



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

## GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COMO INDICADOR DE JUSTIÇA ENERGÉTICA NA RMSP

Renata Hamilton de Ruiz

IEE/USP, [renataruiz@usp.br](mailto:renataruiz@usp.br)

**GT 08:** Energia, Sociedade e Ambiente: existe energia limpa?

### RESUMO

Este artigo investiga se a geração distribuída (GD), especialmente de fonte solar fotovoltaica, pode ser utilizada como um indicador de justiça energética (JE) no contexto urbano da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A partir da análise de dados socioeconômicos de dez municípios selecionados, foram aplicadas correlações estatísticas entre a densidade de GD (DGD) e indicadores como PIB per capita, Índice de Desenvolvimento Urbano Municipal (IDHM), Índice de Gini e salário médio dos trabalhadores formais. A correlação entre o PIB per capita e a DGD foi expressiva, sugerindo que o acesso à GD ainda depende da afluência dos municípios. Os demais indicadores apresentaram correlações mais baixas com a DGD, em parte por conta da indisponibilidade de dados históricos municipais, o que limita a capacidade analítica.

As desigualdades na expansão da GD tendem a se propagar no tempo, uma vez que esta traz também benefícios econômicos de longo prazo, como economias na conta de luz, cuja tarifa tende a aumentar com a instabilidade provocada pelas mudanças climáticas. Assim, é necessário que essas desigualdades sejam discutidas e resolvidas o mais rápido possível.

**Palavras-chave:** Justiça energética, Geração Distribuída, Segurança Energética, Região Metropolitana de São Paulo.

### Destaques (highlights)

- A densidade da geração distribuída em um município serve como indicador de justiça energética.
- A geração distribuída tende a crescer mais em cidades com maior PIB per capita.



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

- Desigualdades sociais e econômicas dificultam o acesso à energia limpa.
- A falta de acesso à geração distribuída tende a ampliar desigualdades no longo prazo.

## INTRODUÇÃO

O Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU) visa garantir a todas as pessoas o acesso a uma energia acessível, confiável, sustentável e moderna até 2030. No entanto, o acesso à energia sustentável para todos é um desafio para os formuladores de políticas de energia em diversas partes do mundo (REN et al., 2025; LAMPIS, et al., 2022).

Garantir o acesso universal à energia de qualidade demanda mais do que investimentos em infraestrutura. Exige também o reconhecimento das injustiças energéticas existentes e análise das dimensões sociais associadas à produção, ao acesso e ao consumo de energia.

Nas últimas três décadas, o conceito de “justiça energética” (JE) tem ganhado mais destaque entre comunidades acadêmicas e formuladores de políticas públicas, se consolidando como um campo interdisciplinar que se encontra entre os estudos energéticos e sociais. A justiça energética se refere à distribuição justa dos benefícios e encargos associados à produção, distribuição e consumo de energia, defendendo que todos os indivíduos, independente de sua condição socioeconômica, raça ou localização geográfica, devem ter acesso igualitário aos benefícios da energia limpa e acessível, assim como uma parcela justa dos custos e riscos associados ao desenvolvimento energético. O conceito de equidade energética (EE), complementar à JE, traduz esses objetivos em metas concretas e métricas quantitativas, com o objetivo de orientar as políticas e medir o seu progresso (REN, et al., 2025).

A JE estuda as origens, quantificação e resolução das desigualdades persistentes e potenciais no setor energético. Pode ser interpretada como a aplicação de princípios de justiça às consequências ambientais e sanitárias dos programas, políticas e atividades energéticas, com foco em minorias e populações de baixa renda. Na literatura, a JE é frequentemente apresentada como um referencial teórico composto por três pilares centrais (REN, et al., 2025):

- Justiça distributiva: relacionada especialmente às disparidades locais dos benefícios e encargos relacionados à energia;



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

- Justiça processual: relacionada ao acesso equitativo aos processos de tomada de decisão no setor energético;
- Justiça do reconhecimento: voltada ao reconhecimento de injustiças energéticas a partir de perspectivas mais amplas do que as abordadas pela justiça processual, como as desigualdades energéticas históricas.

O conceito de JE tem sido utilizado para investigar questões específicas nas áreas de políticas, planejamento e operações energéticas, incluindo transições energéticas, iniciativas comunitárias de energia, políticas e planejamento do setor de gás, impactos ambientais de usinas, armazenamento de energia e estruturação tarifária (REN *et al.*, 2025). Apesar de sua importância, ainda há pouca produção acadêmica no Brasil sobre a JE, o que reforça a necessidade de análises aprofundadas das questões sociais relacionadas ao planejamento energético nacional (RIBAS e SIMÕES, 2020).

