

## Para uma Reinterpretação Marxiana do Nexo Entre Eficiência Energética e Consumo de Energia

Eduardo Sá Barreto\*

### **Resumo:**

A criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) marca o início de uma era de crescente importância da questão ambiental no âmbito das políticas energéticas. A experiência mal sucedida dos Estados Unidos com políticas de conservação de energia na década de 70 colocou em destaque a opção que é hoje predominante tanto quando se trata de garantir a segurança energética quanto quando o objetivo é o abatimento de emissões de gases de efeito estufa: as políticas de estímulo à eficiência energética. Buscaremos recompor o debate a respeito desta via, que tem se concentrado basicamente em duas posições: a que aponta a ineficácia deste tipo de política, associada à economia da energia e mais especificamente aos teóricos do *rebound effect*, e a que busca sustentar as possibilidades de conservação oriundas dos ganhos de eficiência energética, associada à Economia Ambiental e à Economia Ecológica. Em seguida, buscamos oferecer as bases para um novo entendimento do nexos entre eficiência energética e consumo de energia – baseado na teoria marxiana do valor –, assim como um novo enquadramento da questão do *rebound* e de sua relevância para temática ambiental.

**Palavras-chave:** rebound effect, eficiência energética, teoria marxiana do valor.

### **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. The United States' unsuccessful experience with energy conservation policies in the 1970's put in the spotlight the present predominant option, whether for energy security reasons or greenhouse gases abatement reasons: energy efficiency improvement policies. We shall approach the current debate on this topic, which can be summarized into two basic positions: one, associated with Economics of Energy, that highlights the inefficacy of the mentioned policy, and other, associated with Environmental and Ecological Economics, that tries to emphasize the conservation possibilities generated by improved energy efficiency. Then, 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.

**Key-words:** rebound effect, energy efficiency, Marxian theory of value.

**Área 1:** Escolas do pensamento econômico, metodologia e economia política

**Classificação JEL:** B51; P16; Q40; Q54.

---

\* Mestre e Doutorando em Economia pela UFF.

## Para uma Reinterpretação Marxiana do Nexo Entre Eficiência Energética e Consumo de Energia

Eduardo Sá Barreto

A criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), na década de 80, 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 se consolida em torno do caráter antropogênico das tendências presentes de elevação da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. O alto nível de concentração desses gases na atmosfera é apontado pelo IPCC (2007) 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 os aspectos técnicos desta questão. Partimos da posição oficial do IPCC, i.e. partimos do reconhecimento que as emissões de GEE oriundas 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<sup>1</sup>. 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.

Pretendemos aqui investigar um dos elementos centrais no corpo de políticas e instrumentos econômicos que vêm se desenvolvendo nas últimas duas décadas visando criar meios de reverter as tendências de emissões de GEE. Podemos identificar, muito abstratamente, duas grandes vias possíveis (não necessariamente autoexcludentes) para atingir tal objetivo: consumir menos energia (conservação de energia) ou reduzir o volume de emissões para cada volume dado de energia consumida. No cenário atual da política energética mundial, as políticas de conservação perderam força e relevância (Moezzi, 2000; Bicalho 2007). Reduzir o volume de emissões associado à produção e consumo de energia tem sido a principal meta das políticas energéticas (sob a perspectiva especificamente ambiental).

Para esse fim, é possível mais uma vez divisar dois caminhos distintos (novamente, não contraditórios entre si). Por um lado, existe a opção de substituição de uma fonte energética mais poluente (geralmente com elevados índices de emissão de CO<sub>2</sub>) por outra fonte dita mais limpa. É o caso, por exemplo, da substituição da gasolina por etanol no abastecimento de automóveis, ou da substituição da geração térmica a partir do carvão por geração nuclear (ou eólica). Por outro lado, aumentar a capacidade de um dado volume fixo de energia gerar trabalho útil diminuiria a energia necessária para obter qualquer volume fixo deste serviço, reduzindo (em relação a cada volume dado de trabalho útil) as necessidades de consumo de energia e os impactos em termos de emissões. O segundo caminho consiste, portanto, no aumento da eficiência no consumo de energia.

