

CONCENTRAÇÃO REGIONAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA PARAÍBA: Uma análise da energia solar fotovoltaica pelos índices de Hoover e de Krugman

CLARISSE FREIRE BARBOZA MAURÍCIO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

ITALO ROGER FERREIRA MORENO PINHEIRO DA SILVA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

MONICA CARVALHO

RAPHAEL ABRAHÃO

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Introdução

Uma das tecnologias sustentáveis em maior desenvolvimento na atualidade e com tendência de ascensão nos próximos anos é a energia fotovoltaica (MATHUR; SINGH; SUTHERLAND, 2020). De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, a Geração Distribuída Solar Fotovoltaica no Brasil tem capacidade instalada de aproximadamente 8 GW.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Para identificação do lugar de destaque do setor fotovoltaico, realiza-se estudos sobre a geografia econômica e concentração para analisar sua distribuição em determinada área. Em busca de entender o mercado fotovoltaico paraibano e sua dinâmica regional, assim como contribuir para desenvolvimento de políticas estatais no setor renovável, o presente artigo tem como objetivo analisar a concentração da geração distribuída fotovoltaica da Paraíba, nos anos de 2014 a 2021, com o auxílio de dois indicadores e considerando as classes de divisão da geração distribuída.

Fundamentação Teórica

Os indicadores de concentração são essenciais para definir a estrutura do mercado, analisando o quanto uma atividade econômica tem domínio sobre uma região específica. (CHARUMBIRA; SUNDE, 2010). O índice de Hoover é mostrado por Long e Nucci (1997) como uma medida que analisa a tendência de concentração da distribuição populacional em evolução em uma região, assim como uma métrica de desigualdade para identificar o desvio da distribuição. O Índice de Dessemelhança de Krugman (1993) compara a mesma variável em duas regiões diferentes, sendo uma delas referência.

Metodologia

O índice de Hoover foi aplicado às unidades geradoras presentes na Paraíba nos anos de 2014 a 2021 para cada grupo de tensão presente no Estado nas instalações de Geração Distribuída Fotovoltaica e exibido em gráficos para cada grupo de tensão. O Índice de Dessemelhança de Krugman que mede o grau que as regiões diferem da referência em capacidade instalada foi apresentado em mapas para comparação das regiões, os resultados encontrados foram divididos em quartis de 0 a 0,5; 0,5 a 1; 1 a 1,5 e 1,5 a 2.

Análise dos Resultados

Os grupos de tensão A3, AS e B4 têm o índice igual a zero, por possuir apenas um município com esse tipo de grupo de tensão, sendo os dois primeiros em Patos e B4 em Monteiro, gerando baixa concentração e distribuição uniforme. No índice de Dessemelhança de Krugman, em 2014 a 2016 definiu-se João Pessoa, como região de referência, em 2017 e 2018 estabeleceu Sousa, Campina Grande em 2019, João Pessoa em 2020 e Cabaceiras em 2021, considerando a maior potência instalada no estado ano a ano. Nos anos de 2014 a 2017, o município com menor índice de Krugman foi João Pessoa.

Conclusão

Na verificação estadual do índice de Hoover, os grupos A3, AS e B4 possuem apenas um município com esse grupo de tensão e, por isso, possuem índice de Hoover igual a zero, com baixa concentração e distribuição uniforme. No índice de Dessemelhança de Krugman, nos anos iniciais, João Pessoa mais se assemelhou à região de referência e Lagoa Seca mais se diferenciou. Já nos anos finais do estudo, os municípios que destacaram-se fogem um pouco do esperado por possuírem baixa capacidade instalada. No grupo A1, o índice iniciou com valor igual a zero.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informações de Geração Distribuída. Disponível em: https://dadosabertos.aneel.gov.br/pt_BR/dataset/relacao-de-empresendimentos-de-geracao-distribuida. Acesso em: 19 abr. 2022. KRUGMAN, P. Geography and trade. Cambridge: MIT Press, 1993. KRUGMAN, P. Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, v. 99, p. 483-499, 1991. Resolução normativa ANEEL. nº 482, de 17 de abril de 2012. Disponível em . Acesso em: 14 abr.

Palavras Chave

Energias renováveis, Economia da energia, Economia

Agradecimento a órgão de fomento

Os autores agradecem a concessão de bolsa de mestrado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e o apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ pelo Edital nº 09/2021 Demanda Universal ao projeto “Avaliação sistêmica da energia solar fotovoltaica no estado da Paraíba”.

CONCENTRAÇÃO REGIONAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA PARAÍBA: Uma análise da energia solar fotovoltaica pelos índices de Hoover e de Krugman

INTRODUÇÃO

Uma das tecnologias sustentáveis em maior desenvolvimento na atualidade e com tendência de ascensão nos próximos anos é a energia fotovoltaica (MATHUR; SINGH; SUTHERLAND, 2020) que aproveita a energia diretamente do sol transformando-a em eletricidade, mesmo em dias nublados, por meio de dispositivos eletrônicos, tornando-se promissora em comparação as demais (GAUTAM; SHANKAR; VRAT, 2021). Segundo Nastase et al. (2018), a energia fotovoltaica tem tendência ao crescimento, pois é reconhecida como uma alternativa efetiva na redução das consequências negativas da queima de fósseis.

