



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

Evolução da Intensidade Energética e Análise do Consumo de Energia do Setor Industrial no Brasil

Mirko V. Turdera¹

Matheus Franzotti² Rafaela Barbosa³ Gustavo Pleutin⁴

RESUMO

No artigo apresentamos uma descrição do perfil de consumo do setor industrial do Brasil. A indústria participa com 35% de toda a energia consumida no país. O consumo energético proveniente de fontes primárias tem aumentado desde 1995 e hoje está no mesmo patamar que o proveniente de fontes secundárias, cada um com aproximadamente metade dos $88,89 \cdot 10^6$ tep que consome o setor industrial. Os segmentos com maior consumo energético são o de Papel e Celulose, Alimentos e Bebidas e Ferro-gusa e Aço, que juntos respondem por 57% do consumo de energia setorial. A maior fonte de energia do setor industrial é de fontes renováveis com 35% os combustíveis fósseis detêm 43%. A intensidade energética do setor industrial está hoje em 0,10 toneladas equivalentes de petróleo por milhar do PIB, um valor muito semelhante ao dos países da OCDE. Finalmente, através da taxa anual de crescimento composto – TACC - do consumo energético de alguns setores industriais mostrou-se que não existe necessariamente uma correlação entre consumo energia e produção física industrial.

. Palavras-chave: Setor industrial; intensidade energética; consumo de energia, TACC.

¹ UFGD, eduardoturdera@ufgd.edu.br, 67-34102173.

² UFGD, estudante, Engenharia de Energia

³ UFGD, estudante, Engenharia da Produção

⁴ UFGD estudante Engenharia de Energia

ABSTRACT

We present in this paper the Brazilian industrial energy consumption profile. This sector keeps 35% of total energy consumed in the country. Three industries demand 57% of total industrial energy consumption; they are Paper & Cellulosic, Food & Beverages and Iron & Steel. The renewable energy sources and fossil fuels contribute with 35% and 43%, respectively, of the industrial energy consumption. The rate between energy consumption and Gross Domestic Product of industrial sector shows a yield of 0.10 toe per one thousand GDP, this is almost similar to the OCDE countries. Moreover, we make a relation between the Compound Annual Growth Rate CAGR - energy consumption in Brazilian Industry and our analysis finds that do not exist correlation between the energy consumption and output of the industries.

Keywords: *Industrial sector; intensity energy; energy consumption, CAGR.*

1. INTRODUÇÃO

A implementação de políticas de economia de energia e de redução de impactos ambientais devem ser importantes metas para países que pretendem aprimorar o uso da energia sem renunciar ao crescimento da economia. Avaliar o comportamento do setor industrial é fundamental para atingir essas metas. A quantidade de energia consumida e a eficiência sobre o uso dessa energia são dois fatores fundamentais para determinar o desempenho da economia global do país bem como das questões energéticas e ambientais. Em outras palavras, órgãos públicos que decidem políticas deveriam estar cada vez mais preocupados com consumo de energia no setor industrial e suas implicações econômicas, tributárias e ambientais. Assim, análise da intensidade energética pode fornecer aos definidores de políticas públicas, informações necessárias para estabelecer estratégias apropriadas direcionadas ao uso eficiente da energia com o intuito de mitigar os gases estufa, ganhar competitividade no mercado local e internacional e fazer uso racional dos recursos energéticos disponíveis.

O Brasil já se encontra entre as dez maiores economias do mundo, com taxas de crescimento que variam de -0,3% (2009) e 7,5% (2010) (IPEA, 2010). A dinâmica desse crescimento econômico se percebe claramente no aumento do consumo de todas as formas de energia em todos os setores. O setor

industrial tem mostrado significativas oscilações na participação do Produto Interno Bruto – PIB, entre outros, como decorrência de sua modernização nos últimos 20 anos visando ganhar competitividade no mercado mundial, bem como a perda de mercados por conta de questões logísticas e tributárias nacionais. As mudanças tecnológicas quanto ao consumo de energia são, sem dúvida, um ponto de relevância no setor industrial, pois, o consumo de menos energia para produzir um produto é um sinal de uma preocupação não somente com custos, mas também com gestão eficiente do consumo de energia e, em ultima instancia, com a diminuição da emissão de gases estufa, sejam estes na produção e transformação do recurso energético, seja ele no uso final de energia antes de dispor do serviço energético (Fourquet, 2008; Mackerron, 1982).

Observa-se que o PIB do Brasil tem tido um crescimento contínuo de 2,9% a.a. desde 1996 ate 2012, no que tange ao PIB do setor industrial o crescimento foi de 2,1% a.a. para o mesmo período. Em termos de participação percentual no PIB, esta passou de 23,78% em 1996 para 20,65% em 2012 (IBGE, 2012).

