

Eixo Temático ET-06-012 - Energia

CONCENTRAÇÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL

Luiz Moreira Coelho Junior¹, Filipe Vanderlei Alencar², Edvaldo Pereira Santos Júnior²,
Kalyne de Lourdes da Costa Martins³, Thiago Freire Melquíades³

¹Professor do Centro de Energias Alternativas e Renováveis - CEAR da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, luiz@cear.ufpb.br (autor para correspondência); ²Graduando em Engenharia de Energias Renováveis da UFPB, filipe.alencar@cear.ufpb.br, edvaldo.junior@cear.ufpb.br; ³Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis da UFPB - kalyne_lourdes@hotmail.com, thiago-melquiades@hotmail.com.

RESUMO

Dentre os segmentos industriais brasileiros, o setor de papel e celulose se destaca pela sua importância nesta conjuntura. No cenário mundial, em 2012, o Brasil é o 4º maior produtor de celulose e o 9º do ranking na produção de papel. Em comparação aos demais segmentos indústrias, o setor de papel e celulose possui característica energética peculiar no seu processo produtivo. Por meio de cogeração energia, a lixívia é utilizada para gerar vapor e eletricidade nas indústrias integradas de celulose. O aproveitamento de energia por meio da lixívia tornou-se uma das principais fontes energéticas do setor. Este trabalho analisou o grau de concentração energética da indústria brasileira celulose e papel, no período de 1970 a 2012. Os dados utilizados para mensuração da análise de mercado e concentração energética da indústria brasileira têxtil 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), Índice de Hall-Tideman (HTI) e Índice de Gini (G). De acordo com os estudos realizados, é possível concluir que: O grau de concentração da indústria brasileira celulose e papel é altamente concentrado, 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 59,51%, mostrou uma alta concentração no consumo destas fontes energéticas. A Entropia de Theil ajustada teve uma média de 0,7019 durante o período estudado sendo um mercado concentrado. O HHI ajustado oscilou entre a concentração e a desconcentração ao longo do estudo, porém nos últimos 7 do período este índice se manteve a concentração no consumo das fontes energéticas. O G mostrou um crescimento no seu valor. Em 1985 atingiu pico, e até 2012 permaneceu com uma desigualdade média a forte.

Palavras-chave: matriz energética, economia de energia, indicadores de concentração.

INTRODUÇÃO

Em meados do século XX, a política industrial e crescimento econômico brasileiro se confundem na história brasileira, em que ambas foram muito bem sucedidas. Promoveram um sistema industrial diversificado e integrado, em quase todos os seus componentes, elevando às extraordinárias taxas de crescimento do PIB, nos

níveis de renda e de emprego (SUZIGAN & FURTADO, 2006). Dentre os segmentos industriais brasileiros, o setor de papel e celulose se destaca pela sua importância nesta conjuntura.

No cenário mundial, em 2012, o Brasil é o 4º maior produtor de celulose e o 9º do ranking na produção de papel. A indústria brasileira de celulose e papel constitui-se em 220 empresas, que atuam em 18 estados. Foram gerados, aproximadamente, 768 mil empregos, sendo 128 mil diretos (77 mil na indústria e 51 mil nas florestas) e 640 mil empregos indiretos (BRACELPA, 2014).

Diante das vantagens comparativas que o Brasil detém para o setor de florestal, além da matéria prima, a indústria de celulose e papel está atrelada a elevadas taxas de consumo de energia. Segundo o BEN (2013), no período de 1970-2012, o setor de celulose e papel teve um crescimento médio anual de 5,82% a.a. no consumo energético. Em 2012, o setor apresentou participação de 4% do consumo energético do país. Para melhorar os níveis de crescimento do segmento, é necessário consumir mais energia pagando menos. Deste modo, em busca de alternativas de fontes energética fica estreitamente ligado a otimização dos fatores e custo de produção, e por consequência o desenvolvimento do segmento.

