

Concentração da oferta de bioeletricidade no Brasil

RESUMO

Este artigo analisou a concentração brasileira da oferta de bioeletricidade, em 2019. Para mensuração utilizou-se a quantidade e a potência instalada das usinas brasileiras de biomassa, disponíveis no Banco de Informações Geracionais (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2019. Utilizou-se os indicadores de Razão de Concentração [CR(k)], Índice de Herfindahl–Hirschman (HHI), Entropia de Theil (E) e Coeficiente de Gini (G). O Sudeste apresentou a maior quantidade de termoeletricas de biomassa e maior potência instalada no Brasil, em 2019. O estado de São Paulo foi o mais representativo, focado na cogeração a partir de resíduos agroindustriais. A concentração estadual para quantidade de usinas foi moderada, destacando os oito estados com maior número de firmas, como mostrado pelo CR(8). Os índices HHI' e E' apontaram concentração moderada, enquanto G representou desigualdade forte a muito forte. A potência instalada apresentou concentração moderadamente alta, indicado pelo CR(8), HHI, E e G e relacionado ao elevado potencial agroindustrial e florestal da região centro-sul do país. A geração a partir do agroindustrial teve maior concentração, em contrapartida o nível florestal apresentou a menor concentração, associado a distribuição espacial das filiais de grandes empresas do segmento.

PALAVRAS-CHAVE: Economia da energia. Bioenergia. Estrutura de mercado.

Edvaldo Pereira Santos Júnior

edvaldo.junior@cear.ufpb.br

Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. Paraíba. Brasil.

Anna Manuella Melo Nunes

annamanuellam@gmail.com

Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. Paraíba. Brasil.

Yuri Rommel Vieira Araújo

yuriaraujo@florestal.eng.br

Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. Paraíba. Brasil.

Kalyne de Lourdes da Costa Martins

kalyne_lourdes@hotmail.com

Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. Paraíba. Brasil.

Luiz Moreira Coelho Junior

luiz@cear.ufpb.br

Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. Paraíba. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O setor de energia vem proporcionando avanços técnicos e econômicos para atender a crescente demanda mundial. Há políticas públicas para ampliar a oferta de energias renováveis e a eficiência energética, via expansão de implantação, de investimento e de infraestrutura. Dentre os recursos energéticos usais, a biomassa tem relevância no suprimento energético e no combate as emissões de gases do efeito estufa mundial, sendo importante para estratégias de substituição de fontes fósseis nos setores produtivos e aumento da capacidade instalada mundial (AKHTARI; SOWLATI; DAY, 2014; SÁNCHEZ-GARCÍA et al., 2015).

Em 2018, a oferta energética mundial foi de 13.970,64 milhões de toneladas equivalente de petróleo (tep), dos quais 12.033,71 milhões tep foram de fontes exauríveis (86,14%), com destaque para o óleo combustível (4.449,50 milhões tep); as fontes renováveis contribuíram com 1.936,92 milhões tep (13,86%), o recurso com maior participação foi a biomassa com 1.329,06 milhões tep, seguida da energia hidráulica (351,03 milhões tep) e das demais renováveis (256,83 milhões tep) (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA, 2020).

Para a eletricidade a geração mundial foi de 25.685,06 Tera Watts hora (TWh), onde 19.224,07 TWh foi dos insumos fósseis e 6.460,98 TWh dos renováveis; a biomassa apresentou contribuição de 597,57 TWh, sendo a terceira fonte no ranking das energias limpas. Os países com maior destaque na geração a partir da biomassa foram: China (92,92 TWh), Estados Unidos (77,21 TWh), Alemanha (58,34 TWh) e Brasil (52,25 TWh) (IEA, 2020).

No Brasil, em 2018, a oferta interna de energia foi de 288.698 mil tep, dos quais 54,79% foram obtidos de recursos exauríveis e 45,21% dos renováveis, das quais destacaram-se os derivados da cana de açúcar (17,35%), a energia hidráulica (12,63%) e a lenha e carvão vegetal (8,36%). A geração de eletricidade foi de 658,99 TWh, sendo 79,94% de fontes renováveis, composto dos recursos hidráulicos (59,54%), da biomassa agroindustrial (7,54%), da eólica (7,36%), da biomassa florestal (4,47%), da energia solar (0,56%) e outras formas (0,47%) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, 2019).

Para Kon (1994), a concentração industrial tem-se como um aspecto importante na determinação da estrutura de mercado, pois influencia no desenvolvimento do setor, na economia de escala, nas estratégias e abertura de novas firmas. O grau de concentração pode ser influenciado por diversos fatores e dividido em dois grupos. O primeiro associado à Teoria Tradicional do Comércio ponderado pela existência de vantagens comparativas e o segundo associado aos modelos de retorno crescentes de escala, aos custos de transportes entre regiões e na atuação de economias de aglomeração (DAVID; ROSENBLOOM, 1990, KRUGMAN, 1991a, 1991b; ELLISON; GLAESER, 1999; FUJITA et al., 1999).

Muitos estudos foram desenvolvidos utilizando a análise da concentração industrial, dos quais destacam-se para o setor bancário: Mohammed et al. (2015), Berger, Minnis e Sutherland (2017), Luft e Zilli (2013) e Smaniotta e Alves (2016); para o setor florestal: Coelho Junior et al. (2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c), Heimann et al. (2015) e Filgueira et al. (2018). Para a concentração no setor de oferta de energia destaca-se o trabalho realizado por Chalvatzis e Ioannidis (2017)

que avaliaram a concentração entres as fontes de energia utilizadas pela União Europeia.

Para compreensão da dinâmica do mercado e auxílio na elaboração de políticas públicas do setor energético, este trabalho analisou a concentração da oferta de bioeletricidade, no Brasil, em 2019.