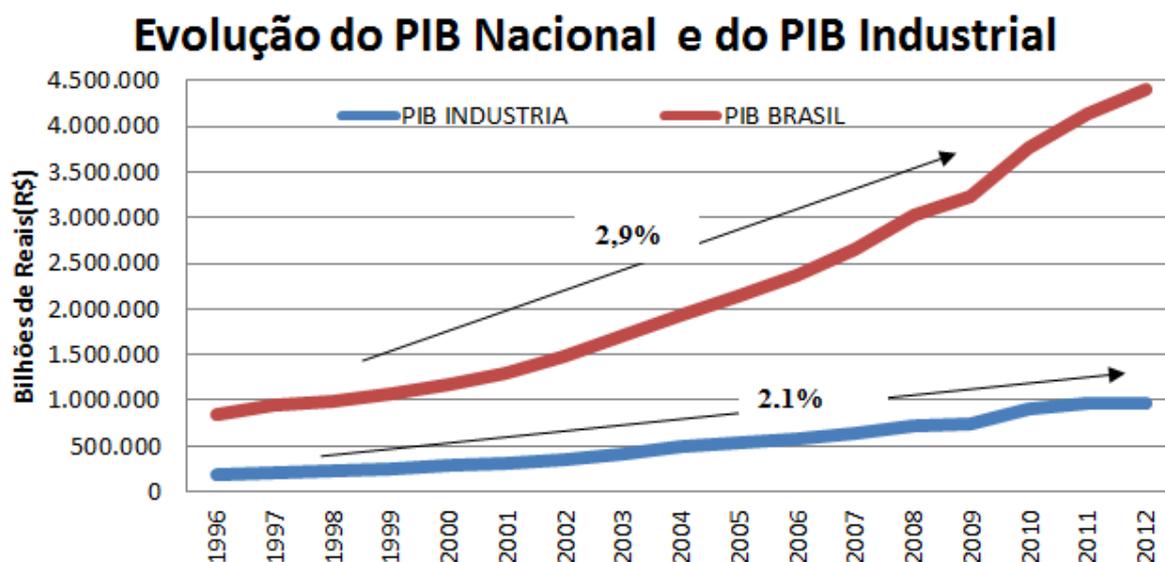


Figure 1.- Comparação da evolução do PIB total com o PIB industrial do Brasil

No artigo se discute a evolução do consumo de energia do setor industrial em correlação com a evolução de geração do produto interno bruto, isto se denomina Intensidade Energética Econômica setorial que relaciona a quantidade de energia utilizada para gerar uma unidade de PIB setorial ((MJ/\$).

Apresenta-se também uma análise do consumo energético em relação à produção industrial.

2. Perfil energético do setor industrial no Brasil

O Brasil historicamente é um país que precisa importar energia, seja no modo primário ou secundário. Segundo o BEN (2013), a dependência externa de energia tem caído desde inícios dos anos 2000, o ano de menor importação de energia foi em 2009 com 10.374.000 tep, equivalente a 4,1% da demanda total de energia. Após esse ano começou a subir novamente a dependência energética chegando a 23,36 milhões de tep em 2012. Embora a dependência do petróleo tenha caído drasticamente desde 1998, atingindo inclusive valores negativos os anos 2009 e 2010, a dependência de derivados do petróleo vem aumentando, sobretudo de óleo diesel, nafta e querosene. Devido à volatilidade do mercado internacional de petróleo a fatura dessa dependência de importações de derivados de petróleo vem crescendo e onera bastante o país. Como um todo, o Brasil importou 24,21 milhões de tep em derivados e 3,34 milhões de tep em eletricidade. O gás natural é de praxe o maior energético importado com 9,33 milhões de tep.

O consumo de energia no Brasil vem aumentando rapidamente, de 69,5 milhões de tep em 1970 para 272,38 milhões de tep em 2012. O gás natural tem ganhado importância na última década, fato que contribui para que os combustíveis fósseis detenham a parcela de 54% de todo o consumo de energia no país. O consumo final de energia primária e secundária do setor industrial em 2012 foi de 236.744×10^3 toneladas equivalentes de petróleo (tep), um aumento de 381% em relação ao ano de 1970. Naquele ano, o setor residencial era o setor que mais consumia energia, pois detinha uma participação de 35,55% da demanda de energia total, já para o ano de 2012 sua participação tinha caído para 9,58%. Atualmente, o setor industrial é o maior consumidor de energia com 88.809.067 tep (35,11%) do consumo energético final. Em segundo lugar encontra-se o setor de transportes com 79.306×10^3 tep, juntos esses dois setores perfazem mais de 66% do consumo energético final e são os que mais ganharam espaço na matriz de consumo final, em detrimento dos outros seis setores que desmuniram significativamente

(figura

3).