Conforme a *International Renewable Energy Agency* (IRENA), em 2000 quando iniciou a utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, os Estados Unidos lideravam a capacidade instalada de energia solar no mundo com 595 MW, seguido do Japão com 330 MW. Em 2020, em decorrência da pandemia da Covid-19, as adições de energias renováveis à capacidade global de renováveis superou as expectativas, somando mais de 260 GW de potência de energia renovável, tendo alta de 50% em relação ao ano anterior. Neste ano, a energia fotovoltaica teve expansão mundial com novas instalações de 127 GW, com destaque para China e Estados Unidos, adicionando 49 GW e 15 GW, respectivamente. Em 2021 a capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos, no cenário mundial, foi mais de 800 GW, tendo a China com maior capacidade instalada.

No Brasil, em 2011, foi inaugurada no município de Tauá, no sertão no Ceará, região Nordeste do Brasil, a primeira usina solar fotovoltaica com capacidade inicial de 1 MW e iniciou o incentivo à energia fotovoltaica em 2012 após lançar a resolução N° 482 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) que uma pessoa física pode injetar eletricidade na rede brasileira, se for produzida por fontes renováveis, isso incentivou às indústrias a desenvolverem-se nessa área.

De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em 2021, o Brasil teve geração solar de 877 MWmed, sendo 621 MWmed da região Nordeste, 1 MWmed da região Norte, 254 MWmed da região Sudeste/Centro-Oeste e 1 MWmed da região Sul. Na região Nordeste, aproximadamente, 38% da geração fotovoltaica localizava-se no Estado da Bahia, 33% no Piauí, 13% no Ceará, 6% na Paraíba, 5% no Rio Grande do Norte e 5% em Pernambuco. Para Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Brasil, em 2021, apresentou capacidade instalada de energia solar de 13 GW, tendo aumento de quase 66% em comparação ao ano anterior que atingiu a marca de 7,8 GW. A região Nordeste do Brasil, apresentou potência instalada de 933 MW distribuída em seus 9 estados.

A Geração Distribuída Fotovoltaica no Brasil tem capacidade instalada de aproximadamente 8 GW, em todos os estados brasileiros, distribuída em 5437 municípios brasileiros, com destaque para os Estados de Minas Gerais (1476 MW), São Paulo (1063 MW) e Rio Grande do Sul (1009 MW). No Estado da Paraíba, a geração distribuída por radiação solar iniciou em 2014 com potência instalada de 15,87 KW, dividida no município de João Pessoa e Patos, em 2021, apresentou potência instalada de 74 MW distribuída em 209 municípios do estado e tendo a capital, João Pessoa, a maior capacidade instalada.

Para Weber (1929), os fatores que influenciam na localização de determinada firma, no caso estudo é a unidade geradora distribuída, são i) regionais que relacionam-se à distribuição geográfica como mão-de-obra ou ii) locais que são independentes da geografia, podendo ter vantagens de produção resultante de fatores, como melhores condições de infraestrutura urbana e economias de escala, ou desvantagens das aglomerações, como alto custo de terra e poluição.

Segundo Mattei (2018), para otimizar a economia, são desenvolvidas estratégias que auxiliam as análises de economia regional para caracterizar estruturas de especialização e produtiva de uma área. Em razão da identificação do lugar de destaque do setor, em toda a economia, realiza-se estudos sobre a geografia econômica, assim como a concentração da atividade para analisar sua distribuição em determinada área. (ELLISON E GLAESER, 1994; KRUGMAN, 1991).

Dixon e Freebairn (2007) analisaram as tendências de especialização regional na Austrália usando o Índice de Dessemelhança de Krugman. Goschin et.al. (2009) fizeram uma análise dos padrões de especialização e concentração na economia romena utilizando o Índice de Dessemelhança de Krugman. Lasagni e Sforzi (2007) estudaram os determinantes de localização de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na Itália. Wazzan (2017) analisou a distribuição espacial das escolas de educação básica na cidade de Lattakia na Síria. Santos Júnior (2020) fez um estudo de localização e concentração da bioeletricidade florestal no Brasil utilizando índice de Hoover.

2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Em busca de entender o mercado fotovoltaico paraibano e sua dinâmica regional, assim como contribuir para desenvolvimento de políticas estatais no setor renovável, o presente artigo tem como objetivo analisar a concentração da geração distribuída fotovoltaica da Paraíba, nos anos de 2014 a 2021, com o auxílio de dois indicadores e considerando as classes de divisão da geração distribuída.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Objeto de estudo

A relação dos empreendimentos classifica as unidades geradoras de acordo com seu grupo de tensão, na Paraíba, tem-se os grupos de alta tensão, sendo eles grupo A1 (tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV), grupo A2 (tensão de fornecimento 88 kV a 138 kV) e A3 (tensão de fornecimento de 69 kV), grupo gerador com sistema subterrâneo de distribuição é o AS (tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV), o grupo de tensão B são das unidades geradoras com tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, sendo eles grupo B1 (classe residencial), grupo B2 (classe rural), grupo B3 (demais classes que podem ser comercial, industrial, poder público, serviço público) e B4 (iluminação pública).

Os dados são mostrados em quantidade e potência instalada em kW (quilowatt), a potência instalada define-se pelo somatório da potência elétrica ativa nominal das unidades referidas, relacionando a quantidade de unidades geradoras com os números de micro ou minigeradores distribuídos instalados no período descrito.

3.2 Medidas de concentração

Os indicadores de concentração são essenciais para definir a estrutura do mercado, analisando o quanto uma atividade econômica tem domínio sobre uma região específica. (CHARUMBIRA; SUNDE, 2010). De acordo com Crawley, Beynon e Munday (2013), para identificar atividades econômicas relevantes no espaço, é importante realizar análises locais.

