sendo que três deles foram destacados neste trabalho: as controvérsias envolvendo a geração hidrelétrica, a produção de biocombustíveis e o consumo energético do setor de transportes.

Mas o mais importante neste debate que relaciona o tema das mudanças climáticas com a emissão de gases de efeito estufa oriundas dos sistemas econômicos foram os indicadores de sustentabilidade. Em sua maioria, observou-se que esses indicadores revelaram tendências, no mínimo, contraditórias sobre a matriz energética. Por exemplo, a intensidade energética – que avalia a forma como o consumo de energia repercute sobre a produção de riqueza de um país – cresceu progressivamente nas duas últimas décadas no Brasil, enquanto a média mundial apresentou tendência oposta.

Já do ponto de vista da intensidade de carbono na economia, percebeu-se que o país intensificou as emissões do principal gás causador do efeito estufa, ao tentar manter e ampliar seu crescimento econômico. Paralelamente a isso, o estudo também mostrou que as emissões per capita de CO₂ no Brasil aumentaram 5 vezes mais que na média mundial entre 1980 e 2008.

Ao jogar luz sobre a discussão da sustentabilidade da matriz energética este trabalho procurou fugir do senso convencional, que prega que a ampla participação das energias renováveis na matriz energético do país seria por si só um atestado de qualidade e de garantia que o consumo energético brasileiro ocorre em bases sustentáveis.

Espera-se, portanto, que este trabalho tenha como principal resultado o estímulo ao debate envolvendo o assunto aqui tratado, motivando novas pesquisas e discussões que saiam do senso comum e possam sinalizar o caminho a ser seguido na busca da sustentabilidade da matriz energética brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANCHES, S. **Climate agenda as an agenda for development in Brazil: A policy oriented approach.** Disponível em: <www.ecopolitica.org>. Acesso em: 20 nov. 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Anuário estatístico de transportes terrestres.** Vários anos. Disponível em <www.antt.gov.br>. Acesso em 6 mai.2010.
- ANDRADE, D. C.. **A preservação do capital natural e dos serviços ecossistêmicos:** Uma proposta de contribuição teórica e metodológica da economia ecológica. 2009. 162 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia, Unicamp, Campinas, 2009.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN). **Relatório Final.** Dez.2008. Disponível em <www.epe.gov.br>. Acesso em: 15 abr. 2010.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Bioetanol de cana-de-açúcar:** Energia para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <www.bioetanoldecana.org>. Acesso em: 22 fev. 2010.
- BARBOSA, L. M. Agroenergia, biodiversidade, segurança alimentar e direitos humanos. **Conjuntura Internacional.** Set. 2007. Disponível em: <www.pucminas.br>. Acesso em: 10 mar. 2010.
- CALABI, A. S. et al. **A energia e a economia brasileira.** São Paulo: Pioneira, 1983, 250p.
- CAMPOS DE ANDRADE, A. L. Energia e mudanças climáticas: uma discussão da matriz energética brasileira e do setor de transportes. Florianópolis (SC): UFSC- Programa de Pós-Graduação em Economia (Dissertação de Mestrado), 2010, 164 p.
- FERNANDES, C. T. C.; BURSZTYN, M. A. A.. Usos múltiplos das águas de reservatórios de grandes hidrelétricas. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 4., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: ANPPAS, 2008. p. 1 - 24. Disponível em: <WWW.ANPPAS.ORG.BR>. Acesso em: 08 jun. 2010.
- FEARNISDE, P.M. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. **Water, Air and Soil Pollution.** Dordrecht, Holanda, v.133, n.3-4, p. 69-96, 2002.
- FEARNISDE, P. Gases do efeito estufa em hidrelétricas da Amazônia. **Ciência Hoje.** Rio de Janeiro, v. 36, n.211, p. 41-44, 2004
- FLEXOR, G. **Segurança Alimentar e biocombustíveis:** Um dilema? Ago. 2008. Disponível em: <www.fbes.org.br>. Acesso em: 29 mar. 2010.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Fourth assesment report:** Climate change 2007(AR4). Genebra: IPCC, 2007.
- LAPOLA, D. et al. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. **Pnas Early Edition.** Feb. 2010. Disponível em: <www.pnas.org>. Acesso em: 23 abr. 2010.
- LEITE, A. D. **A energia do Brasil.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528p.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Inventário brasileiro**

das emissões e remoções antrópicas de gases do efeito estufa – Informações gerais e valores preliminares. Nov. 2009. Disponível em <www.mct.gov.br>. Acesso em 30 jan. 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resenha energética brasileira – exercício 2009.** Brasília, 2010.

NETO, D. Dilemas e questões do biodiesel na matriz energética. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 11., 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Coppe, 2006. v. 1, p. 401 - 415.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Mitigación del cambio climático y adaptación en la agricultura.** 2008. Disponível em <www.fao.org> Acesso em 12 mar. 2010.

PEREIRA, B. A. Agroindústria Canavieira: Uma análise sobre o uso da água nos processos agrícolas e industriais da produção sucroalcooleira paulista. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Ecoeco, 2009.

ROSA, L.P.; SCHAEFFER, R.; SANTOS, M.A. Are hydroelectric dams in the brazilian Amazon significant sources of greenhouse gases?. **Environmental Conservation**, 66, p.2-6, 1996.

ROSA, L. P. et al. Emissões de gases do efeito estufa por hidrelétricas. **OEcologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p.116-129, 2008.

VIEIRA JUNIOR, P. A. et al. A produção brasileira de cana-de-açúcar e o deslocamento da fronteira agrícola no estado do Mato Grosso. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Ecoeco, 2009.

WERNER, D.; TAVARES, D. A.C. Hidrelétricas e desenvolvimento sustentável: Uma combinação possível? In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Ecoeco, 2009.