Brasil: Consumo Energético total 236.744.786 tep

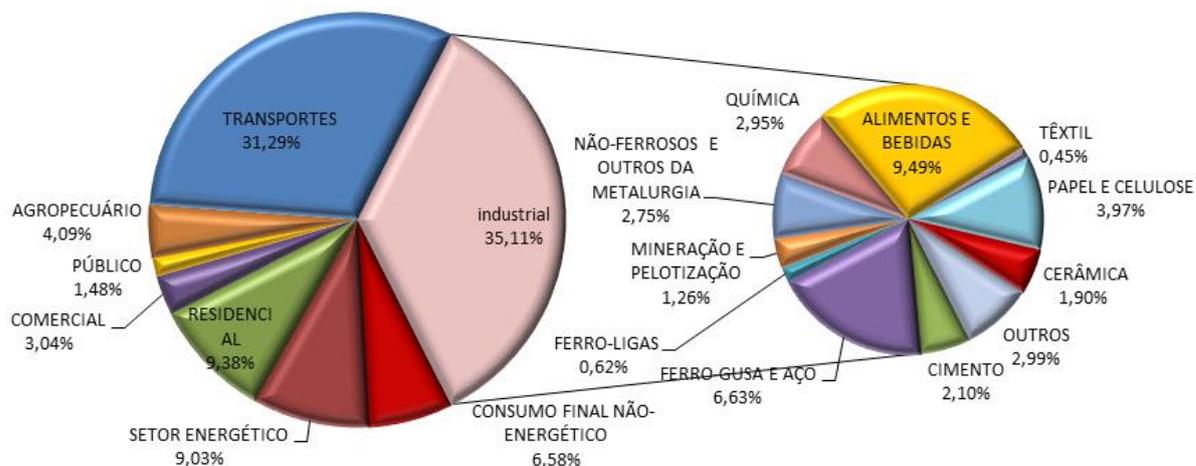


Figura 2.- Distribuição do consumo energético total por setor.

O setor de transportes é um setor chave para o desempenho da economia e a competitividade dos produtos fabricados e produzidos no Brasil, sejam eles vendidos no mercado doméstico ou no internacional. Esse setor ampliou sua presença no consumo energético e foi de 21,24% em 1970 para 31,29% em 2012 (79.308×10^3 tep), cabe ressaltar que a modalidade rodoviária é predominante com 91,23% do consumo final do setor de transportes. O setor público (1,48%) e o setor comercial (3,04%) são os setores de menor consumo energético.

Analisando estritamente os segmentos industriais que compõem o setor industrial podemos observar o seguinte; três segmentos compõem 57% do consumo energético do setor industrial ($88,9 \times 10^6$ tep), esses setores são: alimentos e bebidas (27%), ferro-gusa (18,87%) e Papel e celulose (11,31%). Chama atenção a crescente aparição do último setor, mais do que dobrando sua parcela em relação ao ano de 1970. Por outro lado, os outros dois setores tem tido um decréscimo, embora ainda detenham uma participação relevante como um todo, de energia secundária de $44,6 \times 10^6$ tep. A curva crescente da energia primária explica-se pela inserção significativa do gás natural e do bagaço de cana, o gráfico não pretende ser comparativo, pois, parte de energia primária é convertida em secundária, assim como há importação de energia secundária, conseqüentemente pode ocorrer dupla contabilidade (BEN, 2013).