---

<sup>1</sup> Segundo Foster (2003), os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera são os mais altos em 420.000 anos. Farley (2008) afirma que tais níveis mantiveram-se estáveis em 280 ppm por 10.000 anos até o período da Revolução Industrial, quando começou a elevar-se. Por este motivo, é muito comum na literatura a referência à concentração de CO<sub>2</sub> em níveis pré-industriais.

É exatamente este o ponto que pretendemos investigar. Em que medida o aumento da eficiência energética pode de fato figurar como opção viável para reverter a velocidade na qual se acumulam os gases de efeito estufa na atmosfera? O artigo divide-se em quatro seções. Na primeira seção apresentamos em linhas gerais os argumentos contidos nas principais formulações que sustentam a ideia que ganhos de eficiência energética<sup>2</sup> podem não se converter em reduções no consumo. Na segunda seção, discutimos a questão da eficiência e consumo de energia na temática ambiental, destacando o cenário atual das políticas energéticas no que tange as metas para o meio ambiente. A terceira seção é uma tentativa de oferecer um novo entendimento das relações entre economia relativa e consumo total de energia. A última seção conclui.

## 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*.<sup>3</sup> 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*.

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, 2009b). 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 “a confusion of ideas to suppose that the economical use of fuel is equivalent to a diminished consumption. The very contrary is the truth”. (Jevons, 1906[1865]: 140) A linha geral de seu argumento pode ser vista na Figura 1.

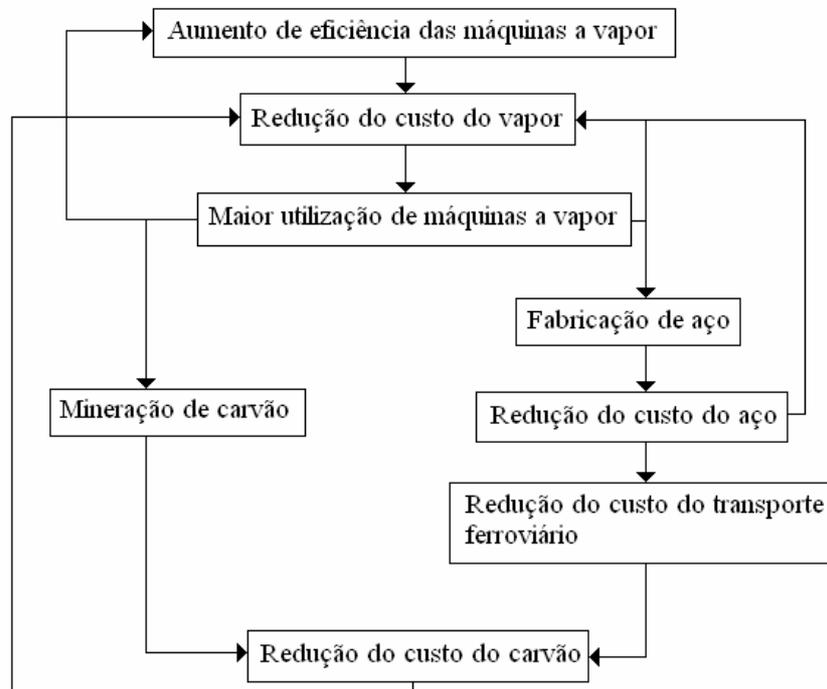
---

<sup>2</sup> Utilizaremos a definição de eficiência contida em Brookes (2000: 356): “engineering efficiency of conversion of fuels to useful heat or work”.

<sup>3</sup> Como ainda não existe uma única tradução consagrada desses termos, optamos por deixá-los no idioma original ao longo de todo o texto.

Podemos observar que a análise de Jevons dos efeitos do aumento de eficiência energética sobre o consumo total do carvão se divide 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 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 (Foster, 2000). Além disso, os ganhos de eficiência normalmente viriam acompanhados de melhoramentos técnicos de outra natureza. Sorrel (2009b) 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 (Figura 1), 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.

**Figura 1**



Fonte: Sorrel (2009b: 139)

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 americano no sentido de políticas de controle da demanda pelo combustível (políticas de conservação). 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 impulsiona 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*. Porém, ao se referir ao mundo real, Saunders (2000: 439) é mais cauteloso, afirmando que *backfire* “may occur (...) in selected instances”. 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, 2009b). Contudo, não abordaremos aqui seus argumentos. Nosso interesse aqui é, mais que investigar a relevância do postulado Khazzoom-Brookes, oferecer uma perspectiva distinta para o fenômeno investigado por Brookes, Saunders e tantos outros.

