

### INTRODUÇÃO

A energia desempenha um papel central na economia. Segundo a primeira lei da termodinâmica, a matéria-energia não pode ser criada ou destruída. Isto significa que toda a produção econômica exige a transformação de matérias-primas fornecidas pela natureza. De acordo com a segunda lei da termodinâmica, a energia é necessária para realizar essa transformação, mas o resultado líquido disso é um aumento na entropia, ou desordem. Em termos econômicos, recursos de baixa entropia são úteis e recursos de alta entropia não os são. O sistema econômico transforma recursos naturais de baixa entropia em produtos econômicos, inevitavelmente gerando nesse processo resíduos de alta entropia. O último recurso à nossa disposição é a matéria-energia de baixa entropia, uma parte disponível como estoques finitos de recursos naturais que, em geral, podemos consumir tão rápido quanto desejamos, e outra parte como um fluxo finito de energia solar, que atinge a terra em uma taxa fixa ao longo do tempo. Em última análise, uma economia sustentável não pode aumentar a entropia mais rápido do que a energia solar pode reduzi-la.

No curto prazo, no entanto, o estoque finito de combustíveis fósseis constitui uma enorme fonte de energia de alta qualidade e baixa entropia, sendo difícil superestimar a sua importância na economia moderna. A economia de mercado e a economia de combustível fóssil surgiram simultaneamente durante o século dezoito, impulsionadas pelo desenvolvimento da máquina a vapor, que foi usada para bombear água de minas de carvão. A energia fóssil é intensamente concentrada e altamente versátil. Levaria mais de 25.000 horas de trabalho humano para gerar a energia encontrada em um único barril de petróleo. Mesmo se assumirmos que 80% da energia fosse perdida durante a conversão de combustíveis fósseis em trabalho útil, o consumo de petróleo nos Estados Unidos aumentaria a produção econômica per capita ao equivalente a mais de 300 pessoa-horas por dia, enquanto no Brasil

---

<sup>1</sup> - Associate Professor, Community Development and Applied Economics - University of Vermont-USA. Email: [joshua.farley@uvm.edu](mailto:joshua.farley@uvm.edu)

por 67 pessoa-horas por dia<sup>2</sup>. Antes do início da idade dos combustíveis fósseis, o crescimento econômico era tão lento que era virtualmente imperceptível entre uma geração e a seguinte. No entanto, somente no século passado, o consumo per capita aumentou nove vezes, enquanto a população mundial quadruplicou. Embora muitos atribuíssem a explosão da produção econômica iniciada pela revolução industrial à magia do mercado, a magia de combustíveis fósseis pode realmente desempenhar um papel muito maior.

Economistas afirmam que a escassez crescente de um recurso leva ao aumento dos preços, que por sua vez, estimula uma maior eficiência no uso, o desenvolvimento de recursos substitutivos, e à redução de demanda. Eles concluem que nenhum recurso específico é essencial e que todos têm substitutos. No entanto, muitos exemplos de inovação induzida pela escassez crescente e o aumento dos preços revelam a dependência crescente dos combustíveis fósseis, tanto como fonte de energia como matéria-prima. Por exemplo, ao começar a faltar terra suficiente para atender à demanda mundial de alimentos, aprendemos a converter o gás natural em nitrogênio biologicamente ativo e outros petroquímicos em variedades de pesticidas, herbicidas e fungicidas. A mudança da tração e do transporte animal para o sistema motorizado liberou terras previamente usadas para alimentar os cavalos e bois. No entanto, enquanto a agricultura tradicional permitia a um agricultor converter uma caloria de alimento em dez calorias de alimento novo, os sistemas alimentares modernos agora transformam dez calorias de hidrocarbonetos em uma única caloria de alimento consumido. Criamos novos usos para os combustíveis fósseis muito mais rápido do que criamos substitutos. Resultado, a nossa civilização se tornou totalmente dependente dos combustíveis fósseis para a produção de alimentos, abrigos, roupas e outras necessidades básicas. A economia moderna de mercado depende também do crescimento contínuo para evitar o desemprego e a miséria, sendo que este crescimento depende dos combustíveis fósseis.

Infelizmente, existem duas razões principais pelas quais não podemos continuar a depender indefinidamente de combustíveis fósseis para alimentar a nossa economia. A primeira tem a ver com a oferta. Os combustíveis fósseis são, sem dúvida, um bem finito. A descoberta de petróleo, o combustível fóssil mais importante, atingiu o pico nos anos de 1960, tendo diminuído de forma constante desde então. Já o consumo vem superando as novas descobertas durante décadas. Teóricos sobre o pico petrolífero há muito tempo já têm nos advertido que esta dinâmica deve, eventualmente, resultar em uma incapacidade de aumentar

---

<sup>2</sup> Estes números foram calculados utilizando dados da British Petroleum (2012). Statistical Review of World Energy, Full Report 2012, Online: <http://www.bp.com>, e dados populacionais da ONU.

a produção em resposta ao aumento dos preços, resultando em uma disparada dos preços do petróleo, com impactos catastróficos sobre a nossa economia. Após um século de preços relativamente estáveis (com a exceção dos choques de preços da OPEP na década de 1970), os preços do petróleo começaram a aumentar de forma constante a partir de 1998, enquanto os aumentos anuais na produção começaram a desacelerar. Entre janeiro de 2005 e julho de 2008, um aumento de preços de 250% não conseguiu aumentar a produção para além de 4%. Como previsto pelos teóricos do pico petrolífero, o crescimento econômico estagnou juntamente com a produção de petróleo, contribuindo para uma recessão global em 2008, que por sua vez levou a uma queda subsequente dos preços do petróleo. Os preços do petróleo se recuperaram e agora pairam em torno de 350% do seu preço real comparado com a década anterior .