Foi utilizado o índice de dessemelhança (SI) proposto por Krugman em *Geography and Trade* (1993) que é ideal para comparar regiões, sendo municípios, regiões intermediárias ou imediatas, com uma região de referência do mesmo tipo e com o intuito de comparar a concentração dos grupos de tensão das unidades geradoras fotovoltaicas, calculou-se o Coeficiente de Hoover para mostrar o quanto cada grupo de tensão é relevante para a região analisada.

Índice de Hoover (H)

O índice de Hoover, equação 1, é mostrado por Long e Nucci (1997) como uma medida bastante usual para analisar a tendência de concentração de certa distribuição populacional em evolução em uma região, assim como uma métrica de desigualdade para identificar o desvio da distribuição. No entanto, no presente trabalho, é proposta uma variação do índice estudado para analisar a influência dos tipos de instalações (residencial, rural, comercial e demais instalações) em cada região, considerando suas contribuições para a potência total do estado paraibano.

$$H = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N |p_{it} - a_i| \quad (1)$$

em que, p_{it} é a participação da potência instalada de geração distribuída fotovoltaica na região i e tempo t , i é a região observada, a_i é a proporção da região analisada na região i . O índice de Hoover varia de 0 a 1, sendo 0 baixa concentração e distribuição uniforme e 1, alta concentração (HUANG;LEUNG, 2009;WENG, 1998).

Índice de dessemelhança de Krugman (SI)

O Índice de Dessemelhança de Krugman (1991 e 1993), equação 2, compara a mesma variável em duas regiões diferentes, sendo uma delas referência, no caso do presente trabalho, foi utilizado para comparar os municípios paraibanos com o município de referência a fim de analisar o quanto essas regiões diferem entre si, realizou-se o mesmo procedimento para regiões intermediárias e imediatas, além de analisar os municípios de modo regional, considerando um município de referência por região intermediária. No presente trabalho, definiu-se uma região de referência para cada análise realizada ano a ano considerando o município com maior capacidade instalada no ano estudado, posteriormente obteve-se o valor médio por região nos anos de 2014 a 2017, 2018 a 2021 e 2014 a 2021.

$$SI_{ij} = \sum_k \left| \frac{E_{ki}}{E_i} - \frac{E_{kj}}{E_j} \right| \quad (2)$$

em que, E_{ki} é a capacidade instalada, em kW, no setor k no local de análise i ; E_i é a capacidade instalada total no local de análise i ; E_{kj} é a capacidade instalada no setor k de referência j ; E_j é a capacidade instalada total no local de referência j ; e k são os grupos de tensão. O índice pode assumir valores entre 0 e 2. Se o índice é zero, a estrutura se assemelha à região de referência e quanto mais aumenta, mais se distancia da referência, como o índice aumenta na medida que as duas regiões diferem, é um índice de dessemelhança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a evolução da potência instalada das unidades geradoras da Geração Distribuída Fotovoltaica na Paraíba para os anos de 2014 a 2021, para as Regiões Intermediárias do Estado. Em 2014, ano que a GD fotovoltaica chegou à Paraíba, havia capacidade instalada de 15,87 kW, distribuídos na região intermediária de João Pessoa (60,93%) e de Patos (39,07%). Em 2015, a Paraíba tinha capacidade instalada de 38,79 kW, com aumento de 144% em relação ao ano anterior, sendo distribuídos nas regiões de Patos (48,21%), João Pessoa (39,16%), Campina Grande (8,77%) e Sousa-Cajazeiras (3,87%). Com o avanço da indústria fotovoltaica e com o incentivo governamental em 2012 com a Resolução Normativa – REN nº 482/2012 e Resolução Normativa – REN nº 481/2012 que tinha como objetivo regular microgeração e minigeração distribuída, criando o sistema de compensação e promover viabilidade econômica do sistema fotovoltaico por meio da isenção dos impostos de distribuição elétrica, impactaram positivamente a evolução da GD fotovoltaica no estado.

Em 2016, a Paraíba tinha 418,81 kW de capacidade instalada fotovoltaica por Geração Distribuída, com acréscimo de 980% a.a.; a região de João Pessoa com 251,57 kW (60,07%), seguida pela região de Patos com 60,1 kW (14,35%), a região de Sousa-Cajazeiras com 58,98 kW (14,08%) e a região de Campina Grande com 48,16 kW (11,50%). No ano seguinte, o

estado paraibano possuía capacidade de 2121,37 kW, com acréscimo de 407% a.a.; a região Sousa-Cajazeiras com 785,03, kW (36,96%), seguida pela região de João Pessoa com 721,39 kW (33,97%), a região de Campina Grande com 324,81 (15,39%) e a região de Patos com 290,54 kW (13,68%). Em 2018, a Paraíba capacidade instalada de GD fotovoltaica de 11254,18 kW, com acréscimo de 430% em relação ao ano anterior; a região de Sousa-Cajazeiras com 4532,71 kW (40,28%), seguida pela região de Patos com 2888,38 kW (25,66%), a região de Campina Grande com 2095,51 kW (18,62%) e a região de João Pessoa com 1737,58 kW (15,44%). No ano posterior, o estado estudado apresentava capacidade de 38988,41 kW, com acréscimo de 246% a.a.; a região Sousa-Cajazeiras com 11142,02 kW (28,58%), seguida pela região de Patos com 10946,08 kW (28,08%), a região de João Pessoa com 8546,71 (21,92%) e a região de Campina Grande com 8353,60 kW (21,43%).

