

Eixo Temático ET-06-007 - Energia

## CONCENTRAÇÃO ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE NÃO FERROSOS E OUTROS DA METALURGIA

Luiz Moreira Coelho Junior<sup>1</sup>, Filipe Vanderlei Alencar<sup>2</sup>, Monijany Lins de Góis<sup>3</sup>,  
Levi Pedro Barbosa de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB/João Pessoa, Departamento de Engenharia de Energias Renováveis, Paraíba, Brasil; <sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB/João Pessoa, Engenharia de Energias Renováveis, Paraíba, Brasil; <sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB/João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Paraíba, Brasil.

### RESUMO

O segmento de metais não ferrosos e outros da metalurgia se destacam pela sua importância, sendo bem representada pela indústria de alumínio (IBA). No cenário mundial, em 2013, a IBA foi o 4º produtor de alumínio primário e o 3º do ranking na produção de bauxita e alumina. A peculiaridade energética destes segmentos indústrias é o alto consumo de eletricidade através da redução da bauxita. Houve um aumento de eficiência neste setor, quanto a troca do processo Soderberg pelo Hall-Héroult, como também pelo aumento de produtos reciclados. Este trabalho analisou o grau de concentração energética da indústria brasileira de metais não-ferrosos e outros da metalurgia (IBMNF), no período de 1970 a 2013. Os dados utilizados para mensuração da análise de mercado e concentração energética da IBMNF foram tidos do Balanço Energético Nacional (BEN), em toneladas equivalentes de petróleo (tep). O grau de concentração foi determinado por meio da Razão de Concentração [RC(k)], Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), Índice de Entropia de Theil (E), e Índice de Gini (G). De acordo com os estudos realizados, é possível concluir que: a concentração da indústria brasileira metais não-ferrosos é alta ou média, no período de 1970 a 2012. A razão de concentração para 4 fontes, mostrou uma concentração muito alta. O CR(2) apresentou uma média de 78,28%, mostrou uma alta concentração no consumo destas fontes energéticas. A Entropia de Theil ajustada teve uma média de 0,6356 durante o período estudado sendo um mercado com concentração fraca a média. O HHI classificou a concentração como forte (1970-2009) e pouco concentrado (2010-2013). O G mostrou um decréscimo no seu valor. Classificou a desigualdade do consumo fraca a média (1970-2009), e desigualdade foi nula a fraca (2010-2013).

**Palavras-chave:** Economia da energia; Matriz energética; Indicadores concentração.

### INTRODUÇÃO

A indústria Brasileira de Metais Não-Ferrosos e outros da metalurgia são responsáveis pela produção de alumínio, chumbo, cobre, estanho e outros. Dentre eles, o Alumínio se destaca, tanto em termos econômico quanto em demanda energética (SIMÕES, 2010).

A produção brasileira de Alumínio é representativa no cenário mundial, por ter a 3ª maior reserva de bauxita. Em 2013, a Indústria Brasileira de Alumínio foi o 8º maior produtor mundial de Alumínio primário e o 3º maior de bauxita e alumina. Participou com 0,8% no PIB e 3,8% do PIB industrial representou. A balança comercial foi 2,2 US\$ bilhões FOB e as exportações de 3,6 US\$ bilhões FOB, correspondente a 1,5% das exportações brasileiras (ABAL, 2015).

A Indústria Brasileira de Metais-Não Ferrosos e outros da metalurgia (IBMNF) tem como característica o alto consumo da eletricidade. Em 2013, a eletricidade correspondeu 44,77% da demanda energética. A redução da bauxita em alumina é uma fase tipicamente intensiva em termos de consumo de eletricidade (EPE, 2013; SIMÕES e BAJAY, 2010).

As células consomem entre 16 e 18 kWh, para produzir 2kg de alumínio com pureza de 99,5%. Para mesmas condições, o processo Hall-Héroult consome de 20 até 30% menos energia produzindo o alumínio com 99,995% de pureza. Assim o processo Hall-Héroult é mais eficiente que a célula de Soderberg (SIMÕES, 2010).

A reciclagem, também, é um fator importante para o aumento da eficiência energética no setor de Metais-Não Ferrosos. A reciclagem do alumínio consome aproximadamente 5% da energia consumida para a obtenção do alumínio a partir da bauxita. Assim, os ganhos ambientais e energético são significativos (SIMÕES, 2010).

Há barreiras à implementação de eficiência energética na IBMNF. A falta de algumas tecnologias disponíveis, os altos investimentos em implantação, falta de incentivos à cogeração ou independência elétrica e, também, a variação dos preços da energia (PROCEL, 2009).