Os preços mais elevados provocaram o desenvolvimento de novas tecnologias e a produção de fontes que antes não eram lucrativas, ajudando a aumentar novamente a produção bruta de petróleo. No entanto, a maioria das novas fontes não só são apenas mais caras para extrair, mas também necessitam de mais energia. A estatística relevante é o retorno energético sobre o investimento de energia (EROI), ou a proporção de energia consumida em relação à energia produzida. As estimativas do EROI das “tar-sands”, por exemplo, estão na faixa de 1:1 a 1:7, em comparação com os retornos históricos de 1:100 para a produção de petróleo . Medidas de produção bruta podem exagerar bastante a energia líquida. Além disso, as novas descobertas ainda não estão acompanhando a produção, embora talvez a maior descoberta das últimas três décadas, os depósitos do pré-sal brasileiro, só abasteceriam alguns meses o consumo global.

A segunda razão porque não podemos confiar indefinidamente em combustíveis fósseis é, sem dúvida, muito mais ameaçadora do que a primeira. As leis da termodinâmica asseguram que a combustão de combustíveis fósseis inevitavelmente gera desperdícios de alta entropia, em grande parte na forma de dióxido de carbono, um gás do efeito estufa. A temperatura global já aumentou 0.8 graus e é bem provável que aumentaria mais 0.8 graus, mesmo se pararmos hoje de emitir carbono. Os cientistas estimam que uma mudança climática para mais de dois graus pode causar uma catástrofe . Atualmente, as emissões de dióxido de carbono são cinco vezes maiores do que a capacidade de absorção do planeta. Temos que reduzir as emissões em 80%, ou sofrer uma acumulação contínua de estoques atmosféricos com consequências inaceitáveis. A capacidade de absorção de dióxido de carbono é, portanto, o fator limitante no uso de combustíveis fósseis.

O problema pode ser definido em termos de limiares, limites abruptos que delimitam configurações qualitativamente diferentes de um sistema. Os estoques atmosféricos de carbono que levam à mudança climática descontrolada ou que criam um sistema de clima inadequado para a agricultura representam um limiar ecológico de estoque, enquanto as emissões de carbono superior a capacidade de absorção representam um limiar de fluxo. A nossa atual dependência em relação aos combustíveis fósseis também impõe um limite econômico. Enquanto reduzimos as emissões de carbono, sacrificamos primeiro os benefícios menos importantes seguido pelos mais importantes. Eventualmente, teríamos que sacrificar os benefícios essenciais para sustentar a atual população mundial. Se o uso de combustíveis fósseis cair abaixo desse nível, teremos atravessado um limiar econômico. Infelizmente, é muito provável que com as tecnologias e instituições econômicas atuais, este limiar é maior do que 20% dos níveis de consumo atual. O resultado é que estamos diante de limiares ecológicos e econômicos aparentemente irreconciliáveis. Se não reduzirmos as emissões por mais de 80%, haverá colapso ecológico, enquanto a redução das emissões ao redor desse nível haverá colapso econômico .

Felizmente, esta situação não se encontra necessariamente sem soluções. Estimativas científicas sugerem que ainda podemos emitir até 565 gigatoneladas de carbono sem ultrapassar um limiar ecológico de estoque . Se agirmos com inteligência, esta reserva pode nos dar tempo para desenvolver novos padrões de consumo, tecnologias energéticas e instituições econômicas que permitam a transição.

O objetivo deste trabalho é sugerir soluções para este problema e o caminho para uma economia pós-carbono. A importância central da energia em uma economia significa que o tipo de energia que usamos tem uma grande influência sobre o tipo de instituições econômicas apropriadas. Os combustíveis fósseis têm características físicas fundamentalmente diferentes das energias renováveis e, portanto, exigem instituições econômicas fundamentalmente diferentes. Este artigo apresenta a hipótese de que os combustíveis fósseis são relativamente bem adequados para a alocação do mercado competitivo, desde que as suas emissões não ultrapassem a capacidade de absorção de resíduos de dióxido de carbono. Em contraste, resolvendo o problema das emissões de resíduos excessivos e desenvolvendo fontes de energia alternativas de baixo carbono (definida aqui para incluir a eficiência energética) são caminhos mais adequados para instituições econômicas baseadas na cooperação.

## **1 – AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E INSTITUCIONAIS DOS RECURSOS**

Para criar uma economia sustentável é preciso entender as características essenciais dos recursos energéticos à disposição e sua relevância para a sua alocação econômica. Assim, uma característica importante das fontes de energia é a sua natureza como estoques ou fluxos. Os combustíveis fósseis (e urânio) são estoques finitos que são fisicamente transformados em resíduos no processo de geração de energia, sendo que o uso é equivalente ao esgotamento. Eles também podem ser utilizados na taxa que nós escolhemos, havendo provas abundantes de que temos consumido a metade das reservas globais acessíveis em apenas 150 anos, e mais da metade disso apenas nos últimos 30 anos.