Mediante a competitividade do mercado globalizado, a energia consumida influencia fortemente a formação dos preços dos produtos, o que pode ser decisivo na inserção dos bens e serviços brasileiros no mercado internacional (GOLDEMBERG, 2005). Buscando maior eficiência energética a indústria de papel e celulose vem, gradativamente, substituindo combustíveis fósseis por subprodutos do seu processo industrial. Segundo o BEN (2013), em 1970, o consumo de óleo combustível teve participação de 37,7%, enquanto que a lixívia participou em 15,2%. Em 2012, o óleo combustível contribuiu com 3,3%, e a lixívia tornou-se a maior contribuinte com 46,1%.

Em comparação aos demais segmentos indústrias, o setor de papel e celulose possui característica energética peculiar no seu processo produtivo. Segundo Berni et al. (2010), o processo Kraft apresenta uma grande vantagem de recuperação de subprodutos e dos reagentes químicos obtido do licor negro, ou lixívia.

Por meio de cogeração energia, a lixívia é utilizada para gerar vapor e eletricidade nas indústrias integradas de celulose. Apesar do poder calorífico da lixívia ser relativamente baixo, de modo que grandes volumes geram uma quantidade proporcional de energia (BERNI et al., 2010). Contudo, o aproveitamento de energia por meio da lixívia tornou-se umas das principais fontes energéticas do setor.

Os trabalhos realizados para energia no setor de celulose e papel foram: Vélazquez et. al. (2000) investigaram a implantação da cogeração do vapor e eletricidade no setor industrial de papel e celulose. Enquanto que Berni e Bajay (2010) estudaram a eficiência energética do complexo industrial brasileiro de papel e celulose, através da sua caracterização técnica, econômica, energética e ambiental.

Nos últimos anos, tem-se registrado uma mudança gradual na natureza do processo de concepção de tecnologias quanto a eficiência e intensidade energética. No passado a atividade inovadora era empreendida em substituição de energia, sem pensar nas questões ambientais. Hoje, estas alternativas se encontram por meio de aproveitamento, via cogeração de energia. Assim, o objetivo deste estudo investigar o grau de concentração e as mudanças estruturais do uso das fontes energéticas no agregado da indústria brasileira celulose e papel, no período de 1970 a 2012.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dados utilizados

Os dados utilizados para mensuração da análise de mercado e concentração energética das indústrias brasileiras celulose e papel 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):

- a) 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.
- b) 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:

$$E = - \sum_{i=1}^n \ln(s_i), \text{ em que, } n = \text{número de fontes energéticas; } s_i = \text{market share, em}$$

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).

Coefficiente 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, $G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (s_{ij} + s_i)}{n}$, 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, por fonte, da indústria brasileira de celulose e papel, no período de 1970 a 2012. Neste período, verificou-se que o setor utilizou em até 12 fontes na matriz energética, incluindo a categoria das outras não especificadas. Seguindo a tendência mundial de crescimento da demanda de celulose e papel. Em 1970, a indústria brasileira de papel e celulose (IBPC) consumiu 934,14 mil tep, enquanto que em 2012 este valor foi de 10,07 milhões tep. Segundo os dados da EPE (2013), no período de 1970 a 2012, o consumo energético do setor de celulose e papel indicou um crescimento médio anual de 5,82% a.a..

Tabela 1 – Evolução do consumo energético, por fonte, na indústria brasileira de celulose e papel, no período de 1970 a 2012 (10³ tep*).

Table 1 - Evolution of energy consumption by source in the Brazilian pulp and paper industry in the period 1970-2012 (10³ tep*).