Nos últimos anos, tem-se registrado uma mudança gradual na natureza do processo de concepção de tecnologias quanto à eficiência e intensidade energética. No passado a atividade inovadora foi a substituição de energia por fonte, sem pensar nas questões ambientais. Hoje, a inovação se destaca por meio de aproveitamento, aumentando a eficiência energética.

## OBJETIVO

Este trabalho investigou o grau de concentração energético da indústria brasileira de Não-Ferrosos e outros da metalurgia, no período de 1970 a 2013.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Dados utilizados

Os dados utilizados para mensuração da análise de mercado e concentração energética das indústrias brasileiras não ferrosos e outros da metalurgia foi obtidos do Balanço Energético Nacional (BEN) para o período de 1970 a 2012, disponível em <<https://ben.epe.gov.br/>>.

### Taxa geométrica de crescimento

A fim de decompor os ganhos e perdas de todos as fontes energéticas das indústrias brasileiras analisou-se a taxa geométrica de crescimento. Para obter a referida taxa, devem-se seguir os seguintes passos, de acordo com Gujarati (2006):

- Fazer regressão não linear com os dados descritos acima, para todos os países, utilizando o modelo  $Y = Y_0 \cdot e^{b \cdot t}$ , em que,  $Y$  = o parâmetro a ser estimado;  $Y_0$  = valor do parâmetro a ser estimado no primeiro ano da série histórica (ano 0);  $b$  = o coeficiente da regressão; e  $t$  = expresso em ano.
- Aplicar o  $b$  encontrado na equação abaixo, na qual se tem o  $r$ , que é a taxa geométrica de crescimento em porcentagem:  $r = (\text{anti}(\text{Ln } b) + 1) \times 100$ .

De posse dos valores das taxas geométricas de crescimento, fez-se uma comparação entre elas para verificar as tendências do objeto de estudo.

### Medidas de concentração e de desigualdade

As medidas de concentração podem ser classificadas como parciais ou sumárias. Os índices parciais consideram apenas a parte das fontes energéticas que atua em certa indústria. Já os índices sumários utilizam dados de todas as fontes energéticas que atuam no mercado.

As razões de concentração são consideradas os exemplos mais importantes de índices parciais. Já os índices de *Hirschman-Herfindal* e *Entropia de Theil* são os que melhor representam os índices sumários. Além desses índices de concentração, existe ainda o *índice de Gini* que é uma medida utilizada para medir a desigualdade, principalmente da renda, mas que pode também ser usado para medir a diferença entre o tamanho e o poder econômico dos países. Os índices usados nesse trabalho são caracterizados a seguir.

### Razão de concentração

Esse índice considera a participação do consumo dos  $k$  (sendo  $k = 1, 2, \dots, n$ ) fontes energéticas de determinada indústria. Bain (1959) diz que a forma algébrica da razão de concentração é:  $CR(k) = \sum_{i=1}^k s_i$ , em que,  $CR(k)$  = Razão de concentração de  $k$  fontes energéticas;  $s_i$  = *Market share*, em porcentagem, da fonte energética  $i$  do total consumido total por determinada indústria. Neste estudo utilizou o  $CR(1)$ , o  $CR(2)$  e o  $CR(4)$  para análise da concentração energética, pois na medida em que o valor do índice aumenta, eleva-se também o poder de mercado virtual das fontes energéticas do segmento de celulose e papel.

### Índice de Herfindahl-Hirschman

O Índice Herfindahl-Hirschman (*HHI*), também conhecido como Índice Herfindahl, é uma ferramenta de análise de concentração de mercado proposta de forma independente por Hirschman (1945) e Herfindahl (1950). Em 1964, Hirschman (1964) publicou a obra “*The Paternity of an Index*” que reivindica a posse original do índice.

O *HHI* mede a concentração industrial utilizando os dados de todos os países, em dada indústria, por meio da expressão:  $HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2$ , em que,  $n$  = número de fontes energéticas;  $s_i$  = *Market share*, em porcentagem, da fonte energética  $i$  do total consumido da indústria.

O *HHI* evidencia os pesos relativos da participação de cada fonte energética. Ao se elevar ao quadrado o *Market share* das fontes energéticas, atribui-se um maior peso aos que têm maior participação. Segundo Resende (1994) o limite inferior do índice é  $1/n$ , situação em que todas as fontes energéticas têm o mesmo tamanho. Já o limite superior do índice é igual a 1, indicando haver uma concentração máxima, quando há uma situação de monopólio.