Já as fontes de energia solar e geotérmica, em contraste, são fluxos não-esgotáveis fornecidos a uma determinada taxa ao longo do tempo, não gerando resíduos. Nós não temos nenhum controle sobre o fluxo (embora seja possível controlar o quanto for capturado) e a quantidade que capturamos agora não tem nenhum impacto sobre a quantidade que estará disponível no futuro. O fluxo não se acumula em estoques, embora em uma extensão muito limitada seja possível captar e armazenar uma parte da energia. Mesmo que a quantidade de energia solar (e de energia geotérmica) seja enorme, ela também é altamente dispersa.

Outra característica fundamental é a exclusão. Um recurso é excludente quando uma pessoa ou grupo pode impedir que outros usem o recurso. Recursos não são excludentes por natureza; a exclusão exige instituições que protegem os direitos de propriedade privada, pública ou comum. Com exceção talvez dos hidratos de metano do fundo do mar, praticamente todos os depósitos de combustíveis fósseis são excludentes. Um dos recursos mais importantes para desenvolver formas alternativas de energia é a informação. As patentes resultam de instituições que tornam a informação excludente, limitando o acesso àqueles que obtêm uma licença para o seu uso, normalmente em troca de um pagamento monetário. A Organização Mundial do Comércio impõe patentes em escala global. Mercados só são viáveis para os recursos excludentes: se alguém pode usar um recurso sem pagar, o mercado não irá abastecê-lo.

Um recurso é não-excludente quando não pode impedir os outros de usá-lo. Neste caso os mercados não oferecem incentivos para produzir ou protegê-lo. A energia solar é inerentemente não-excludente, embora o substrato (terra, por exemplo) necessário para a sua captura é excludente. A capacidade de absorção de resíduos de dióxido de carbono também é não-excludente em um nível global, embora o protocolo de Kyoto esteja se esforçando para torná-lo excludente, limitando a quantidade de carbono que as nações individuais estão

autorizadas a emitir, mas permitindo o troco de direitos de emissão. Como signatário do Protocolo de Quioto, a União Europeia estabeleceu um sistema de Comércio de Emissões (CELE), que tampa as emissões de nações individuais, que por sua parte tampa as emissões das empresas individuais, que podem negociar direitos de emissão entre si. Seguindo esse exemplo, vários estados do nordeste dos Estados Unidos tem tampado as emissões da geração de energia elétrica, que depois são leiloados em intervalos regulares. A receita resultante é investida em eficiência energética.

Uma última característica fundamental que nós consideramos é a rivalidade. Um recurso é rival quando o uso do recurso por uma pessoa deixa menos para os outros usarem. Estoques de combustíveis fósseis são claramente rivais. Embora menos obviamente, a capacidade de absorção de carbono também é rival: quando as emissões de carbono de um país são sequestradas por florestas e oceanos, esta capacidade de sequestro não está mais disponível para sequestrar as emissões de outros países, cujas emissões, portanto, acumulam-se como estoques atmosféricos, levando à mudança climática. Quando um recurso escasso é rival há concorrência para o seu uso. Se o uso não é racionado, o recurso é susceptível de ser sobreutilizado. Racionamento, no entanto, só é possível com os recursos que podem ser excluídos. O mecanismo de preço de mercado é uma forma de racionamento, restringindo o uso para quem estiver disposto a pagar mais.

Um recurso é não-rival quando o uso por uma pessoa não deixa menos para os outros usarem. Embora um fóton específico de energia solar seja rival, a energia solar não é rival entre locais. Independente da quantidade da energia solar que o Brasil consome, a quantidade disponível para outros países continua igual. Como recursos não-rivais não se esgotam com o seu uso (embora possam ser destruídas pelo abuso!), eles não são escassos. Uma vez que existem seria ineficiente racioná-los. Um recurso que é simultaneamente não-rival e não excludente é conhecido como um bem público.

A informação por trás das novas tecnologias energéticas que tão desesperadamente precisamos não é somente não-rival, mas também tem a propriedade especial que, muitas vezes, melhora com o uso. James Watt, por exemplo, desenvolveu um melhor motor a vapor depois de estudar um mais antigo. Como muitos já apontaram, o conhecimento é como a erva que enquanto mais o gado come, mais rápido ela cresce. No entanto, um setor privado com fins lucrativos não tem incentivo para investir no desenvolvimento de novas tecnologias, enquanto aqueles que não investirem tenham acesso igual. As patentes ajudam a resolver esse problema, mas criam outros. As corporações que competem para serem as primeiras a obter

uma patente, e, portanto, direitos de monopólio, não vão compartilhar informações com outras equipes de pesquisadores. A necessidade de pagar para outras ideias e técnicas patenteadas eleva o custo de desenvolvimento de novas tecnologias e retarda o seu desenvolvimento . As patentes são também susceptíveis em reduzir a disseminação das novas tecnologias necessárias para um mundo pós-carbono. A informação patentada será vendida a um determinado preço, o que racionaria o uso a aqueles dispostos a pagar, assim reduzindo o uso e aumentando o preço da energia produzida. Se o preço é alto o suficiente, muitas indústrias vão continuar a queimar carvão, piorando a situação da mudança climática. Paradoxalmente, o valor econômico da tecnologia é maior quando existe acesso livre, mas neste caso os mercados não vão produzi-lo. Não parece haver nenhuma solução de mercado para este dilema .