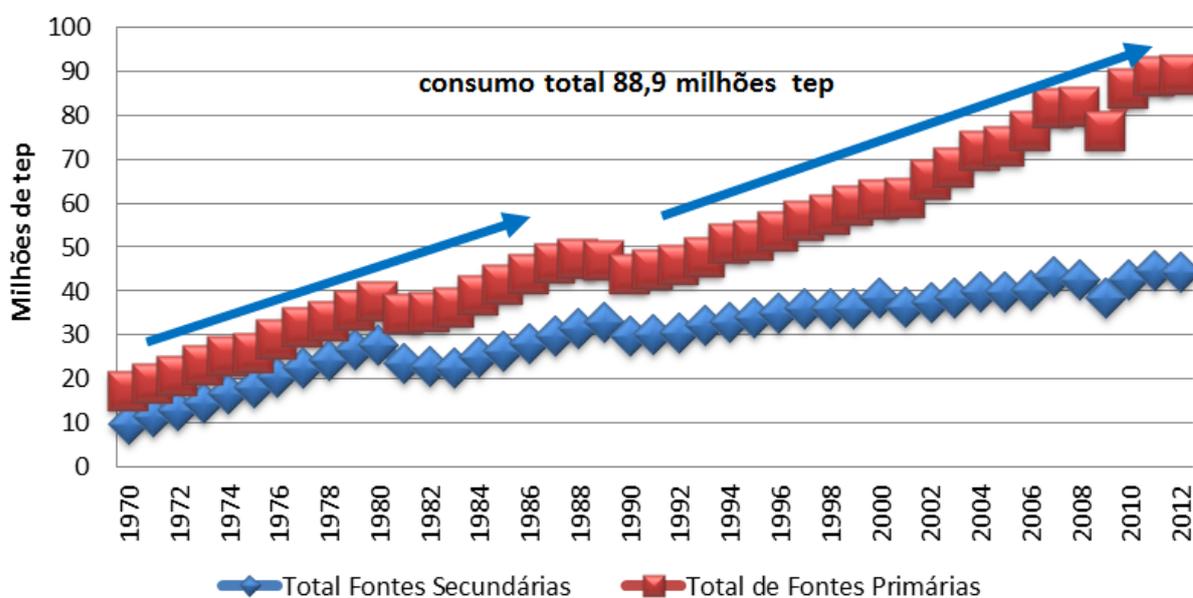


Figura 3.- Evolução do consumo energético na indústria de 1970-2012

Comparando o consumo energético do setor industrial por fonte do Brasil com o Global temos o seguinte perfil: no Brasil, as fontes renováveis são predominantes no consumo de energia, sua participação é de 35% do total de energia consumido, situação oposta no âmbito global, onde elas detêm apenas 7%, Por outro lado, os derivados de petróleo representam a maior parcela do consumo energético mundial com 29%, já no caso brasileiro essa parcela é a menor de todas com 12%. Somados todos os combustíveis fósseis; carvão, gás natural e derivados do petróleo, eles perfazem 78% do consumo energético por fonte do setor industrial global, no Brasil combustíveis fósseis

participam com 43% do consumo energético total. Finalmente, a eletricidade joga um papel significativo no consumo energético por fonte do Brasil, com 22% está apenas atrás das fontes renováveis, no que tange a sua participação no consumo energético global, a eletricidade detém somente 15% (DOE/EIA, 2014; EPE, 2014).

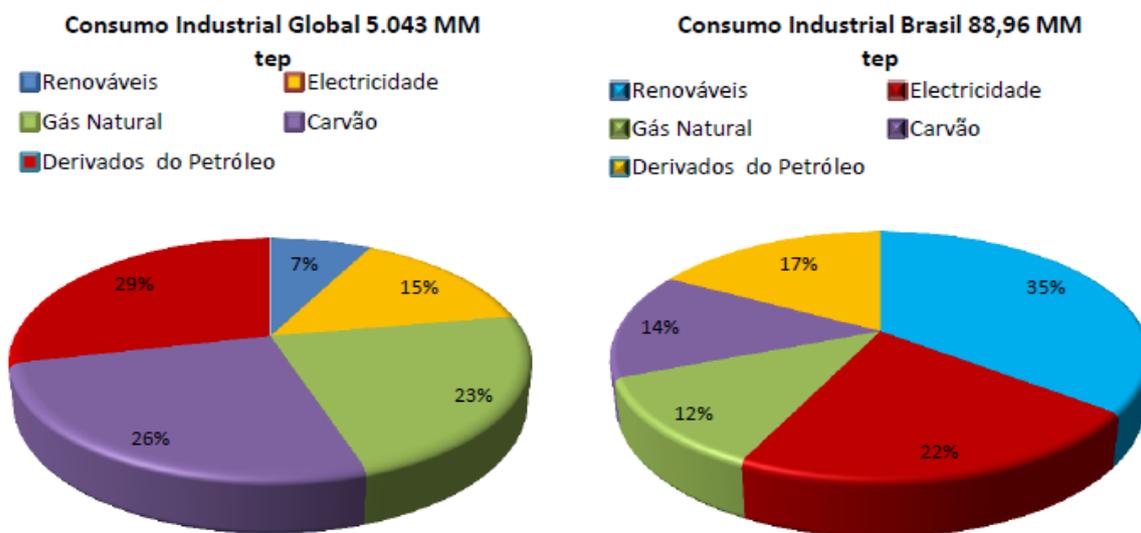


Figura 4.- Consumo energético por fonte no Brasil e Mundial

O consumo de energia elétrica pelo setor industrial merece uma análise um pouco mais detalhada, pois devido ao fato de ser um energético nobre e caro na produção é preciso salientar algumas características. A primeira, decorrente das tarifas horo-sazonais existentes no Brasil, onde dependendo do horário de consumo de energia há uma tarifa mais onerosa, isso tem impulsionado para que várias indústrias adotem a autossuficiência ou, no mínimo o auto-suprimento de energia elétrica nos horários de ponta. Conforme o conceito de geração distribuída, dispor de fornecimento de energia elétrica o mais perto possível da carga é vantajoso para o usuário e para o sistema. A opção por esse tipo de produção de energia elétrica está cada vez mais presente no cenário nacional, uma vez que a implantação de sistemas de cogeração, por diversas indústrias, já está no patamar dos 1.766 MW, somente de fontes renováveis (MME, 2012).