Para o uso de análises comparativas, quando ocorre uma variação no número de fontes energéticas em dada indústria, Resende (1994) sugeriu um ajuste na fórmula do *HHI*, da seguinte forma:  $HHI' = \frac{1}{n-1}(nHHI - 1)$ ;  $n > 1$ . A utilização dessa equação implica em um intervalo de variação entre 0 e 1 para o *HHI*. Assim, à medida que o índice se afasta de zero maior será a concentração. Ou seja, se a variação ocorre no intervalo  $0 \leq HHI' \leq 0,1$ , o mercado é desconcentrado. O intervalo  $0,1 \leq HHI' \leq 0,18$  indica um mercado pouco concentrado. Mas, quando  $HHI' > 0,18$ , o mercado é muito concentrado (RESENDE e BOFF, 2002).

### Índice de Entropia de Theil (E)

Proposto por Theil(1967), o Índice de *Entropia* foi originalmente formulado para se verificar o conteúdo informacional da mensagem que as firmas transmitiriam, dado o grau de surpresa que as mesmas teriam, diante de certo evento. O índice, porém, pode ser aplicado à economia industrial para medir a concentração das exportações de qualquer setor. A fórmula matemática utilizada para o cálculo da *Entropia* (E) é:  $E = -\sum_{i=1}^n \ln(s_i)$ , em que,  $n$  = número de fontes energéticas;  $s_i$  = *market share*, em porcentagem, da fonte energética  $i$  do total consumido da indústria;  $\ln$  = logaritmo neperiano.

O índice de *Entropia* mede o inverso da concentração. Quanto menor o valor do índice mais concentrada são as fontes energéticas. Um número maior de fontes energéticas implica em um valor mais elevado da *Entropia*, dependendo do quão desigual é o tamanho das mesmas. Em situações de monopólio, o valor da *Entropia* é igual a zero, o que significa concentração máxima. Já o limite superior do índice é igual a  $\ln(n)$ , isto é, as empresas possuem parcelas iguais de mercado e concentração mínima (RESENDE; BOFF, 2002).

De forma análoga ao sugerido para o *HHI*, Resende (1994) sugeriu que, para análises intertemporais, a expressão para o cálculo da *Entropia* seja ajustada da seguinte forma:

$E' = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n s_i \ln(s_i)$  Assim, a entropia passa a variar entre 0, monopólio (concentração máxima), e 1, concorrência perfeita (concentração mínima).

### Coeficiente de Gini (G)

O Coeficiente de Gini ( $G$ ) é uma medida de desigualdade desenvolvida por Gini (1912) na obra “*Variabilità e mutabilità*”. Este coeficiente, originalmente formulado para medir a desigualdade de renda pode, também, ser usado para medir o grau de desigualdade das exportações de produtos florestais dos países. O índice é uma ferramenta acessória aos coeficientes de concentração, uma vez que uma concentração elevada implica em uma desigualdade maior. O cálculo do índice é feito utilizando-se a seguinte expressão,

$G = 1 - \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (s_{ij} + s_i) \right]}{n}$ , em que,  $n = n$  = número de fontes energéticas;  $s_{ij}$  = participação cumulativa das fontes energéticas em ordem crescente;  $s_i$  = *Market share*, em porcentagem, da fonte energética  $i$  do total consumido da indústria.

O índice varia entre 0 e 1, classificado da seguinte forma: 0,101 – 0,250 desigualdade nula a fraca; 0,251 – 0,500 desigualdade fraca a média; 0,501 – 0,700 desigualdade média a forte; 0,701 – 0,900 desigualdade forte a muito forte; 0,900 – 1,000 desigualdade muito forte a absoluta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a evolução do consumo energético da IBMNF, no período de 1970 a 2013. Verificou-se a composição de 9 fontes na matriz energética. Segundo a MME (2014), em 2013, o setor de não ferrosos representou 6,06% do consumo energético industrial do país, e aproximadamente 15,06% do consumo elétrico industrial brasileiro. Em 1970, a IBMNF consumiu 455,3 mil tep, enquanto que em 2013 este valor foi cerca de 7 milhões tep, com crescimento médio anual de 6,54% a.a. no período (43 anos). Este aumento do consumo se deve ao desenvolvimento econômico nacional.