Complicando as coisas ainda mais, os custos de desenvolvimento de novas tecnologias energéticas podem exceder a capacidade de investimento de uma única empresa. Se as empresas ainda investem, outras empresas podem facilmente copiar as novas tecnologias produzidas, apesar da proteção de patentes. Essa dinâmica sem dúvida contribui para a falta de pesquisa e desenvolvimento em tecnologias de energia alternativa . O investimento do sector privado em tecnologia de energia caiu de forma constante a partir dos anos 1980, antes de se recuperar um pouco nos últimos anos, representando apenas 0,03% das vendas nos EUA . O setor privado simplesmente não está desenvolvendo as novas tecnologias que necessitamos tão desesperadamente. Estas características dos recursos escassos têm implicações importantes para a alocação de recursos. Para reiterar, mercados só são possíveis para os recursos que podem ser excluídos e só são eficientes para os recursos rivais.

O quadro a seguir distingue os recursos discutidos de acordo com as suas características físicas, sugerindo as implicações para a alocação.

	<b>excludente</b>	<b>não-excludente</b>
Rival	Combustíveis fósseis, urânio <i>Racionamento é desejável e possível. O mercado competitivo é um dos vários mecanismos possíveis de racionamento.</i>	Capacidade de absorção do carbono <i>Racionamento é desejável, mas não é possível na ausência de instituições cooperativas que tornam o recurso excludente.</i>
Não-rival	Tecnologias verdes patenteadas <i>Racionamento é possível, mas inerentemente ineficiente. Deve ter acesso livre, em caso que a provisão cooperativa é necessária.</i>	Energia solar, informação livre <i>O acesso livre é inevitável e desejável.</i>

Tabela 1: As características de recursos relacionados com a produção de energia, e as implicações para a sua alocação.

## **2-INSTITUIÇÕES ECONÔMICAS PARA UM PLANETA PÓS-CARBONO**

Se as mudanças climáticas globais não fossem um problema, então os combustíveis fósseis seriam fortes candidatos para a alocação de mercado já que a concorrência para seu uso é inevitável. A mudança climática global, no entanto, é uma questão crítica. A solução do problema das alterações climáticas exigirá uma cooperação global para limitar as emissões de gases de efeito estufa e para desenvolver e divulgar as tecnologias de energia verde de maneira rápida e eficiente. Se quisermos desenvolver uma economia pós-carbono sustentável, temos que desenvolver novas instituições econômicas para realizar essas tarefas, sendo que elas deverão ser adaptadas às características específicas dos recursos necessários.

### **2.1 - A produção eficiente de tecnologia verde**

Como foi afirmado acima, os mecanismos de mercado enfrentam um paradoxo insolúvel na provisão de informação. O preço da informação que maximiza o seu valor é zero, mas a esse preço, o mercado não irá investir em tecnologias inovadoras. Patentes criam um incentivo para o mercado investir nessas tecnologias, mas a custo de racionar o acesso e reduzir o uso. Precisamos, portanto, de instituições econômicas não-mercantis baseadas nos investimentos cooperativos e em pesquisa e desenvolvimento, com todas as informações resultantes disponível de forma gratuita. Vamos rever rapidamente duas soluções possíveis: o fornecimento do setor público e produção de pares baseado nos comuns (commons-based peer production).

#### **2.1.1- Fornecimento do setor público**

Dadas as características da informação e da regulação do clima como bens públicos, o investimento do setor público em tecnologias de energia alternativa parece ser uma solução óbvia. Há uma longa tradição de governos financiando a pesquisa e desenvolvimento dos bens públicos. As universidades norte-americanas de Land Grant são apenas um exemplo de apoio público organizado para pesquisa e o desenvolvimento, com resultados divulgados livremente como bens públicos (Tansey 2002). As universidades brasileiras também investem em



pesquisa e extensão (Schmitt F. et al, 2012). Investimento público em pesquisa e desenvolvimento frequentemente apresenta taxas excepcionais de retorno (Alston et al 2000;. Banco Mundial 2007), especialmente se for considerado a mitigação da mudança climática. Apesar da crescente necessidade de P & D em tecnologias verdes, a parcela de financiamento público da pesquisa diminuiu drasticamente nas últimas décadas. Nos EUA, o financiamento federal da P & D caiu de mais de 60% dos investimentos totais durante a década de 1960 para menos de 30% nos últimos anos. O financiamento federal através das universidades continua a representar a maioria da pesquisa básica (National Science Foundation 2010). Entretanto, desde que o ato Bayh-Dole nos EUA facilitou a criação de patentes acima de investigações publicamente financiadas, o número de patentes obtido por universidades disparou (Sampat 2006).