2 METODOLOGIA

2.1 Objeto de estudo

Os dados utilizados foram obtidos do Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em julho de 2019. Foram observados a quantidade de termelétricas e potência instalada (Mega Watts - MW), organizadas em biomassa total e por fontes de nível 1 (agroindustrial, biocombustíveis líquidos, florestal, resíduos animais e resíduos urbanos) (ANEEL, 2019).

Apresentou a distribuição espacial das usinas termoelétricas de biomassa e realizou uma análise de conjuntura da oferta brasileira de bioeletricidade (total e fontes de nível 1) em termos de quantidade e potência instalada nas regiões e estados brasileiros.

2.2 Medidas de concentração e desigualdade

A análise de concentração industrial é capaz de avaliar a concorrência em uma estrutura econômica, em vista que o aumento da concentração resulta na diminuição de concorrência entre participantes (POSSAS, 1999). Segundo Mohammed et al. (2015), o uso de diversos indicadores é importante dada a complexidade dos setores econômicos, assim, foram utilizados os indicadores: Razão de Concentração, Índice Herfindahl-Hirschman, Entropia de Theil e a desigualdade de Gini, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de concentração e desigualdade.

Índices	Equação	Intervalo
Razão de Concentração	$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i$	$0\% \leq CR(k) \leq 100\%$
Herfindahl-Hirschman	$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2$	$1/n \leq HHI \leq 1$
Herfindahl-Hirschman Ajustado	$HHI' = \frac{1}{n-1}(n * HHI - 1); n > 1$	$0 \leq HHI' \leq 1$
Entropia de Theil	$E = \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i)$	$0 \leq E \leq \ln(n)$
Entropia de Theil Ajustada	$E' = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i)$	$0 \leq E' \leq 1$
Índice de Gini	$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i) \right]}{n}$	$0 \leq G \leq 1$

OBS.: S_i = participação i dos estados ou termelétricas, com base no quantitativo (total e nível 1); n = número de estados (com oferta da bioeletricidade) participantes; S_{ij} = participação cumulativa i dos estados, com base no quantitativo ou potência instalada da bioeletricidade (total e nível 1).

Fonte: Bain (1959); Gini (1912); Resende (1994).

A Razão de Concentração [$CR(k)$] estabelece a partir da ordenação decrescente da quantidade ou potência instalada da bioeletricidade (total e nível 1) nos k ($k = 1, 2, \dots, n$) Estados avaliados. Foram calculados a concentração dos quatro maiores [$CR(4)$] e oito maiores [$CR(8)$] Estados e analisou por meio da Tabela 2. Também observou o principal [$CR(1)$] e os dois maiores [$CR(2)$] Estados.

Tabela 2. Classificação da Razão de Concentração dos quatro maiores [$CR(4)$] e dos oito maiores [$CR(8)$] estados para bioeletricidade (total e nível 1).

Nível de concentração	Quatro maiores	Oito Maiores
Muito Alto	$75\% \leq CR(4)$	$90\% \leq CR(8)$
Alto	$65\% \leq CR(4) < 75\%$	$85\% \leq CR(8) < 90\%$
Moderadamente Alto	$50\% \leq CR(4) < 65\%$	$70\% \leq CR(8) < 85\%$
Moderadamente Baixo	$35\% \leq CR(4) < 50\%$	$45\% \leq CR(8) < 70\%$
Baixo	$35\% > CR(4)$	$45\% > CR(8)$

Fonte: Bain (1959).

O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) tem como base o somatório da participação ao quadrado dos estados que possuem termoeletricas da biomassa (total e nível 1). O HHI atribui um peso maior para os estados com parcela mais representativa. Para $HHI = 1/n$ (Limite Inferior – LI), há um mercado atomizado, enquanto $HHI = 1$ indica monopólio (HIRSCHMAN, 1964; SLEUWAEGEN; DEHANDSCHUTTER, 1986; TUSHAJ, 2010).

O Índice Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI') possibilita análises comparativas intertemporais e classifica a oferta de bioeletricidade como: atomizada ($HHI' \leq 0,10$), não concentrada ($0,10 < HHI' \leq 0,15$), moderadamente concentrada ($0,15 < HHI' \leq 0,25$) e de alta concentração ($HHI' > 0,25$) (RESENDE, 1994).

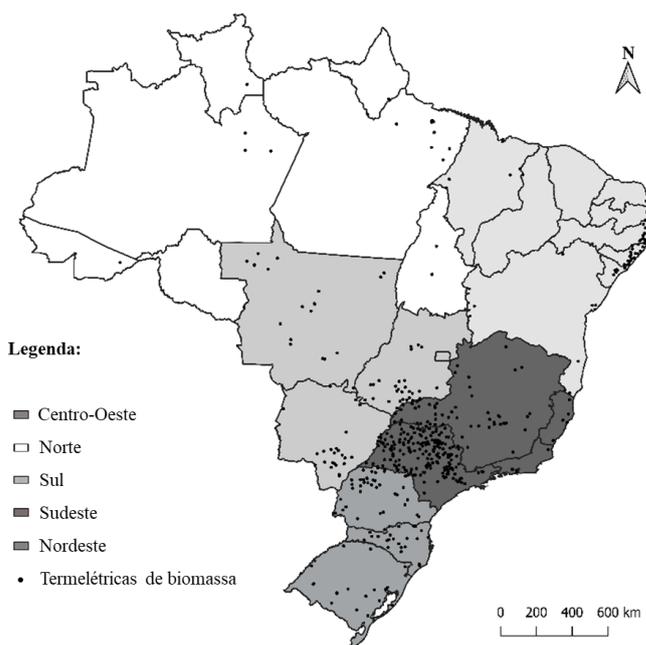
O índice de Entropia de Theil (E), proposto por Theil (1967), foi desenvolvido com base na teoria da informação e utilizado em diversas áreas para análise de estruturas de mercado. Segundo Resende (1994), a E pode ser considerada uma medida de concentração inversa ao HHI. Para a $E = 0$ há monopólio e $E = \ln(n)$ (Limite Superior – LS) mercado homogêneo. Analogamente ao HHI, Resende (1994) sugeriu uma adequação na Entropia, desenvolvendo a Entropia ajustada (E'), onde $E' = 0$ (concentração máxima) e $E' = 1$ (concentração mínima).