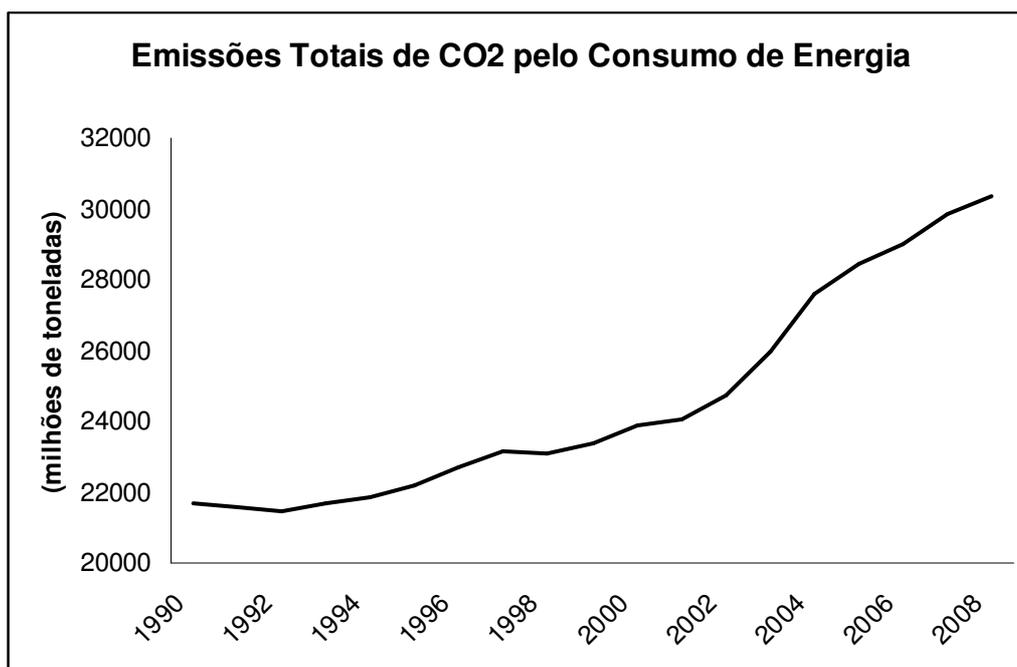
## **2 – Eficiência e consumo de energia na questão ambiental**

Como vimos, 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 ambiental. As medidas de aumento da eficiência energética têm figurado como importante componente das políticas voltadas ao cumprimento de metas ambientais, especialmente as do *Protocolo de Quioto*. As principais economias do mundo apostam explicitamente em melhorias na eficiência para atingir objetivos ambientais (Bicalho, 2007). O governo americano, por exemplo, prevê o financiamento de pesquisas voltadas à eficiência energética na área de transportes e geração de energia elétrica e a concessão de certificados e incentivos fiscais para produtos energo-eficientes. O governo britânico,

por sua vez, espera reduzir suas emissões em torno de 25% também por meio de incentivos fiscais voltados ao estímulo da eficiência. China e Suécia trabalham com metas de eficiência energética no setor industrial, claramente identificando ganho de eficiência com conservação de energia. França, Alemanha, Japão e Índia também direcionam esforços para o incentivo à eficiência, seja com objetivos ambientais ou de segurança energética.

A relação próxima entre as políticas energéticas e as metas do *Protocolo* não é acidental. Embora não seja a única fonte de emissões (desflorestamento é também uma fonte importante, por exemplo), o consumo de energia é a principal<sup>4</sup>. O Gráfico 1 mostra a evolução das emissões de CO<sub>2</sub> originadas pelo consumo de energia. Em uma análise rasteira, a reversão desta tendência de emissões exigiria, ou ao menos recomendaria, a redução no consumo de energia. No entanto, após a experiência americana com políticas de conservação no contexto dos choques do petróleo, esta opção perdeu força (Moezzi, 2000), cedendo espaço para a opção hoje predominante, as melhorias de eficiência.