Com ecossistemas globalmente interligados, as tecnologias de energia verde inevitavelmente fornecem bens públicos globais, beneficiando todos os países. Porém, todos os países devem investir cooperativamente na P & D verde. Investimentos compartilhados podem ser algo difícil de se atingir inicialmente, sendo fácil imaginar os políticos em um país se recusarem a investir em tecnologias verdes de acesso livre só porque permitiria aos outros países pegar carona (free-ride) em seus investimentos. No entanto, quanto mais amplamente se usa uma tecnologia verde, ela se torna melhor para todos. Quando outros países usam as tecnologias, elas são capazes de evoluir e melhorar, beneficiando o país que inicialmente investiu na sua produção. Embora não devemos estar preocupados com free-riding, é provável que a quantidade de recursos necessários para desenvolver novas tecnologias à escala necessária seja grande e que todos os países devem contribuir de acordo com sua capacidade de fazê-la .

### ***2.1.2 - Commons-based peer production***

Mesmo antes da existência dos setores públicos e das patentes, o conhecimento prosperou. Os avanços mais importantes no conhecimento humano, tais como cultura, linguagem e matemática, eram projetos de grande escala criados pela bem-sucedida colaboração de grupos de indivíduos sem incentivos monetários. Isto é conhecido como “commons-based peer production” (produção entre pares baseada no setor comum). Pela sua própria natureza, esse tipo de pesquisa está disponível gratuitamente para todos. “Commonsbased peer production” tende funcionar melhor quando o equipamento de pesquisa

é muito barato (por exemplo, computadores), os problemas podem ser divididos em pequenos módulos de tamanhos diferentes, sendo que a integração dos módulos é relativamente fácil. A natureza modular permite que os contribuintes determinem seu próprio nível de contribuição, e a auto-selecionam para as tarefas apropriadas (Benkler, 2002).

Muitas pessoas já contribuem livremente com enormes quantidades de tempo para resolver os problemas de forma colaborativa e gerar novas tecnologias, muitas vezes apenas em troca de mais status ou por um sentimento de pertencimento. O conhecimento resultante pode ser legalmente protegido de forma a garantir que continua a ser de acesso livre (Benkler, 2004). Dentro dessa comunidade de produção entre pares retornos monetários podem realmente ter conotações negativas, podendo, inclusive, diminuir potencialmente a cooperação (Benkler, 2002). Há bastante evidência demonstrando que os incentivos monetários podem tornar as pessoas mais egoístas (Voohs et al. De 2006, 2008), e podem 'expulsar' as motivações intrínsecas de cooperação que impulsionam a grande parte deste tipo de pesquisa (Frey, 1997; Frey e Jegen 2001). Assim, parece que a maioria dos contribuintes participa para fazer parte de uma economia de troca, para o status, ou para tornar o mundo um lugar melhor. No entanto, não importa se entendemos exatamente porque um indivíduo participa; diversos indivíduos participam por diversas razões (Boyle, 2003).

Ao longo da história, muitos dos avanços tecnológicos mais importantes, desde a agricultura até a música resultaram deste tipo de cooperação. A vantagem da commons-based peer production é que ela não necessita de quaisquer alterações dos direitos de propriedade intelectual. O problema é que as tecnologias de energia alternativas podem requerer investimentos substanciais e caros em ciência básica, investimentos adicionais para aplicar a pesquisa, além de uma curva de aprendizagem significativa para alcançar economias de escala. Só os governos podem ter tais recursos necessários, razão que explica porque os investimentos do setor público podem ser essenciais.

## **2.2 - Divulgação eficiente: o acesso livre e de código aberto**

Uma vez que a informação é produzida, há diferentes maneiras para torná-la acessível a todos. As duas abordagens dominantes são conhecidas como código aberto (open source) e acesso livre.

O acesso livre refere-se à informação que está disponível gratuitamente para todos, mas que não pode ser modificada. Na esfera científica, a maioria das publicações de acesso

livre e as pesquisas por detrás delas são geradas por acadêmicos assalariados. Além de escrever as publicações sem compensação direta e revisar as publicações dos pares, os acadêmicos frequentemente tem que cobrir os custos de publicação com suas próprias verbas. Publicações em geral contribuem para promoções e salários mais elevados, mas incentivos não-monetários tais como status e prestígio podem ser mais importantes. Há também um forte elemento de reciprocidade, ou economia solidaria, porque os cientistas sabem que eles irão também se beneficiar das contribuições dos outros. Salários estáveis permitem que os pesquisadores se dediquem em tempo integral para um problema específico, ficando liberados para pesquisar soluções para problemas envolvendo bens públicos, onde não há oportunidades de remuneração do mercado. No entanto, muitos acadêmicos guardam zelosamente os dados relevantes à sua pesquisa, pelo menos até a sua publicação, o que reduz o valor dos dados para a sociedade. Além disso, ao mesmo tempo em que as publicações de acesso livre estão se tornando mais comum, as patentes também estarão.

Open source se refere à informação que está disponível gratuitamente para todos e pode ser modificada por qualquer pessoa. Informação de open source é geralmente produzida através da commons-based peer production. A open source pode ser utilizada do jeito que está ou modificada, desde que seja devidamente citada. Mais importante, ela é geralmente protegida por uma Licença Pública Geral (GPL) ou copyleft. Embora qualquer pessoa possa usar e alterar o trabalho, todo o trabalho subsequente é protegido pela mesma licença, sendo que nunca poderá ser patenteado ou colocado sob copyright convencional.