Considerando que energia e meio ambiente são duas áreas de estudos altamente complementares, pode-se dizer que as questões de justiça energética são também questões de justiça climática e vice-versa (LAMPIS, *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a geração distribuída (GD), especialmente a partir de fontes renováveis, como a solar fotovoltaica, tem sido apontada como uma alternativa viável para a introdução de energia mais limpa no contexto da transição energética. A GD tem o potencial de aumentar a segurança, confiabilidade, eficiência e qualidade da energia do sistema, além de contribuir para a redução de custos operacionais e impactos ao meio ambiente. A transição para um modelo energético mais descentralizado também pode criar oportunidades de emprego e desenvolvimento econômico local, especialmente em áreas rurais e remotas. A possibilidade de comunidades locais gerarem sua própria energia fortalece a autonomia local e promove maior participação cidadã na gestão de seus recursos energéticos (RUIZ, 2024).

O contexto brasileiro, porém, é marcado por profundas desigualdades estruturais, onde a injustiça energética se manifesta por meio da distribuição desigual dos benefícios e dos impactos negativos do sistema energético nacional, assim como a participação limitada de determinados grupos nos processos de tomada de decisão no setor energético (RIBAS e SIMÕES, 2020). A concentração das instalações de GD fotovoltaica no município de São Paulo/SP, por exemplo, está fortemente relacionada com diferentes fatores socioeconômicos, como raça, educação e empregabilidade, evidenciando a necessidade de se considerar outros

3

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:





XII  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

fatores, além dos econômicos e técnicos, no planejamento e implementação de tecnologias de energias renováveis (LAMPIS, et al., 2022).

Diante disso, o presente estudo busca investigar o papel da GD como um possível indicador de JE urbana, com foco em municípios selecionados da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Para tanto, examina-se a correlação entre a GD e variáveis socioeconômicas, como Produto Interno Bruto (PIB) per capita municipal, índice de Gini, média salarial dos trabalhadores formais e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), no período de 2015 a 2023.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa tem como objetivo a análise da relação entre a GD e indicadores socioeconômicos, para verificar se a GD pode ser interpretada como um indicador de JE no contexto urbano da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que, segundo o IBGE (2023), ocupa um área total de 7.946,6 km<sup>2</sup>, e possuía em 2022 uma população de mais de 20 milhões de habitantes. Ela é composta pela capital do Estado de São Paulo (SP) e mais 38 municípios.

Para esta análise, foram selecionados para este artigo os municípios de Barueri, Diadema, Guarulhos, Mogi das Cruzes, Osasco, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Paulo. A escolha se baseou em estudo anterior (RUIZ, 2024), que identificou estes municípios como que mais se aproximam do conceito de cidade inteligente na região, considerando critérios como mobilidade, meio ambiente, urbanismo, tecnologia e inovação, empreendedorismo, saúde, educação, segurança, energia, economia e governança.

A seguir, são apresentados os indicadores selecionados para a análise de correlação com a GD, com o intuito de avaliar seu potencial como métrica de JE urbana.

• **PIB per capita municipal (SEADE, 2021; IBGE, 2024):** foi utilizado como indicador de capacidade econômica local. Como os municípios da amostra apresentam perfis demográficos e econômicos bastante heterogêneos, optou-se pelo uso de valores relativos. Assim, os valores absolutos do PIB municipal foram divididos pela população residente. Os valores apresentaram uma tendência de crescimento em todos os municípios no período de



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

análise, com uma desaceleração no crescimento no ano de 2020, atribuída à redução da atividade econômica durante a pandemia de COVID-19.

• **Densidade de GD (DGD) (ANEEL, 2024; IBGE, 2024):** a capacidade instalada de GD foi obtida a partir da base de dados públicos da ANEEL e dividida pela área territorial de cada município, com o objetivo de representar a densidade da infraestrutura de GD, levando em consideração a sua distribuição espacial da energia em cada município.

• **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (IBGE, 2024):** adaptado do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o IDHM combina indicadores de renda, educação e longevidade, sendo expresso em uma escala de 0 a 1. Valores entre 0,700 e 0,799 são considerados altos e acima de 0,800 são considerados muito altos. A média do IDHM nos municípios analisados é relativamente homogênea e classificada como alta. Enquanto o IDH em nível nacional é divulgado anualmente, os dados mais atualizados do IDHM datam de 2010, o que representa uma limitação relevante para a análise.