**Tabela 1.** Evolução do consumo energético, por fonte, da IBMNF, no período de 1970 a 2012 ( $10^3$  tep\*).

Identificação	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2013
Gás Natural	-	-	-	-	27,3	16,7	147,8	490,3	726,6	941,9
Lenha	-	-	4,3	16,1	37,8	40,9	-	-	-	-
Óleo										
Combustível GLP e Diesel	110,5	208,9	411,0	371,4	391,7	533,7	976,3	1.147,3	1.098,4	1.148,1
Gás	-	-	-	11,2	15,4	42,5	75,2	17,8	79,4	53,1
Canalizado	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-
Carvão										
Min./Coque	-	-	-	10,3	71,7	182,3	245,2	255,1	768,1	1.022,6
Eletricidade	287,4	552,9	954,4	1475,9	2.195,8	2.453,8	2.490,4	2.999,2	3.198,4	3.105,2
Carvão										
Vegetal	10,3	43,9	58,8	122,7	2.54,4	145,9	5,8	7,9	9,3	11,3
Outras de										
Petróleo	47,2	99,6	290,0	399,3	349,9	477,6	424,1	512,6	611,8	653,8
<b>Total</b>	<b>455,3</b>	<b>905,4</b>	<b>1.718,4</b>	<b>2.406,9</b>	<b>3.344,1</b>	<b>3.894,6</b>	<b>4.364,8</b>	<b>5.430,1</b>	<b>6.492,0</b>	<b>6.936,0</b>

Fonte: EPE (2013). \* tep = tonelada equivalente de petróleo.

De 1970 a 2013, a Eletricidade é a principal fonte desta indústria e seu consumo teve crescimento médio anual de 5,69% a.a.. O subsetor contribuinte para este crescimento foi a cadeia produtiva do alumínio. A MME (2014) constatou que “Em 2013, foram consumidos 19.851 GWh de energia elétrica para a produção de 1.304,3 mil toneladas de alumínio primário [...]. No refino, o consumo de energia elétrica foi de 1.597 GWh para produzir 9,9 milhões de alumina”. O período 2000/2001 merece destaque. Em 2001 ocorreu o chamado “Crise do Apagão” em que ocorreu a racionalização do consumo de eletricidade, devido as grandes baixas dos níveis dos reservatórios hidroelétricos. Em 2000, foram consumidos na IBMNF 2,49 milhões de tep, porém em 2001 (ano da crise energética) esse valor caiu para 2,25 milhões de tep, uma queda de 9,44%.

De acordo com a CNI (2010) “A crise econômica mundial de 2008 afetou a atividade industrial brasileira a partir do quarto trimestre de 2008, o que se refletiu muito significativamente no consumo energético do setor.” Nesta época houve queda no consumo da eletricidade devido à diminuição da produção da indústria brasileira de não ferrosos. Em 2008 o consumo era 3,36 milhões de tep e em 2013 foram consumidos 3,25 milhões de tep. Em 1987, o gás natural entrou na matriz energética da IBMNF com 10,55 mil tep. Porém, apenas a partir de 1998 que esta fonte foi relevante na matriz energética. Em 1998, foram consumidos 24,63 mil tep, enquanto que em 2013 941,86 mil tep, apresentou um consumo expressivo de 27,5% a.a..

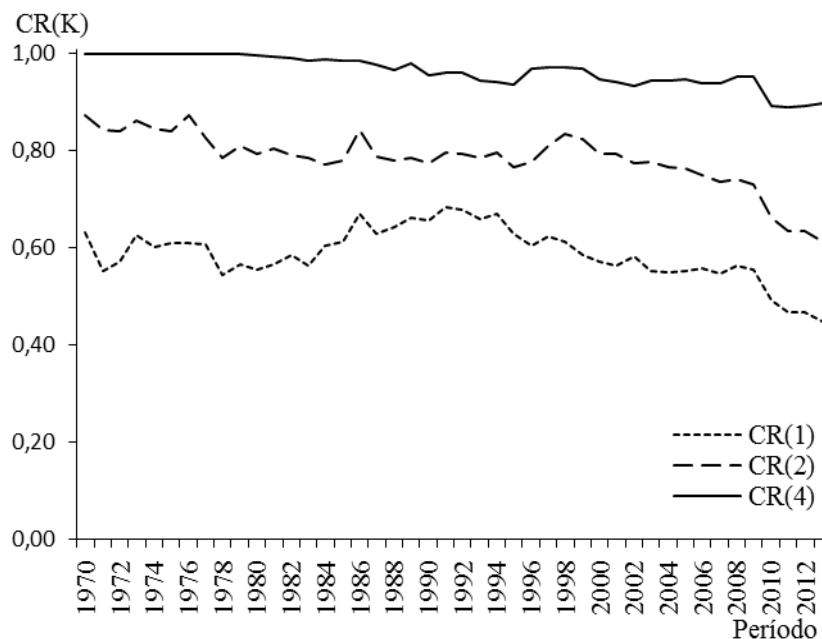
Foi a evolução tecnológica um dos principais motivos para o aumento da demanda de gás natural, especificadamente, a inclusão dos ciclos combinados. Após o uso dessa tecnologia foi possível gerar eletricidade a partir do gás natural com maior eficiência, proporcionando menor custo e outras possibilidades de geração (CNI, 2010).