O Índice de desigualdade de Gini (G), proposto por Gini (1912), foi desenvolvido para averiguar desigualdade social, com base na renda populacional. A classificação da desigualdade de G varia de nula a fraca ($0,00 \leq G \leq 0,25$), de fraca a média ($0,25 < G \leq 0,50$), de média a forte ($0,50 < G \leq 0,70$), de forte a muito forte ($0,70 < G \leq 0,90$) e de muito forte a absoluta ($0,90 < G \leq 1,00$) (GINI, 1912).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a distribuição espacial das termelétricas de biomassa no Brasil, em 2019. Foram registradas 565 térmicas da biomassa no território nacional. Notou-se aglomerações na região Sudeste, com 295 usinas (53,93%), e foco em São Paulo que representou 40,04% (219 termelétricas) das empresas. O Centro-Oeste contou com 83 firmas (15,17%), localizadas, em sua maioria, próximo das divisas dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. A região Sul teve 81 usinas (14,81%), sendo a maioria das indústrias de base florestal. No Nordeste, com 69 térmicas (12,61%), notou concentração na zona litorânea, associado ao setor sucroalcooleiro. A região Norte apresentou a maior dispersão territorial e o menor número de térmicas, com 19 empresas (3,47%).

Figura 1. Distribuição espacial das termelétricas de biomassa no Brasil, em 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da ANEEL (2019).

A Tabela 3 apresenta a distribuição estadual da oferta de bioeletricidade (total e nível 1), no Brasil, em MW, para 2019. Das 565 termelétricas identificadas no território nacional, 74,87% foram do nível agroindustrial, 17,88% das florestas, 4,25% de resíduos urbanos, 2,48% de resíduos animais e 0,53% de biocombustíveis líquidos. A potência instalada foi 14.856,20 MW, sendo 77,84% da biomassa agroindustrial, 21,09% das florestas, 1,01% de resíduos urbanos, 0,03% dos resíduos animais e 0,03% para biocombustíveis líquidos.

Tabela 3. Distribuição regional da oferta de bioeletricidade (total e nível 1), no Brasil, em MW, para 2019.

Regiões	Fontes Nível 1										Biomassa	
	Agroindustrial		Bio. Liq.		Floresta		Res. Anim.		Res. Urb.		Qtd.	Pot.
	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.
Sudeste	254	7.324,71	0	0	30	542,16	4	107,08	18	0,46	306	7.974,41
Centro-Oeste	64	2.604,76	0	0	17	768,60	2	2,55	1	2,34	84	3.378,25
Nordeste	57	926,57	0	0	9	743,96	0	22,91	2	0,00	68	1.693,44
Sul	42	606,34	1	0,32	33	972,67	8	18,18	3	1,69	87	1.599,19
Norte	6	101,44	2	4,35	12	105,14	0	0,00	0	0,00	20	210,93
Brasil	423	11.563,83	3	4,67	101	3132,51	14	4,48	24	150,71	565	14.856,20

Legenda: Bio. Liq = Biocombustíveis Líquidos; Res. Anim. = Resíduos Animais; Res. Urb. = Resíduos Urbanos; Qtd. = quantidade; Pot. = capacidade instalada.

Fonte: ANEEL (2019).

No Sudeste, identificou-se 306 termoelétricas de biomassa (54,16%) e potência instalada de 7.974,41 MW (53,68%); o setor agroindustrial foi o mais representativo com 254 firmas (83,01%) e 7.324,71 MW (91,85%), justificado pela grande oferta de cana de açúcar na região (BRASIL, 2018). As indústrias de base florestal foram a segunda mais significativa, com 30 usinas (9,80%) e 542,16 MW

instalados (6,80%), seguida dos resíduos urbanos (Res.Urb.) com 18 usinas (5,88%) e 107,08 MW (1,34%) e das firmas de bioeletricidade dos resíduos animais (Res. Anim.) com 4 (1,30%) e 0,45 MW (< 0,1%). Não houve geração a partir dos biocombustíveis líquidos.

O Sul foi a segunda região com maior número de térmicas (87 termelétricas) e a terceira para capacidade instalada (1.599,19 MW), destacou ainda como única a utilizar todas fontes nível I da biomassa. A principal forma de geração foram os recursos florestais, com 33 usinas e 972,67 MW instalados. A região apresenta vocação florestal com condições edafoclimáticas favoráveis, grande quantidade de florestas plantadas e baixo custo para produção florestal, impulsionando a geração de eletricidade para este segmento (FONSECA, 1995).

O Centro-Oeste contou com 84 usinas, onde 76,19% estiveram relacionadas a agroindústria, 20,24 % as indústrias de base florestal, 2,38% aos resíduos animais e 1,19% aos resíduos urbanos. Para a potência instalada, a região registrou o segundo maior potencial do país, com 3.378,25 MW e destaque para biomassa agroindustrial com 2.604,76 MW, que representou 77,10% do total regional. O Nordeste brasileiro teve 68 termelétricas e capacidade de 1.693,44 MW, sendo os recursos agroindustriais os de maior participação (54,31%), devido ao elevado número de autoprodutores de eletricidade no setor sucroalcooleiro da região (FERREIRA et al. 2018). Por sua vez, o Norte brasileiro foi o que apresentou o menor número de usinas, com 20 firmas e 210,93 MW instalados, que representa 1,38% da potência nacional a partir da biomassa.

