

**Para uma reinterpretação marxiana dos desafios
socioeconômicos da política climática contemporânea**

Eduardo Sá Barreto*

**Seções ordinárias 8: Área Especial
Desenvolvimento e meio ambiente: a crítica da economia política**

Resumo

A criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) marca o início de uma era de crescente importância da questão ambiental no âmbito da política energética. Um exame do conjunto de iniciativas dos principais países responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa indica que as tentativas de redução da intensidade em emissões é uma tendência geral nos esforços atuais de mitigação. Tomando as políticas de estímulo à eficiência energética como eixo principal desta via, busca-se oferecer as bases para um novo entendimento – baseado na teoria marxiana do valor – da relação entre ganhos de eficiência e consumo de energia, dando assim um novo enquadramento aos desafios econômicos, sociais e tecnológicos impostos pelas mudanças climáticas.

Abstract

The creation of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) marks the beginning of an era of growing importance of environmental issues within energy policy. Initiatives towards emissions intensity reduction are now a general tendency in the mitigation efforts among countries that are the main emitters. Taking the energy efficiency policies as the central point of our discussion, we intend to provide the foundations for a new understanding of the nexus between energy efficiency and energy consumption - based on Marxian theory of value - as well as a new framing for the rebound effect and its relevance to environmental issues

* Mestre e Doutorando em Economia pela UFF.

1 – Introdução

Desde a década de 1980, com a criação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), o debate a respeito das mudanças climáticas tem ganhado cada vez mais evidência. A criação do IPCC marca o início de uma época de intensas preocupações quanto aos impactos da atividade humana sobre as condições climáticas do planeta. Hoje, um crescente consenso científico consolida-se em torno do caráter antropogênico das tendências presentes de elevação da concentração de gases de efeito estufa (GEE)¹ na atmosfera. A acumulação desses gases na atmosfera é apontada pelo IPCC (2007a) como a principal causa da paulatina elevação da temperatura média da Terra, cujos mais importantes desdobramentos em termos ambientais são normalmente reunidos sob o conceito bastante geral de *Mudanças Climáticas*.

Não é nosso objetivo neste artigo discutir aspectos não relacionados à dimensão socioeconômica desta questão. Por este motivo, partimos da posição oficial do IPCC, i.e. partimos do reconhecimento que as emissões de GEE oriundos da atividade humana não somente são capazes de gerar impactos significativos sobre seus níveis de concentração atmosférica como o vêm fazendo sistematicamente desde a revolução industrial no final do século XVIII.

Também não pretendemos entrar na discussão da eventual intensidade dos efeitos climáticos disparados por este processo. Para o IPCC (2007), a elevação em 2°C na temperatura média da Terra é um limite que, se transposto, pode dar partida a alterações ambientais imprevisíveis e potencialmente catastróficas. É comum entre os climatologistas o reconhecimento da provável existência de pontos críticos a partir dos quais haveria uma aceleração das mudanças climáticas, o aumento de fenômenos naturais extremos e a diminuição significativa da possibilidade de revertermos ou nos adaptarmos ao processo. Minqi Li (2008) sustenta que alguns dos efeitos possíveis de um aumento de 2°C na temperatura média do planeta seriam: (i) seca e desertificação na África, Austrália, sul europeu, e oeste dos Estados Unidos; (ii) perdas glaciais na Ásia e na América do Sul; (iii) derretimento das calotas polares e consequente aumento no nível dos oceanos; (iv) e a possível extinção de 15-40% das espécies vegetais e animais.

Segundo o IPCC (2007b), o processo de estabilização da concentração de GEE envolveria um pico de emissões e seu posterior declínio. Quanto maior for a meta de

¹ “Gases de efeito estufa são os gases constituintes da atmosfera, tanto naturais quanto antropogênicos, que absorvem e emitem radiação (...) [causando] o efeito estufa”. (IPCC, 2007a: 82)

mitigação, mais cedo deverá ocorrer o pico e/ou mais rapidamente deverão declinar as emissões anuais após o pico. De acordo com a quarta *Assesment Report*:

Ainda que qualquer definição de “interferência perigosa” seja por necessidade baseada em suas ramificações sociais e políticas e, como tal, depende do nível de risco declarado aceitável, reduções profundas de emissões são inevitáveis de modo a atingir a estabilização. (IPCC, 2007a: 97)

A estabilização da concentração de GEE e, em particular, do principal gás de efeito estufa, CO₂, exige reduções substanciais de emissões, muito além daquelas incluídas em acordos existentes como o Protocolo de Quioto. (Ibid.: 101)

As conexões desta questão com as temáticas da Economia são evidentes. Causas, estratégias de adaptação e impactos esperados podem ser – e de fato são, em inúmeras esferas relevantes – discutidos a partir de uma perspectiva econômica. Propõe-se neste artigo delinear as bases para o desenvolvimento de uma abordagem que, mesmo partindo da esfera da economia, se situe fora da perspectiva econômica tradicional que orienta suas interpretações e proposições primordialmente pela necessidade de manutenção da ordem vigente; i.e. da manutenção de condições adequadas ao processo de expansão do capital.

O texto está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução e a seção de considerações finais. A segunda seção apresenta uma breve descrição das tendências atuais em política energética nos aspectos relacionados à questão climática. Na terceira seção sumarizamos duas correntes de interpretação econômica das estratégias baseadas em eficiência. Na quarta seção procura-se desenvolver um argumento que ofereça um ponto de partida para uma reinterpretação marxiana do nexo entre eficiência energética e consumo de energia.

2 – Política energética

Entre as dez maiores economias, todas possuem metas específicas relacionadas ao binômio energia/mudanças climáticas. Para o *World Resources Institute* (WRI), a principal política climática relacionada à energia tem sido a utilização de metas de intensidade em emissões (seja medido em unidades físicas, monetárias ou de energia).² (WRI, 2006)

² Pode-se entender intensidade em emissões de duas formas distintas: (i) como volume de emissões por unidade de energia, ou *intensidade em emissões do consumo de energia*; e (ii) como volume de emissões por unidade do produto (seja em unidades físicas ou monetárias), ou *intensidade em emissões do produto*. Sempre que utilizarmos o termo “intensidade em emissões” (ou em carbono) sem qualificativos adicionais estaremos nos referindo à intensidade em emissões do produto (ou da produção).

As metas de intensidade diferem-se das metas absolutas (p.ex. as metas do *Protocolo de Quioto*) porque, ao fixarem determinada proporção desejada entre as variáveis, não impõem limite absoluto a nenhuma delas; i.e. criam uma flexibilidade que supostamente seria capaz de compatibilizar metas de políticas climáticas (e energéticas) e de crescimento econômico.

