

APANhado BIBLIOGRÁFICO DE QUESTÕES ENERGÉTICAS EM ESTUDOS ECONÔMICOS

Guilherme Henrique Ismael de Azevedo

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Produção
guilhermehen@gmail.com

Frederico Galaxe Paes

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Produção
fredgalaxe@gmail.com

André Soares Velasco

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Produção
andsovel@ig.com.br

Ricardo Bordeaux-Rego

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Produção
ribordeaux@hotmail.com¹

Resumo

A relação entre crescimento econômico e consumo de energia é amplamente discutida na literatura. Como evidência desta relação é possível observar que, entre 2005 e 2010, o Brasil apresentou crescimento econômico de 24,3% e do consumo energético de 24,9%. Nos últimos anos, com a crescente preocupação com as questões ambientais, muitos estudos econômicos foram feitos com base em questões energéticas, tal fato foi comprovado através de estudo bibliométrico. Dada a importância da temática realizaram-se ainda análises econômicas aplicadas relacionadas às energias renováveis, bem como breve análise das projeções de consumo de energia no Brasil no médio prazo.

Palavras-chave: Modelagem energética, crescimento econômico, demanda energética.

¹ Toda a correspondência deve ser enviada ao autor Ricardo Bordeaux-Rego

1. Introdução

Nos últimos anos, o Brasil vem conseguindo evitar a prolongada crise econômica mundial. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), com exceção de 2009, o Brasil apresentou elevação do Produto Interno Bruto (PIB) durante toda a década de 2000. Ao se considerar apenas de 2005 até 2010, o crescimento acumulado do PIB chega a 24,3%. No mesmo período, segundo o IPEA (www.ipeadata.gov.br) o consumo de energia aumentou 24,9%, sendo 8,0% apenas em 2010, último ano com disponibilidade de dados sobre consumo energético.

Com o crescimento do consumo energético no Brasil, surge a ameaça de um novo racionamento de energia elétrica como ocorreu em 2001, causado pela longa falta de investimentos no sistema elétrico e de chuvas inviabilizando a geração de energia em diversas usinas hidroelétricas do país. Naquele ano, o crescimento do PIB ficou em 1,31%, contra 4,31% no ano anterior. Esses números sugerem que, embora pareça necessário que exista uma relação entre o PIB e o consumo energético, essa relação não é obrigatoriamente direta. Neste trabalho, será apresentado um apanhado de estudos a respeito da relação entre contas nacionais e o consumo energético.

Prever o crescimento econômico e antecipar a necessidade de energia é essencial para elaborar políticas públicas relacionadas à geração, transmissão e distribuição de energia. Contudo, existe uma grande dificuldade em prever estes movimentos, principalmente nos países em desenvolvimento, que são responsáveis pela maior parte do crescimento no consumo mundial de energia. Neste artigo, serão apresentados estudos recentes a respeito de modelagens energéticas e suas aplicações para a previsão de emissões de CO₂ e para o mercado de derivativos.

Além disso, a crescente preocupação com questões ambientais e com a elevação do preço do petróleo incentivou o desenvolvimento de fontes alternativas de energia para aumentar a diversidade de fontes energéticas e reduzir as emissões de gases estufa. Neste trabalho, será apresentado também um levantamento sobre estudos e avaliações recentemente realizados sobre fontes alternativas no mundo.

O presente trabalho foi organizado da seguinte forma: Na seção 2, será realizado um estudo bibliométrico sobre publicações relacionadas à energia em periódicos de economia e finanças. Em seguida, serão apresentados modelos que relacionam o consumo energético ao crescimento econômico, com destaque para estudos que avaliam os países da América do Sul. Na seção 4, são apresentados trabalhos sobre modelagem do consumo energético. Questões sobre energias renováveis são introduzidas na seção 5. Uma projeção para o consumo energético no Brasil no período entre 2012 e 2016 será apresentada na seção 6. Por último, são apresentadas as conclusões e comentários finais.

2. Bibliometria

Com o objetivo de identificar a relevância de estudos econômicos envolvendo questões energéticas, foi realizado um levantamento bibliométrico através do Portal *Scopus* (www.scopus.com). Os dados foram obtidos no dia 29 de novembro de 2012 e filtrados para considerar apenas periódicos da área “Economia, Econometria e Finanças” em revistas internacionais (do inglês “*Economics, Econometrics and Finance*”). O Gráfico 1 apresenta o quantitativo de publicações desse filtro a partir de 2000, incluindo referências ao Brasil.