A Tabela 4 apresenta a distribuição estadual da oferta de bioeletricidade (total e nível 1), no Brasil, em MW, para 2019. O estado de São Paulo, com 224 termelétricas, apresentou 39,64% das usinas nacionais, seguido de Minas Gerais com 72 térmicas (12,74%) e do Paraná, com 44 térmicas (7,79%); os demais estados somaram 225 usinas, que representaram 39,83%, do total nacional. Proporcionalmente a quantidade de termelétricas, o estado de São Paulo apresentou a maior potência instalada do país, com 6.045,34 MW (40,70%) instalados, seguiram: o Mato Grosso do Sul, com 1.770,44 MW (11,92%), Minas Gerais, com 1.590,19 MW (10,70%), Goiás, com 1.348,37 MW (9,07%) e Paraná com 1.065,27 MW (7,17%). Os demais estados somaram 3.036,59 MW (20,44%).

Para o nível agroindustrial, o estado de São Paulo apresentou o maior número de usinas e maior potência instalada com 48,70% das usinas (206 termelétricas) e 51,16% da potência instalada (5.916,39 MW). Destacaram: Minas Gerais com 44 usinas (10,40%) e 1.307,42 MW (11,31%) e Goiás com 32 usinas (7,56%) e 1.340,37 MW (11,59%).

Para a geração a partir da biomassa florestal o estado de Minas Gerais apresentou o maior número de usinas (19), com 258,13 MW (8,24%) instalados. O Mato Grosso do Sul com 693,62 MW, representou 22,14% do total florestal e foi o estado com maior capacidade do país, seguido do Paraná com 508,98 MW (16,25%) e da Bahia com 456,62 MW (14,58%) que embora tenha apresentado apenas 4 usinas, foi um dos estados com grande capacidade instalada, justificado pelo elevado potencial do estado com relação as indústria de papel e celulose (MATTOS; VALENÇA, 1999, SANTOS, D. et al. 2019).

Tabela 4. Distribuição estadual da oferta de bioeletricidade (total e nível 1), no Brasil, em MW, para 2019.

UF	Agroindustrial		Bio. Liq.		Nível 1 Floresta		Res. Anim.		Res. Urb.		Biomassa	
	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.
SP	206	5.916,39	0	0,00	8	69,69	0	0,00	10	59,26	224	6.045,34
MS	23	1.074,27	0	0,00	6	693,62	0	0,00	1	2,55	30	1.770,44
MG	44	1.307,42	0	0,00	19	258,13	4	0,46	5	24,18	72	1.590,19
GO	32	1.340,37	0	0,00	2	8,00	0	0,00	0	0,00	34	1.348,37
PR	28	547,32	0	0,00	10	508,98	5	0,41	1	8,56	44	1.065,27
BA	2	44,00	0	0,00	4	456,52	0	0,00	1	19,73	7	520,25
RS	10	46,75	1	0,32	7	274,51	0	0,00	1	8,56	19	330,13
AL	21	324,86	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	21	324,86
PE	19	315,51	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	19	315,51
MA	2	9,40	0	0,00	5	287,44	0	0,00	0	0,00	7	296,84
ES	3	56,90	0	0,00	2	213,90	0	0,00	0	0,00	5	270,80
MT	9	190,13	0	0,00	9	66,98	2	2,34	0	0,00	20	259,44
SC	4	12,27	0	0,00	16	189,18	3	1,28	1	1,07	24	203,79
PB	5	98,10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	3,18	6	101,28
PA	2	12,45	2	4,35	7	78,31	0	0,00	0	0,00	11	95,11
TO	1	80,00	0	0,00	1	11,50	0	0,00	0	0,00	2	91,50
RJ	1	44,00	0	0,00	1	0,44	0	0,00	3	23,63	5	68,07
SE	5	59,70	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	59,70
RN	2	57,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	57,00
PI	1	18,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	18,00

AM	1	5,00	0	0,00	2	9,03	0	0,00	0	0,00	3	14,03
RR	0	0,00	0	0,00	1	4,80	0	0,00	0	0,00	1	4,80
RO	1	2,29	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	2,29
AP	1	1,70	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1,70
AC	0	0,00	0	0,00	1	1,50	0	0,00	0	0,00	1	1,50
BR	423	11.563,83	3	4,67	101	3.132,51	14	4,48	24	150,71	565	14.856,20

Legenda: Bio. Liq = Biocombustíveis Líquidos; Res. Anim. = Resíduos Animais; Res. Urb. = Resíduos Urbanos; Qtd. = quantidade; Pot. = capacidade instalada.

Fonte: ANEEL (2019).

Os resíduos animais tiveram potência instalada de 4,48 MW, que gerou menos de 1,00% da bioeletricidade no Brasil, destacando os estados de Minas Gerais com 4 usinas e 0,46 MW e o Paraná com 5 usinas e 0,41 MW instalados. Para os resíduos urbanos foram identificadas 10 usinas em São Paulo (41,66%), 5 em Minas Gerais (20,84%), 3 no Rio de Janeiro (12,50%) e 1 usina para os estados da Bahia, Mato Grosso do Sul, Paraná, Paraíba e Rio Grande do Sul. Com 59,26 MW (39,32%), São Paulo deteve a maior capacidade instalada a partir deste recurso, seguido dos estados de Minas Gerais (24,18 MW – 16,04%) e Bahia (19,73 MW – 13,09%). O uso de resíduos urbanos para bioeletricidade apresenta viabilidade econômica e promoção da política nacional de resíduos sólidos (SANTOS, R. et al., 2019).

Para aos biocombustíveis líquidos, apenas os estados do Pará (2 usinas de óleo vegetais) e do Rio Grande do Sul (1 usina de etanol) utilizaram esta fonte para geração de eletricidade somando 4,67 MW. O estado do Ceará e o Distrito Federal não apresentaram geração de eletricidade a partir da biomassa para de 2019.