Tabela 1 - Potência Instalada (kW) das regiões intermediárias paraibanas, nas Unidades Geradoras, de 2014 a 2021.

Região	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
João Pessoa	9,67	15,19	251,57	721,39	1.737,58	8.546,71	27.246,67	57.177,41
Campina Grande	0	3,4	48,16	326,81	2.095,51	8.353,6	15.476,74	30.611,14
Patos	6,2	18,7	60,1	290,54	2.888,38	10.946,08	25.199,86	46.828,33
Sousa-Cajazeiras	0	1,5	58,98	785,03	4.532,71	11.142,02	20.606,66	29.080,71
Paraíba	15,87	38,79	418,81	2.123,77	11.254,18	38.988,41	88.529,93	163.697,6

Fonte: ANEEL (2022).

Em 2020, houve acréscimo de 127% em relação ao ano anterior, no *ranking* tem-se a região de João Pessoa (30,78%), seguida pela região de Patos (28,46%) e para completar têm Sousa-Cajazeiras (23,28%) e Campina Grande (17,48%). Em 2021, a capacidade instalada do estado paraibano era 163697,6 kW e com acréscimo de 85% em relação ao ano anterior, dividindo-se nas regiões intermediárias de João Pessoa (34,93%), Patos (28,61%), Campina Grande (18,70%) e Sousa-Cajazeiras (17,76%). Assim, a Paraíba apresentou uma média de crescimento da capacidade instalada de geração distribuída fotovoltaica de 346% a.a.

A Tabela 2 mostra a evolução dos grupos de tensão, em kW, para os anos de 2014 a 2021. Em 2014, as instalações presentes possuíam apenas instalações dos grupos de tensão B1 com 13,52 kW (85%) e B3 com 2,35 kW (15%). No ano seguinte, houve a inserção do grupo de tensão B2 com 1,5 kW (4%), acompanhado do grupo B1 com 19,04 kW (49%) e B3 com 18,25 kW (47%). Em 2016, houve a inserção do grupo de tensão de alta tensão A4, com 82,1 kW (20%), junto do grupo de tensão B1 com 170,3 kW (41%), B2 com 9,82 kW (2%) e B3 com 156,59 kW (37%). No ano posterior, o grupo A4 possuía capacidade de 179,88 kW (8%), B1 com 828,88 (39%), B2 com 107,7 kW (5%) e B3 com 1007,51 (47%).

Em 2018, o grupo A4 tinha capacidade instalada de 1002,88 kW (9%), B1 com 4504,06 (40%), B2 com 725,9 (6%) e o grupo B3 com 5021,34 (45%). Após um ano, houve a inserção do grupo B4 com 50 kW (0,13%), junto dos grupos de tensão A4 com 4531,96 kW (12%), B1 com 16485,21 (42%), B2 com 2074,81 (5%) e o grupo B3 com 15846,43 (41%). Em 2020, o grupo de alta tensão A1, foi inserido 112 kW (0,13%), junto com os grupos A4 com 15112,56 kW (17%), B1 com 33579,71 (38%), B2 com 4575,51 (5%), grupo B3 com 35150,15 (40%) e o B4 com 50 kW (0,13%). No último ano, 2021, os grupos AS com 5 kW (0,003%) e o grupo A3 com 104 kW (0,06%), junto dos grupos A1 com 626,86 kW (0,38%), A4 com 27938,23 (17%), B1 com 67666,44 (41%), B2 com 9695,52 (6%), grupo B3 com 57661,54 (35%) e o B4 com 50 kW (0,13%).

Tabela 2 -Potência Instalada (kW) dos grupos de tensão nas Unidades Geradoras, de 2014 a 2021.

Grupo de tensão	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
A1							112	626,86
A3								104
A4			82,1	179,88	1002,88	4531,96	15112,56	27938,23
AS								5
B1	13,52	19,04	170,3	828,68	4504,06	16485,21	33579,71	67666,44
B2		1,5	9,82	107,7	725,9	2074,81	4575,51	9695,52
B3	2,35	18,25	156,59	1007,51	5021,34	15846,43	35150,15	57661,54
B4						50		
Paraíba	15,87	38,79	418,81	2123,77	11254,18	38988,41	88529,93	163697,6

Fonte: ANEEL, 2022.

A Figura 1 mostra o Índice de Dessemelhança de Krugman que mede o grau que as regiões diferem da referência, em capacidade instalada, de geração distribuída fotovoltaica, os resultados encontrados foram divididos em quartis de 0 a 0,5; 0,5 a 1; 1 a 1,5 e 1,5 a 2. Ao analisar os municípios em escala estadual, em 2014 a 2016 definiu-se João Pessoa, como região de referência, em 2017 e 2018 estabeleceu Sousa, Campina Grande em 2019, João Pessoa em 2020 e Cabaceiras em 2021, considerando a maior potência instalada no estado ano a ano. Nos anos de 2014 a 2017, o município com menor índice de Krugman foi João Pessoa, enquanto o maior foi Lagoa Seca, já nos anos de 2018 a 2021 os municípios com menor índice foram os municípios de Camalaú, Caraúbas, Santo André e São Sebastião do Umbuzeiro, que são cidades com baixa potência, mas justifica-se pois a referência em 2021, Cabaceiras, tem concentração do grupo B1, tornando os grupos B2 e B3, irrisórios e tendendo a zero, fazendo com que as cidades citadas se assemelhem à referência por serem concentradas em apenas um grupo de tensão, o mesmo ocorre para a média dos anos de 2014 a 2021.