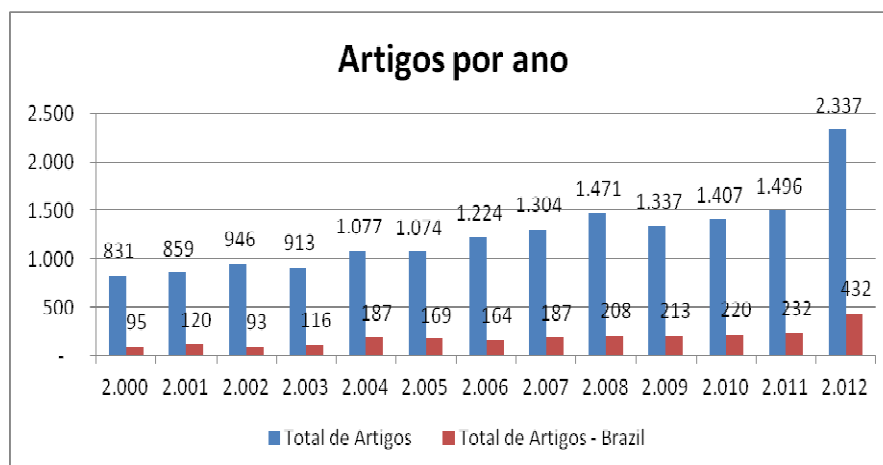


Gráfico 1 – Artigos por ano

Neste gráfico, pode-se observar uma elevação gradual do número de publicações, da ordem de 5,8% em média por ano. Em 2012, já são mais de 2.300 publicações, o que, mesmo faltando um mês para o término do ano, representa uma elevação de 56,2% em relação a 2011. De 2000 a 2012, os artigos que citam o Brasil representam em média 14,5% do total, sendo que em 2012 o percentual chegou a 18,5%, com o aumento de 86,2% em relação ao ano anterior.

O Gráfico 2 apresenta a quantidade total de artigos publicados nas últimas décadas para a mesma pesquisa bibliométrica, também considerando o total de artigos e os que citam o Brasil.

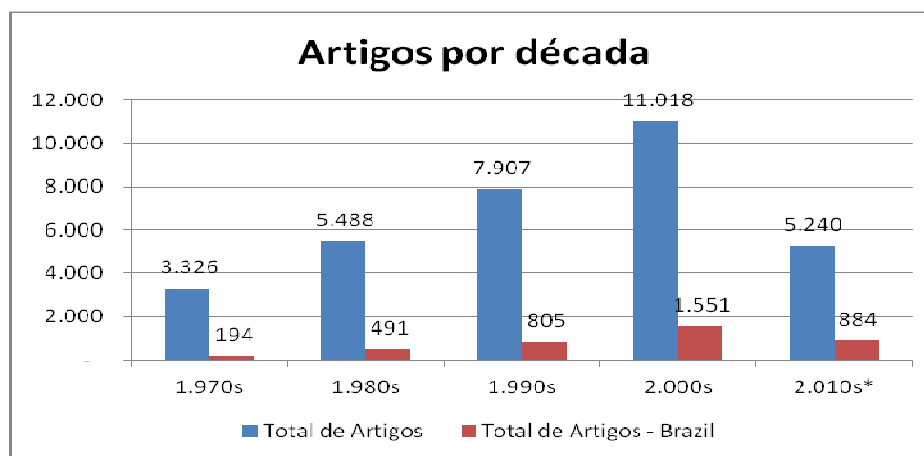


Gráfico 2 – Artigos por década (* apenas até novembro de 2012)

Percebe-se uma tendência de crescimento considerável. Destaca-se que apenas nos três primeiros anos da década de 2010 (de janeiro de 2010 até novembro de 2012) já foram publicados 5.231 artigos, equivalente a quase toda a década de 1980 ou 47,5% da década de 2000. Quanto aos artigos que citam o Brasil, seu quantitativo cresce em proporção maior que o total de artigos, chegando a representar 16,9% dos artigos escrito nesta década.

Observando as informações obtidas através do levantamento bibliométrico, verifica-se a crescente preocupação da comunidade científica vinculada às áreas de economia e finanças em relação às questões energéticas no Brasil e no mundo.

O crescimento econômico tem sido relacionado com a demanda de energia através de modelos econométricos ao longo dos anos. Assim, verificar se há ou haverá disponibilidade

energética que possibilite o crescimento esperado torna-se uma ferramenta de planejamento para se evitar racionamentos de energia.

Através de levantamento bibliométrico, foram identificados 9.982 artigos sobre modelagem energética (do inglês *energy modeling*) em periódicos da área de Economia e Finanças, sendo 3.833 publicados a partir de 2008. Do total de artigos, 1.167 (11,7%) citam o Brasil, sendo que 601 destes foram publicados a partir de 2008, 15,7% dos artigos deste período.

A crescente importância das questões socioambientais, com a busca pela viabilização de fontes alternativas, renováveis e não poluentes, também é representada no estudo bibliométrico. No total, foram publicados 2.942 artigos com referências a energia renovável (do inglês *renewable energy*), sendo que 1.249 (42,5%) apenas nos últimos 5 anos, destes 261 (20,9%) citam o Brasil.

A seguir, será apresentado um apanhado bibliográfico a respeito da relação entre consumo energético e crescimento econômico.

3. Relação entre Energia e Crescimento Econômico

O crescimento econômico tem sido relacionado com a demanda de energia através de modelos econométricos ao longo dos anos. Na tentativa de mensurar esta relação, são apresentados alguns trabalhos relevantes sobre o assunto.