O carvão mineral inseriu-se na matriz energética da IBMNF no ano de 1981, com 6,20 mil tep. Porém, durante um período (1981-2009) não teve um forte crescimento, mantendo praticamente estagnado. O consumo médio anual do carvão mineral foi de 139,15 mil tep. Porém, após a crise 2008/2009 o consumo cresceu de forma a substituir eletricidade de 2009 a 2013. Em 2009, consumiu 172,77 mil tep e em 2013 foi 1,02 milhões de tep, com um crescimento médio anual foi 55,98% a.a. Tornou-se em uma fonte energética significativa, participando com 14,74% do total consumido, em 2013.

O Óleo Combustível foi a segunda maior fonte consumida, com exceção dos anos de 1985 e 1994. Em 2013 participou com 16,55% do consumo total da IBMNF. Esta fonte é muito utilizada para o aquecimento direto e calor no processo de produção. De 1970 até 1994 teve um crescimento médio de 5,27% a.a., o que mostra não foi sensível a II crise do Petróleo. A partir de 1994, o crescimento energético foi 6,70% a.a., com queda na Crise do Apagão e, também, na crise de 2008/2009. Em 2000, consumiu 976,26 mil tep, e caiu para 870,77 mil tep em 2002. Em 2007, se consumiu 1.124,04 mil tep e caiu para 987,3 mil tep em 2009.

As Outras Secundárias do Petróleo tiveram tendências de consumo semelhante ao do Óleo Combustível, com um baixo crescimento em relação a eletricidade. De 1970 até 2013, teve um crescimento médio de 5,44% a.a. Esta fonte também mostrou pouco sensível as crises. Em 2013 foi a quarta fonte mais consumida, com 9,42% do consumo. As demais fontes, se somadas suas participações, não tiveram uma grande participação. A máxima participação destas foram em 1995 com 2,17% do consumo. Em 2013 consumiu apenas 0,77% do total.

A Figura 1 apresenta a evolução da razão de concentração [CR(k)] do consumo energético por fonte da indústria brasileira de metais não-ferrosos e outros da metalurgia (IBMNF), no período de 1970 a 2013. Segundo a classificação de Bain (1959), observa-se que a matriz energética da IBMNF é altamente concentrado nas 04 (quatro) principais fontes.



**Figura 1.** Evolução da Razão de Concentração [CR(k)] do consumo por fonte energética da indústria brasileira de não-ferrosos e outros da metalurgia, no período de 1970 a 2012.

De 1970 até 2013, a principal fonte consumida no IBMNF foi a Eletricidade, representando o  $CR(1)$ , em que teve intervalo de 44,77% a 68,42%, com média de 58,85%. De 1970 até 1978, o  $CR(1)$  apresentou uma queda tímida, saiu de 63,11% (1970) para 54,51% (1978). De 1979 a 1991, ocorreu crescimento, em que o  $CR(1)$  saiu de 56,62% para 68,42%, respectivamente. Por fim, houve uma queda, de 1992 a 2013, saiu de 67,94% para 44,77%.

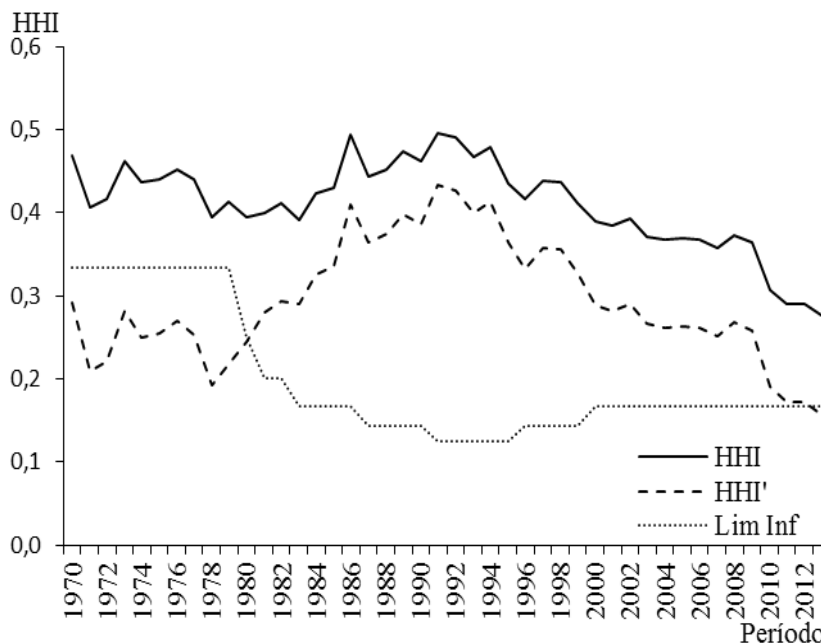
De 1970 até 2013, o  $CR(2)$  ficou entre 87,37% e 61%, e uma média de 78,28%. O  $CR(2)$  teve tendência a decrescimento, saiu de 87,37% (1970) para 61,32% (2013), com variações. A segunda maior fonte foi o Óleo Combustível, com exceção dos anos (1985, 1991 e 1994) substituídos pela “Outras Secundárias do Petróleo”. A participação do Óleo Combustível de 1970 até 1994 teve decrescimento, saiu de 24,26% para 10,33% (menor valor), respectivamente. De 1995 até 2013 ocorreu um salto na participação de Óleo Combustível, saiu de 13,70% (1995) para 16,55% (2013).