Fontes Energéticas	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Gás Natural				14,07	55,10	124,91	272,69	519,36	676,31	714,90
Carvão Vapor	70,65	74,64	60,98	135,50	132,57	94,02	82,78	55,18	111,61	123,50
Lenha	217,84	201,42	333,43	981,38	752,07	908,56	1.047,69	1.172,08	1.513,36	1.531,55
Bagaço de Cana				34,27	49,60	4,68	24,27	33,31	40,55	39,77
Lixívia	142,09	269,30	736,16	966,01	1.086,65	1.678,15	2.290,52	3.341,83	4.710,60	4.645,37
Outras Recuperações				84,00	309,00	373,00	406,00	539,69	870,08	827,36
Óleo Diesel	7,72	11,15	17,14	12,15	18,38	24,38	31,48	59,80	1,04	123,52
Óleo Combustível	352,54	726,25	1.070,95	361,82	540,47	763,07	982,98	633,33	466,18	328,31
Gás Liquefeito de Petróleo		0,61	1,84	4,34	4,32	9,86	23,85	55,91	30,55	50,26
Coque de Petrol. e Querosene		2,46	4,89	3,35	2,50	43,57		0,03	0,01	
Eletricidade	143,30	195,57	437,48	569,61	660,90	842,55	1.043,97	1.270,48	1.635,73	1.681,65
Outras Não Especificadas			0,90	0,90	0,45			2,70		
Total	934,14	1.481,40	2.663,76	3.167,39	3.612,00	4.866,76	6.206,22	7.683,69	10.056,01	10.066,18

Fonte: EPE (2013).

* tep = tonelada equivalente de petróleo.

O Óleo Combustível, em 1970, foi a fonte energética mais consumida (352,54 mil tep). Para esta fonte houve crescimento no consumo até 1979 (1,1 milhões tep), quando começou a registrar uma queda até. Como consequência desta queda do consumo a sua taxa média anual foi de -0,169% a.a. Santi e Sevá (1999) confirmaram que “o preço do óleo combustível triplicou em termos reais entre 1979 e 1981 por causa da grande dependência brasileira de petróleo importado, que esteve sob o impacto da grande alta de 1979”. Este aumento de preço influenciou diretamente o uso utilização do óleo combustível. No período de 1979 a 1985 o Óleo Combustível foi sendo gradativamente substituída a lenha e lixívia. Mas, o Óleo Combustível ainda é uma importante fonte na matriz energética.

O comportamento do consumo da lenha foi oscilatório, porém cresceu de 1970 a 2012, apresentou crescimento anual de 4,75% a.a. Em 1970 consumiu 217,84 mil tep e chegou a pico de 981,38 mil tep, em 1985. Após este ano a Lenha começou a oscilar, voltando a crescer de forma mais clara, recentemente, em 2002. Em 2012 se mostrou ser uma fonte com grande participação na matriz energética, em que 15,21% das fontes consumidas foram de lenha.

A lixívia é uma fonte energética peculiar da Indústria de Papel e Celulose, de modo que seu consumo aumentou consideravelmente. Seu crescimento, em 1980, foi de 618,66 mil tep para 966,01 mil tep, em 1985. Velázquez (2000) afirmou que a lixívia é um subproduto inevitável na produção de celulose. Sua reutilização evita a poluição de modo a recuperar produtos químicos do processo produtivo e usados como combustível. No entanto, de 1986 à 2012 se tornou a principal fonte do complexo industrial de Papel e Celulose. Desse modo fica claro que a IBPC aproveitou melhor as vantagens comparativas de matéria-prima transformando em vantagens competitivas no setor energético. Esta fonte cresceu durante o período estudado 8,65 %a.a.

O consumo da eletricidade apresentou tendências de crescimento linear, ou seja, sem movimentos abruptos de baixa ou aumento expressivo no consumo. Em 1970 apresentou um consumo de 143,30 mil tep, já em 2012 esse valor foi de 1681,65 mil tep, assim teve 6,03% de crescimento médio anual. Assumiu a posição de segunda maior contribuição na matriz energética da IBPC em 2012.

O gás natural passou boa parte do período estudado tendo um consumo pouco expressivo, porém começou a tomar destaque a partir do ano de 1998. Até este ano o consumo desta fonte não ultrapassou 200 tep. Porém houve um crescimento considerável em que em 2000 foi consumido 272,69 tep e continuou o crescimento até que em 2012 atingiu o patamar de quinta maior contribuição na matriz energética da IBPC, em que apresentou 714,9 tep.

As demais fontes não apresentaram um consumo muito colaborativas, em relação as principais, com exceção das Outras Recuperações, que em 2012 foi a quarta fonte mais consumida. Deste modo fica evidente que as fontes mais relevantes para a IBPC são a lenha, lixívia, óleo combustível, eletricidade e gás natural.