O primeiro trabalho de referência publicado por Mason (1955) (*apud* PINTO JR. et al. 2007) constatava a existência de uma correlação entre a renda nacional e o consumo de energia *per capita*, buscando estabelecer estimativas sobre a elasticidade – renda da energia. Essa constatação era baseada em um gráfico logarítmico, no qual foram plotados dados relativos à renda nacional e ao consumo de energia de 42 países, para o ano de 1952.

Mainy (1967) mostrou que existia uma relação de proporcionalidade entre as variações no consumo de energia e na renda nacional, traduzida em uma elasticidade próxima da unidade, para a maioria dos países.

Deste modo, havia uma percepção de que existia um único padrão de relação entre o crescimento do consumo de energia de um país e o crescimento econômico, traduzido em uma elasticidade – renda próxima de um, que fazia com que todos os países seguissem uma única trajetória. Dessa forma, havia um indicativo claro da associação entre os crescentes níveis de consumo energético e os crescentes níveis de renda, onde os países mais pobres, na medida em que se desenvolviam, iam aumentando o seu consumo de energia na mesma proporção que os países desenvolvidos aumentavam o seu consumo (MARTIN, 1992; PERCEBOIS, 1989; *apud* PINTO JR. et al. 2007).

Darmstadter (1971) mostrou que a relação entre consumo de energia e PIB não era próxima de 1. O modelo econométrico utilizado por ele foi $\log(E/P) = \alpha + \beta Y/P$, onde E/P representa o consumo de energia *per capita* (E é a energia, mensurada em toneladas equivalentes de carvão, P representa da população, em número de habitantes) e Y/P, a renda *per capita*. Além da não proximidade em relação à unidade, foi verificada a existência de dispersões significativas, entre diferentes grupos de países, segundo os diferentes estágios de desenvolvimento. Assim, o autor concluiu que a renda *per capita* não era a única variável que explicava o consumo *per capita* de energia e que seria melhor pesquisar relações que permitissem incorporar as diferenças existentes entre os países.

Janosi & Grayson (1972) criaram um modelo que relacionava o crescimento do PIB e o consumo de energia para 30 países. O modelo econométrico, expresso por $\log E = \alpha + \beta \text{PIB}$,

confirmou a forte relação entre crescimento econômico e consumo de energia, mas os coeficientes de elasticidade em relação ao PIB variavam de 2,07 (Filipinas) até 0,48 (Reino Unido). Segundo Martin (1992) (*apud* PINTO JR. et al. 2007), o nível do PIB *per capita* explicava esta dispersão, uma vez que nos países mais ricos (Japão, Estados Unidos, França, Bélgica, Alemanha, Reino Unido) a elasticidade era quase sempre inferior à unidade, enquanto que nos países mais pobres (Filipinas, Tailândia, Índia, Iraque, Chile, Colômbia) era superior.

Esse conjunto de estudos levou a conclusão de que o comportamento do consumo de energia não poderia ser totalmente explicado no longo prazo pela variação da atividade econômica, embora a abordagem econométrica seja útil para o estudo da demanda de energia no curto prazo (equipamentos e técnicas constantes).

Neste sentido, uma das formas de medir as relações entre indicadores econômicos e energéticos é através do Indicador de Intensidade Energética (IIE), que é a razão entre o consumo total de energia de um país, expresso em alguma unidade energética (por exemplo, em toneladas equivalentes de petróleo) e o valor de seu PIB, mensurado em unidades monetárias. Em resumo, esse índice mede quanto de energia é necessário para a produção de uma unidade monetária do PIB. Desta forma, o IIE é considerado uma medida de eficiência da utilização da energia para a geração de riqueza no país.

As relações de causa entre consumo de energia e crescimento econômico têm sido extensamente examinadas na literatura, gerando vários resultados em diversos países. O conceito de causalidade diz respeito à capacidade de uma variável em auxiliar na previsão do comportamento de outra (FOCHEZATTO A. et al.,2010). A significância representa as implicações políticas associadas às inferências causais, desenhadas com respeito à relação crescimento econômico *versus* consumo de energia.

A presença de causalidade unidirecional do consumo de energia para o crescimento econômico (hipótese do crescimento) sinaliza que a economia é dependente de energia e neste caso, as políticas de conservação podem ter um impacto adverso no crescimento econômico. Por outro lado, a causalidade unidirecional do crescimento econômico para o consumo de energia (hipótese da conservação) sugere que as políticas de conservação de energia podem ter pouco ou nenhum impacto no crescimento econômico. É possível também, existir uma causalidade bidirecional entre consumo de energia e crescimento econômico (hipótese do retorno – *feedback*), refletindo a interdependência e possíveis complementaridades associadas com consumo de energia e crescimento econômico. Finalmente, a ausência de causalidade entre consumo de energia e crescimento econômico (hipótese da neutralidade) implica que políticas de conservação de energia terão um impacto insignificante no crescimento econômico.