• **Índice de GINI (IBGE, 2024):** é usado como medida da desigualdade na distribuição de renda. Aponta a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Varia entre 0 e 1, sendo o 0 a extrema igualdade (todos ganham o mesmo salário) e o 1 a desigualdade máxima (uma única pessoa recebe todo o rendimento). No contexto da RMSp, os valores disponíveis indicam elevado grau de desigualdade e concentração de renda. Está disponível apenas para o ano de 2010 em nível municipal, o que limita sua aplicação em séries temporais.

• **Salário médio dos trabalhadores formais (IBGE, 2024):** representa a média dos rendimentos brutos mensais dos trabalhadores que possuem vínculo formal de trabalho (carteira assinada ou contrato reconhecido legalmente). Está disponível apenas para o ano de 2022 em nível municipal, o que limita sua aplicação em séries temporais.

Para examinar as relações entre os indicadores socioeconômicos e a DGD, foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson. Este coeficiente mede a relação linear entre duas variáveis, com um coeficiente variando entre -1 e 1, onde 1 indica uma correlação positiva perfeita, -1 uma correlação negativa perfeita, e 0 nenhuma correlação linear. Os resultados do índice de correlação são interpretados da seguinte forma (RUIZ, 2024):

- Correlação alta: coeficiente maior do que 0,7 ou menor do que -0,7;



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

- Correlação moderada: valores entre 0,3 e 0,7 e valores entre -0,7 e -0,3.
- Correlação baixa: valores entre -0,3 e 0,3.

O cálculo da correlação foi realizado entre a DGD e cada um dos indicadores apresentados, buscando identificar padrões de desigualdade socioespacial no acesso à GD. A análise comparativa ao longo dos anos visa evidenciar, sempre que possível, tendências estruturais no território analisado.

## RESULTADOS

A presente seção apresenta os principais achados empíricos da pesquisa, com base na análise dos indicadores socioeconômicos e da DGD nos dez municípios selecionados da RMSP, no período de 2015 a 2023.

Os dados foram organizados em três quadros.

O Quadro 1 mostra os indicadores de caracterização socioeconômica dos municípios estudados. A análise da série histórica foi possível apenas para o PIB per capita e população residente estimada, devido à disponibilidade contínua de dados, o que possibilitou uma análise mais aprofundada, relacionando-os com a DGD. Os demais indicadores, como IDHM, índice de Gini e o salário médio dos trabalhadores formais não possuem séries temporais, estando disponíveis apenas para anos pontuais. Dessa forma, foram utilizados os dados mais recentes disponíveis, ainda que isso representa uma limitação para análises longitudinais mais precisas.

*Quadro 1 – Indicadores de perfil dos municípios de análise.*



Município	Área (km2)	População Censo 2022 (hab)	IDHM 2010	PIB per capita 2021	Densidade Populacional 2022 (hab/km2)	Salário Méd Mensal 2022 (salários mínimos)	Índice de Gini 2010
Barueri	65,7	316.473	0,786	R\$ 207.460,98	4.817	4,1	0,6201
Diadema	30,7	393.237	0,757	R\$ 43.031,91	12.809	3,0	0,4592
Guarulhos	318,7	1.291.771	0,763	R\$ 55.084,22	4.053	2,9	0,5345
Mogi das Cruzes	712,5	451.505	0,783	R\$ 43.031,34	634	2,5	0,5487
Osasco	65,0	728.615	0,776	R\$ 122.765,64	11.209	3,9	0,5459
Santana de Parnaíba	179,9	154.105	0,814	R\$ 7.579,96	857	3,0	0,6858
Santo André	175,8	748.919	0,815	R\$ 45.062,56	4.260	2,6	0,5428
São Bernardo do Campo	409,5	810.729	0,805	R\$ 68.571,36	1.980	3,5	0,5525
São Caetano do Sul	15,3	165.655	0,862	R\$ 95.640,71	10.827	3,1	0,548
São Paulo	1521,2	11.451.999	0,805	R\$ 66.872,84	7.528	4,4	0,6453
<b>média:</b>			<b>0,80</b>	<b>R\$ 75.510,15</b>	<b>5.897</b>	<b>3,3</b>	<b>0,568</b>
<b>desvio padrão:</b>			<b>0,03</b>	<b>R\$ 56.016,45</b>	<b>4.455</b>	<b>0,6</b>	<b>0,065</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2024).