Outra razão alegada pelo WRI para a adoção de metas de intensidade é a diminuição da incerteza associada aos custos dos esforços de mitigação. A diminuição da incerteza ocorreria porque os custos com metas absolutas variam de acordo com a atividade econômica. Metas absolutas podem ser relativamente fáceis e pouco custosas de cumprir em um cenário de baixo crescimento econômico. Por outro lado, em um contexto de crescimento econômico mais acelerado, o cumprimento de uma meta absoluta exigiria mobilização de esforços e recursos muito custosa. Com uma meta de intensidade, por outro lado, o esforço seria automaticamente ajustado à medida que oscila a atividade econômica. Se a atividade econômica cresce, o nível de emissões permitido aumenta no mesmo ritmo. Se a economia se retrai, cai também o nível permitido de emissões. (WRI, 2006)

Levando-se em conta apenas o *dióxido de carbono* (CO₂), a intensidade em emissões (neste caso podemos nos referir à intensidade em emissões de CO₂ ou simplesmente à intensidade em carbono) da produção é determinada por dois fatores: (i) a intensidade energética, i.e. o volume de energia utilizado por unidade do PIB; e a (ii) composição da matriz energética – ou seja, a proporção em que se utilizam fontes de energia com conteúdo de carbono mais elevado (p.ex. petróleo, carvão, etc.) e fontes com baixo conteúdo de carbono (p.ex. hidroelétrica, nuclear, fotovoltaica, etc.).³ Quanto mais a matriz for dominada por fontes de alto conteúdo de carbono, maior será a intensidade em emissões.

A intensidade energética, por sua vez, possui dois outros determinantes:

- a. eficiência energética: pode referir-se à eficiência na conversão, caso em que – quanto mais eficiente for o processo – menos energia é perdida na forma de calor durante a conversão. Pode referir-se também ao consumo final, caso em que – quanto mais eficiente – obtém-se mais trabalho útil para cada volume consumido de energia;

³ Quando se consideram outros gases GEE, o número de determinantes aumenta.

- b. estrutura econômica (em nível *nacional*): quanto mais uma dada economia possuir setores intensivos em energia, maior será sua intensidade em emissões.

Geralmente estas relações encontram-se resumidas na seguinte identidade (WRI, 2006: 4), na qual a intensidade em carbono da produção é o produto da intensidade energética e da intensidade em carbono do consumo de energia:

$$\left(\frac{CO_2}{PIB}\right) \equiv \left(\frac{energia}{PIB}\right) \times \left(\frac{CO_2}{energia}\right)$$

A partir desta identidade básica, desdobra-se a Identidade Kaya, que estabelece o nível total de emissões em função da população, do PIB *per capita*, da intensidade energética e da intensidade em carbono do consumo de energia (Stern *et al.*, 2007: 177; WRI, 2006: 9):

$$CO_2 \equiv (População) \times (PIB \text{ per capita}) \times \left(\frac{energia}{PIB}\right) \times \left(\frac{CO_2}{energia}\right)$$

É possível então afirmar que as metas de intensidade são um caminho indireto para influenciar o nível total de emissões, sem que haja, supostamente, necessidade de interferências na dinâmica populacional e, mais relevante, na atividade econômica. Algumas das maiores economias do mundo, possuindo metas de redução de emissões quantificadas no *Protocolo de Quioto*, conjugam metas de intensidade com as metas absolutas. Isso, porém, não invalida o dito acima, já que o esforço para cumprir a meta absoluta, realiza-se principalmente por políticas de redução da intensidade em carbono. Como veremos adiante, os principais instrumentos de política energética para a redução da intensidade em emissões têm sido o estímulo à eficiência energética e ao aumento da participação das fontes de energia (ditas) renováveis na matriz energética.

A Argentina foi o primeiro país a propor uma meta voluntária de intensidade em emissões no âmbito do *Protocolo* com o intuito de estabelecer um mecanismo de participação dos países (ditos) em desenvolvimento nos esforços de mitigação. A meta de intensidade proposta pela Argentina não tinha a característica linear da intensidade energética tal como a apresentamos. A proposta argentina utilizava uma ponderação para o PIB que tornava a meta tanto mais restritiva quanto maior fosse o nível de

atividade econômica. Por uma série de motivos, a proposta foi posteriormente abandonada, mas desde então inúmeros países adotaram, se não metas explícitas de intensidade em emissões, políticas específicas visando aumentos de eficiência energética e diminuição do conteúdo de carbono de sua matriz.

A China, atualmente o principal país emissor do mundo, tem como meta explícita em seu 11º Plano Quinquenal a redução de 20% na intensidade energética entre 2005 e 2010.⁴ (Zhou *et al.*, 2010) Além disso, projeta obter 15% da energia consumida no país a partir de fontes renováveis. Tais metas ambiciosas são em parte motivadas pela reversão, em 2002, de uma longa tendência de declínio da intensidade energética da economia chinesa.

Entre as principais prioridades relacionadas à energia estão a transformação estrutural da indústria, retirando-se de atividades muito intensivas em energia, incentivos financeiros direcionados para eficiência energética e fortalecimento das leis de conservação de energia (*energy conservation law*). O foco das políticas chinesas é especialmente nos setores de geração de energia, transportes, construção civil e aparelhos domésticos, todos com metas de eficiência energética explícitas no 11º Plano Quinquenal. (Zhou *et al.*, 2010)

O Japão, terceira maior economia e quinto maior emissor de CO₂ do mundo,⁵ passou a incluir a partir de 1990 a redução das emissões de CO₂ como objetivo de sua política energética.⁶ A principal meta da política atual relacionada às emissões de CO₂ é reduzir a intensidade energética⁷ e a intensidade em carbono do consumo de energia. Segundo o documento *Kyoto Protocol Target Achievement Plan* (KPTAP), publicado em 2005 pelo Shushō Kantei⁸ (2005: 26-7; ênfase adicionada), “de modo a aprofundar constantemente as medidas de economia de CO₂, o governo do Japão terá como prioridade a redução – *por meio do avanço na eficiência do consumo de energia* – da intensidade energética e da emissão de dióxido de carbono por unidade de energia consumida”.

Desde 1956 o país investe pesadamente em energia nuclear e em 2009, 30% da energia consumida no Japão vinha das 55 usinas instaladas no país. (Kazumi, 2009)

⁴ Os dados disponíveis no momento ainda não permitem dizer se a China atingiu a meta. Até 2008, no entanto, apenas cerca de metade (≈12%) da redução pretendida até 2010 havia sido atingida. (EIA-DoE, 2011; Zhou *et al.*, 2010)

⁵ Dados de 2008. (EIA-DoE, 2011)

⁶ Antes de 1990, os objetivos expressos da política energética eram a segurança energética e desenvolvimento econômico. (Kazumi, 2009)

⁷ A meta é reduzir a intensidade energética em 30% de 2003 a 2030. (Stern *et al.*, 2007)

⁸ Gabinete do Primeiro Ministro Japonês.

Além disso, o KPTAP indica investimentos adicionais em geração nuclear como forma de reduzir a intensidade em emissões.⁹ Os sérios acidentes no complexo nuclear de Fukushima em 2011, no entanto, podem vir a retardar o programa nuclear japonês em alguma medida.