Diversas metodologias podem ser empregadas para investigar as relações de causalidade, tais como: análise de correlação, análise de regressão com dados de *cross-section* e técnicas de séries temporais. Segundo Fochezatto et al. (2010), as duas primeiras metodologias não são adequadas para investigar tais relações e sugere, a utilização do teste de não-causalidade de Granger (1969) que, segundo o autor, é frequentemente utilizada para avaliar este tipo de relação.

A seguir, ainda na tentativa de relacionar crescimento econômico e consumo de energia, são apresentados diversos trabalhos recentes que utilizam como metodologia testes de causalidade para avaliar a relação para países da América do Sul.

3.1. Relações de causalidade entre consumo de energia e crescimento econômico na América do Sul

Estudos anteriores relacionados aos países da América do Sul apresentam uma escala de resultados. Em um estudo com 16 países, Nachane et al. (1988) encontraram causalidade unidirecional do consumo de energia comercial *per capita* para o PIB real *per capita* para

Argentina e Chile, enquanto causalidade bidirecional nos casos do Brasil, Colômbia e Venezuela.

O estudo desenvolvido por Murray & Nan (1996) que analisou vários países, mostrou causalidade multidirecional do PIB real para o consumo de eletricidade na Colômbia.

Já em Soyta & Sari (2003) é apresentado estudo envolvendo 12 países com mercados emergentes, no qual encontrou-se causalidade bidirecional entre consumo de energia e PIB *per capita* no caso da Argentina.

Cheng (1997) apresenta evidências de causalidade unidirecional do consumo de energia para o PIB real para o Brasil e a ausência de causalidade entre consumo de energia e PIB real para a Venezuela.

Em um painel de 18 países em desenvolvimento, incluindo Argentina, Chile, Colômbia, Peru e Venezuela, Lee (2005) encontrou causalidade unidirecional do consumo de energia para o PIB real.

Chontanawat et al. (2006, 2008) revelaram causalidade unidirecional do consumo de energia *per capita* para o PIB real *per capita* para o Chile, Colômbia e Uruguai; causalidade unidirecional do PIB real *per capita* para consumo de energia *per capita* para Bolívia, Paraguai, Peru e Venezuela; causalidade bidirecional para Brasil e Argentina; e a ausência de causalidade para Equador.

Mehrara (2007) analisou painel de 11 países exportadores de petróleo, incluindo Equador e Venezuela. O estudo encontrou causalidade unidirecional do PIB real *per capita* para consumo de energia comercial *per capita*.

Em um estudo sobre exportação de energia nos países em desenvolvimento, Mahadevan & Asafu-Adjaye (2007) apresentaram indícios de causalidade bidirecional entre consumo de energia *per capita* e o PIB real *per capita* para Argentina e Venezuela.

Em um painel com 82 países no qual – incluindo Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela –, Huang et al. (2008) identificaram ausência de causalidade entre consumo de energia e o PIB real *per capita* para países de baixa renda enquanto que para países de média e alta rendas foi encontrada a causalidade unidirecional do PIB real *per capita* para consumo de energia.

Tabela 1 – Sumarização dos estudos

Autor	Variáveis analisadas		Países da América do Sul	Relação de causalidade
	A	B		
Nachane et al. (1988)	consumo de energia comercial <i>per capita</i>	PIB real <i>per capita</i>	Argentina Chile Brasil Colômbia Venezuela	A→B A→B A↔B A↔B A↔B
Murray & Nan (1996)	PIB real	Consumo de eletricidade	Colômbia	A↔B
Soytas & Sari (2003)	PIB <i>per capita</i>	Consumo de energia	Argentina	A↔B
Cheng (1997)	Consumo de energia	PIB real	Brasil Venezuela	B→A A→B
Lee (2005)	Consumo de energia	PIB real	Argentina Chile Colômbia Peru Venezuela	A→B

APANhado BIBLIOGRÁFICO DE QUESTÕES ENERGÉTICAS EM ESTUDOS ECONÔMICOS

Chontanawat et al. (2006, 2008)	consumo de energia <i>per capita</i>	PIB real <i>per capita</i>	Chile Colômbia Uruguai Bolívia Paraguai Peru Venezuela Brasil Argentina Equador	A→B A→B A→B B→A B→A B→A B→A A↔B A↔B A→B
Mehrara (2007)	PIB real <i>per capita</i>	consumo de energia comercial <i>per capita</i>	Equador Venezuela	A→B
Mahadevan & Asafu-Adjaye (2007)	Consumo de energia <i>per capita</i>	PIB real <i>per capita</i>	Argentina Venezuela	A↔B
Huang et al. (2008)	Consumo de energia	PIB real <i>per capita</i>	países de baixa renda países de média e alta renda	A→B B→A

Legenda: B→A (B causa A),
A→B (não há relação de causalidade),
A↔B (bicausalidade)

4. Economia e Modelagem do Consumo de Energia

Nesta seção serão abordados alguns modelos recentemente apresentados na literatura sobre a modelagem do consumo de energia. Para Greening et al. (2007), pesquisadores das mais diversas áreas trabalham em modelagens energéticas com objetivos, abordagens e resultados muito distintos. Nesta seção, serão apresentados apenas trabalhos que modelam o consumo de energia sob a perspectiva área de economia e finanças.