A Figura 1 apresenta a evolução dos indicadores de concentração [CR(k)] do consumo energético por fonte da indústria brasileira de papel e celulose (IBPC), no período de 1970 a 2012. A Figura 1(a) mostra a razão de concentração [CR(k)] do consumo energético por fonte da IBPC. Segundo a classificação de Bain (1959), observou que a matriz energética da IBPC é altamente concentrado nas 04 (quatro) principais fontes.

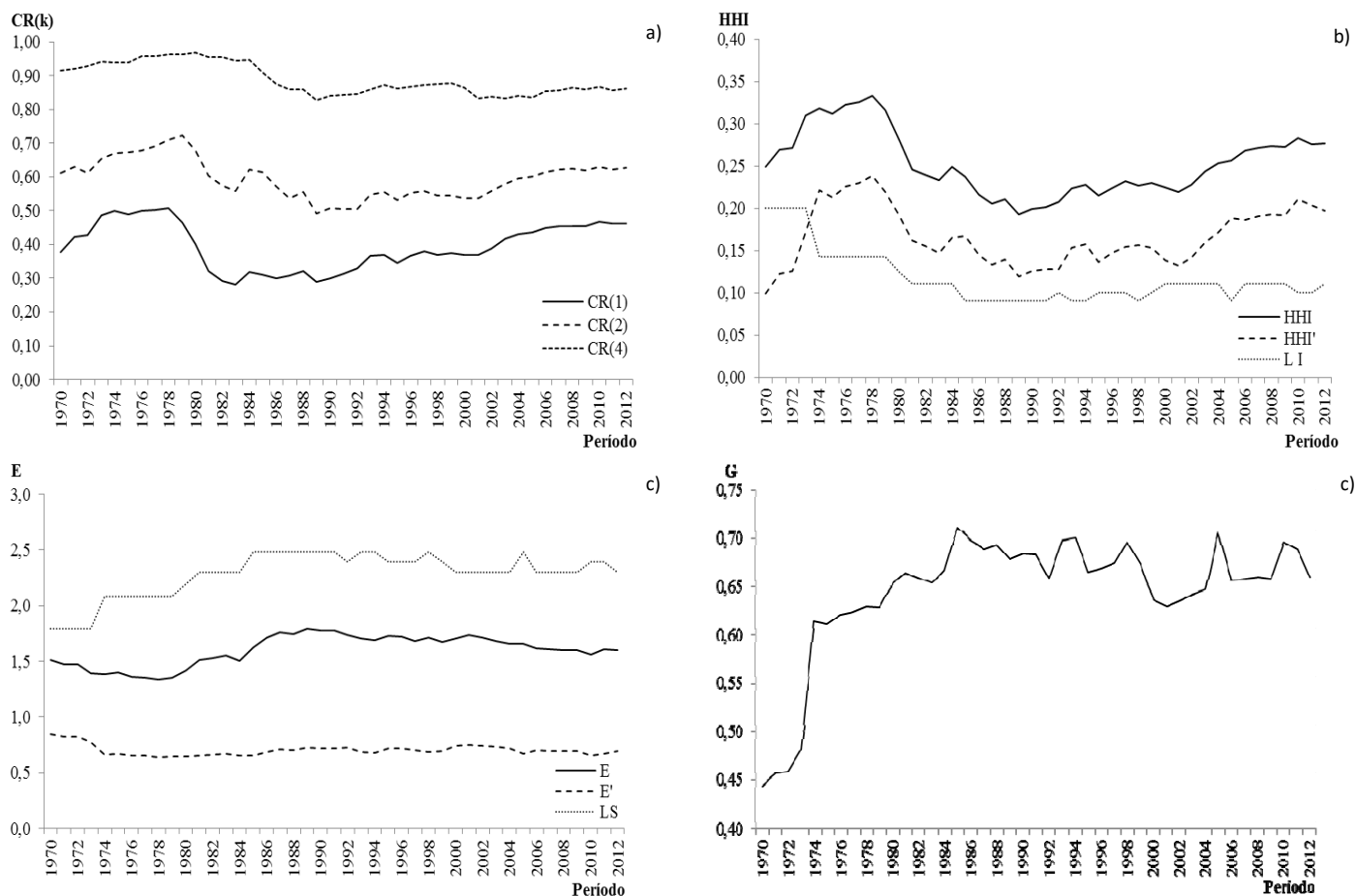


Figura 1: Evolução dos indicadores de concentração energética da indústria brasileira de papel e celulose, no período de 1970 a 2012.