3. Intensidade Energética

Intensidade energética é um indicador para mostrar quão eficientemente a energia é usada na economia (Santosh & Narayanan, 2006; Hankinson et al,

1996). As variações da intensidade energética podem ser atribuídas a diversos fatores entre eles; migrações demográficas da área rural para áreas urbanas, mudanças estruturais na economia visando indústrias menos energo-intensivas, expressivo crescimento de setor de serviços, melhoria da eficiência no uso da energia e substituição de energéticos. Conseqüentemente, existem maiores fatores para determinar a intensidade energética do que apenas atribuir à questão econômica em geral e, ao desempenho industrial em particular (Ray et al, 2004; Pinto Jr e Almeida, 2007).

O setor industrial consome entorno de 33,41% de toda a energia destinada ao consumo final, que em 2012 foi de 269 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), conforme dados do Balanço Energético Nacional – BEN (2013)⁵. A Intensidade Energética no Brasil nos últimos 14 anos tem sido em média de 0,13 tep por cada mil dólares, esse valor está próximo aos valores médios de economias desenvolvidas da Europa (0,11), Oceania (0,13) e América (0,17). O consumo de energia per capita (tep/habitante) no Brasil, era em 2011 de 1,409, os países membros da OCDE detêm um consumo de energia per capita de 5,63, dentre eles, os EUA chegam a ultrapassar o valor de 10 (EIA, 2013).

Quanto à intensidade energética do setor industrial no período de 1996-2012 (IBGE, 2013; BEN, 2013) observa-se uma queda contínua até atingir o valor de 0,10 tep/10³ R\$. Analisando com maior detalhe essa queda, se podem inferir diversas razões, as quais não são excludentes uma em relação à outra: a primeira e mais óbvia é que o PIB industrial cresceu a taxa (8,5% a.a.) maior que o consumo de energia do setor (3,82% a.a.). A segunda é que houve modernização tecnológica de diversos subsetores industriais, isso trouxe eficiência na utilização de energia. A terceira razão é de caráter estritamente econômico, porque se considera que esse boom do crescimento econômico tenha sido mais consequência do momento econômico favorável que desfrutaram os países denominados BRICS, antes do que uma eficaz política macroeconômica do governo ou uma política energética específica do setor industrial. O fato é que a intensidade energética da indústria brasileira está muito semelhante à intensidade energética dos países da Organização de Países para o Desenvolvimento e Cooperação – OCDC.

⁵ O dado difere do valor mencionado antes porque são incluídas as perdas na transformação energética bem como as importações.

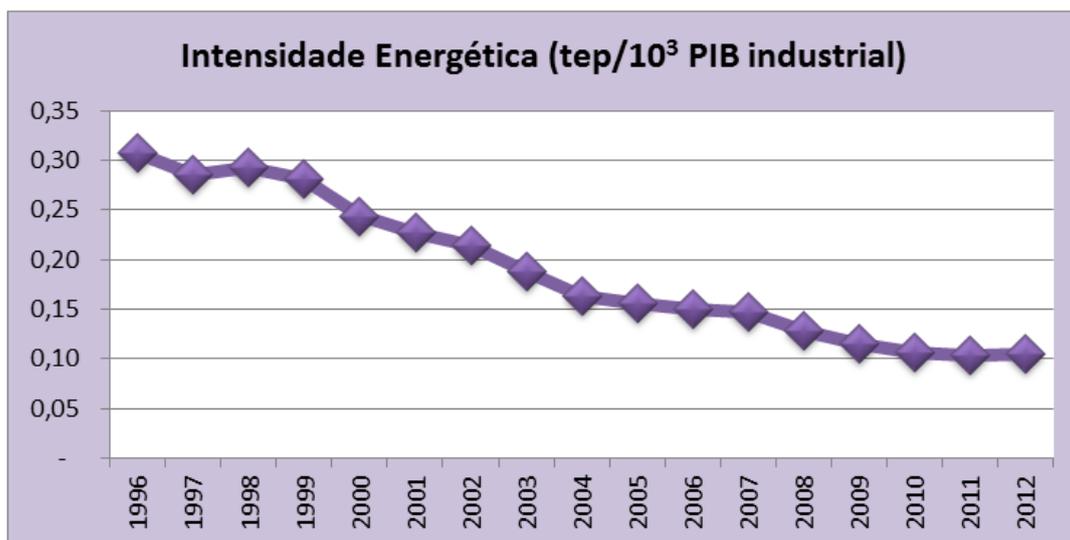


Figura 5.- Comportamento da Intensidade Energética do Setor Industrial

4.1 Variação da TACC do Consumo Energético na Indústria

A tabela 1 mostra as taxas anuais de crescimento composta (TACC) do consumo de energia da indústria brasileira desde 1970 a 2012 extraídas do IBGE (2013). Os dados foram sistematizados em oito diferentes períodos para melhor compreensão dos padrões de mudança do consumo energético no setor industrial e, apresenta-se em forma de TACC. Verifica-se que o período que registrou o maior consumo energético da indústria brasileira como um todo foi entre 1970-75 e, o menor consumo de 1986-90, a TACC média global calculada do consumo de energia entre 1970-2012 para o setor industrial é de 3,68% a.a. Observa-se um comportamento cíclico do consumo energético para o setor industrial, o último período mostra uma fase de queda, uma análise mais precisa sobre esse comportamento é feita através do consumo específico de energia por segmento.