A distribuição da quantidade de termelétricas e da potência instalada a partir da biomassa, no território nacional pode ser analisada com base os indicadores de concentração. A Tabela 5 apresenta os indicadores de concentração da quantidade e potência instalada da oferta de bioeletricidade (total e nível 1), nos estados brasileiros, para 2019. Para o número de termelétricas da biomassa total, o CR (1) foi de 39,65%, indicando São Paulo como principal produtor, o CR(2) foi de 52,28% adicionando Minas Gerais. O CR(4) de 66,19%, apontou oferta altamente concentrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Goiás. O CR(8) de 83,01% indicou concentração moderadamente alta, adicionando os estados do Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Alagoas e Mato Grosso.

Tabela 5. Indicadores de concentração da quantidade e potência instalada da oferta de bioeletricidade (total e nível 1), nos estados brasileiros, para 2019.

Ind.	Agroindustrial		Nível 1				Res. Anim.		Res. Urb.		Biomassa	
	Qtd.	Pot.	Bio. Liq. Qtd.	Pot.	Floresta Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.
CR (1)	48,70%	51,16%	66,67%	93,15%	18,81%	22,14%	35,71%	52,22%	41,67%	39,32%	39,65%	40,69%
CR (2)	59,10%	62,75%	100%	100%	34,65%	38,39%	64,29%	80,69%	62,50%	55,37%	52,39%	52,61%
CR (4)	73,29%	83,35%	-	-	53,47%	62,14%	100%	100%	79,17%	84,14%	66,19%	72,39%
CR (8)	90,54%	95,26%	-	-	81,19%	92,01%	-	-	95,83%	99,29%	83,01%	87,47%
HHI	0,2671	0,3009	0,5556	0,8724	0,1032	0,1295	0,2755	0,3724	0,2431	0,2293	0,1937	0,2087
LI	0,0435	0,0435	0,5000	0,5000	0,0588	0,0588	0,2500	0,2500	0,1111	0,1111	0,0400	0,0400
HHI'	0,2338	0,2691	0,1111	0,7447	0,0472	0,0751	0,0340	0,1633	0,1484	0,1330	0,1601	0,1757

<i>E</i>	1,9492	1,7263	0,6365	0,2498	2,4816	2,2274	1,3337	1,1481	1,7460	1,7285	2,2392	2,0999
<i>LS</i>	3,1355	3,1355	0,6931	0,6931	2,8332	2,8332	1,3863	1,3863	2,1972	2,1972	3,2189	3,2189
<i>E'</i>	0,6217	0,5506	0,9183	0,3604	0,8759	0,7862	0,9621	0,8282	0,7946	0,7867	0,6956	0,6524
<i>G</i>	0,8048	0,8356	-	-	0,6412	0,7013	0,2143	0,3094	0,5741	0,5912	0,7855	0,8088

Legenda: Ind. = indicadores; CR(k) = Razão de Concentração; HHI = Índice de Herfindahl-Hirschman; LI = Limite Inferior; HHI' = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; E = Entropia de Theil; LS = Limite Superior; E' = Entropia de Theil ajustada; G = Índice de Gini; Res. Anim. = Resíduos Animais; Res. Urb. = Resíduos Urbanos; Bio. Liq = Biocombustíveis Líquidos; Qtd. = quantidade; Pot. = capacidade instalada.

O HHI com valor de 0,1937 e do LI de 0,0400 apontaram pouca concentração e o HHI' com valor de 0,1601 classificou a estrutura como de concentração moderada. A E' com 0,6956 corroborou com o HHI' evidenciando um cenário moderadamente concentrado. A apreciação do índice de Gini (G) representou uma desigualdade forte a muito forte para a distribuição estadual do número de usinas, com 0,7855.

Para o nível agroindustrial, registrou 23 estados participantes; o CR(1) apontou, assim como para biomassa total, São Paulo como estado com maior número de usinas, com 48,70% da participação. O CR(2) (58,99%) acrescentou Minas Gerais. Segundo classificação de Bain (1959), os resultados do CR(4) (73,29%) e CR(8) (90,54%) classificaram a concentração estadual como alta e muito alta, respectivamente. Compuseram os índices: São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Paraná, para o CR(4) e em adição, estiveram Mato Grosso do Sul, Alagoas, Pernambuco e Rio Grande do Sul, para o CR(8).

A proximidade do HHI (0,2671) ao seu LI (0,0435) mostrou distribuição pouco concentrada, já o HHI' (0,2338) evidenciou concentração moderada. A E (1,9450) esteve mais próxima ao seu LS (3,1355) apresentando tendências de uma concentração moderada, a E' (0,6217) refletiu a mesma observação. Por sua vez o G (0,8052) representou uma concentração que variou de forte a muito forte. Para os biocombustíveis líquidos apenas dois estados tiveram usinas instaladas, assim os indicadores de Razão Concentração e Gini não inferiram resultados. O HHI' (0,1111) e da E' (0,9183) apontaram que não houve concentração para este nível de fonte.

Para o nível florestal foi registrada a participação de 17 estados. O CR(1) apresentou o estado de Minas Gerais (19 usinas) como o de maior número de usinas no país. A região mineira destacou-se pelo elevado número de siderúrgicas com cogeração de eletricidade a partir do gás de alto forno de biomassa, como visto por Silva, Matias e Bajay (2018). O CR(4) e CR(8) apresentaram valor de 53,47% e 81,19%, respectivamente, que indicou concentração moderadamente alta, reflexo do baixo número de participantes do mercado, destacou os estados da região Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Hoff e Simioni (2004) identificaram a existência de aglomerações, para a mesma região, ao observar o setor florestal catarinense. O índice HHI com valor de 0,1032 e o LI de 0,0588 inferiu não haver concentração, assim como o HHI' (0,0472) e a E' (0,8759). O índice G (0,6412) apresentou concentração que varia de média a forte.