O CR(1) ficou no intervalo de 30 a 51%, com média de 39,42% do período estudado. O CR(1) apresentou um crescimento considerável, saiu de 34,74% (1970) para 50,81% (1978), sendo o maior valor da série. De 1978 a 1983 ocorreu uma queda drástica quando a principal fonte representou 28,23% da matriz energética. Em 1983 foi menor valor da série e após apresentou tendências de crescimento chegando 46,15% (2012).

De 1970 até 1982 o Óleo Combustível foi a principal fonte energética. Neste período a média do consumo foi de 43,82%. Inicialmente apresentou tendências crescimento até 1978, chegando a 1,11 bilhões de tep. Após 1978 houve queda, provocada pela Crise do Petróleo (1979), até 1983 que deixou de ser a principal fonte energética no setor.

Do período de 1983 até 1985 foi marcado pela transição entre a Lixívia e a Lenha como principal fonte energética, pois apresentaram valores similares. Em 1983, a Lixívia esteve na principal fonte de energia, com 782,85 mil tep. Entre 1984 e 1985, a Lenha assumiu a maior participação, com 876,81 e 966,01 mil tep, respectivamente.

De 1986 a 2012, a Lixívia foi a principal fonte energética. Em 1986 consumiu 1 bilhão de tep, cerca de 30% do consumo deste ano, enquanto que em 2012 representava 46,15%, com 4,65 bilhões de tep. O crescimento médio anual do consumo da Lixívia, para este período, foi de 6,06% a.a.

O CR(2) ficou entre 50 a 73%, com média de 59,51% do período estudado. O CR(2) iniciou comportamento de crescimento, saiu de 61,06% (1970) para 72,47% (1979), sendo o maior valor registrado da série. Em seguida, ocorreu uma queda drástica até o ano de 1989, quando as duas principais fontes representavam 49,18% da matriz energética do setor. De 1989 a 2012, apresentou tendências de crescimento que chegou a 62,85% (2012).

De 1970 até 1972, a Lenha foi a segunda maior fonte da matriz energética, com média de 15,90%, mas marcado pela queda de participação. De 1973 até 1982, a Lixívia assume a segunda principal fonte energética, com média de 21,89%, para este período. O consumo desta fonte, neste período vinha em crescimento. Em 1973, foram consumidos 222,13 milhões de tep, representando 16,75% do consumo. Em 1982, foram consumidos 753,88 milhões de tep de Lixívia, e já representava 28,23% do consumo total.

De 1983 até 1985, houve alternância entre a Lixívia e a Lenha da segunda principal fonte energética. Em 1983 a Lenha consistiu na segunda principal fonte de energia. E nos de 1984 e 1985, a Lixívia e assumiu a segunda colocação. Estes valores o consumo estiveram bem próximos. De 1986 até 1990 a Lenha como segunda fonte mais consumida. Neste último período, a Lenha teve queda no consumo, caiu de 27,26%, em 1986, para 20,82%, em 1990.

De 1991 até 2001 ocorreu alternância entre a Lenha, Óleo Combustível e Eletricidade para compor a segunda fonte no consumo energético do setor. O consumo da Eletricidade manteve-se o seu consumo crescente, porém o consumo da Lenha e Óleo Combustível variou bastante neste período, provocando vários picos e vales. O Consumo médio, neste período, para estas fontes foram: Eletricidade (17,36%), Lenha (16,83%) e Óleo Combustível (16,06%).

De 2002 até 2012 a Eletricidade firmou-se como a segunda principal fonte energética. Esta manteve sua participação com variações pequenas. Apresentou uma média de 16,58% do consumo. Neste período o consumo elétrico não teve sensibilidade frente a Crise do Apagão em 2001.