Modelos são compostos de suposições teóricas, dados e uma diversidade de métodos numéricos. Assim, para Greening et al. (2007), boas pesquisas devem entender e deixar claro quais os pontos fortes e fracos de cada um destes componentes, o que nem sempre ocorre. Aquele trabalho apresenta um levantamento dos métodos usados para modelar o consumo de energia industrial, que representa um terço do consumo global. Segundo eles, esse tipo de consumo é o mais difícil de analisar, modelar e prever devido as diferentes formas de utilização da energia em processos produtivos. Mudanças na atividade industrial reduziram, mas não eliminaram o impacto do incremento desta atividade econômica na demanda por energia. Então entender e prever com precisão mudanças no consumo industrial de energia é importante, uma vez que não há previsão de redução da sua proporção em relação ao consumo global a curtos ou médios prazos.

O Relatório Especial Cenários de Emissão (SRES, do inglês *Special Report Emissions Scenarios*) foi publicado em 2000 pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*). Os cenários descritos neste relatório foram utilizados para fazer previsões sobre possíveis mudanças climáticas no planeta. Estes cenários utilizam modelos para prever o incremento das emissões de gases estufa provenientes do uso de fontes energéticas.

Para Ruijven et al. (2008), a maioria dos modelos utilizados nos cenários SRES focam em questões importantes para países industrializados, o que implicitamente considera que os países em desenvolvimento seguirão sua experiência, e ignora as diferenças institucionais, culturais e a existência de mercados tradicionais. Naquele trabalho, os autores pretendem

identificar questões chave que consideram mais relevantes em sistemas energéticos de países em desenvolvimento e que afetam os modelos utilizados. Durante o processo de identificação, são considerados apenas países do continente asiático. Segundo aquele trabalho, a industrialização tem gerado aumento do consumo de energia nestes países devido ao aumento do padrão de vida e ao crescimento populacional. Considerando que os modelos são usados como base para a elaboração de políticas públicas, podem levar ao desenvolvimento de ações pouco precisas. Ruijven et al. (2008) concluem que a crescente relevância dos países em desenvolvimento para o consumo energético global gera a necessidade de reformulação dos modelos atualmente utilizados para levar em conta questões como combustíveis tradicionais, mudanças na infraestrutura econômica, atividades informais, distribuição de renda e ampliação do acesso à energia elétrica.

Nomikos & Andriosopoulos (2012) examinam o comportamento dos preços em 8 mercados de energia cujos contratos futuros são negociados na Bolsa de Valores de Nova Iorque (NYMEX, do inglês *New York Mercantile Exchange*). Segundo eles, a política internacional, guerras, mudanças estruturais, avanços tecnológicos etc. geram mudanças e volatilidade no mercado energético global, requerendo maior número de participantes para reduzir os riscos em contratos futuros e de derivativos. Os modelos de risco tradicionais não podem ser usados uma vez que existem questões únicas ao mercado energético, fazendo com que a suposição de que o preço da energia retorne a um determinado patamar ótimo no longo prazo, como ocorre com as *commodities*, não seja sempre verdade. Assim, é importante que o modelo escolhido seja capaz de capturar a volatilidade do mercado para que seja possível realizar análises e previsões acuradas a partir dos seus resultados, razão pela qual foram testados diversos modelos em diferentes mercados para avaliar qual modelo melhor se adequa a cada um.

5. Economia e Energias Renováveis

O *World Energy Outlook 2012*, publicado pela Agência Internacional de Energia (IEA – do inglês *International Energy Agency*), apresenta projeções sobre as tendências do setor de energia, da sustentabilidade e do desenvolvimento econômico até 2035. Aquele estudo indica que já, em 2015, as fontes renováveis se tornarão a segunda maior fonte mundial de geração de eletricidade, com o equivalente a metade do gerado pelo carvão. Em 2035, o montante de energia elétrica gerado por fontes renováveis devem se aproximar ao do carvão.

Para Menegaki (2008), a utilização de energias renováveis reduz a dependência do petróleo e diversifica as fontes energéticas, além de contribuir com a redução de emissões de gases poluentes. Por outro lado, ainda apresentam custo de 10% a 30% superiores, além de depender da disponibilidade destas fontes. Nesta seção, apresentaremos alguns trabalhos que analisam a utilização de energias renováveis. Um deles foca no sudoeste americano, outro na Europa e o último no Brasil.