Para os resíduos animais foram contabilizados apenas 4 estados participantes, o índice CR (1) apresentou valor de 35,71%, focado no Paraná e o CR(2) de 64,29%, pela adição de Minas Gerais. Como esperado a concentração no CR(4) foi máxima.

O HHI (0,2755), LI (0,2500) e do HHI' (0,0340) mostraram que não há concentração do número de usinas de resíduos animais, considerando o número de estados participantes. A E' (0,8759) colaborou com o resultado encontrado nos índices anteriores, inexistência na concentração. O G (0,6412) destacou a distribuição como de desigualdade nula a fraca.

Para o nível de resíduos urbanos, participaram 9 estados. O CR(1) (41,67%) apresentou o estado de São Paulo e o CR(2) (62,50%) adicionou Minas Gerais. O CR(4) de 79,17%, representou concentração muito alta, assim como o CR(8) de 95,83% (BAIN, 1959). O HHI (0,2431), LI (0,111) e HHI' (0,1484) apontaram concentração moderada a fraca. A E' de 0,7946 apresentou comportamento semelhante. O índice G (0,5741) apresentou desigualdade média a forte.

Da potência instalada para biomassa total, o CR(1) apresentou São Paulo (6.045,31 MW) como principal estado na oferta de bioeletricidade, com participação de 40,69%. Para o CR(2) foi adicionado o Mato Grosso do Sul (1.770,44 MW), atribuindo ao indicador valor de 52,61%. O CR(4) e CR(8) apresentaram valores de 72,39% e 87,47%, respectivamente, classificando a oferta como concentração alta (BAIN, 1959). O HHI (0,2087) e o LI (0,0400) mostraram tendência de concentração fraca; o HHI' (0,1757) apontou concentração moderada. A E' apresentou valor intermediário (0,6524), o que atribui uma concentração de fraca a média para a potência instalada. O G foi 0,8088 e mostrou uma desigualdade forte a muito forte.

Para a biomassa agroindustrial o CR(1) apresentou valor de 51,16% e o CR(2) de 62,75%, apontando elevada participação do dois principais estados (SP e GO) na potência instalada, com destaque para o uso do bagaço de cana. No Goiás destacaram as térmicas Porto das águas (160 MW), maior usina agroindustrial do país, e a Caçu I (130MW). Para São Paulo, além da grande quantidade de térmicas, observou elevado potencial na Barra Bioenergia (136 MW) e Cocal II (131,30 MW). Além do domínio de mercado existente, Moreira et al. (2016) apontaram que São Paulo deve aumentar em até 7 vezes a capacidade instalada de bioeletricidade, até 2035, evidenciando o potencial do Estado.

O CR(4) de 83,35% e o CR(8) de 95,26%, permitiram classificar a oferta como muito concentrada. O HHI (0,3009) e o LI (0,0435), indicaram tendências de concentração forte. O HHI' com 0,2691 classificou a distribuição de potência instalada como de concentração forte. A E (1,7263) e o LS (3,1355) apresentam tendências de concentração, junto a E' com 0,5506. O valor de G foi de 0,8356, classificando a distribuição como de desigualdade forte a muito forte.

Para os biocombustíveis líquidos apenas o HHI' e a E' apresentaram resultados conclusivos apontando distribuição fortemente concentrada, tendo em vista que 93,15% da potência esteve no estado do Pará, com as térmicas Palmares (0,16 MW) e Agropalma (2,71 MW).

Para o nível florestal, o CR(1) mostrou que o Mato Grosso do Sul representou 22,14% da potência florestal nacional, associada as elevadas potências da usinas Fibria MS e Fibria MS-II, as quais estão associadas ao setor de celulose; o CR(2), com adição do Paraná, apresentou 38,39% da participação, no qual estabeleceu-se algumas termelétricas do grupo Klabin.

Compondo o CR(4) os estados do Mato Grosso, Paraná, Bahia e Maranhão, apresentam participação de 62,14% e classificação de concentração moderadamente alta, nos estados estiveram implementadas filiais do grupo Suzano (incluso as usinas Klabin), Aracruz e Veracel. Santos, D. et al. (2019), reafirmam esta análise, apontando o grupo Suzano e Celulose Irani como responsáveis por 85% da do mercado de celulose e papel brasileiro. O CR(8) (92,01%) apontou concentração muito alta. Incorporando o número de participantes do mercado (17 estados), o HHI' (0,0751) e a E' (0,7862) apontaram concentração baixa. O G apresentou valor de 0,6983 e classificou a oferta como de desigualdade média a forte.

Para o nível dos resíduos animais, o CR(1) foi de 52,22%, mostrando o Mato Grosso como estado com maior potência instalada a partir deste recurso. O CR(2) apresentou valor de 80,69%, adicionando Santa Catarina. Os estados apresentaram as quatro maiores usinas para este segmento: Ipiranga do Norte I (1,56 MW) e Nossa Senhora Aparecida I (0,78 MW), no MT e Fazenda da Luz (0,81 MW) e Granja São Roque (0,42 MW), em SC. O CR(4) foi 100%, pois houve apenas 4 estados participantes.

O HHI (0,3724), LI (0,2500) e o HHI' (0,1633) indicaram oferta de concentração moderada; a E (1,1481) e LS (1,3863) inferiram pouca concentração para este cenário, a E' (0,8282) colaborou com esta classificação. O G foi 0,3094, resultando em desigualdade fraca a média. Embora a capacidade instalada ainda seja pequena, Salomon e Lora (2009) destacam um potencial de até 1,13 GW para bioeletricidade RA no Brasil, destacando potencial nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraná e Mato Grosso.