Além dos planos de expansão da participação da geração nuclear e de outras fontes com menor conteúdo de carbono¹⁰ o governo japonês aposta fortemente – por meio de leis que geralmente estabelecem padrões mínimos de eficiência energética (p.ex. Lei de Conservação de Energia, Lei Relativa ao Uso Racional da Energia) ou por acordos voluntários com a indústria (Geller *et al.*, 2006) – no estímulo ao desenvolvimento tecnológico, na disseminação de equipamentos domésticos e industriais mais eficientes e na mudança de padrões de consumo. (Shushō Kantei, 2005)

Os Estados Unidos, maior emissor de GEE mundial até 2006 (quando foi ultrapassado pela China), teria sob o *Protocolo de Quioto* uma meta absoluta de reduzir em 7% as emissões de GEE até 2012 (ano base 1990). Porém, o acordo sequer foi enviado ao senado, pelo então presidente Bill Clinton, para ser ratificado. Posteriormente, a partir do governo Bush, estratégias baseadas em limitações absolutas das emissões – como as propostas no *Protocolo* – foram oficialmente retiradas da agenda norte-americana. (Reuters, 2007a)

Em 2002 o governo Bush anunciou uma meta de redução de 18% na intensidade em emissões até 2012 (ano base 2002). Segundo estudo do *World Resources Institute*, levando-se em conta a meta de intensidade e as projeções de crescimento do PIB feitas pelo próprio governo norte-americano, estima-se que as emissões totais cresceriam mais de 14% ao longo do período, muito próximo do crescimento registrado na década anterior (1990-2000). (WRI, 2003; 2006)

O forte viés tecnológico da política energética dos Estados Unidos é evidenciado pelos gastos com P&D direcionados especificamente à eficiência. Entre 1978 e 2000, o *Department of Energy* (DoE) gastou US\$7 bi com programas de eficiência, geralmente em parceria com nove setores intensivos em energia¹¹: agricultura, alumínio, química, produtos florestais, vidro, metalurgia, mineração, petróleo e aço. (Geller *et al.*, 2006)

Entre as dez maiores economias do mundo, França, Alemanha e Reino Unido possuem metas absolutas de redução das emissões além daquelas estabelecidas sob o

⁹ Segundo Kazumi (2009), 90% das emissões japonesas estão relacionadas à energia.

¹⁰ A meta japonesa é de ampliar a participação das energias renováveis na matriz até 5%. (Kazumi, 2009)

¹¹ O valor está em US\$ de 1999.

Protocolo de Quioto. Isto, no entanto, não reduz a relevância das políticas de redução da intensidade em carbono, pois, como mencionado anteriormente, mesmo que não estejam explicitadas na forma de metas de intensidade, as políticas de eficiência energética e de promoção de fontes renováveis mantêm papel central na política climática mais geral. Segundo declaração conjunta dos ministros de energia dos países do G8¹² (2008: 1; ênfase adicionada)

a promoção da eficiência energética, tanto no fornecimento de energia quanto nas cadeias de demanda, de modo custo-efetivo é um *pré-requisito necessário para enfrentar questões de segurança energética e mudanças climáticas ao mesmo tempo em que se fomenta crescimento econômico*. Particularmente, nós endossamos as 25 recomendações da IEA para promoção da eficiência energética.

As recomendações da *International Energy Agency* (IEA) – todas relacionadas à promoção da eficiência energética (Jollands *et al.*, 2010: 6113; IEA, 2007) – são tidas como uma compilação das melhores políticas disponíveis atualmente, algumas das quais já mencionadas. Além de recomendações gerais de âmbito intersetorial, este conjunto de diretrizes possui recomendações específicas para 6 setores, com forte ênfase na utilização de padrões mínimos de eficiência: construção civil, equipamentos industriais e aparelhos domésticos, iluminação, transporte, indústria e plantas de geração de energia. Jollands *et al.* (2010) sustentam que sua ampla implementação seria indicativo do progresso de um país no sentido do estabelecimento de uma política energética bem sucedida em termos ambientais.

3 – Eficiência energética na Economia

A literatura econômica aponta a precificação do carbono, a política energética e a remoção de barreiras a mudanças comportamentais (padrões de produção e consumo) como as três principais estratégias existentes de mitigação das emissões de CO₂.¹³ Entretanto, tendo em vista que as emissões de CO₂ correspondem a cerca de 77% das emissões totais e que 77,9% das emissões totais de CO₂ estão relacionadas à energia, julgamos ser adequado estabelecer a política energética, e mais especificamente as metas de intensidade em emissões, como ponto central de nossa análise.

¹² Países que compunham o G8: Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Rússia, Reino Unido e Estados Unidos.

¹³ Cf.: Ryan & Young (2009), Bicalho (2007), Lecocq & Ambrosi (2007), Stern *et al.* (2007), IPCC (2007b), WRI (2006), Pereira & May (2003), Foster (2000), Moezzi (2000).

Vimos, por meio das relações sintetizadas na identidade Kaya, que existem quatro determinantes das emissões (antropogênicas) totais de CO₂ que podem ser ativamente influenciados: população, nível da produção, intensidade energética e intensidade em emissões do consumo de energia. Foi também sublinhado que as políticas climáticas têm se concentrado nos dois últimos determinantes, com especial foco no estímulo à eficiência energética. Esta forte tendência e os resultados observados levantam, no entanto, a dúvida se ganhos de eficiência podem de fato figurar como opção prioritária para a estabilização da concentração de GEE na atmosfera. A exploração deste debate está dividida em duas partes. Na primeira parte são apresentados em linhas gerais os argumentos contidos nas formulações que sustentam a ideia de que ganhos de eficiência energética podem não se converter em reduções no consumo. Na segunda parte, discutimos a perspectiva de duas importantes correntes de “pensamento ambiental” no interior da Economia – Economia Ambiental e da Economia Ecológica – quanto as relações entre eficiência e consumo de energia.

3.1 – Paradoxo de Jevons e o postulado Khazzoom-Brookes

Em linhas gerais, os dois principais conceitos deste debate são o *rebound effect* e o *backfire*.¹⁴ Ambos expressam magnitudes diferentes de um mesmo processo. A ideia central é que ganhos de eficiência energética, ao facultarem um uso mais econômico de energia (seja primária ou secundária), geram um acréscimo de demanda pelo serviço fornecido pela energia (trabalho útil). Em outras palavras, o ganho de eficiência geraria, por um lado, um ganho de produtividade (economia relativa) que tende a reduzir o consumo total de energia e, por outro, uma demanda adicional por trabalho útil que tende a aumentá-lo. Se esta demanda adicional por trabalho útil puder ser atendida com um consumo de energia inferior ao consumo anterior ao ganho de eficiência, então haverá economia absoluta de energia. Porém, como a economia relativa propiciada pelo ganho de eficiência é compensada em certa medida por um acréscimo de demanda, temos a ocorrência de *rebound*, ou seja, uma situação em que o consumo total é maior do que se esperaria de um ponto de vista exclusivamente técnico. Se, no entanto, a demanda adicional for suficiente para impulsionar o consumo além do nível anterior – i.e. se o ganho de eficiência energética resultar em um *rebound* tal que o consumo total de energia cresça ao invés de diminuir – temos a ocorrência de *backfire*.