Segundo Mozumder et al. (2011), o sudoeste americano apresenta elevado potencial para geração de energias alternativas, porém pouco se sabe sobre a preferência dos consumidores por energia destas fontes. A partir de 2011, o estado do Novo Mexico obriga que distribuidoras de energia produzam ou comprem de fontes renováveis 10% do total comercializado, o percentual chegará a 20% em 2020. Os benefícios anteriormente citados fazem com que os consumidores prefiram esse tipo de energia, mesmo que tenham custo superior. Naquele artigo, o método de avaliação de contingências (do inglês, *contingent valuation method*) é utilizado para identificar a vontade dos consumidores em pagar mais caro por energias renováveis. Como a quota destas energias é decisiva para o custo energético total, são levantados cenários com diferentes quotas. Os resultados indicam que os consumidores gostariam de pagar mais para suportar o aumento na quota de energia renovável (de 10% para

20%) no portfólio energético. Contudo, os que estão preocupados com os altos preços e a confiabilidade destas fontes, tendem a responder desfavoravelmente ao aumento.

Menegaki (2011) apresenta um estudo empírico sobre a relação de causalidade entre crescimento econômico e energias renováveis para 27 países europeus no período entre 1997 e 2007. Para isso, é utilizado modelo de efeito aleatório que inclui o consumo final de energia, emissões de gases estufa e variáveis independentes adicionais. Os resultados não confirmaram causalidade entre consumo de energia renovável e PIB. Contudo, os testes indicam relações de causalidade no curto prazo entre energia renovável, emissões de gases estufa e trabalho. O fator de cointegração estimado indicou apenas uma fraca relação entre crescimento econômico e consumo de energias renováveis na Europa, sugerindo evidências da hipótese de neutralidade, que pode ser parcialmente explicado pela irregular e insuficiente exploração das fontes de energia renovável ao longo da Europa.

Através da avaliação de 3 décadas do programa brasileiro do álcool, Rovere et al. (2011) mostram que políticas públicas de incentivo a produção de biomassa geraram benefícios diretos ao país como aumento da segurança energética, economia de divisas, geração de empregos, redução da poluição em regiões urbanas e das emissões de CO₂. Segundo eles, a produção de etanol apresentou economia de escala, progresso tecnológico e ganhos de produtividade não dependendo mais de incentivos ou subsídios para ser competitivo.

6. Projeções Econômicas e do Consumo de Energia no Brasil

a. Análise Macroeconômica

No início do ano de 2012, a situação econômica dos países desenvolvidos tornou-se mais delicada com a situação fiscal crítica da Espanha, além do aceno da Grécia para uma possível saída da Zona do Euro. O transtorno econômico gerado neste período não se limitou apenas aos países desenvolvidos, mas acarretaram consequências, por meio do comércio internacional, as economias em desenvolvimento.

No caso da China, por exemplo, houve redução nas previsões de crescimento econômico devido à redução da demanda externa. Dado que a China é um país que apresenta considerável proeminência na atual conjuntura do comércio mundial, principalmente de *commodities*, tal redução em seu crescimento trouxe consequências, entre outras economias, para o Brasil.

No Brasil, as contas nacionais mostraram uma desaceleração do crescimento estimulada, sobretudo pelo baixo desempenho da indústria. O crescimento acumulado do PIB no 1º semestre de apenas 0,6%, em relação ao mesmo período do ano anterior, demonstra a dificuldade da economia de emergir mesmo com todos os esforços governamentais realizados através de estímulos ao consumo e incentivos fiscais (EPE, 2012).

Com os resultados apresentados ao longo deste período, a credulidade quanto ao bom desempenho da economia brasileira em 2012 foi se deteriorando. Ao passo que a pesquisa realizada pelo Relatório Focus de janeiro divulgava uma expectativa de crescimento do PIB de 3,3%, em agosto esta expectativa chegava a taxa de 1,7%.

Para diversos especialistas, em relação ao crescimento do PIB para o ano de 2012, a previsão de redução do crescimento econômico brasileiro foi apresentada de forma consensual, apesar das ações de afrouxamento da política monetária e de estímulos fiscais implementados pelo governo brasileiro. A seguir, são apresentadas na tabela 2 diversas previsões de crescimento para o PIB brasileiro para o ano de 2012.

Tabela 2 – Brasil: Expectativas de crescimento do PIB (%)

Instituições	Data da Projeção	2012
Relatório Focus ⁽¹⁾	31/08/2012	1,7
Tendências Consultoria ⁽²⁾	23/08/2012	1,6
Bradesco	24/08/2012	2,1
FMI ⁽³⁾	16/07/2012	2,5

Nota: (1) Relatório de Mercado realizado pelo Banco Central.

(2) Cenário Básico.

(3) World Economic Outlook.

Fonte: Elaboração EPE a partir de dados das respectivas Instituições.

Contudo, para o período que se desdobra até o ano 2016, o direcionamento visando a expansão do crédito e consumo no país, promovem perspectivas favoráveis ao crescimento econômico. Considerando as perspectivas para os cenários de um maior volume de investimentos, sobressaem-se as perspectivas favoráveis para o setor de petróleo e gás natural, tendo em vista as recentes descobertas na camada do pré-sal.

Ao mesmo tempo, o Brasil será beneficiado por grandes eventos esportivos que serão realizados no país nesta década, tais como a Copa do Mundo de Futebol em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016. Os investimentos visando solucionar os problemas de infraestrutura, no setor habitacional e a retomada dos projetos em setores que o país possui vantagens comparativas serão de extrema relevância para a redução de alguns componentes que obstem ultimamente uma melhor performance da economia deste país.

b. Projeção do consumo de energia no Brasil (2012-2016)

A projeção do consumo de energia elétrica para o período 2012-2016 baseia-se na 2ª Revisão Quadrimestral de 2012 da Nota Técnica da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012).