Durante todo o período em análise, a concentração para as quatro maiores fontes [CR(4)] ficou entre 96,78%, em 1980, e 82,79%, em 1989, com média de 88,88%. De 1970 até 1984, as 4 maiores fontes participou com mais de 90% do consumo energético da indústria brasileira de celulose e papel. De 1984 até 1989 ocorreu um decréscimo, de 2,66% a.a. do CR(4). De 1990 até 1999 teve outro crescimento, porém fraco, saiu de 84,17% (1990) para 87,90% (1999). De 2000 a 2012, o CR(4) permaneceu estável, com pequenas oscilações. Em 2001, aconteceu um vale, provocado pela Crise do Apagão. Após esta crise, o CR(4), retornou a crescer discretamente. Este indicador denunciou a alta concentração para as 4 maiores fontes energéticas.

De 1970 até 1972, a Lixívia e a Eletricidade foram as terceira e quarta fonte mais consumidas, respectivamente. A participação média anual de cada fontes foi: 15,90% (Lixívia) e 14,51% (Eletricidade), enquanto que o consumo médio anual foi 167,47 mil tep (Lixívia) e 151,24 mil tep (Eletricidade). De 1973 até 1982, a Lenha e a Eletricidade foram as terceira e quarta fontes. Neste período a participação média anual da Lenha foi 13,60%, enquanto que a Eletricidade foi 15,27%. Já o consumo médio anual foi 279,88 mil tep (Lenha) e 317,2389 mil tep (Eletricidade). Porém de 1973 até 1975 a Lenha foi a terceira maior fonte, enquanto que a Eletricidade era a quarta. De 1976 até 1980 a Eletricidade assumiu a terceira posição, e a Lenha passou como a

quarta principal fonte. E em 1981 e 1982 estas fontes se alternaram entre as terceiras e quartas posições.

De 1983 até 1990, o Óleo Combustível e a Eletricidade foram as terceira e quarta fontes. Neste período a participação média anual da Óleo Combustível foi 16,83%, enquanto que a Eletricidade foi 20,34%. Já o consumo médio anual foi 550,53 mil tep (Óleo Combustível) e 670,95 mil tep (Eletricidade). 1983 foi o único ano, neste período, que o Óleo Combustível foi a terceira fonte, e a Eletricidade foi a quarta maior fonte. De 1984 até 1990 estas fontes trocaram de posição.

De 1991 até 2001, a Lenha, Eletricidade e Óleo Combustível se alternaram várias vezes entre segunda, terceira e quarta principais fontes energéticas do segmento. Neste período as participações médias anuais foram: o Óleo Combustível foi 17,66%, a Eletricidade foi 19,09% e a Lenha foi 18,51%. O consumo médio anual das fontes energéticas foram 907,1 mil tep (Óleo Combustível), 977,2 mil tep (Eletricidade) e 950,61 mil tep (Lenha).

De 2002 até 2012 a terceira principal fonte foi a Lenha com participação média anual de 16,67% e consumo médio anual de 1.425,85 mil tep. De 2002 até 2005 a quarta maior fonte foi o Óleo Combustível com 10,21% de participação média anual, e 725,10 mil tep de consumo médio anual. De 2006 até 2012, “outras recuperações” de energia foi a quarta maior fonte com 9,85% de participação média anual, com 921,72 mil tep de consumo médio anual.

A Figura 1.(b) apresenta a evolução o Índice de Herfindahl-Hirshman (HHI) do consumo energético da indústria brasileira de celulose e papel, no período de 1970 a 2012. Estes indicadores (HHI, Limite Inferior e HHI') foram mais sensíveis as mudanças do consumo quando comparado com a razão de concentração. O HHI' e as diferenças entre o HHI e o limite inferior mostraram alterações mais abruptas e frequentes ao longo do tempo.