Já nas regiões imediatas, usou-se João Pessoa como referência nos anos de 2014, 2015, 2016, 2020 e 2021 e Sousa em 2018 e 2019, por serem as regiões com maior potência instalada no estado por ano. Nos anos de 2014 a 2017, a região de João Pessoa assemelhou-se mais com a região de referência, já a região de Guarabira mais diferiu. Nos anos de 2018 a 2021, assim como 2014 a 2021, a região que mais se assemelha à referência continuou sendo João Pessoa e a que mais difere foi Itabaiana. Nas regiões intermediárias, utilizou João Pessoa como região de referência nos anos de 2014, 2016, 2020 e 2021, Patos em 2015 e Sousa-Cajazeiras em 2017, 2018 e 2019. Nos anos de 2014 a 2017, a Região que mais se assemelhou com a região de referência foi Patos e que mais diferiu foi Sousa-Cajazeiras, nos anos de 2018 a 2021 a Região que mais se assemelhou a região de referência foi Sousa-Cajazeiras e a que mais diferiu foi Campina Grande, em 2014 a 2021, a região com menor índice de dessemelhança foi Patos e o maior índice foi a região intermediária de Campina Grande.

Nos municípios para cálculo do índice de Krugman, onde definiu-se um município de referência por região intermediária. No ano de 2014, a referência da região intermediária de João Pessoa foi o município de João Pessoa e a da região intermediária de Patos foi o município de Patos. Em 2015, a região de referência da região intermediária de João Pessoa continuou sendo a mesma, da região de Campina Grande foi a cidade de Lagoa Seca, da região de Patos foi Catolé do Rocha e de Sousa-Cajazeiras foi São José de Piranhas. Em 2016, a região de referência de João Pessoa, Patos e Sousa-Cajazeiras seguiu sendo a mesma, a de Campina Grande foi a cidade de Campina Grande. Em 2017, a região de referência manteve-se a mesma nas regiões de João Pessoa e Campina Grande, enquanto nas regiões de Patos e Sousa-

Cajazeiras, foi Patos e Sousa, respectivamente. No ano de 2018 e 2019 as regiões de João Pessoa, Campina Grande e Sousa-Cajazeiras mantiveram a região de referência, enquanto a de Patos foi a cidade de Pombal e Patos, respectivamente. Em 2020 e 2021, as regiões de referência foram as mesmas de 2019.