A projeção do consumo na rede do Sistema Interligado Nacional (SIN) para 2012 era inferior em 1,9 TWh à projeção anterior e, para os próximos anos, essa diferença situa-se entre 4,1 e 5,3 TWh. Este resultado em 2012 decorre de um consumo industrial 7,1 TWh inferior ao projetado anteriormente, associado a um consumo 4,0 TWh superior de “outras classes” e a ampliação do consumo comercial de 0,9TWh. Na Tabela 3 são apresentados os resultados das projeções para o período em destaque.

Tabela 3 – Consumo total na rede (GWh), 2012-2016: comparação de projeções

Ano	1ª Revisão 2012 [A]	Δ%	2ª Revisão 2012 [B]	Δ%	Diferença [B] - [A]
2012	442.211	4,6	440.265	3,4	-1.946
2013	467.087	5,6	461.786	4,9	-5.301
2014	491.375	5,2	486.358	5,3	-5.016
2015	511.493	4,1	507.354	4,3	-4.139
2016	532.107	4,0	527.251	3,9	-4.856

Nota: A 1ª Revisão Quadrimestral considerava a interligação do sistema Tucuruí-Macapá-Manaus em julho de 2013, enquanto a 2ª Revisão Quadrimestral considera essa interligação em junho de 2013. A interligação do sistema Boavista ao SIN é considerada a partir de fevereiro de 2015, enquanto a 1ª Revisão Quadrimestral não contemplava tal interligação.

Fonte: EPE.

Na Tabela 4 a seguir, é apresentada a nova projeção do consumo na rede do SIN por classe e por subsistema. Observa-se um crescimento do consumo no subsistema Norte da

ordem de 7,8% ao ano em média até 2016, o que foi considerado como forte aumento pela EPE (2012). Tal elevação do patamar de consumo se deve à interligação do sistema Tucuruí-Macapá-Manaus, que ocorrerá em meados de 2013. Assim, espera-se que o consumo no subsistema Norte tenha expansão da ordem de 15% nos anos de 2013 e 2014.

Tabela 4 – Projeção do consumo de energia elétrica na rede (GWh), 2012-2016

CONSUMO TOTAL	2012	2013	2014	2015	2016	2012-2016 (% a.a.)
	440.265	461.786	486.358	507.354	527.251	4,4
<i>Projeção por classe de consumo</i>						
Residencial	114.623	120.156	126.649	132.740	138.688	4,8
Industrial	182.885	190.903	200.563	207.516	213.416	3,3
Comercial	76.654	81.473	86.888	92.082	97.412	6,2
Outras classes	66.103	69.255	72.259	75.015	77.735	4,5
<i>Projeção por subsistema interligado</i>						
Norte	29.903	34.027	39.697	42.109	43.498	7,8
Nordeste	63.520	66.365	69.432	72.457	75.742	4,8
Sudeste/CO	269.252	281.041	293.802	306.163	318.067	4,0
Sul	77.589	80.353	83.428	86.625	89.945	3,8

Nota: considera a interligação do sistema Tucuruí-Macapá-Manaus em junho de 2013 e a interligação do sistema Boavista em fevereiro de 2015.

Fonte: EPE.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Após levantamento bibliográfico, pode-se perceber a crescente importância de questões energéticas para a economia, principalmente sobre fontes renováveis. Dentre estes artigos há uma grande variabilidade de temas, que não foram explorados neste trabalho. Em trabalhos futuros, os temas podem ser divididos para melhor se avaliar os interesses da comunidade científica relacionada à área de economia e finanças por questões energéticas.

A partir do levantamento bibliográfico, é possível sugerir que o consumo energético no longo prazo não pode ser medido apenas pelo nível de atividade econômica e deve levar em consideração as especificidades das economias e conceitos de eficiência econômica e energética.

O grande número de trabalhos científicos que tentam identificar as relações de causalidade entre crescimento econômico e consumo de energia evidenciam a importância do tema. Como sugestão para trabalhos futuros, seria interessante verificar as relações de causa entre as variáveis citadas para o estado do Rio de Janeiro a partir da análise de séries temporais.

Quanto à modelagem energética, o levantamento apresentado indica a sua importância para o desenvolvimento de políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento do sistema energético e necessidade de reformulação dos modelos para melhor incorporar os aspectos relacionados ao consumo nos países em desenvolvimento, que apresentam maior elevação no consumo energético.

Outra temática analisada é a inserção de fontes renováveis na matriz energética mundial. De fato, embora os custos associados a essas fontes ainda estejam em patamar ligeiramente superior às fontes tradicionais, o cenário mais provável para os próximos anos é o barateamento dos custos dessas fontes e participação crescente na matriz mundial. Neste

contexto de energias renováveis, a avaliação do programa de álcool no Brasil mostrou que a decisão por investir nesse tipo de combustível foi correta.