A indústria de Cimento registra o período 1976-80 como o de maior consumo de energia, naquele quinquênio a TACC foi de 11,43% para, depois sofrer um severo recuo e atingir o valor de 0,55% para 2006-12. Este setor industrial mostra uma constante queda período após período a média de consumo energético de 1970-2012 é de 7,31%.

A indústria de Ferro Gusa-Aço também mostra oscilações significativas no que respeito ao consumo de energia, com crescimento alto entre 1970-95, para depois passar a uma TACC de 3,31% no último período avaliado. O

segmento industrial de Ferro-ligas é constante e de valores altos em todos os anos avaliados com uma taxa média de 15,46%. O maior e o menor valor de consumo energético ocorrem no primeiro e último período, respectivamente com 19,69% e 13,92%.

Tabela 1.- Taxa Anual de Crescimento Composta de Consumo Energético no Setor Industrial Brasileiro

Setor Indústria\Período	1970-75	1976-80	1981-85	1986-90	1990-95	1995-00	2001-05	2006-12
INDÚSTRIA TOTAL	8,24%	6,97%	2,30%	2,27%	2,28%	3,68%	4,50%	3,68%
CIMENTO	11,38%	11,43%	11,38%	7,58%	7,05%	7,05%	0,60%	0,55%
FERRO-GUSA E AÇO	11,65%	11,65%	15,15%	15,15%	15,15%	4,65%	4,65%	3,31%
FERRO-LIGAS	19,69%	16,57%	19,69%	16,57%	14,34%	14,34%	14,34%	13,92%
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	21,87%	17,49%	17,49%	17,49%	15,32%	13,15%	11,51%	7,72%
NÃO-FERROSOS METALURG	12,86%	17,10%	13,01%	13,01%	16,98%	16,98%	13,01%	4,00%
QUÍMICA	8,93%	8,93%	11,26%	11,26%	12,18%	12,18%	11,26%	11,11%
ALIMENTOS E BEBIDAS	5,23%	5,38%	5,38%	1,12%	-3,26%	7,80%	1,62%	1,62%
TÊXTIL	4,57%	4,57%	4,57%	3,73%	3,73%	1,38%	0,22%	0,22%
PAPEL E CELULOSE	11,95%	13,41%	13,41%	13,06%	11,85%	11,85%	11,68%	10,83%
CERÂMICA	7,48%	7,48%	6,79%	4,90%	3,15%	4,90%	2,49%	2,49%
OUTROS	6,53%	6,53%	6,53%	6,53%	6,08%	3,71%	3,63%	3,71%

A TACC do setor de Mineração e Pelotização exibe similar comportamento ao de Ferro-Gusa-Aço, com auge de consumo energético no primeiro período (21,87%) e o mais baixo no último período (7,72%). Para finalizar com o setor de mineração, tem-se o segmento não-ferrosos e metalurgia, que nos sete quinquênios avaliados a TACC de consumo energético variou entre 12% e 17%, para depois registrar no sexênio 2006-12 o valor mais baixo com 4,06%.

A indústria química mostra uma TACC do consumo energético vigoroso de forma geral com valores da TCAC abaixo de 10% no decênio 1970-80, a partir de 1981 o consumo energético é acima dos 11% a.a. registrando o valor mais alto para 1990-00 com 12,18%. A indústria de alimentos e bebidas é a que apresenta a menor TACC na média com 3,43%. Por outro lado, a indústria têxtil apresenta os menores valores de TACC do consumo energético negativo entre todas as indústrias para o período 2000-12 com valor de 0,22%.

A indústria de papel e celulose apresenta um grande dinamismo, com TACC acima de 11% para todos os períodos. O consumo de energia registra uma TACC média de 11,90%. Essa indústria vem se destacando no estado de Mato Grosso do Sul, onde têm se instalado duas grandes indústrias de papel e

celulose na cidade de Três Lagoas, essas indústrias se caracterizam por serem altamente consumidoras de energia e a localização é estratégica, pois naquela cidade existe um leque de opções grande quanto à oferta de energia. Para finalizar, constata-se uma gradual queda no consumo de energia na indústria de cerâmica, que vá de uma TACC de 7,48% entre 1970-80 para 2,49% entre 2000 e 2012.