¹⁴ Como ainda não existe uma única tradução consagrada desses termos, optamos por deixá-los no idioma original ao longo de todo o texto.

A discussão sobre os prováveis impactos de ganhos de eficiência energética sobre o consumo total de energia não é nova. Tem seu início com Jevons (1906[1865]) em meados do século XIX e é mais tarde recuperada por Khazzoom, Brookes e Saunders, entre outros. (Moezzi, 2000; Sorrel, 2009) O trabalho seminal de Jevons está relacionado às preocupações, correntes na época, de que o Reino Unido pudesse vir a enfrentar uma crise de escassez de carvão, principal combustível então utilizado. O ponto principal de seu argumento era mostrar que os ganhos em eficiência gerados pelo desenvolvimento das máquinas a vapor não reduziriam as necessidades de consumo do carvão como era esperado. Na verdade, para o autor, tais aumentos de eficiência geravam efeitos que não só compensavam parte da economia relativa dos combustíveis (*rebound*), mas também impulsionavam o aumento de sua demanda a ponto de aumentar seu consumo como um todo (*backfire*). Neste sentido, Jevons afirma ser “um equívoco supor que o uso econômico de combustível equivale a um consumo menor. O exato oposto é verdadeiro”. (Jevons, 1906[1865]: 140)

A análise de Jevons dos efeitos do aumento de eficiência energética sobre o consumo total do carvão divide-se em dois momentos. Por um lado, o ganho em eficiência diminuiria o custo do vapor convertido em trabalho útil, diretamente impulsionando a utilização das máquinas a vapor. Como uma das principais aplicações destas máquinas em meados do século XIX era exatamente na atividade mineradora, a redução do custo do vapor tendia a intensificar a própria mineração de carvão, que resultaria na aceleração do consumo e no eventual esgotamento deste recurso. Por outro lado, outro elemento determinante da análise era a expansão (gerada pela redução de custos) do escopo de possibilidades e oportunidades de emprego lucrativo do carvão. A demanda por energia cresceria, portanto, porque o aumento de eficiência levaria a um aumento do escopo da produção. Além disso, os ganhos de eficiência normalmente viriam acompanhados de melhoramentos técnicos de outra natureza. Sorrel (2009) sublinha que, para Jevons, os desenvolvimentos na eficiência energética estariam inseridos no processo mais amplo de desenvolvimento tecnológico que inclui melhoramentos em outras áreas da produção, desde a administração de processos ao produto em si. Este progresso técnico mais geral teria o mesmo efeito de ampliação das possibilidades de emprego do combustível, com impactos semelhantes sobre sua demanda. É importante salientar que, para Jevons, os dois momentos do processo resultam na redução dos custos do carvão. Por tal motivo, este é um processo que, uma

vez disparado, poderia se autoalimentar mesmo na ausência de novos ganhos de eficiência.

Concepções semelhantes voltaram a circular a partir da década de 80. Abordaremos aqui os dois autores que podem ser considerados as principais referências recentes do tema: Leonard Brookes e Harry Saunders. A intervenção de Brookes ocorre no período que segue os dois choques do petróleo da década de 70. A primeira elevação aguda dos preços em 1973 disparou uma reação do governo norte-americano no sentido da implementação de políticas de controle da demanda pelo combustível. A recepção desfavorável ao que foi visto como uma imposição de restrições ao consumo forçou uma reorientação da política no sentido do estímulo aos ganhos de eficiência, na esperança de reduzir a demanda interna por petróleo. Brookes conclui, na mesma linha da análise de Jevons, que a política de incentivo à eficiência geraria resultados opostos aos esperados. O argumento principal do autor é que a eficiência aumentada provoca um deslocamento do equilíbrio de mercado para um nível em que preços, produção e consumo de energia são mais elevados. (Brookes, 2000)

Outro ponto importante em que seu argumento pode ser associado ao de Jevons diz respeito à relação entre o avanço da eficiência energética e outras transformações técnicas. Para ambos, os dois processos estão fortemente interligados. No entanto, enquanto para Jevons o primeiro é apenas parte integrante dessas transformações, para Brookes é o próprio aumento da eficiência que estimula progressos técnicos diversos que aumentam a produtividade e que impulsionam o crescimento econômico, com o aumento consequente da demanda de energia. Neste sentido, a relação de causalidade entre ganhos de eficiência e crescimento do consumo de energia adquire um caráter ainda mais preponderante em Brookes.

Saunders foi o primeiro autor a sintetizar as ideias iniciais do debate, cunhando o termo *postulado Kazzoom-Brookes* para descrever este processo em que ganhos de eficiência *causam* aumentos no consumo de energia. Sua principal contribuição para o debate foi demonstrar que modelos teóricos de crescimento neoclássicos são capazes de dar amplo suporte à previsão de *rebound* e, dependendo dos pressupostos assumidos, até mesmo de *backfire*. Ao se referir à ocorrência de *backfire*, Saunders (2000: 439) é mais cauteloso que Jevons e Brookes, afirmando que o fenômeno “pode ocorrer no mundo real em circunstâncias específicas”. Baseados em uma suposta ausência de dados que comprovassem a ocorrência do fenômeno e no próprio reconhecimento de Brookes e Saunders que algumas de suas hipóteses seriam demasiado restritivas, diversos autores

ao longo dos últimos vinte anos têm contestado as conclusões dos teóricos do *rebound effect*. (Sorrel, 2009) Contudo, não abordaremos aqui seus argumentos. Nosso propósito é, mais que investigar a relevância do postulado Khazzoom-Brookes, oferecer uma perspectiva distinta para este fenômeno supostamente paradoxal.

3.2 – Eficiência e consumo de energia na questão ambiental

O debate sobre as possibilidades de ocorrência do *rebound effect* – também conhecido como Paradoxo de Jevons – ou mesmo de *backfire* tem seu início em um contexto de preocupações quanto à segurança energética. No entanto, recentemente, este debate tem sido alvo de renovado interesse a partir de uma ótica climática, especialmente no que tange o delineamento de estratégias de abatimento das emissões de GEE. A relação observada entre as políticas energéticas e as metas do *Protocolo* não é acidental. Embora não seja a única fonte de emissões, o consumo de energia é a principal. Em 2005, as emissões do setor de energia representaram 64,4% das emissões totais de GEE. (CAIT, 2011) Levando-se em conta apenas as emissões de CO₂, o setor foi responsável por 77,9% das emissões.