De 1970 até 1979, o  $CR(4)$  variou entre 100% e 89,64%, teve uma média de 94,45%. Houve hegemonia das 4 principais fonte,. De 1980 até 2013 houve uma queda do  $CR(4)$ , com variações, saiu de 99,74% para 89,64% (menor valor), respectivamente. De 1970 a 1992 a “Outras Secundárias do Petróleo” foi a terceira e carvão vegetal a quarta maiores fontes. Houve exceções nos anos de 1985 e 1991, em que a terceira maior fonte foi o óleo combustível. A participação média, para este período, das fontes foi de 13,32% para as “Outras Secundárias do Petróleo” e 4,32% para o carvão vegetal.

De 1993 a 2001, a terceira maior fonte foi “Outras Secundárias do Petróleo”, a exceção de 1994 que foi o óleo combustível, e a quarta foi o carvão mineral. A participação média do carvão mineral foi 4,94%, enquanto que “outras do petróleo” foi 11%. De 2002 até 2006, a terceira fonte foi “Outras Secundárias do Petróleo” e quarta o gás natural. Porém, de 2007 a 2009, estas fontes inverteram as posições. A participação média foi, de 2002 a 2009, 9,78% para outras do petróleo, e 9,14% para o gás natural. De 2010 a 2013, a terceira fonte foi o carvão mineral, e a quarta foi o gás natural, com participações médias de 14,59% e 11,11%, respectivamente.

A Figura 2 apresenta a evolução o Índice de Herfindahl-Hirshman ( $HHI$ ) do consumo energético da IBMNF, no período de 1970 a 2013. O  $HHI'$  e as diferenças entre o  $HHI$  e o limite inferior mostraram que por boa parte do período a consumo ficou classificado como

muito concentrado, com exceção dos últimos três anos (2011, 2012 e 2013) que mudou para pouco concentrado. Analisou a evolução do *HHI'* em 3 períodos: 1970-1978; 1979-1991 e 1992-2013. De 1970 até 1978 ocorreu uma queda do *HHI'*, com muitas oscilações, saiu de 0,2912 para 0,1923, respectivamente. De 1979 à 1991, o valor do *HHI'* aumentou de 0,2172 para 0,4327, que apesar de não mudar a classificação da concentração, esta aumentou. A crise do petróleo de 1979 afetou o consumo das fontes derivadas do petróleo, e concentrado o consumo na Eletricidade.

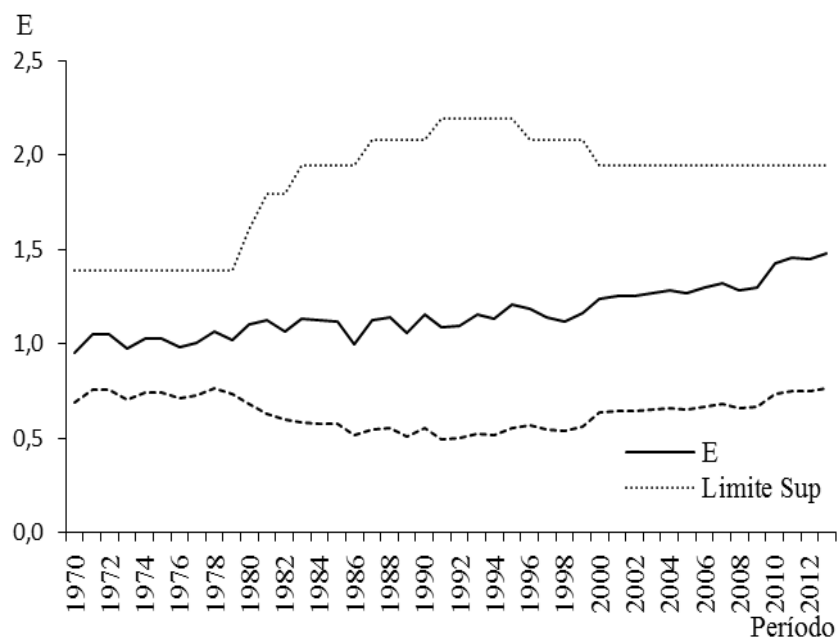


**Figura 3.** Índice de Herfindahl-Hirshman para a indústria brasileira de não-ferrosos e outros da metalurgia, no período de 1970 à 2012.