Por fim, com base na tabela 4, espera-se um aumento do consumo na rede do Sistema Interligado Nacional (SIN) para os próximos anos, sendo a classe comercial a que mais cresce no período (6,2 % a.a.), seguida da residencial (4,8% a.a.), indicando uma maior participação da classe comercial no consumo total na rede em detrimento, principalmente, da classe industrial. Com relação ao consumo por subsistema, observa-se que o que mais ganha participação no consumo na rede do SIN é o subsistema Norte, em parte como consequência da agregação do sistema Tucuruí-Macapá-Manaus, passando de 6,8% em 2012 para 8,2% do consumo no SIN em 2016.

7. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, E. F.; JUNIOR, H. Q. P.; BOMTEMPO, J. V. (2007). *Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial* – Rio de Janeiro: Elsevier, 2007 – 5ª reimpressão.

CHENG, B.S., (1997). *Energy consumption and economic growth in Brazil, Mexico, and Venezuela: a time series analysis.* Applied Economics Letters 4, 671–674.

CHONTANAWAT, J., HUNT, L.C., PIERSE, R., (2006). *Causality between energy consumption and GDP: evidence from 30 OECD and 78 non-OECD countries.* Surrey Energy Economics Discussion Paper Series, 113.

CHONTANAWAT, J., HUNT, L.C., PIERSE, R., (2008). *Does energy consumption cause economic growth? Evidence from a systematic study of over 100 countries.* Journal of Policy Modeling 30, 209–220.

DARMSTADTER, J. (1971). *Energy in the World Economy: a Statistical Review of Trends in Output, Trade, and Consumption since 1825.* Baltimore: Johns Hopkins Press.

Empresa de Pesquisa Energética (2012). *Projeção de Demanda de Energia elétrica para os próximos 10 anos: 2ª Revisão Quadrimestral de 2012.*

FOCHEZATTO A., KOSHIYAMA D., ALENCASTRO D. (2010). *Testando Relações de Causalidade entre Comércio Externo e Crescimento Econômico em Países da América Latina: Evidências de Dados em Painel e Séries Temporais.* Revista Economia, Brasília (DF), v.11, n.3, p.597–629.

GREENING, L. A.; BOYD, G.; ROOP, J. M., (2007). *Modeling of industrial energy consumption: An introduction and context.* Energy Economics 29, 599–608.

HUANG, B.N., HWANG, M.J., YANG, C.W., (2008). *Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: a dynamic panel data approach.* Ecological Economics 67, 41–54.

IEA (2012). *World Energy Outlook 2012: Executive Summary.* International Energy Agency. Disponível em <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Portuguese.pdf>, acessado em 17 de janeiro de 2013.

IPEA (2012). Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicáveis. Disponível em www.ipeadata.gov.br, acessado em 29 de novembro de 2012.

JANOSI, P.E.; GRAYSON, L.E. (1972). *Patterns of energy consumption and economic growth and structure.* The Journal of Development Studies, v.8, n.2.

MENEGAKI A.N. (2011). *Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis*. Energy Economics, 33, 257–263.

MAHADEVAN, R., ASAFU-ADJAYE, J., (2007). *Energy consumption, economic growth and prices: a reassessment using panel VECM for developed and developing countries*. Energy Policy 35, 2481–2490.

MAINGUY, Y. (1967). *L'Économie de l'Énergie*. Paris: Coll. Finances et économie, Dunod.

MEHRARA, M., (2007). *Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries*. Energy Policy 35, 2939–2945.

MENEGAKI, A. N. (2011). *Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutral hypothesis*. Energy Economics 33, 257–263.

MOZUMDER, P.; VÁSQUEZ, W. F.; MARATHE, A. (2011). *Consumers' preference for renewable energy in the southwest USA*. Energy Economics 33, 1119–1126.

MURRAY, D.A., NAN, G.D., (1996). *A definition of the gross domestic product-electrification interrelationship*. Journal of Energy and Development 19, 275–283.

NACHANE, D.M., NADKARNI, R.M., KARNIK, A.V., (1988). *Cointegration and causality testing of the energy-GDP relationship: a cross-country study*. Applied Economics 20, 1511–1531.

NOMIKOS, N.; ANDRIOSOPOULOS, K. (2012). *Modelling energy spot prices: Empirical evidence from NYMEX*. Energy Economics 34, 1153–1169.

ROVERE, E. L.; PEREIRA, A. S.; SIMÕES, A. F., (2011). *Biofuels and Sustainable Energy Development in Brazil*. World Development 39, 11026–1036.

RUIJVEN, B. V.; URBAN, F.; BRNDERS, R. M. J.; MOLL, H. C.; SLUIJS, J.; VRIES, B., (2008). *Modeling Energy and Development: An Evaluation of Models and Concepts*. World Development 36, 2801–2821.

SCOPUS (2012). Portal Scopus. Disponível em: www.scopus.com, acessado em 29 de novembro de 2012.