Gráfico 1



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do EIA/DoE

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). Um dos objetivos deste importante instrumento é oferecer um mecanismo para que os países do Anexo I<sup>5</sup> atinjam as metas estabelecidas

<sup>4</sup> Levando em consideração a configuração atual da matriz energética mundial.

<sup>5</sup> Anexo I da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima “é integrado essencialmente pelos países pertencentes em 1992 à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento

no *Protocolo* por meio da implementação de projetos de mitigação nos países não-Anexo I. Os abatimentos realizados em tais projetos geram créditos de emissão para o país responsável pelo projeto que podem posteriormente ser utilizados para o cumprimento das metas constantes no acordo (ou vendidos, caso venham a ser desnecessários para atingir as metas). 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. Isso facultaria um salto tecnológico na “periferia”, a noção de *leap-frogging*, evitando que os países ainda em desenvolvimento passassem por todo o caminho de evolução das tecnologias, acumulando no processo um histórico desnecessário de emissões<sup>6</sup> (Pereira & May, 2003).

Os ganhos em termos de eficiência se desdobrariam em uma menor intensidade de emissões do produto, i.e. facultariam produzir o mesmo volume de riqueza utilizando menos energia e emitindo menos GEE. De um ponto de vista técnico, isso está correto (Ryan e Young, 2009). Contudo, o debate sobre o *rebound effect* demonstra que, mesmo para fins de política voltada à 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. Porém, em se tratando de metas ambientais, restringir a análise aos ganhos relativos em termos de consumo e emissões e às possibilidades técnicas de economia 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.

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 se traduzem 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*

---

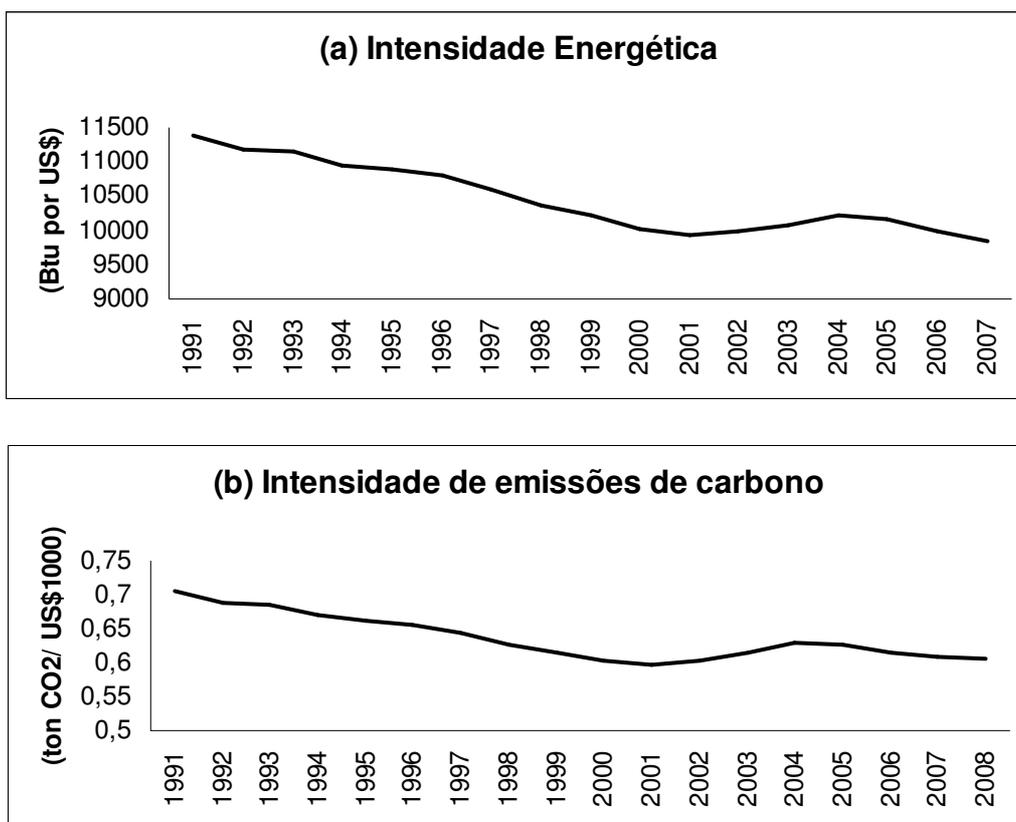
Econômico (OCDE) e também pelas antigas repúblicas socialistas da União Soviética, que passam por processo de transição para economias de mercado. (...) O Anexo I da Convenção é equivalente ao Anexo B do Protocolo de Quioto, com pequenas diferenças.” (Pereira & May, 2003: 226)