A diferença entre o limite superior de 1970 até 1978 tendeu a diminuir, conseqüentemente, De 1992 a 2013 o *HHI'* teve tendências de decrescimento, saiu de 0,4266 para 0,1565 respectivamente. A concentração deixou de muito concentrado para pouco concentrado. A explicação é a busca por outras fontes energéticas para compor a matriz da IBMNF, resultou na diminuição da concentração. Após 1979 até 2013, a linha do HHI e do limite superior aumentou, e aumentou a concentração do consumo. De 1992 até 2013, voltou a diminuir, sendo coerente com o comportamento da *E'*.

A Figura 2 apresenta a evolução da Entropia de Theil da IBMNF, no período de 1970 a 2013. O índice de Entropia de Theil ajustada (*E'*), no período analisado, apresentou valores mínimo de 0,4961 (1991) e máximo de 0,7667 (1978), mostrando concentração médio ou fraca no consumo energético da IBMNF. De 1970 até 1978 o *E'* cresceu, porém com oscilações, em que saiu de 0,6878 (1970) para o máximo (1978). A diferença entre o limite superior e *E* teve caiu de 0,4314 (1970) para 0,3233 (1978), tendo concordância com o *E'*.

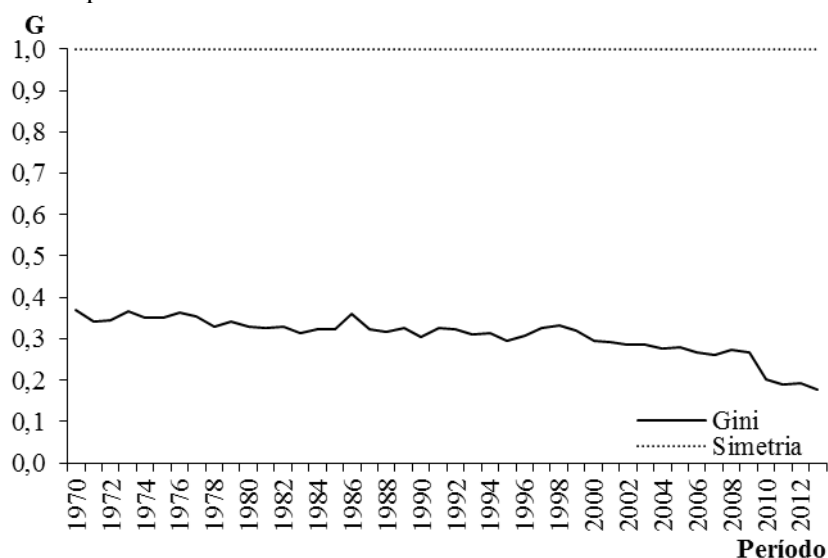
De 1979 até 1991, houve uma queda expressiva, o *E'* saiu de 0,7342 para 0,4961, respectivamente. A diferença entre o limite superior e *E* cresceu de 0,3685 (1979) para 1,1070 (1991). Este aumento da concentração é consequência da Crise do Petróleo em 1979, que diminuiu o consumo das fontes derivadas do petróleo. De 1992 até 2013, ocorreu um aumento no *E*: saiu de 0,4994 para 0,7612 respectivamente. Enquanto que a diferença entre o limite superior e *E* diminuiu de 1,0999 (1992) para 0,4647 (2013). Ocorreu a diminuição da concentração, devido a inserção de fontes na matriz energética.



**Figura 2.** Índice de Entropia de Theil do consumo energético da indústria brasileira de não-ferrosos e outros da metalurgia, no período de 1970 à 2012.

A Figura 4 representa a evolução do Coeficiente de Gini ( $G$ ), no período de 1970 a 2013. Ao longo do período estudado o  $G$  variou entre os intervalos: 0,3705 (1970) e 0,1768 (2013). Houve predominância de uma desigualdade de fraca a média, com exceção de 2010 a 2013 que a desigualdade foi nula a fraca. A queda do Gini, como também mudança da desigualdade, é consequência da queda da participação da Eletricidade, e da inserção de outras fontes na matriz.