Analisa a evolução do HHI' em 4 partes: 1970-1978; 1978-1983; 1983-2001 e 2001-2012. O primeiro período houve crescimento do valor do HHI', que saiu de 0,09912 (1970) para 0,2386 (1978). A classificação neste período foi desconcentrado para muito concentrado. Após 1978, o valor do HHI' caiu para 0,1476, em 1983, o que voltou aos níveis de “pouco concentrado”. Este último evento, assim como o $CR(k)$, também pode ser justificado a crise do petróleo de 1979. De 1983 a 2001, os valores do HHI' ficaram instáveis, com grandes oscilações, não alterando a classificação do indicador que foi configurado como pouco concentrada. De 2001 a 2012, o HHI' teve tendências de crescimento. Neste período a Lixívia liderou estavelmente o consumo, aumentando a concentração. Assim este último período mudou de pouco concentrado para muito concentrado.

A diferença entre o limite superior de 1970 até 1974 tendeu a aumentar, consequentemente concentrando o consumo. Após 1974 até 2012, a linha do HHI e do limite superior tiveram comportamento semelhantes, que manteve a diferença entre eles quase que constante.

A diferença entre o HHI e o limite inferior, de 1970 até 1978 tendeu a crescer e com isso concentrou o consumo. Após este ano, tendeu a decrescer e apresentou grandes variações no valores, com muitos picos e vales, e alterando drasticamente o grau de concentração. No início do século XXI esta diferença voltou a crescer e caracterizou até 2012 uma concentração alta do consumo energético. O HHI' também exibiu alterações radicais no níveis de concentração, porém nos últimos 8 anos o consumo teve muita concentração.

A Figura 1.c apresenta a evolução da Entropia de Theil da IBPC entre os anos de 1970 a 2012. O índice de Entropia de Theil (E), durante o período analisado, apresentou valores mínimo de 0,6410 (1978) e máximo de 0,8461 (1970), inferindo que a concentração é alta no consumo energético da indústria brasileira de celulose e papel. De 1970 a 1974, enquanto que E' apresentou queda de 0,846 (1970) e 0,665 (1974). A diferença entre o limite superior e E cresceu de 0,275 (1970) para 0,695 (1974). Juvenal e Mattos (2002, pag. 8) mencionaram que o ano de 1974 a economia global não se expandia mais. Em 1973, com a crise de petróleo, os preços do barril chegaram a quadruplicar, retraindo a economia mundial. Após o impacto da crise, a economia brasileira ficou impedida de amadurecer os investimentos realizados.

No período de 1974 até 1986 o E' apresentou tendências de estabilidade. Conforme Juvenal (2002) este período foi de consolidação (produtividade e profissionalismo) da indústria de celulose e papel, com a realização e modernização de novos projetos. Como fruto, de um melhor aproveitamento energético da lixívia e “outros não especificados” fez com que elevasse a concentração, que saiu de 0,688 (1986) e foi para 0,752 (1992). De 1993 a 2012, o E' e a diferença entre o limite superior e E obtiveram oscilação mais expressiva. Este fato é justificado devido a crise do apagão (2001) que potencializou a inserção de outras na matriz energética influenciando o indicador. De uma forma geral, este índice teve menos variações se comparado com os indicadores utilizados.

A Figura 1.d representa a evolução do Coeficiente de Gini (G), no período de 1970 a 2012. Ao longo do período estudado o G variou entre os intervalos: 0,7113 (1985) e 0,4433 (1970). Houve predominância de uma desigualdade de fraca a média e de média a forte. De 1970 a 1973 havia uma grande dependência do Óleo Combustível, sempre representando mais de 35% do consumo. Mas, com a inserção de outras fontes no consumo, esse quadro logo mudou. Que provocou um salto no indicador de 0,4817 (1973) para 0,6144 (1974). Após 1974 houve a inserção do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e do Coque de Petróleo e Querosene na matriz energética do segmento. Em 1982, ocorreu a substituição da principal fonte energética, do Óleo Combustível pela lixívia. O crescimento continuou até atingir o máximo em 1985, quando ficou configurado como desigualdade forte. Neste ponto todas as categorias de fontes foram consumidas, que por consequência levou a uma desigualdade forte.

De 1985 a 1998, o G começou a oscilar dentro do intervalo de 0,711 a 0,695. Esta oscilação é resultado de um período de amadurecimento lento da matriz energética, provocado pelas sucessivas crises energéticas que antecederam o período e o firmamento tecnológico da cogeração de lixívia. De 1998 até 2004 teve uma queda do G de 0,696 a 0,647, respectivamente. Esta queda pode ser explicado pela “Crise do Apagão”, que influenciou o consumo de energia elétrica, e apesar da Eletricidade ser umas das principais fontes energéticas, não representou numericamente uma queda muito forte. De 1986 até 2012 o G ficou caracterizado como sendo uma desigualdade média a forte.