A análise para os resíduos urbanos apresentou CR(1) de 39,32% e CR(2) 55,37%, como resultado da participação de São Paulo e Minas Gerais, respectivamente. O CR(4) (84,14%) e CR(8) (99,29%) representa concentração muito alta. O impacto da integração do número de participantes (9 estados) aos dados, foi observado no HHI' (0,1757) e na E' (0,6524) que indicaram concentração moderada. O índice G (0,8088) classificou a oferta como de desigualdade forte a muito forte. Segundo Barros, Thiago Filho e Silva (2014), a geração do biogás-RU só apresenta viabilidade econômica em municípios com no mínimo 200.000 habitantes, o que ocasiona concentração da potencia instalada nos estados de maior densidade populacional do país.

4 CONCLUSÃO

Com base nas análises realizadas foi possível concluir que:

A região Sudeste apresentou o maior número de usinas termoelétricas de biomassa e maior potência instalada no Brasil, em 2019. O estado de São Paulo foi o mais representativo, com foco na cogeração dos resíduos agroindustriais, em especial, o bagaço de cana de açúcar. Também, notou elevada significância para os recursos florestais, associado as indústrias de papel e celulose, serrarias e siderúrgicas, com destaque no Paraná, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

A concentração estadual para a quantidade de usinas foi moderada, destacando a importância dos oito estados com maior número de firmas, como mostrado pelo CR(8). Os índices HHI' e E' apontaram concentração moderada,

enquanto G representou uma desigualdade forte a muito forte. Notou que o nível agroindustrial apresentou a maior concentração estadual, enquanto o de resíduos animais foi o nível de menor concentração, dado o baixo número de usinas instaladas.

A análise da potência instalada para a biomassa total apresentou concentração moderadamente alta, como apontado pelos índices CR(4), CR(8), HHI, E e G, relacionado ao elevado potencial agroindustrial e florestal da região centro-sul do país. A geração a partir da biomassa agroindustrial teve maior concentração, em contrapartida o nível florestal apresentou a menor concentração, associado a distribuição das filiais das principais empresas do segmento.

Concentration of the supply bioelectricity in Brazil

ABSTRACT

His article analyzed the Brazilian concentration of bioelectricity supply, in 2019. The quantity and installed power of the Brazilian biomass plants, available at the National Information Agency (BIG) of the National Electric Energy Agency (ANEEL) were used to measure, in 2019. Concentration Ratio [CR (k)], Herfindahl – Hirschman Index (HHI), Theil Entropy (E) and Gini Coefficient (G) indicators were used. The Southeast had the largest amount of biomass thermoelectric plants and the largest installed capacity in Brazil, in 2019. The state of São Paulo was the most representative, focused on cogeneration from agro-industrial waste. The state concentration for number of plants was moderate, highlighting the eight states with the largest number of firms, as shown by the CR (8). The HHI' and E' indices showed moderate concentration, while G represented strong to very strong inequality. The installed power had a moderately high concentration, indicated by the CR (8), HHI, E and G and related to the high agro-industrial and forestry potential of the south-central region of the country. Generation from the agro-industrial sector had a higher concentration, in contrast, the forestry level showed the lowest concentration, associated with the spatial distribution of branches of large companies in the segment.

KEYWORDS: Energy economy. Bioenergy. Market structure.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Banco de Informações de Geração. Disponível em:
<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

AKHTARI, S.; SOWLATI, T.; DAY, K. Economic feasibility of utilizing forest biomass in district energy systems—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 33, n. 1, p. 117-127, 2014.

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

BARROS, R. M.; TIAGO FILHO, G. L.; SILVA, T. R. The electric energy potential of landfill biogas in Brazil. *Energy Policy*, v. 65, p. 150-164, 2014.

BERGER, P. G.; MINNIS, M.; SUTHERLAND, A. Commercial lending concentration and bank expertise: Evidence from borrower financial statements. *Journal of Accounting and Economics*, v. 64, n. 2-3, p. 253-277, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. Relação Anual de Informações Sociais ação Anual de Informações Sociais – RAIS. Brasília: 2018. Disponível em: <trabalho.gov.br/rais>. 2018. Acesso em: 02 nov. 2018.

CHALVATZIS, K. J.; IOANNIDIS, A. Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy. *Applied Energy*, v. 207, p. 465-476, 2017.

COELHO JUNIOR, L. M.; SELVATTI, T. S.; ALENCAR, F. V.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. Global concentration of pulp exports. *Floresta*, v. 48, p. 443-452, 2018a.

COELHO JUNIOR, L. M.; MARTINS, K. L. C.; SILVA, M. V. B.; PINTO, P. A. L. A. Spatial distribution of firewood production in Northeastern Brazil (1994-2013). *Revista Árvore*, v. 42, p. e420402, 2018b.

COELHO JUNIOR, L. M.; MEDEIROS, M. G.; SANTOS JUNIOR, E. P.; SOARES, H. C. C.; JOAQUIM, M. S.; SILVA, M. L. Regional concentration of charcoal production in Paraíba state, Brazil (1994-2016). *Revista Árvore*, v. 41, n. 1, p. e430105, 2019a.

COELHO JUNIOR, L. M.; BURGOS, M. C.; SANTOS JUNIOR, E. P.; PINTO, P. A. L. A. Regional concentration of the gross value of production of firewood in Paraíba. *Floram*, v. 26, p. e20170887, 2019b.

COELHO JUNIOR, L. M.; SELVATTI, T. S.; ALENCAR, F. V.; SILVA, M. L.; REZENDE, J. L. P. Global concentration of MDF (Medium Density Fiberboard) exports. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, v. 25, p. 413-424, 2019c.

DAVID, P. A.; ROSENBLOOM, J. L. Marshallian factor market externalities and the dynamics of industrial localization. *Journal of urban Economics*, v. 28, n. 3, p. 349-370, 1990.