<sup>6</sup> É digno de nota que os dados de emissões não oferecem motivos para tal expectativa prometeísta. Os ditos países desenvolvidos, todos incluídos no Anexo I da Convenção, são responsáveis por 46,4% das emissões mundiais – tendo apenas 20% da população. Por sua vez, os países não-Anexo I, com 80% da população mundial, são responsáveis por 53,6% das emissões (IPCC, 2007). É evidente que estas disparidades não podem ser atribuídas a uma questão tecnológica; e caso pudessem, o sentido da transferência deveria ser inverso.

vida)<sup>7</sup>. Dessa maneira seria possível transformar os ganhos relativos da eficiência em ganhos absolutos.

Já vimos no Gráfico 1 que as emissões de CO<sub>2</sub> tiveram um contínuo aumento ao longo do período. Isto seria 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 (Gráfico 2a) e intensidade de emissões (Gráfico 2b) no período, veremos que o comportamento de ambas sugere<sup>8</sup> ter havido uma tendência de aumento de eficiência energética.

**Gráfico 2**



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do EIA/DoE

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 CO<sub>2</sub> 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

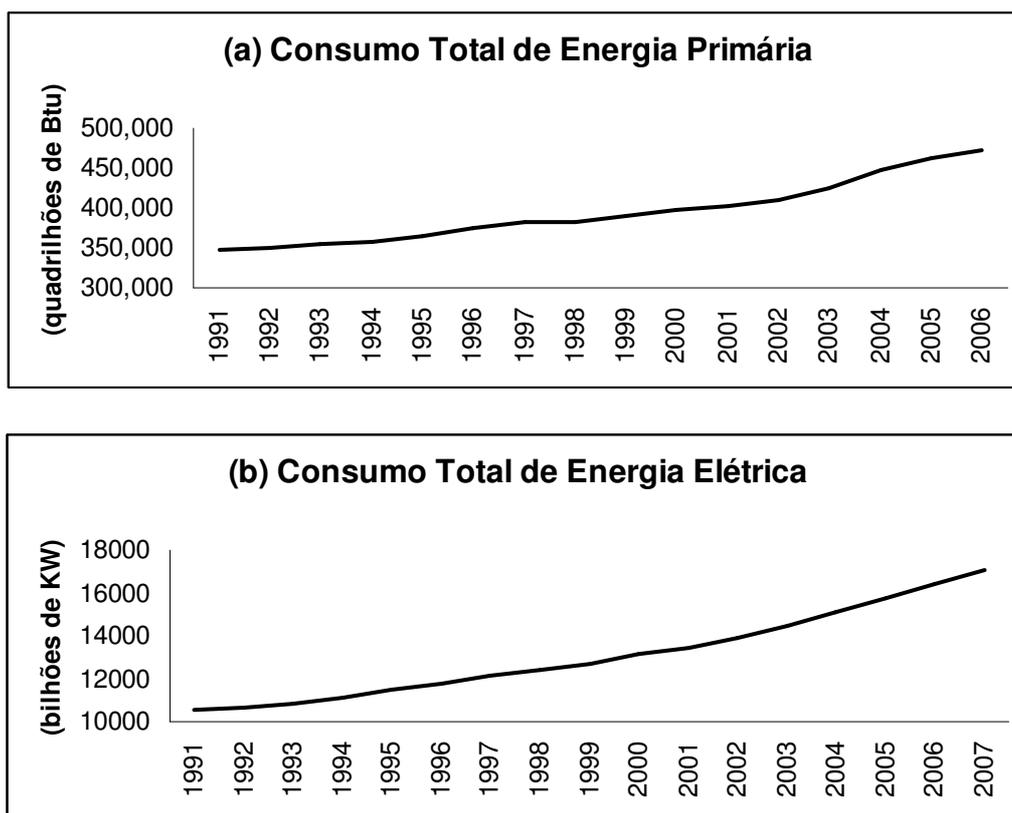
<sup>7</sup> Para uma análise crítica desta concepção, ver Medeiros & Sá Barreto (2010).