Entre os instrumentos de mitigação das emissões propostos no *Protocolo* (SPC, 1997), o que se relaciona mais intimamente com a ideia de eficiência é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Ao instituir um mercado de créditos de emissão, supostamente criando uma possibilidade de “cooperação” entre países, espera-se que o mecanismo facilite também a transferência de tecnologias mais energo-eficientes dos países ditos desenvolvidos para os não-desenvolvidos. Os ganhos em termos de eficiência desdobrar-se-iam em uma menor intensidade de emissões; o que, de um ponto de vista meramente técnico, está correto. (Ryan e Young, 2009) Contudo, mesmo o debate sobre o *rebound effect* sumarizado anteriormente já demonstra que, até no âmbito da segurança energética, é inadequado restringir-se a este único determinante. Na discussão teórica sobre mercados de emissões (circunscrita à Economia Ambiental e à Economia Ecológica), da qual o MDL é uma aplicação direta, o elo entre ganhos de eficiência e seus reflexos no consumo total de energia e volume total de emissões *é mais postulado do que investigado*. A análise restringe-se, quase exclusivamente, aos ganhos relativos em termos de consumo e emissões e às possibilidades técnicas de economia de energia. Tal limitação – especialmente por tratar-se de um campo de investigação que não pode ignorar as legalidades próprias do ser natural – constitui em nosso juízo erro

crasso. A partir de uma perspectiva ambiental, é absolutamente indispensável considerar as tendências dos *níveis totais* de consumo de energia e emissões de GEE, posto são estas tendências – e não as medidas de economia relativa – que serão determinantes nos impactos ambientais de nossa atividade produtiva.

Evidentemente, existem diferenças qualitativas importantes nas abordagens da Economia Ambiental e da Economia Ecológica. Na ótica da Economia Ambiental, filiada à tradição neoclássica, os ganhos em eficiência energética traduzem-se diretamente em redução do consumo de energia, com pouco ou nenhum *rebound*. Curiosamente, um dos principais autores a sublinhar a possibilidade de *rebound* e *backfire* (Saunders, 2000), utiliza modelos de crescimento neoclássicos. A razão para tal divergência parece ser a utilização de análises estáticas (Pearce e Turner, 1990) para dar suporte teórico à opção política pelo mecanismo de mercado. Por seu turno, a Economia Ecológica reconhece explicitamente a possibilidade de *backfire*. No entanto, sua ocorrência é mais geralmente atribuída a outras tendências, como crescimento populacional ou a disseminação de padrões de consumo perdulários. Daí afirmar-se que sua ocorrência poderia ser evitada por uma combinação de políticas de eficiência e de conservação (pela mudança nos padrões de consumo, também referidos como *estilos de vida*). Dessa maneira seria possível transformar os ganhos relativos da eficiência em ganhos absolutos. (Pereira & May, 2003; Cohen, 2003)

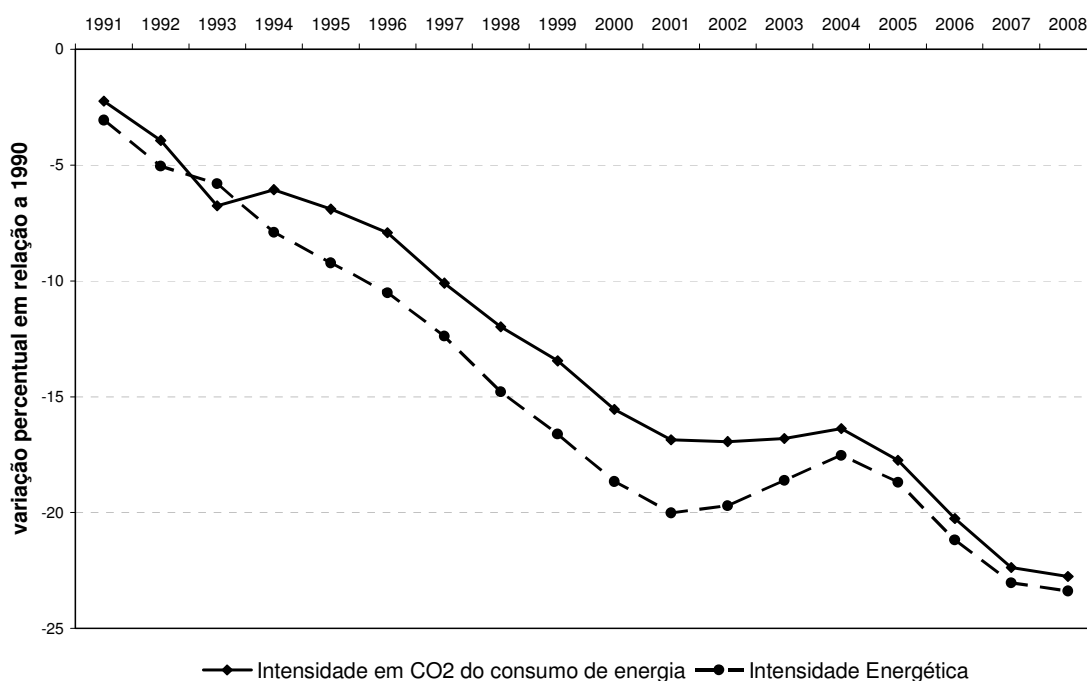
Mas seria o contínuo aumento das emissões de CO₂ desde a revolução industrial sinal de um período de relativa ausência de avanços tecnológicos que melhorassem de maneira geral a eficiência energética? Se observarmos a evolução da intensidade energética e intensidade de emissões (GRÁFICO 1) no período, veremos que o comportamento de ambas sugere ter havido uma tendência de aumento de eficiência energética.¹⁵

Segundo dados de Clark & York (2005), países como Estados Unidos e Holanda apresentaram aumentos de eficiência superiores a 30% de 1975 a 1996; Japão e Austrália, superiores a 50%. Em todos os casos, no entanto, as emissões totais de CO₂ cresceram mais de 10%; no caso dos três primeiros, mais de 25%. Isso ocorre porque os ganhos relativos proporcionados pelo aumento da eficiência são mais que compensados

¹⁵ Embora reduções em intensidade energética não sejam completamente explicadas por ganhos em eficiência energética é suficiente, para os objetivos deste artigo, considerar que quanto maior a segunda, menor será a primeira.

pelo aumento do consumo de energia. Nas últimas três décadas, o consumo de energia primária cresceu mais de 67% e de energia elétrica, mais de 132%. (EIA-DoE, 2011)

GRÁFICO 1



Fonte: EIA/DoE (2011)

Os teóricos do *rebound effect* tenderiam a dizer que parte desta evolução pode ser explicada por novos incentivos e oportunidades de consumo propiciadas pelo aumento de eficiência energética. Porém, dificilmente poderiam sustentar que a ocorrência de *backfire* é o principal fator determinando o comportamento observado na demanda total de energia. É preciso lembrar que, mesmo assumindo a ocorrência de *rebound* e *backfire*, o crescimento do consumo de energia não ficaria necessariamente restrito a esses efeitos. Por outro lado, embora haja ainda muito debate em torno da ocorrência ou não do *rebound*, seria impossível negar que o consumo de energia e a emissão de GEE vêm aumentando. Talvez por este motivo Brookes (2000: 364) afirma que “a validade ou não do postulado Khazzoom-Brookes é (...) de pouca relevância para a tomada de decisão – em nível nacional e internacional – quanto ao cumprimento de metas ambientais”.