Uma alternativa promissora para a produção e difusão da informação é um híbrido de abordagens de open source e acesso livre. Um exemplo é a Iniciativa de Neuroimagem da Doença de Alzheimer (ADNI), no qual um grande consórcio de investigadores procurando biomarcadores para a doença de Alzheimer compartilha todos os seus dados e faz os resultados publicamente acessíveis imediatamente. Ninguém é dono dos dados e ninguém pode apresentar pedidos de patente. Os cientistas do projeto são pagos por suas pesquisas com salários e verbas, principalmente a partir das universidades ou do setor público, e também ganham status e outros benefícios não-monetários. Existem outras iniciativas de open source em ciências da saúde focados em doenças dos pobres que oferecem poucas oportunidades para o lucro em qualquer caso. A vantagem desta abordagem híbrida é que ela permite aos cientistas trabalhar em tempo integral nos problemas que servem ao bem público. É provável que essa abordagem seja a mais eficaz para o desenvolvimento de novas tecnologias verdes necessárias para um planeta pós-carbono.

### 2.3 - A necessidade de cooperação global

Nos ecossistemas tudo está ligado a todo o resto . Isso significa que nenhuma nação pode desenvolver uma economia pós-carbono sozinha; tem que ser um esforço globalmente colaborativo. O objetivo central de uma economia pós-carbono é a sustentabilidade. No entanto, as pessoas e países que não conseguem satisfazer as necessidades básicas do dia-dia não podem fazer sacrifícios pensando nas gerações futuras. A miséria e a pobreza atuais podem ser um sério obstáculo para uma economia pós-carbono.

Para promover a redução da pobreza, a OCDE recomenda que nos concentremos na "introdução de tecnologias eficientes, que podem reduzir os custos e aumentar a produtividade, enquanto aliviar a pressão ambiental" . Contudo, a Figura 1 mostra os países do mundo em proporção aos royalties e taxas de licença que recebem. Os países ricos estão grosseiramente inchado, enquanto as nações mais pobres essencialmente desaparecem. Ao invés de fornecer aos países pobres as tecnologias necessárias, os países da OCDE estão enriquecendo com o racionamento do acesso à tecnologia através do mecanismo de preços.

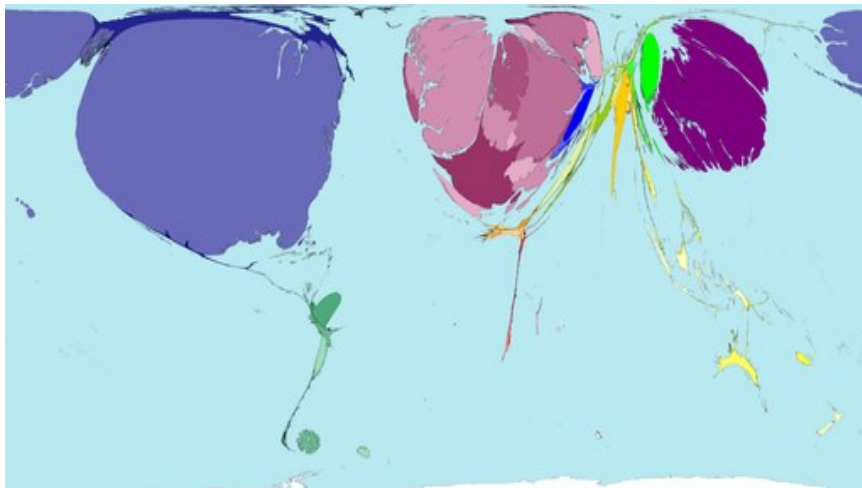


Figura 1. Países em proporção aos royalties e taxas de licença recebida. *Worldmapper: The World as You've Never Seen It before*. <<http://www.worldmapper.org/>>. © Copyright SASI Group (University of Sheffield)

Se racionarmos o acesso às tecnologias de energia verde com cobrança de royalties, os países pobres irão claramente continuar queimando o carvão. Enquanto algumas empresas podem lucrar cobrando mais caro por essas tecnologias críticas, o mundo como um todo

provavelmente sofrerá mudança climática. Assim, a falta de uma abordagem cooperativa para a criação e distribuição de tecnologias de energia verde poderia revelar-se suicida.

## **2.4 - Financiando a energia verde e reduzindo as emissões**

Novas tecnologias só são uma parte da solução para os problemas causados pela economia baseada nos combustíveis fósseis. Também temos que mudar radicalmente os nossos padrões de consumo, de produção e de infra-estrutura. O desenvolvimento de novas tecnologias energéticas irá requerer muito tempo e uma quantidade enorme de recursos. Temos que reduzir as emissões de carbono rapidamente enquanto procurarmos novas tecnologias, ou aceitar mudanças climáticas potencialmente catastróficas. A solução óbvia é desenvolver instituições globais que são capazes de racionar o acesso à capacidade de absorção de carbono. Todos os países devem receber uma proporção suficiente dessa capacidade para satisfazer as necessidades básicas e o restante deve ser leiloado pelo maior lance. Todas as receitas devem ser investidas na mitigação e adaptação à mudança climática, incluindo investimentos substanciais em energia alternativa de acesso livre. Esta abordagem de financiamento garantiria que aqueles que mais contribuem para o problema da mudança climática seriam também aqueles que mais contribuiriam para resolvê-la.