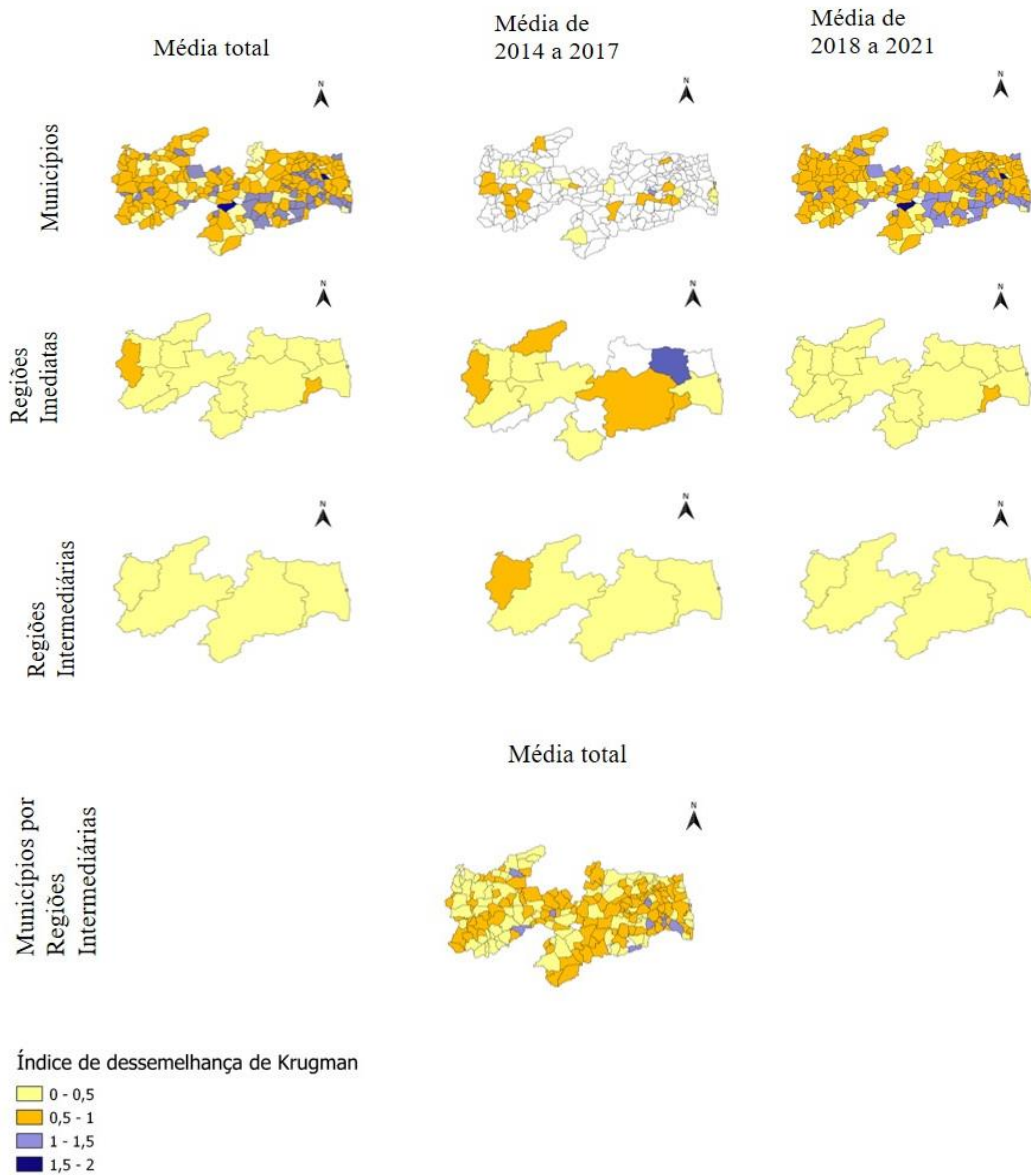


Figura 1 - Demonstração do Índice de Dessemelhança de Krugman (SI) nos municípios, regiões imediatas, regiões intermediárias paraibanas em nível estadual e municípios em nível regional para potência da Geração Distribuída Fotovoltaica para os valores médios dos anos de 2014 a 2017, 2018 a 2021 e 2014 a 2021.

Fonte: Os autores (2022).

Na região intermediária de João Pessoa nos anos de 2014 a 2021, a região com menor índice de Krugman foi a cidade de João Pessoa, por ter sido referência em todos os anos, seguida da cidade de Marcação, a cidade com maior índice foi Alagoinha. Na região intermediária de Campina Grande ocorreu o mesmo, a cidade com menor índice de Krugman foi Campina Grande, seguida de Amparo e com maior índice foi Umbuzeiro. Na região de Patos, a que mais se assemelhou com a referência foi a cidade de Bom Sucesso e a mais diferente foi Passagem. Na região intermediária de Sousa-Cajazeiras, a cidade com menor índice foi Sousa seguida por

Triunfo e com maior índice foi Marizópolis, com índice de 0,6972 que enquadrou no segundo quartil da classificação, tornando a região de Sousa-Cajazeiras pouco dessemelhante. Na análise realizada, observa-se a predominância da cidade que mais se assemelha com a referência sendo a cidade que nomeia a região intermediária, considerada a principal cidade da região, referência, não apenas em potência instalada da geração distribuída fotovoltaica, em fatores que auxiliaram a determinação, pelo IBGE, como saúde, comércio e população.

A Figura 2 mostra os resultados do índice de Hoover aplicado às unidades geradoras presentes na Paraíba nos anos de 2014 a 2021 para cada grupo de tensão presente no Estado nas instalações de Geração Distribuída Fotovoltaica.