CONCLUSÕES

Através dos estudos feitos, conclui-se que o consumo energético do setor de celulose e papel indicou um crescimento médio anual de 5,82% a.a. O Óleo Combustível substituída gradativamente pela lixívia e lenha, mas ainda é uma importante fonte na matriz energética. A lixívia é a fonte energética mais importante da IBPC, e seu consumo representa um aumento na eficiência energética da indústria. Em

1985 inserção a ‘outras recuperações’ na matriz energética. Em 1980 iniciou o consumo de Gás Natural, que cresceu timidamente, e em 2012 representou 7,10% do consumo energético deste segmento.

O CR(1) ficou no intervalo de 30 a 51%, com média de 39,42% do período estudado. Inicialmente a principal fonte era o Óleo Combustível, porém logo foi substituída por Lenha e Lixívia (1983), e de 1986 a 2012, a Lixívia firmou-se como a principal fonte energética. O CR(2) ficou entre 50 a 73%, com média de 59,51% do período estudado. As mudanças das segundas maiores fontes foram repetidas, mas de 2002 até 2012 houve um firmamento da Eletricidade como segunda principal fonte. O CR(4) ficou entre 96,78% (1980) e 82,79% (1989), com média de 88,88%. As terceiras e quartas fontes mudaram muitas vezes, porém de 2006 até 2012 a ‘Outras Recuperações’ foi a quarta e o GLP foi a terceira.

O HHI’ se mostrou muito sensível as mudanças estruturais, alternando a sua classificação de pouco concentrado e muito concentrado. De 2001 a 2012, o *HHI* mudou de pouco concentrado para muito concentrado. 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 (1970-1974) e conseqüentemente um aumento na concentração energética, após este período o E’ ficou estável. Assim a concentração é alta no consumo energético da indústria brasileira de celulose e papel.

Para o Gini houve predominância de uma desigualdade de fraca a média e de média a forte, variando entre 0,7113 (1985) e 0,4433 (1970). A inserção de algumas fontes (1970-1973) provocou uma mudança na classificação do Gini. Após 1973 ocorreram mudanças na concentração, porém o valor do Gini sempre esteve maior que 0,6. De 1986 até 2012 o G ficou caracterizado como sendo uma desigualdade média a forte.

REFERÊNCIAS

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

BERNI, M. D.; BAJAY, S. V.; GORLA, F. D. Oportunidade de Eficiência Energética para Indústria: setor papel e celulose. Brasília: CNI, 2010. p. 18-19. Disponível em: <<http://www.cni.org.br/portal/data/pages/FF808081310B1CBB01314F2230716926.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

BRACELPA. **Dados do Setor**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

GINI, C. Variabilità e mutabilità (1912). In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. Política energética no Brasil. **Estudos avançados**, v. 19, n. 55, p. 215-228, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v19n55/14.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HERFINDAHL, O. C. **Concentration in the Steel Industry**. 1950. 175 f . 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.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **O setor de Celulose e Papel**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial04.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2014.

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.

SANTI, A. M. M.; SEVÁ, A. O. Resíduos renováveis e perigosos como combustíveis industriais. Estudo sobre a difícil sustentação ambiental da fabricação de cimento no Brasil, anos 1990. In: Congresso Brasileiro de Energia, 7., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 1999. Disponível em: <http://www.ifch.unicamp.br/profseva/oitoCBEResiduos_cimento.PDF>. Acesso em: 15 ago. 2014.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J. Política Industrial e Desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, v. 26, n. 2, p. 163-185, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rep/v26n2/a01v26n2.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2014.

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

VÉLAZQUÉZ, S. M. S. G. **A Cogeração de Energia no segmento de papel e celulose: contribuição à matriz energética do Brasil**. São Paulo: 2000. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/SilviaVelazquez.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2014.