Em 1970 a Eletricidade representava 63,11% e 4 fontes compuseram a matriz energética. Em 2013 7 fontes compuseram a matriz, com a Eletricidade representou 44,77%, o Gás Natural (13,58%) e Carvão Mineral (14,74%), estes dois últimos não compuseram em 1970. Porém houve picos em 1986 e 1998



**Figura 4.** Coeficiente de Gini para a indústria brasileira de não-ferrosos e outros da metalurgia, no período de 1970 à 2012 A linha cheia representa o a curva do índice



## CONCLUSÕES

Através dos estudos feitos, conclui-se que o consumo energético do setor de metais não ferrosos e outros da metalurgia apresentou um crescimento médio anual de 6,54% a.a. A Eletricidade foi a principal fonte e participou com mais de 40% da demanda energética, com crescimento médio de 5,69% a.a.. O gás natural, de 1998 até 2013, teve aumento expressivo na participação a uma taxa média de 27,5% a.a. O CR(1) esteve no intervalo de 44,77% a 68,42%, com média de 58,85% do período estudado, em que a principal fonte foi a Eletricidade. O CR(2) ficou entre 87,37% e 61%, e uma média de 78,28% do período estudado. A segunda maior fonte foi o Óleo Combustível, que apenas no período de 1984 até 1994 variou posição com Outras Secundárias. O CR(4) ficou entre 100% e 89,64%, teve uma média de 94,45%. As terceiras e quartas fontes mudaram muitas vezes, porém de 2010 até 2013 o Carvão Mineral foi a terceira e o Gás Natural a quarta. O HHI' se mostrou muito sensível as mudanças estruturais, mas a concentração se classificou como muito concentrada (1970-2009). Em 2010, o HHI' mudou de muito concentrado para pouco concentrado e permaneceu nos últimos 3 anos. A diferença entre o HHI e o Limite Inferior é semelhante a análise do HHI', e mostra o mesmos resultados. O E' ajustado apresentou queda (1970-1991), mas seguiu em aumento (1992-2013) voltando a apresentar valores finais próximos aos iniciais. Assim a concentração foi fraca a média no consumo energético da indústria brasileira de celulose e papel. O G classificou como desigualdade de fraca a média (1970-2009) e nula a fraca (2010-2013), variando entre 0,3705 (1970) e 0,1768 (2013). Esta mudança é coerente com o aumento gradual do número de fontes participantes.

## REFERÊNCIAS

- ABAL - Associação Brasileira da Indústria do Alumínio. **Fundamentos do alumínio e suas aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABAL, 2007. Disponível em: <[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TM343/09\\_1fundamentos-Alum%EDnio.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM343/09_1fundamentos-Alum%EDnio.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- ABAL - Associação Brasileira da Indústria do Alumínio. **Perfil da Indústria**. 2015. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/estatisticas/nacionais/perfil-da-industria/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- BAIN, J. **Industrial organization**. New York: J. Wiley, 1959.
- CNI - Confederação Nacional da Indústria. **A indústria e o Brasil - Gás Natural: uma proposta de Política para o País**. Brasília. 2010. Disponível em: <[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_24/2012/09/04/205/20121123174408536062e.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2012/09/04/205/20121123174408536062e.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- GINI, C. **Variabilità e mutabilità** (1912). In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). Reprinted in *memorie statistica*. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.
- GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- HERFINDAHL, O. C. **Concentration in the Steel Industry**. 1950. Thesis (Ph.D.) - Columbia University, New York, 1950.
- HIRSCHMAN, A. O. **National power and the structure of foreign trade**. Berkley: University of California, 1945.
- HIRSCHMAN, A. O. The paternity of an index. **The American Economic Review**, v. 54, n. 5, p 761-762, 1964.
- MME - Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico**. Brasília. 2014. Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1865251/Anuario\\_Setor\\_Metalurgico\\_2014\\_base\\_2013.pdf/136ee218-8fb3-430d-97dc-2e9171c6a0e8](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1865251/Anuario_Setor_Metalurgico_2014_base_2013.pdf/136ee218-8fb3-430d-97dc-2e9171c6a0e8)>. Acesso em: 11 abr. 2015.

PROCEL - Programa de Conservação de Energia Elétrica. **Eficiência Energética na indústria:** o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional. 2009. Disponível em: <<http://www.cni.org.br/portal/data/files/00/FF808081234E24EA0123627A07156F8E/Eficiencia.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, v. 12, n. 21, p. 24-33, 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial:** fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

SIMÕES, A. F.; BAJAY, S. V. **Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria:** Relatório Setorial Metais Não-Ferrosos. Brasília. 2010. Disponível em: <<http://www.cni.org.br/portal/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=FF8080812C8533A0012C98843A740D0A>>. Acesso em: 8 nov. 2014.

THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967.