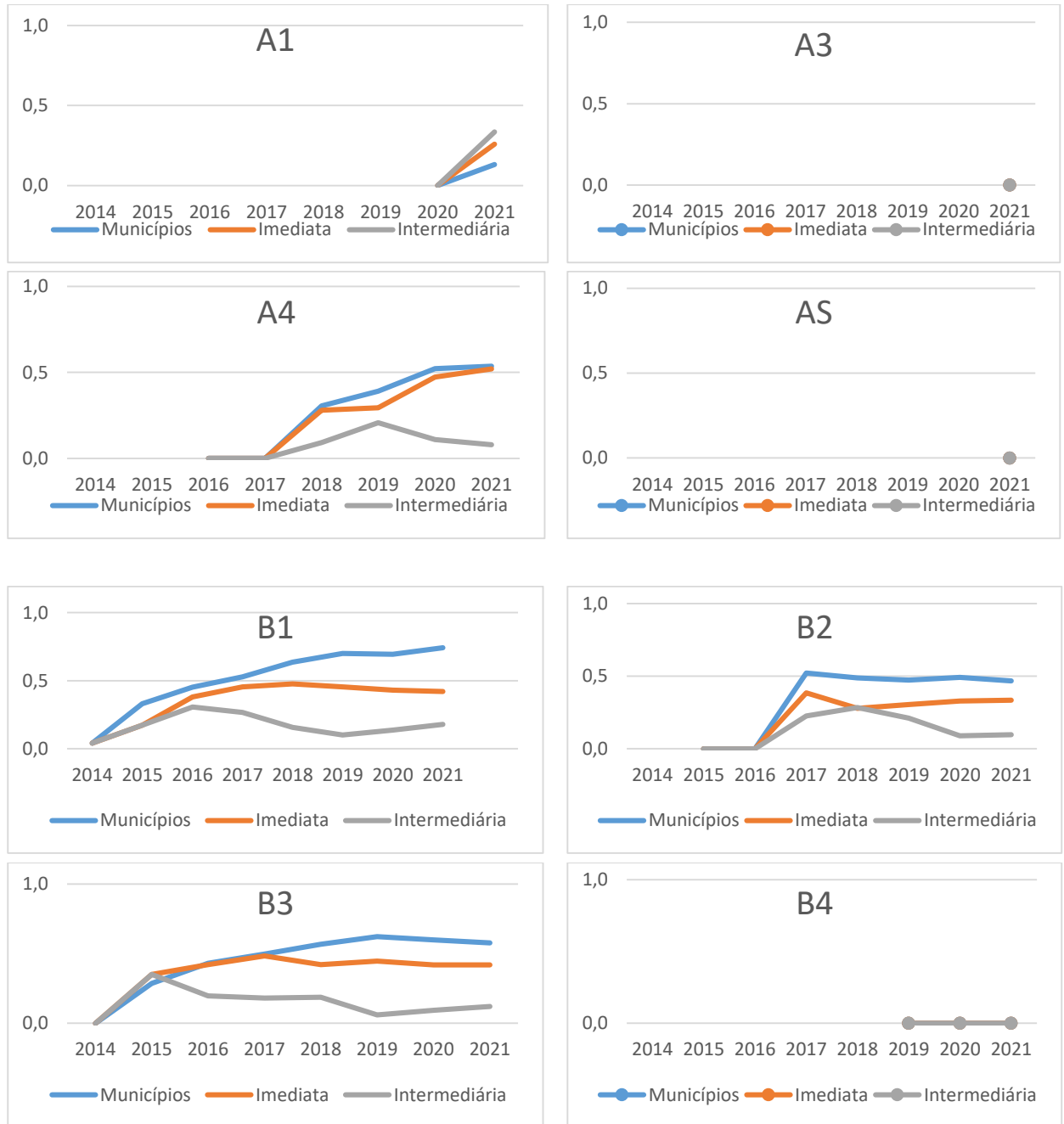


Figura 2 - Evolução do Índice de Hoover para a Geração Distribuída Fotovoltaica na Paraíba, para os anos de 2014 a 2021.

Fonte: Os autores (2022).

Os grupos de tensão A3, AS e B4 têm o índice igual a zero, por possuir apenas um município com esse tipo de grupo de tensão, sendo os dois primeiros em Patos e B4 em Monteiro, gerando baixa concentração e distribuição uniforme, aconteceu o mesmo com o grupo de tensão A1 no ano de 2020 que existia apenas no município de Pilar, mas houve mudança no ano de 2021 sendo distribuído por São João do Rio do Peixe, Esperança, Gurinhém, Pilar e Santa Rita, isso fez com que o índice desse grupo se elevasse no ano de 2021. O A4 inicia-se com zero em 2016, por estar instalado apenas na cidade João Pessoa, mas com o passar dos anos, seu valor aumenta, tornando-se mais concentrado nos índices do municipal e das Regiões Imediatas e com queda no índice das Regiões Intermediárias, por estar mais distribuído, pois as Regiões Intermediárias são mais amplas.

Já o grupo B1, assim como os grupos citados anteriormente, inicia-se com índice igual a zero, no ano de 2014, por possuir baixa concentração, pois foi o ano da inserção desse grupo do Estado paraibano, posteriormente, o índice desse grupo aumentou a cada ano que se passou, isso aconteceu, pois o B1 foi o grupo que mais teve novas unidades instaladas no estado paraibano entre os anos de 2014 e 2021, o B1 possui maior índice de Hoover, por ser o grupo que possui maior número de unidades e chegar mais próximo ao monopólio que seria atingido com índice 1. O grupo de tensão B2 e B3, têm comportamento semelhante ao B1, que inicia-se com índice igual a zero, por possuir baixa concentração, mas há aumento nos anos seguintes, de acordo com a evolução do grupo no Estado, o B3 é o segundo mais concentrado do Estado e o B2 vem atrás do mesmo. A concentração alta dos grupo de baixa tensão ocorrem pela facilidade de instalação e possuir maior número de instalação de novas unidades geradoras residenciais. A análise realizada mostra um tendência à dispersão com o passar dos anos, pelo aumento da quantidade de usuários.

4. CONCLUSÃO

Na verificação estadual do índice de Dessemelhança de Krugman, nos anos iniciais, João Pessoa mais se assemelhou à região de referência e Lagoa Seca mais se diferenciou. Já nos anos finais do estudo, os municípios que destacaram-se fogem um pouco do esperado por possuírem baixa capacidade instalada, mas isso justifica-se pois a referência do ano de 2021 é Cabaceiras, sendo a cidade com maior capacidade instalada do ano, e sua concentração é no grupo B1, tornando os outros grupos com valores muito baixos e fazendo com que as cidades de Camalaú, Caraúbas, Santo André e São Sebastião do Umbuzeiro por sua alta concentração em apenas um grupo de tensão.

No estudo das regiões imediatas, nos anos iniciais, João Pessoa mais se assemelhou à região de referência e Guarabira mais se diferenciou, já nos anos finais, assim como na média geral, a região que teve menor índice continuou sendo João Pessoa, mas com maior índice foi Itabaiana. Na pesquisa das regiões intermediárias, dos anos iniciais, a região que mais se assemelhou com a referência foi Patos e a que mais diferiu foi Sousa-Cajazeiras, nos anos finais a região que mais se assemelhou à referência foi Sousa-Cajazeiras e que mais diferiu foi Campina Grande, na média geral, o menor índice de dessemelhança estava presente na Região Intermediária de Patos e o maior índice foi de Campina Grande.

Na análise municipal considerando uma região de referência por Região Intermediária, tem-se que na Região de João Pessoa a cidade que mais assemelhou-se à região de referência foi João Pessoa por ter sido referência em todos os anos, seguida por Marcação, a que mais diferiu foi Alagoinha. Na Região de Campina Grande, a cidade com menor índice foi Campina Grande, por ter sido referência em todos os anos, seguida de Amparo e com maior índice foi Umbuzeiro. Na Região de Patos, a cidade com menor índice foi Bom Sucesso e com maior índice foi Passagem. Na Região de Sousa-Cajazeiras, a cidade com menor índice foi Sousa, seguida por Triunfo, com maior índice foi Marizópolis.