Não será possível limitar as emissões a um nível ecologicamente sustentável no curto prazo porque sem novas tecnologias energéticas e outras mudanças profundas na economia isso poderia levar ao colapso econômico. Em vez disso, seria preciso manter um balanço entre os limites ecológicos e econômicos: cotas precisariam ser suficientemente rígidas para gerar um preço muito alto, oferecendo incentivos significativos para utilizar menos combustíveis fósseis e recursos adequados para investir na tecnologia e infra-estrutura necessárias para uma economia pós-carbono. À medida que desenvolvemos novas tecnologias e infra-estrutura, podemos apertar as tampas ainda mais. Se não conseguirmos reduzir as emissões atmosféricas antes dos estoques de carbono excederem o limite ecológico que leva à mudança climática catastrófica, teremos que restringir as emissões para o nível abaixo da capacidade de absorção até que as reservas atmosféricas forem reduzidas a um nível aceitável.

## **3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os desafios para o desenvolvimento de uma economia pós-carbono são formidáveis e este ensaio sequer tocou em todos os problemas envolvidos. O ponto-chave, porém, é que não podemos resolver os problemas usando as mesmas instituições que as causaram, ou seja, uma economia de mercado competitivo que é pouco adequada para o gerenciamento de recursos não-excludente ou não-rival. O gerenciamento destes recursos exige mecanismos de cooperação. Entre as críticas óbvias das propostas desenvolvidas aqui, três se destacam. Primeiro, o ser humano é egoísta por natureza e incapaz de se submeter ao nível de cooperação exigida. Segundo, a economia é incapaz da evolução necessária. Terceiro, uma economia pós-carbono exige um nível inaceitável de sacrifício. Todas essas críticas merecem uma resposta.

Os economistas têm afirmado por muito tempo que os seres humanos são inerentemente auto-interessados, característica que apresenta sérios obstáculos para soluções cooperativas. No entanto, evidências estão surgindo das ciências naturais e sociais em que as pessoas são de fato altamente capazes de cooperação e altruísmo. Estudos mostram que a cooperação induz à liberação de neurotransmissores que induzem o prazer e que esses neurotransmissores, por sua vez, promovem o comportamento cooperativo. Os evolucionistas estão descobrindo que muitas espécies, incluindo a humana, têm evoluído para ser altamente social e cooperativa em determinadas circunstâncias, e esta cooperação está no cerne do nosso sucesso como espécie; biólogos matemáticos estão chegando as mesmas conclusões. É verdade que as pessoas têm tendências egoístas e altruístas, todavia numerosos estudos têm mostrado que podemos desenvolver instituições que levam os indivíduos egoístas a se comportar de forma cooperativa, e os indivíduos cooperativos a se comportar de maneira egoísta. Diferentes tipos de comportamento e instituições econômicas são necessárias para resolver diferentes tipos de problemas. Já mercados que favorecem e promovem o comportamento egoísta e competitivo podem ser eficazes em alocar combustível fóssil ou os bens de mercado que produzem na ausência de externalidades. Uma economia pós-carbono, porém, exige instituições capazes de promover o comportamento altruísta e cooperativo.

A economia seria capaz de evoluir? O fato é que as instituições humanas, incluindo a economia, estão num processo contínuo de evolução: aquelas que não conseguirem se adaptar às mudanças ambientais serão extintas. Como afirma a OCDE: "a criação de uma arquitetura global que é favorável ao crescimento verde exigirá o reforço da cooperação internacional. Reforçar os mecanismos de gestão de bens públicos globais, especialmente a biodiversidade e o clima, é a chave para abordar a coordenação e os problemas de incentivo".

Talvez o maior obstáculo para o desenvolvimento de uma economia pós-carbono é a crença de que consumir cada vez mais é o único ingrediente de uma boa vida e que reduzir o nosso uso da energia que impulsiona esse crescimento seria um sacrifício inaceitável. Algum nível de consumo de material é, sem dúvida, essencial para uma vida boa, mas ultrapassar esses níveis proporcionaria pouco benefício. O consumo per capita nos Estados Unidos, por exemplo, dobrou desde 1969, com praticamente nenhuma evidência de que os americanos tornaram-se mais satisfeitos com a vida. Isto sugere que a os Estados Unidos poderiam dedicar a metade do seu PIB para o desenvolvimento de uma economia pós-carbono sem perda perceptível de bem-estar. De fato, a cooperação e altruísmo parecem aumentar a nossa sensação de bem-estar. Resumindo, a incapacidade de desenvolver uma economia pós-carbono tem alta probabilidade de provocar uma tragédia, enquanto o esforço de cooperação global necessária para criar tal economia poderia gerar níveis insuspeitos de satisfação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In R. Nelson (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity* (pp. 609 - 625). Princeton: Princeton University Press.

British Petroleum. (2012). *Statistical Review of World Energy, Full Report 2012*. from Online: <http://www.bp.com>  
<http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>

Camerer, C. (2003). *Behavioral Game Theory*. Princeton: Princeton University Press.

Campbell, C. J., & Laherrere, J. H. (1998). The end of cheap oil. *Scientific American*, 278 (3), 78.

Commoner, B. (1971). *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology*. New York: Knopf.