<sup>8</sup> Não é possível afirmar uma correspondência direta entre intensidade e eficiência energética. Porém, existe uma relação óbvia entre ambas, já que a primeira pode ser considerada uma medida de eficiência energética não em termos de trabalho útil, mas em termos monetários. Sendo assim, podemos supor que quanto menor a intensidade, maior a eficiência.

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%. O Gráfico 3 mostra a evolução do consumo a partir do ano base do *Protocolo de Quioto*.

Os teóricos do *rebound effect* tenderiam a dizer, como exposto na seção 2, 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. Esta afirmação pode parecer contraditória à primeira vista. 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. 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. Talvez por este motivo Brookes (2000: 364) afirma que “whether the Khazzoom-Brookes postulate is valid or not is (...) of limited relevance to national or international decision making on meeting environmental targets”.

Gráfico 3



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do EIA/DoE

Temos então, por um lado, um debate que estabelece um nexo 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 de aumento de consumo de energia e de emissões, que deveria estar em

primeiro plano na análise ambiental. 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. No entanto, esta é uma posição que não pode ser consistentemente contestada pelas teorias de *rebound*. É necessário explicar o nexos 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, assim como o nexos entre esses dois movimentos.

### **3 – Para uma reinterpretação marxiana do nexos 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 marxiana<sup>9</sup>, retomar uma análise fundada na categoria da *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 se objetiva, de maneira generalizada, na forma mercadoria é característica específica da formação social regida pelo capital (Marx, 1994; Postone, 2006). 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.

Um dos traços que caracteriza o trabalho produtor de mercadorias é que o objeto do qual é resultado 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. Se o produto social toma, de maneira geral, a forma de mercadoria, é necessário que não somente alguns poucos trabalhadores isolados produzam tencionando a venda; é necessário que a quase totalidade o faça. Para que isto ocorra, é indispensável que a troca seja a forma de distribuição dominante da riqueza.

Em outras palavras, é a 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.

---

<sup>9</sup> O argumento desta seção é baseado 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).

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. O que parece ser uma questão de escolha individual é na verdade um impulso que subordina os indivíduos porque se, por um lado, a expansão da produção equivale a enriquecimento, por outro lado, a não expansão equivale a empobrecimento, uma vez que a decisão de não expandir 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 deste artigo, pretende demonstrar que se em outras formações sociais pregressas o aumento da produção se apresentava como ocorrência acidental ou mesmo como tendência verificada *post festum*, no capitalismo o impulso à expansão da produção é um elemento intrínseco; 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 controle dos indivíduos (Postone, 2006). Vejamos agora como esta tendência fundamental se articula 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, um objetivo externo a si mesmo. O objetivo último do processo é o valor, mais especificamente o mais-valor. 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.

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 leva-la ao mercado, recebe por ela o equivalente ao tempo de trabalho social médio nela contido<sup>10</sup>, 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 a

---

<sup>10</sup> Estamos aqui fazendo a suposição simplificadora que as mercadorias se vendem por seus valores.

produção de 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. Desnecessário dizer que aumentos na eficiência energética figuram entre os principais avanços técnicos deste a Revolução Industrial.

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 se veem obrigados a fazê-lo, pelas mesmas razões já discutidas no início do argumento.

Este processo se desdobra em um triplo movimento. Primeiramente<sup>11</sup>, 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 nos últimos 16 anos<sup>12</sup> (13%), 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 como<sup>13</sup>: (i) avanço das forças produtivas, cujo um dos principais elementos é o aumento da eficiência energética; e (ii) crescimento da produção e o conseqüente aumento da demanda e consumo de energia.

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. Porém, quando os movimentos da eficiência energética e do consumo de energia são considerados em sua totalidade, concluímos que ambos são, na presente formação social, resultados de uma mesma causa – a saber, a predominância da forma mercadoria e, portanto, a produção regida pelo valor – e que, por isso, não podem ser desvinculados enquanto esta perdure.