Temos então, por um lado, um debate que estabelece umnexo entre eficiência e consumo de energia que – ainda que procure explicar crescimentos no consumo de energia oriundos de ganhos de eficiência energética – não é capaz de abranger a

tendência geral, que deveria estar em primeiro plano na análise ambiental, de aumento de consumo de energia e de emissões. Por outro lado, temos duas correntes de pensamento econômico – que servem de fundamento teórico para mecanismos como o MDL – que, em boa medida, passam ao largo deste debate, tomando o estímulo ao aumento da eficiência energética como um instrumento importante (talvez o mais importante) para o atendimento de metas ambientais: a Economia Ambiental privilegiando uma perspectiva técnica e a Economia Ecológica dando ênfase à via política e à iniciativa individual para compatibilizar eficiência e conservação. A perspectiva das correntes econômicas não pode, no entanto, ser consistentemente contestada pelas teorias de *rebound*, cujo foco situa-se nos movimentos marginais do consumo de energia gerados por ganhos de eficiência. É necessário explicar o nexo dos dois movimentos em suas totalidades. O fundamental a partir de uma perspectiva ambiental não é explicar porque economias relativas de energia não geram economias absolutas na mesma proporção, podendo até mesmo levar a aumentos no consumo; o fundamental é investigar a elevação contínua da eficiência energética ao mesmo tempo em que cresce o consumo de energia – e, conseqüentemente, as emissões de GEE –, assim como o nexo entre esses movimentos.

4 – Para uma reinterpretação marxiana do nexo entre eficiência energética e consumo de energia

De modo a oferecer uma primeira aproximação a este novo entendimento é preciso, se partimos de uma perspectiva marxiana¹⁶, retomar uma análise fundada na categoria do *valor*. O ponto de partida da análise de Marx do modo de produção capitalista é a mercadoria, unidade dialética de valor e valor de uso. Segundo ele, o fato de que o trabalho objective-se, de maneira generalizada, na forma mercadoria é característica específica da formação social regida pelo capital. (Marx, 1994) É evidente que muito antes da emergência e consolidação do modo de produção capitalista, o produto do trabalho já tomava eventualmente a forma de mercadoria. O que distingue a presente formação social de todas as outras em que existiu a mercadoria é a universalização desta forma específica de objetivação do trabalho.

¹⁶ As linhas gerais do argumento aqui delineado são baseadas especialmente nos livros 1 e 3 d’*O Capital*. (Marx, 1994[1867]; 1974[1894]) Os primeiros parágrafos são inspirados na síntese dos quatro primeiros capítulos do livro 1 realizada em Duayer & Medeiros (2008).

Um dos traços que caracteriza o trabalho produtor de mercadorias é que seu produto é, desde sua concepção, destinado à venda, destinado portanto ao atendimento de necessidades outras que não a do próprio trabalhador. O produto de seu trabalho atende suas necessidades apenas na medida em que é valor, em que lhe faculta reivindicar para si uma parcela equivalente da totalidade da riqueza social. Para que o produto social apresente-se, de maneira geral, na forma de mercadoria, é necessário que não somente alguns poucos trabalhadores isolados produzam tencionando a venda; é necessário que a totalidade o faça.¹⁷ Para que isto ocorra, é indispensável que a troca seja a forma de distribuição dominante da riqueza.

Em outras palavras, é o valor – posto como categoria da troca – que medeia os trabalhos privados; é o mercado o *locus* necessário da mediação entre o trabalho individual e a riqueza social produzida. Se no ato da troca os indivíduos igualam os valores que possuem – i.e. igualam seus trabalhos – e se a troca é o interposto dominante entre o indivíduo e os objetos necessários ao atendimento de seus carecimentos, então podemos afirmar que quanto mais valor este indivíduo possuir, maior o volume e variedade de valores de uso aos quais terá acesso.

Como cada trabalhador individual não produz para si, mas para outrem, sua produção não é limitada ou determinada pelos seus próprios carecimentos e de seus dependentes. Em princípio, não há um limite pré-estabelecido da quantidade de valor que ele pode produzir. Há, de fato, um incentivo ao aumento da produção, o que lhe facultaria acesso mais amplo à riqueza material. Existe já neste nível – a princípio enquanto possibilidade – um impulso à expansão da produção porque se, por um lado, a acumulação de valor equivale a enriquecimento, por outro lado, a não acumulação equivale a empobrecimento, uma vez que a decisão de não acumular contraria a lógica de expansão que tende a prevalecer.

Esta análise inicial, em um nível de abstração ainda bastante elevado, sem conexão aparente com o tema aqui tratado, pretende demonstrar que se em outras formações sociais pregressas o aumento da produção apresentava-se como ocorrência accidental ou mesmo como tendência verificada *post festum*, no capitalismo o impulso à expansão da produção é um elemento inerente; está inscrito em seu “código genético”, fundado no valor enquanto elemento estruturante da produção e distribuição da riqueza, conferindo a esta sociedade um caráter direcionalmente dinâmico, que escapa ao

¹⁷ É importante sublinhar que tal condição não exclui a possibilidade de produção não-mercantil, ainda que confira a esta um caráter necessariamente marginal.

controle dos indivíduos. (Postone, 2006) Vejamos agora como esta tendência fundamental articula-se com o consumo de energia e o aumento de eficiência.

Até agora tratamos do valor como categoria específica do capitalismo, mas sem uma análise mais detida do valor enquanto *capital*. Nesta sociedade, os meios de produção, trabalhadores e o próprio produto social, as mercadorias, têm incorporados em si o conteúdo do capital. Deve, portanto, a produção capitalista seguir a dinâmica própria do capital – do valor que, em seu movimento, busca a auto-expansão. Esse processo, expresso na fórmula $D-M-D'$, é um processo necessariamente contínuo ($D-M-D' \dots D'' \dots D''' \dots$), ciclo que não possui um fim ou um objetivo externo a si mesmo. O objetivo último do processo é o valor, mais especificamente o mais-valor.¹⁸ A necessidade que se satisfaz com valores de uso passa a estar subordinada a uma necessidade de outra natureza. A *necessidade*, na formação sócio-econômica regida pelo capital, é a produção e realização de mais-valor, sua transformação em dinheiro por meio da venda das mercadorias nas quais este se incorpora. (Marx, 2010; Postone, 1978)

O valor de cada mercadoria individual é determinado pelo tempo de trabalho médio necessário à sua produção. Significa dizer que o valor de cada mercadoria independe de cada processo produtivo particular; é determinado pelo nível médio de produtividade do trabalho no ramo específico de cada mercadoria. Sendo assim, o capitalista detentor da mercadoria, ao levá-la ao mercado, recebe por ela o equivalente ao tempo de trabalho social médio nela contido¹⁹, não ao tempo de trabalho diretamente despendido em sua produção. Podemos concluir então que se o tempo de trabalho diretamente despendido for inferior ao tempo médio necessário, este capitalista estará apropriando-se de quantidade de trabalho que de fato não empregou; de quantidade de valor superior a que se apropriaria caso o tempo empregado por ele fosse o tempo médio social. Analogamente, se o tempo de trabalho empregado fosse superior ao tempo médio, estaria se apropriando de uma quantidade de trabalho inferior à de fato empregada.