ELLISON, G.; GLAESER, E. The geographic concentration of industry: does natural advantage explain agglomeration? *American Economic Review*, v. 2, n. 89, p. 311-316, 1999.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Séries Históricas. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>. Acesso em: 20 jan. 2020.

FERREIRA, L. R. A.; OTTO, R.B.; SILVA, F. P.; DE SOUZA, S. N. M.; DE SOUZA, S. S.; ANDO JUNIOR, O. H. Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 94, p. 440-455, 2018.

FILGUEIRA, G. C.; CAIRES, M. D. S. L.; CARVALHO, A. C.; ARAÚJO, A. C. D. S.; CARVALHO, A. V. Desenvolvimento local sustentável através da produção concentrada de madeira em tora no estado do Pará. *Revista Agroecossistemas*, v. 9, n. 2, p. 102-129, 2018.

FONSECA, M. G. D. A indústria de papel e celulose no Brasil: um estudo sobre competitividade e meio ambiente. *Informações econômicas governo do estado de São Paulo instituto de economia agrícola*. v. 25, p. 11-32, 1995.

FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A. J. *The spatial economy, cities, region and international trade*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.

GINI, C. *Variabilità e mutuabilità. Contributo allo studio delle distribuzioni e delle relazioni statistiche*. Bologna: C. Cuppini, 1912

HEIMANN, J. P.; GONÇALVES, K.; DRESCH, A. R.; Silva, J. C. G. L. D. Concentration of Frames imported by the United States, PERIOD OF 2005 TO 2009. *Cerne*, v. 21, n. 1, p. 59-65, 2015.

HERFINDAHL, O. C. *Concentration in the Steel Industry*. 1950. 175 f. Thesis (Ph.D.) - Columbia University, New York, 1950.

HIRSCHMAN, A. O. The paternity of an index. *The American Economic Review*, Pittsburgh, v. 54, n. 5, p 761-762, Sept. 1964.

HOFF, D. N. ; SIMIONI, F. J. . *O Setor de Base Florestal na Serra Catarinense*. 1. ed. Lages: Editora Uniplac, 2004. 254 p.

INTERNATIONAL ENERGY ANGENCY. *Data and statistics*. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics>. Acesso em: 01 de abr. de 2020.

KON, A. *Economia industrial*. São Paulo: Nobel, 1994.

KRUGMAN, P. Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, n. 99, p. 483-499, 1991a.

KRUGMAN, P. *Geography and trade*. Cambridge, MA: MIT Press, 1991b.

LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. *Revista Teoria e Evidência Econômica*, v. 19, n. 41, 2013.

MATTOS, R. L. G.; VALENÇA, A. C. V. A reestruturação do setor de papel e celulose. BNDES 1999.

MOHAMMED, N.; ISMAIL, A. G.; MUHAMMAD, J.; JALIL, S. A.; NOOR, Z. M. Market concentration of Malaysia's Islamic banking industry. *Journal Ekonomi Malaysia*, v. 49, n. 1, p. 3-14, 2015.

MOREIRA, J. R.; ROMEIRO, V., FUSS, S.; KRAXNER, F.; PACCA, S. A. BECCS potential in Brazil: Achieving negative emissions in ethanol and electricity production based on sugar cane bagasse and other residues. *Applied Energy*, v. 179, p. 55-63, 2016.

POSSAS, M. L. *Estruturas de Mercado em Oligopólio: economia e planejamento*. 2ª ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

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

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, v. 33, n. 9, p. 1101-1107, 2009.

SÁNCHEZ-GARCÍA, S.; CANGA, E.; TOLOSANA, E.; MAJADA, J. A spatial analysis of woodfuel based on WISDOM GIS methodology: Multiscale approach in Northern Spain. *Applied Energy*, v. 144, p. 193-203, 2015.

SANTOS, D. R.; ROCHA, P. M.; COSTA, V. G.; SOARES, Y. L. S. Economic and Financial Performance of the Brazilian Pulp and Paper Industry. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 6, n. 7, p. 622 – 634, 2019.

SANTOS, R. E.; SANTOS, I. F. S.; BARROS, R. M.; BERNAL, A. P.; TIAGO FILHO, G. L.; SILVA, F. G. B. Generating electrical energy through urban solid waste in Brazil: An

economic and energy comparative analysis. Journal of environmental management, v. 231, p. 198-206, 2019.

SILVA, R. R.; MATHIAS, F. R. C.; BAJAY, F. R. Potential energy efficiency improvements for the Brazilian iron and steel industry: Fuel and electricity conservation supply curves for integrated steel mills. Energy, v. 153, p. 816-824, 2018.

SLEUWAEGEN, L.E.; DEHANDSCHUTTER, W.V. The Herfindahl index and concentration ratios revisited. Antit. Bull., v.34, p. 625-640, 1986.

SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. Perspectiva Econômica, v. 12, n. 1, p. 29-41, 2016.

THEIL, H. Economics and information theory. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.

TUSHAJ, A. Market concentration in the banking sector: Evidence from Albania. BERG Working paper series on government and growth, 2010.

Recebido: 23 jun. 2021.

Aprovado: 12 set. 2021.

DOI: 10.3895/rbpd.v10n4.12179

Como citar: JÚNIOR, E. P. S., NUNES, A. M. M., ARAÚJO, Y. R. V., MARTINS, K. L. C., JUNIOR, L. M. C. Concentração da oferta de bioeletricidade no Brasil. **R. bras. Planej. Desenv.** Curitiba, v. 10, n. 04, p. 648-665, Edição Especial Reflexões do Planejamento e Governança na preservação do meio ambiente, dez. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Luiz Moreira Coelho Junior
Campus I - Lot. Cidade Universitaria, PB

Direito autorial: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