No índice de Hoover, os grupos A3, AS e B4 possuem apenas um município com esse grupo de tensão e, por isso, possuem índice de Hoover igual a zero, com baixa concentração e distribuição uniforme. No grupo A1, o índice iniciou com valor igual a zero, por estar presente em apenas um município e depois elevou-se por tornar-se mais distribuído, sendo acrescentado em mais quatro cidades, o mesmo ocorreu com o grupo A4. O grupo B1 iniciou com índice igual a zero, por ser o primeiro ano de instalação de unidade geradoras no Estado paraibano, com o passar dos anos, os valores aumentaram, tornando-se o grupo com maior valor do índice, por ser o setor com maior número de unidades. O grupo B2 e B3 assemelham-se ao B1.

O presente estudo, possibilitou a compreensão da disponibilidade, distribuição e organização da geração distribuída fotovoltaica na Paraíba, permitindo o desenvolvimento de políticas estatais com foco na evolução da geração distribuída fotovoltaica, além de ajudar na tomada de decisão no planejamento energético e elétrico nacional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Banco de Informações de Geração Distribuída. Disponível em: https://dadosabertos.aneel.gov.br/pt_BR/dataset/relacao-de-empresendimentos-de-geracao-distribuida. Acesso em: 19 abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução normativa ANEEL. nº 482, de 17 de abril de 2012. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> >. Acesso em: 14 abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução normativa ANEEL. nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf> >. Acesso em: 14 abr. 2022.

CHARUMBIRA, M.; SUNDE, T. Seller concentration in the grain milling industry. 2010.

CRAWLEY, A.; BEYNON, M.; MUNDAY, M. Making location quotients more relevant as a policy aid in regional spatial analysis. *Urban Studies*, v. 50, n. 9, p. 1854-1869, 2013.

DIXON, R.; FREEBAIRN, J.; LIM, G.-C. Time-varying equilibrium rates of unemployment: an analysis with Australian data. *Australian Journal of Labour Economics*, v. 10, n. 4, p. 205-225, 2007.

DOU, Y. et al. An empirical study on transit-oriented low-carbon urban land use planning: Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) on Shanghai, China. *Habitat International*, v. 53, p. 379-389, 2016.

GAUTAM, A.; SHANKAR, R.; VRAT, P. End-of-life solar photovoltaic e-waste assessment in India: a step towards a circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, v. 26, p. 65-77, 2021.

Geographic concentration in US manufacturing industries: a dartboard approach. *Journal of Political Economy*, v. 105, n. 5, p. 889-927, 1997.

GOSCHIN, Z. et al. Specialisation and concentration patterns in the Romanian economy. 2009.

HADDAD, P. R. Medidas de localização e de especialização. In: HADDAD, P. R. et al. (Org.). *Economia regional :teoriase métodos de análise*, 1989.

HUANG, Y.; LEUNG, Y. Measuring regional inequality: a comparison of coefficient of variation and Hoover concentration index. *The Open Geography Journal*, v. 2, n. 1, 2009.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. Data and statistics. 2021. Disponível em: < <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series> >. Acesso em: 23 mai. 2022.

KRUGMAN, P. *Geography and trade*. Cambridge: MIT Press, 1993.

KRUGMAN, P. Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, v. 99, p. 483-499, 1991.

LASAGNI, A. et al. Locational determinants of the ICT sector across Italy. Department of Economics, Parma University (Italy), 2007.

LONG, L.; NUCCI, A. The Hoover index of population concentration: A correction and update. *The Professional Geographer*, v. 49, n. 4, p. 431-440, 1997.

MATHUR, N.; SINGH, S.; SUTHERLAND, J. W. Promoting a circular economy in the solar photovoltaic industry using life cycle symbiosis. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 155, p. 104649, 2020.

MATTEI, T. F.; MATTEI, T. S. Métodos de Análise Regional: um estudo de localização e especialização para a Região Sul do Brasil. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, Curitiba, v. 38, n. 133, p. 227-243, jul./dez. 2018.

NĂSTASE, G. et al. Photovoltaic development in Romania. Reviewing what has been done. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 94, p. 523-535, 2018.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. Dados e estatística. 2021. Disponível em: < http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx >. Acesso em: 13 jun. 2022;

PIACENTI, C. A.; ALVES, L. R.; LIMA, J. F. O perfil locacional do emprego setorial no Brasil. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 39, n. 3, p. 482-502, 2008.

RESENDE, Marcelo; WYLLIE, Ricardo. Aglomeração industrial no Brasil: um estudo empírico. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 35, p. 433-460, 2005.

ROGERSON, P. A.; PLANE, D. A. The Hoover index of population concentration and the demographic components of change: An article in memory of Andy Isserman. *International Regional Science Review*, v. 36, n. 1, p. 97-114, 2013.

SANTOS JÚNIOR, E. P. et al. Concentração, polarização e efeito espaço-temporal da bioeletricidade florestal no Brasil (2000–2019). 2020.

WAZZAN, K. The spatial distribution of the basic education schools in Lattakia City (Syria). *Journal of Educational and Social Research*, v. 7, n. 1, p. 71-71, 2017.

WEBER, A. *Theory of the location of industries*. Chicago, The University of Chicago Press, 1929. 256 p.