Suponhamos, por último, que o tempo empregado é exatamente o tempo médio. Se este capitalista individual realiza a introdução de alguma modificação técnica que aumenta a produtividade do trabalho, a quantidade necessária de trabalho para que

¹⁸ Seguimos neste artigo a tradução de *Mehrwert* (usualmente traduzida como mais-valia) adotada na edição brasileira dos *Grundrisse*. (Marx, 2011: 23)

¹⁹ Estamos aqui fazendo a suposição simplificadora que as mercadorias se vendem por seus valores.

produza qualquer volume fixo de mercadorias diminuirá. Como esta diminuição ocorre apenas para um processo produtivo isolado, o valor da mercadoria não sofre alterações, ou sofre pouca alteração. O capitalista poderá apropriar-se portanto de uma massa de valor que não corresponde diretamente ao trabalho contido em sua mercadoria: o mais-valor extra. A possibilidade de apropriação do mais-valor extra é um forte incentivo para a implementação de novas técnicas e tecnologias capazes de ampliar a produtividade do trabalho. Para os objetivos deste trabalho é suficiente sublinhar que aumentos na eficiência energética figuram entre os principais avanços técnicos desde a Revolução Industrial e que, por isso, é possível supor que o avanço da eficiência energética acompanha a tendência geral de desenvolvimento das forças produtivas.

Ocorre, porém, que esta possibilidade, e portanto também o impulso, está em princípio disponível a cada capitalista individual. Quando a maioria dos capitalistas em um dado setor faz avançar a produtividade do trabalho em seus respectivos processos produtivos, tende a cair o tempo social médio de trabalho necessário e, portanto, o valor da mercadoria. Uma vez que isso acontece, aqueles capitalistas que ainda não implementaram os avanços técnicos disponíveis veem-se obrigados a fazê-lo, pelas mesmas razões já discutidas no início do argumento.

Este processo desdobra-se em um triplo movimento. Primeiramente²⁰, tendem a avançar as forças produtivas da sociedade. Mais uma vez, deve estar claro que os ganhos de eficiência energética fazem parte deste processo. Em segundo lugar, tende a cair o valor das mercadorias. Em terceiro lugar, lembrando que a natureza do capital é autoexpansiva – que, portanto, a massa de valor produzida e apropriada deve estar em constante expansão – a única alternativa à queda do valor unitário é a expansão da produção em proporção que mais que compense as perdas relativas em valor.

Embora a intensidade energética tenha apresentado reduções notáveis nas últimas décadas – 43,8% entre 1980 e 2008 (EIA-DoE, 2011) –, ainda podemos considerar que os movimentos do consumo de energia e da produção guardam uma relação direta bastante próxima. E assim sendo, podemos resumir os resultados de todo o processo descrito até aqui como²¹: (i) avanço das forças produtivas, que tem o aumento da eficiência energética como um dos principais elementos; e (ii) crescimento da produção e o conseqüente aumento da demanda e consumo de energia.

²⁰ Vale frisar que este ordenamento se refere apenas à forma de exposição. De maneira alguma é indicativo de uma ordem lógica ou cronológica.

²¹ Evidentemente os resultados e efeitos não se resumem a esses dois. Estamos apenas dando o destaque aos efeitos pertinentes à presente discussão.

5 – Considerações finais

A conclusão acima, como era de se esperar, possui maior relevância para o debate ambiental e para a formulação de políticas voltadas à mitigação de emissões de GEE. Como vimos, ganhos consideráveis de eficiência energética apresentam-se como meta realizável – e, mais que isso, constantemente *realizada* –, mas que, todavia, vêm acompanhados de resultados tidos como paradoxais, já que se mostram incapazes de deter o avanço contínuo do consumo de energia; seja para fins de segurança energética ou para fins ambientais.

O próprio Jevons (1906[1865]: 142) afirma, ainda que partindo de uma perspectiva radicalmente distinta, que “é necessário pouca reflexão pra perceber que a totalidade de nosso vasto sistema industrial, e seu consumo subsequente de carvão [energia], emergiu principalmente de medidas sucessivas de economia [eficiência]”. Não há, no entanto, paradoxo algum, pois o nexos principal entre eficiência e consumo de energia não é de causa e efeito. Tanto os teóricos do *rebound effect* quanto os proponentes de políticas de estímulo à eficiência tendem a sobrevalorizar os efeitos de um sobre outro.

O primeiro grupo aponta para a provável ineficácia das políticas de eficiência, sublinhando inclusive a possibilidade que elas tenham resultados diametralmente opostos aos pretendidos. Porém, a posição do segundo grupo, predominante no âmbito das políticas energéticas, é mais grave em termos práticos, pois atribui ao aumento de eficiência um resultado que este não poderia ter: a redução no consumo total de energia. A investigação que realizamos da relação entre esses processos aponta para algo mais que a simples possibilidade de que a evolução de ambos seja em direção a um crescimento contínuo. Aponta para uma tendência geral.

Com isso, não pretendemos negar a ocorrência de *rebound* (ou mesmo *backfire*) em alguma medida, i.e. que ganhos de eficiência por si só gerem impactos no consumo de energia que contrabalançam sua economia relativa. Argumentamos, no entanto, que as dinâmicas de evolução da eficiência energética e do consumo de energia são, consideradas em sua totalidade, na presente formação social, resultados de uma mesma causa – a saber, a predominância da forma mercadoria e, portanto, a produção regida pelo valor. Sendo assim, existem limites estruturais objetivos ao descolamento das tendências de aumento da eficiência energética e do consumo de energia no interior da

dinâmica própria da sociedade capitalista. Em outras palavras, a plena realização dos objetivos associados a uma trajetória de estabilização da concentração atmosférica de GEE exige a superação desta dinâmica.