Cooper, J. M., Butler, G., & Leifert, C. (2011). Life cycle analysis of greenhouse gas emissions from organic and conventional food production systems, with and without bio-energy options. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 58(3-4), 185-192. oi: 10.1016/j.njas.2011.05.002

Coy, P. (2010). The Other U.S. Energy Crisis: Lack of R&D: R&D neglect is holding back innovative energy technologies. *Bloomberg Business Week* (June 17, 2010).



- Daly, H. (1991). *Steady State Economics: 2nd edition with new essays*. Washington, DC: Island Press.
- Daly, H., & Farley, J. (2010). *Ecological Economics: Principles and Applications: 2nd edition*(1 ed.). Washington, DC: Island Press.
- Ellerman, A. D., & Joskow, P. L. (2008). *The European Union's Emissions Trading System in Perspective*. Washington, DC: Pew Center on Global Climate Change.
- Farley, J. (2008). The Role of Prices in Conserving Critical Natural Capital. *Conservation Biology*, 22(6), 1399-1408.
- Farley, J. (2010). *Ecological Economics*. In R. H. a. D. Lerch (Ed.), *The Post Carbon Reader - Managing the 21st Century's Sustainability Crises*
- Farley, J. (2012). *The Economics of Sustainability*. In U. Diwekar & H. Cabezas (Eds.), *Sustainability: Bentham Open E-books*.
- Farley, J., Aquino, A., Daniels, A., Moulaert, A., Lee, D., & Krause, A. (2010). Global mechanisms for sustaining and enhancing PES schemes. *Ecological Economics*, 69 (11), 2075-2084.
- Fehr, E., Schmidt, K. M., Kolm, S.-C., & Jean Mercier, Y. (2006). Chapter 8 The Economics of Fairness, Reciprocity and Altruism - Experimental Evidence and New Theories *Handbook on the Economics of Giving, Reciprocity and Altruism* (Vol. Volume 1, pp. 615-691): Elsevier.
- Foxon, T. J. (2003). *Inducing innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies* Retrieved from <http://www.thecarbontrust.co.uk/Publications/publicationdetail.htm?productid=CT-2003-07>
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process* . Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gintis, H., Bowles, S., Boyd, R., & Fehr, E. (Eds.). (2005). *Moral Sentiments and Material Interests: The Foundations of Cooperation in Economic Life*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hale, V. G., Woo, K., & Lipton, H. L. (2005). *Oxymoron No More: The Potential Of Nonprofit Drug Companies To Deliver On The Promise Of Medicines For The Developing World*.
- Health Affairs*, 24(4), 1057-1063. Hall, C. A. S., & Day, J. W. (2009). Revisiting the limits to growth after peak oil. *American Scientist*(97), 230-237.
- Heinberg, R. (2003). *The Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies*. Gabriola Island, British Columbia: New Society Publishers.



Heller, M. (1998). The Tragedy of the Anticommons: Property in the Transition from Marx to Markets. *Harvard Law Review*, 111(3), 621-688.

Heller, M., & Eisenberg, R. (1998). Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research. *Science*, 280, 698-701.

Henrich, J., & Henrich, N. (2007). *Why Humans Cooperate: A Cultural and Evolutionary Explanation*. New York: Oxford University Press.

IPCC. (2007). *Climate change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kolata, G. (2010, August 12, 2010). Sharing of Data Leads to Progress on Alzheimer's, *New York Times*.

Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P. J., Fischbacher, U., & Fehr, E. (2005). Oxytocin increases trust in humans. *Nature*, 435(7042), 673-676.

Maurer, S. M., Rai, A., & Sali, A. (2004). Finding Cures for Tropical Diseases: Is Open Source an Answer? *PLoS Med*, 1(3), e56.

Mustonen, M. (2003). Copyleft: the economics of Linux and other open source software. *Information Economics and Policy*, 15(1), 99-121.

Nowak, M., & Highfield, R. (2011). *SuperCooperators: Altruism, Evolution, and Why We Need Each Other to Succeed*. New York: Free Press (Simon Schuster).

OECD. (2011). *Towards Green Growth*. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264111318-en>: OECD Publishing.

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge: Cambridge University Press. RGGI Inc. (2011). *Investment of Proceeds from RGGI CO2 Allowances: Regional Greenhouse Gas Initiative*. Online: [http://www.rggi.org/docs/Investment\\_of\\_RGGI\\_Allowance\\_Proceeds.pdf](http://www.rggi.org/docs/Investment_of_RGGI_Allowance_Proceeds.pdf).

Savinar, M. (2008). How much human energy is contained in one barrel of oil? Retrieved September 8, 2008, from [http://www.lifeaftertheoilcrash.net/Research.html-anchor\\_71](http://www.lifeaftertheoilcrash.net/Research.html-anchor_71)

Tara, G. (2011). Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy*, 36, Supplement 1(0), S23-S32. doi: 10.1016/j.foodpol.2010.10.010

Wilson, D. S. (2007). *Evolution for everyone : how Darwin's theory can change the way we think about our lives*. New York: Delacorte Press.

Wilson, D. S., & Wilson, E. O. (2007). Rethinking the Theoretical Foundations of Sociobiology. *The Quarterly Review of Biology*, 82(4), 327-348. doi: doi:10.1086/522809.