4.2 Variação do TACC da produção do setor industrial

O consumo específico de energia é a relação entre consumo de energia e produção industrial do bem, sua unidade é dada por tep/produção. Em outras palavras, o consumo específico identifica quanto de energia foi gasta para produzir um determinado bem de consumo que está dado normalmente em toneladas. Essa relação, neste artigo, é analisada em forma de variação percentual do consumo energético e a variação percentual de produção física de cada um dos segmentos do setor industrial para um determinado número de períodos.

O consumo específico de energia é um índice que relaciona sobre como está sendo utilizada a energia na produção física de um bem de consumo o produto. A análise aqui proposta é estabelecer essa correlação em forma percentual das duas variáveis. No caso das indústrias de Cimento e Ferro-Gusa observa-se que não existe correlação da variação percentual da TACC, pois a curva do TACC da produção física da indústria de cimento oscila de forma contrária à curva de consumo específico, haja vista que, por exemplo, no quinquênio 1981-85 houve uma queda acentuada da produção física enquanto se manteve praticamente constante o consumo energético. Por outro lado, desde 2001 até 2012 a produção de cimento começou crescer inclusive verificando-se diminuição no consumo energético, se infere que a capacidade ociosa de produção das fabricas de cimento foi preenchida sem que fosse necessário aumentar o consumo energético.

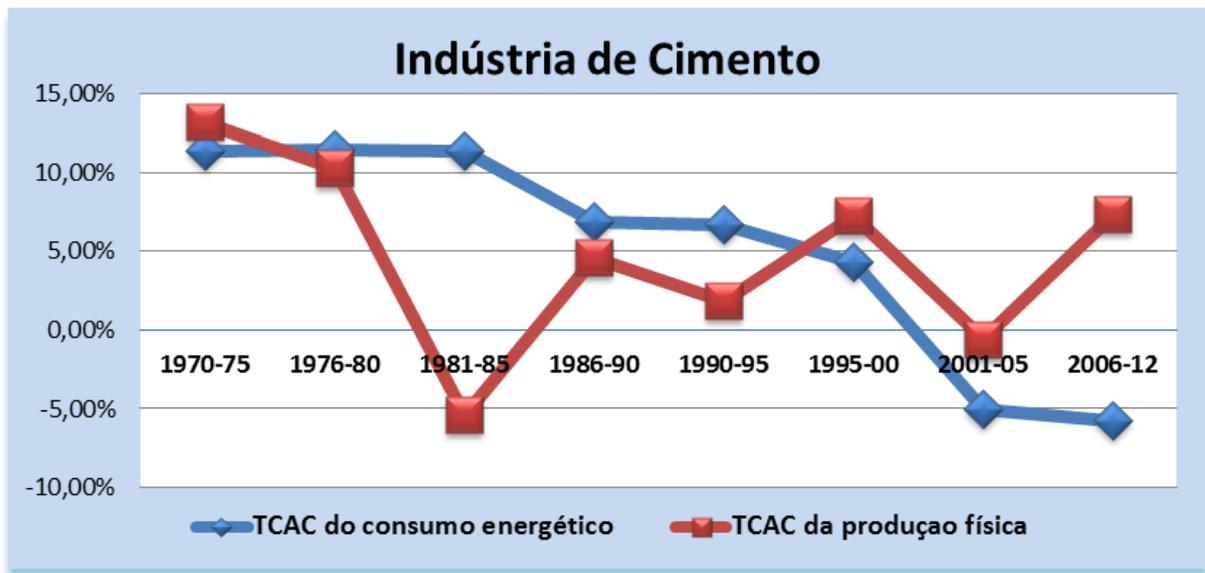


Figura 6: Indústria de Cimento: Variação da Taxa Anual de Crescimento Composta – TACC do consumo energético e da produção física.

No que diz respeito à indústria de Ferro e gusa observa-se dois períodos de forte correlação entre a TACC do consumo energético e o da produção física (Figura 7). O primeiro, de crescimento entre 1970 e 1985 e o segundo de declínio tanto da produção física como do consumo energético, isso vem ocorrendo desde 2001 até o presente, inclusive com forte tendência a uma queda maior da produção física. Contudo, a indústria de mineração, que inclui a indústria de ferro e gusa, tem aumentado seu PIB setorial, em 2010 a riqueza gerada pela atividade de mineração chegou a US\$ 44,74 bilhões (IBGE, 2013).