Referências

- Alley, R. B. *et al.* (2003) “Abrupt climate change”, *Science* (299), pp. 2005-2010.
- Bicalho, R. (2007) Política energética, fontes alternativas e novas tecnologias. IN: PINTO Jr., H. (Org.) *Economia da energia*, Rio de Janeiro: Elsevier Editora.
- Brookes, L. (2000) Energy efficiency fallacies revisited, *Energy Policy*, v. 28, p. 355-366.
- Clark, B. & York, R. (2005) Carbon Metabolism: global capitalism, climate change, and the biospheric rift, *Theory and Society*, v. 34, p. 391-428.
- Duayer, M & Medeiros, J. L. (2008) Marx, Estranhamento e Emancipação: o caráter subordinado da categoria da exploração na análise marxiana da sociedade do capital, *Revista de Economia*, v. 34, p. 151-161.
- Farley, J. W. (2008) The Scientific Case for Modern Anthropogenic Global Warming, *Monthly Review*, v. 60(3), p. 68-90.
- Foster, J. B. (2003) A Planetary Defeat: The Failure of Global Environmental Reform, *Monthly Review*, v. 54(8), p. 1-9.
- Foster, J. B. (2000) Capitalism’s Environmental Crisis: is technology the answer?, *Monthly Review*, v. 52(7), p. 1-13.
- G8 (2005) *Climate Change, Clean Energy and Sustainable Development*. Disponível em: <http://www.g8.utoronto.ca/summit/2005gleneagles/climatechange.pdf>
- G8 (2008) *Joint Statement by G8 Energy Ministers*. Disponível em: http://www.enecho.meti.go.jp/topics/g8/g8sta_eng.pdf
- Geller, H. *et al.* (2006) “Policies for increasing energy efficiency: thirty years of experience in OECD countries”, *Energy Policy*, v. 34, pp. 556-573
- Geller, H. *et al.* (2004) “Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil”, *Energy Policy*, v. 32, pp. 1437-1450.
- Green, C. *et al.* (2007) “Challenges to a climate stabilizing energy future”, *Energy Policy*, v. 35, pp. 616-626
- IEA (2007) *IEA energy efficiency policy recommendations to the G8 2007 summit*. Disponível em: http://www.iea.org/g8/docs/final_recommendations_heiligendamm.pdf
- IPCC (2007a) Synthesis report, In: *Climate Change 2007: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental*

- Panel on Climate Change* [Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.)], Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2007b) Summary for policymakers, In: *Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz *et al.* (eds.)], Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2007c) Annex I: Glossary, In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. *et al.* (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2007d) Annex I: Glossary, In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, *et al.* (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2001) Synthesis Report, In: *Climate Change 2001: A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)], Cambridge: Cambridge University Press.
- Jevons, W. S. (1906[1865]) *The coal question*, Londres: Macmillan and Co.
- Jollands, N. *et al.* (2010) “The 25 IEA energy efficiency policy recommendations to the G8 Gleneagles Plan of Action”, *Energy Policy*, v. 38, 6409-6418.
- Kazumi, K. (2009) “The challenge of climate change and energy policies for building a sustainable society in Japan”, *Organization & Environment*, v. 22, n. 1, pp. 52-74.
- Li, M. (2008) Climate Change, Limits to Growth, and the Imperative for Socialism, *Monthly Review*, vol. 60, no. 3, pp. 51-67
- Lecocq, F., Ambrosi, P. (2007) The Clean Development Mechanism – History, Status and prospects, *Review of Environmental Economics and Policy*, v. 1, issue 1, winter, pp. 134-151
- Lovelock, J. (2006) *A vingança de Gaia*. Rio de Janeiro: Intrínseca.
- Lovelock, J. (2009) *Gaia: alerta final*. Rio de Janeiro: Intrínseca.
- Marx, K. (2010[1861-1863]) *Para a crítica da economia política; manuscrito de 1861-1863 (cadernos I a V) – Terceiro capítulo. O capital em geral*. Belo Horizonte: Autêntica Editora.
- Marx, K. (1994 [1867]) *O Capital: crítica da economia política*, livro I, volume 1. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.
- Marx, K. (1974 [1894]) *O Capital: crítica da economia política*, livro III, volumes 4-6. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Moezzi, M. (2000) Decoupling energy efficiency from energy consumption, *Energy & Environment*, v. 11(5), p. 521-533.

- Pearce, R. & Turner, R. (1990) *Economics of Natural Resources and the Environment* Baltimore: The John Hopkins University Press.
- Pereira, A. & May, P. (2003) Economia do aquecimento global. IN: MAY, P.; LUSTOSA, M.; VINHA, V. *Economia do meio ambiente*, Rio de Janeiro: Editora Campus/Elsevier.
- Postone, M. (2006) *Tiempo, trabajo y dominación social: una reinterpretación crítica de Marx*. Madrid: Politopías
- Postone, M. (1978) Necessity, labour and time: a reinterpretation of the marxian critique of capitalism, *Social Research* (45), pp. 739-788.
- Rahmstorf, S. *et al.* (2007) “Recent climate observations compared to projections”, *Science*, 316, p. 709.
- Ryan, D. & Young, D. (2009) Modelling energy savings and environmental benefits from energy policies and new technologies. IN: EVANS, J.; HUNT, L. (Eds.) *International handbook on the economics of energy*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Saunders, H. (2000) A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoom-Brookes, *Energy Policy*, v. 28, p. 439-449.
- Shushō Kantei (2005) *Kyoto Protocol Target Achievement Plan*, acesso em 19 de maio de 2011, disponível em:
http://www.kantei.go.jp/foreign/policy/kyoto/050428plan_e.pdf
- Sorrel, S. (2009a) Jevons’ paradox revisited: the evidence for backfire from improved energy efficiency, *Energy Policy*, v. 37, p. 1456-1469.
- Stern *et al.*, N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge: Cambridge University Press
- UNFCCC (2010a) *Text to facilitate negotiations among Parties*. Disponível em:
<http://unfccc.int/resource/docs/2010/awglca10/eng/06.pdf>
- UNFCCC (2010b) *Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009, Addendum Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its fifteenth session*. Disponível em:
<http://unfccc.int/resource/docs/2010/cmp6/eng/12a01.pdf>
- UNFCCC (1997) *Protocolo de Quioto*. Disponível em:
<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>.
- WRI (2006) *World Resources Institute Report: an analysis of greenhouse gas intensity targets*. Washington D.C.: World Resources Institute.
- WRI (2003) *Analysis of Bush Administration Greenhouse Gas Target*. Disponível em:
http://pdf.wri.org/wri_bush_analysis_2003.pdf.
- Zhou, N. *et al.* (2010) “Overview of current energy-efficiency policies in China”, *Energy Policy*, v. 38, pp. 6439-6452.

Fontes

CAIT (2011) Climate Analysis Indicators Tool 8.0. Disponível em: <http://cait.wri.org/cait.php>

World Resources Institute (2011) Climate Analysis Indicator Tool (CAIT) 8.0, disponível em: <http://cait.wri.org/>

U.S. Energy Information Administration - Department of Energy (EIA-DoE) (2011), acesso em 17 de maio de 2011, disponível em: <http://www.eia.doe.gov/>