#### 4 – Considerações finais

A conclusão acima, como era de se esperar, possui maior relevância para o debate ambiental e políticas voltadas à mitigação de emissões de GEE. Em primeiro lugar, o aumento de eficiência energética esteve presente desde o início do capitalismo e

---

<sup>11</sup> Vale frisar que este ordenamento se refere apenas à forma de exposição. De maneira alguma é indicativo de uma ordem lógica ou cronológica.

<sup>12</sup> Cf. Gráfico 2(a).

<sup>13</sup> Evidentemente os resultados e efeitos não se resumem a esses dois. Estamos apenas dando o destaque aos efeitos pertinentes à presente discussão.

faz parte do avanço das forças produtivas como um todo, processo que é uma das principais leis<sup>14</sup> deste modo de produção. O próprio Jevons (1906[1865]: 142) afirma, ainda que partindo de uma perspectiva radicalmente distinta, que “it needs but little reflection to see that the whole of our present vast industrial system, and its consequent consumption of coal [energy], has chiefly arisen from successive measures of economy [efficiency]”. Não há, no entanto, paradoxo<sup>15</sup> algum, pois (em segundo lugar) 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<sup>16</sup> 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 que, em última instância<sup>17</sup> se impõe.

### **Referências**

- Allan, G. *et al.* (2009) Economics of energy efficiency. IN: EVANS, J.; HUNT, L. (Eds.) *International handbook on the economics of energy*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Ayres, R. & Warr, B. (2009) Energy efficiency and economic growth: the “rebound effect” as a driver. IN: HERRING, H.; SORREL, S. (Eds.) *Energy efficiency and sustainable consumption*, Hampshire: Palgrave Macmillan.
- 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.

---

<sup>14</sup> Para maiores detalhes quanto à noção de *legalidade* em Marx, *cf.* Lukács (1979).

<sup>15</sup> Lembrando que a formulação principal em *The Coal Question* é geralmente conhecida como o Paradoxo de Jevons.

<sup>16</sup> Que existem, como já salientamos, porém subordinados aos movimentos mais amplos descritos na quarta seção.

<sup>17</sup> Claro, não negamos aqui a possibilidade de desvios ocasionais em relação a esta trajetória.

- Foster, J. B. (2000) Capitalism's Environmental Crisis: is technology the answer?, *Monthly Review*, v. 52(7), p. 1-13.
- Foster, J. B. (2003) A Planetary Defeat: The Failure of Global Environmental Reform, *Monthly Review*, v. 54(8), p. 1-9.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jevons, W. S. (1906[1865]) *The coal question*, Londres: Macmillan and Co.
- Lukács, G. (1979) *Ontologia do Ser Social: Os Princípios Ontológicos Fundamentais de Marx*. São Paulo: LECH.
- 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.
- Medeiros, J. L. & Sá Barreto, E. (2010) Lukács e Marx contra o 'ecologismo acrítico': por uma ética ambiental materialista, In: XV Encontro Nacional de Economia Política, 2009, São Luís, MA. *América Latina e Brasil na nova configuração do capitalismo*. São Paulo : Tec Arte Editora.
- Medlock III, K. B. (2009) Energy demand theory. IN: EVANS, J.; HUNT, L. (Eds.) *International handbook on the economics of energy*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- 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.
- Pinto Jr., H. (2007) Energia e economia IN: PINTO Jr., H. (Org.) *Economia da energia*, Rio de Janeiro: Elsevier Editora.
- Postone, M. (2006) *Tiempo, trabajo y dominación social: una reinterpretación crítica de Marx*. Madrid: Politopías
- 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.

- Sorrel, S. (2009a) Jevons' paradox revisited: the evidence for backfire from improved energy efficiency, *Energy Policy*, v. 37, p. 1456-1469.
- Sorrel, S. (2009b) Exploring Jevons' paradox. IN: HERRING, H.; SORREL, S. (Eds.) *Energy efficiency and sustainable consumption*, Hampshire: Palgrave Macmillan.
- SPC (1997) Secretariado Permanente da Convenção. *Protocolo de Quioto*. Genebra: SPC.