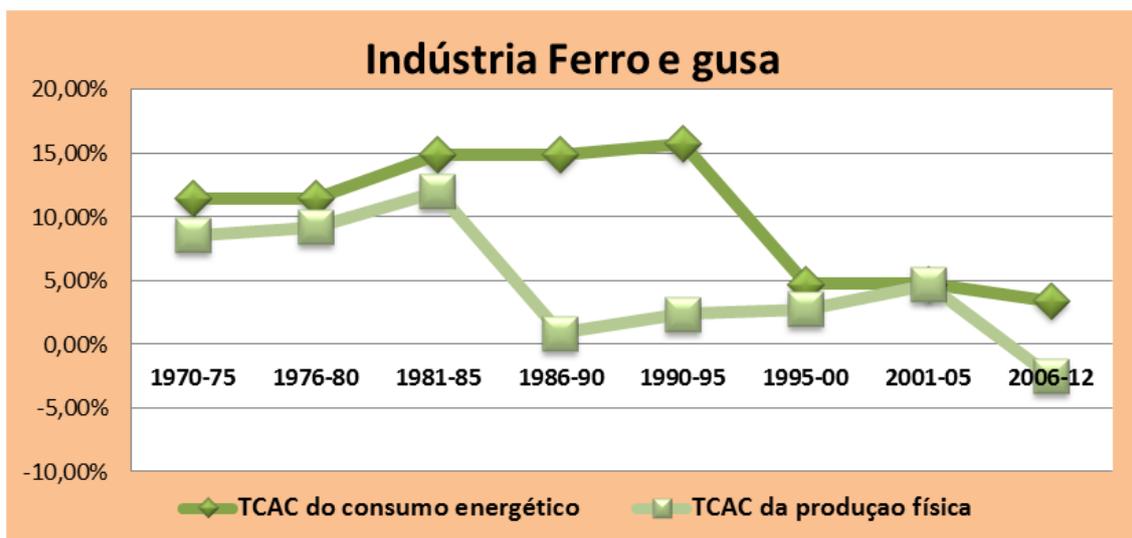


Figura 7: Indústria de Ferro e Gusa: Variação da Taxa Anual de Composição Composta – TACC – do consumo energético e da produção física.

5. Discussão e Conclusão

Após uma busca minuciosa e perseverante constatou-se que a maior parte das indústrias não disponibiliza os dados de produção. Algumas delas colocam a venda essa informação a preços elevados, inviabilizando assim a completar a pesquisa proposta no artigo. Apenas foi possível obter dados completos de duas indústrias: Ferro-gusa e Cimento, dados incompletos de mais duas, Alimentos e Bebidas e Papel e Celulose. A partir da sistematização dos dados se construíram as Figuras 6 e 7 para as indústrias de cimento e ferro-gusa, respectivamente.

O setor industrial tem uma relevância de peso no consumo de energia, com quantidades quase paritárias entre o consumo energético de fonte primária e o de fonte secundária. As fontes primárias estão ganhando maior espaço desde meados da década de noventa, coincidindo com a criação o plano econômico que criou o Real como moeda do Brasil

Visto que o intuito é entender o padrão de consumo de energia da indústria e sua especificidade para quantificar e qualificar as mudanças no consumo energético e na intensidade energética, podemos concluir que não existe necessariamente uma forte correlação entre o consumo de energia e fabricação do bem de consumo. Nas duas indústrias analisadas com maior detalhe constatou-se que em períodos curtos e de forma aleatória se apresenta uma correlação entre o consumo energético e a produção física.

Todavia, a pesquisa constata queda na intensidade energética do setor industrial o atual patamar é que são gastos 0,10 toneladas equivalentes de petróleo para produzir mil Reais do PIB. Esse resultado é muito bom, porque indica que a energia está sendo utilizada de forma eficiente, pois com menos energia está se gerando mais riqueza. Contudo, para ter plena certeza do que fatores estão de fato propiciando a queda da intensidade energética é conveniente decompor o índice em três fatores; efeito conteúdo, efeito estrutura e efeito atividade, essa análise será feita como uma continuidade deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Motta R, Araujo J. L., Decomposição dos efeitos de intensidade energética no setor industrial brasileiro, Revista de Pesquisa e Planejamento Econômica Energética, Rio de Janeiro, 1986.

Ray, BK., Reddy BS., Understanding industrial energy use: Physical energy intensity changes in Indian manufacturing sector, 2004.

Hankinson GA., Rhys JMW., Electricity consumption, electricity intensity and industrial structure. Energy Economics, 146-152, July, 1983.

Sahu, S.& Narayanan, K; Decomposition of Industrial Energy Consumption in Indian Manufacturing: The Energy Intensity Approach. Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai, Índia, 2006.

Pinto Jr., H.Q.; Almeida, E.F. Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial. Editora Campus,. 360p. 2007

Jannuzzi, G.M.; Swisher, J. N. P. Planejamento integrado de recursos energéticos: Meio-ambiente, conservação de energia e fontes renováveis. Campinas. Ed. Autores Associados. 243p, 1997.

Thomas, S, Mackerron G., Industrial electricity consumption in the UK: Past determinants and possible futures, Energy Policy, pp. 275-294, December 1982

Fourquet R. Heat, Power and Light, Edgar Elgar Press, London, UK, 2008.

DOE/EIA – Department of Energy – Energy International Agency, www.doe.eia.gov.us

EPE, Empresa de Pesquisas Energéticas, BEN, Balanço energético nacional, 2013 www.epe.gov.br.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - www.ibge.gov.br