A análise estatística descritiva mostra que os valores do PIB per capita e da densidade populacional apresentam um desvio padrão que equivale a mais de 70% da média calculada. Isso indica uma alta variabilidade de valores em torno da média, característica de uma amostra heterogênea. Por outro lado, os indicadores sociais, como o IDHM, Salário Médio Mensal dos Trabalhadores e o Índice de Gini demonstram menor variabilidade relativa entre os municípios, apontando para uma homogeneidade nas condições socioeconômicas básicas.

O Quadro 2 apresenta os dados referentes à GD, incluindo a capacidade instalada total e os valores de DGD, além do PIB per capita anual para o período de 2015 a 2023. Essa base permitiu análises temporais mais robustas, especialmente no que se refere à correlação entre GD e desenvolvimento econômico local.

*Quadro 2 – Capacidade instalada de GD, DGD e PIB per capita (2015-2023) nos municípios de análise.*



GD total (kW)	BARUERI	DIADEMA	GUARULHOS	MOGIDAS CRUZES	OSASCO	SANTANA DE PARNAÍBA	SANTO ANDRÉ	SÃO BERNARDO DO CAMPO	SÃO CAETANO DO SUL	SÃO PAULO
2015	9,09	0,00	2,20	8,92	1,50	10,00	0,00	25,87	2,50	153,80
2016	66,44	6,80	15,70	34,34	20,95	74,43	14,06	82,66	11,50	799,93
2017	119,18	6,80	69,76	139,03	424,95	172,19	248,25	104,04	22,78	2.243,35
2018	510,56	14,92	183,96	321,39	455,24	392,33	327,08	182,88	36,78	3.830,64
2019	1.435,77	66,47	871,41	1.258,47	632,92	856,42	536,53	339,64	113,49	9.801,62
2020	2.089,67	207,16	1.999,27	3.638,20	868,73	1.938,68	1.020,36	778,66	426,35	17.637,74
2021	3.206,95	374,38	4.627,75	6.787,41	1.694,96	4.412,47	2.694,57	1.838,27	799,28	39.731,73
2022	6.301,43	1.022,01	12.245,55	14.143,83	3.712,03	10.068,06	5.607,35	5.692,89	1.843,36	78.991,56
2023	9.528,82	1.888,04	21.610,44	22.168,24	6.488,47	16.682,28	9.105,35	9.770,73	2.946,77	128.350,93
DGD (kW/km <sup>2</sup> )	Barueri	Diadema	Guarulhos	Mogi das Cruzes	Osasco	Santana de Parnaíba	Santo André	São Bernardo do Campo	São Caetano do Sul	São Paulo
2015	0,138	0,000	0,007	0,013	0,023	0,056	0,000	0,063	0,163	0,101
2016	1,011	0,221	0,049	0,048	0,322	0,414	0,080	0,202	0,752	0,526
2017	1,814	0,221	0,219	0,195	6,538	0,957	1,412	0,254	1,489	1,475
2018	7,771	0,486	0,577	0,451	7,004	2,181	1,861	0,447	2,404	2,518
2019	21,853	2,165	2,734	1,766	9,737	4,761	3,052	0,829	7,418	6,443
2020	31,806	6,748	6,273	5,106	13,365	10,776	5,804	1,901	27,866	11,595
2021	48,812	12,195	14,521	9,526	26,077	24,527	15,327	4,489	52,241	26,119
2022	95,912	33,290	38,423	19,851	57,108	55,965	31,896	13,902	120,481	51,927
2023	145,035	61,500	67,808	31,113	99,823	92,731	51,794	23,860	192,599	84,375
PIB per capita (R\$/hab)	Barueri	Diadema	Guarulhos	Mogi das Cruzes	Osasco	Santana de Parnaíba	Santo André	São Bernardo do Campo	São Caetano do Sul	São Paulo
2015	R\$ 182.102,85	R\$ 33.168,26	R\$ 40.164,81	R\$ 33.442,29	R\$ 94.860,12	R\$ 63.371,90	R\$ 35.745,68	R\$ 51.429,17	R\$ 84.963,72	R\$ 54.617,02
2016	R\$ 177.640,45	R\$ 32.321,86	R\$ 39.709,82	R\$ 33.920,22	R\$ 108.680,97	R\$ 63.942,99	R\$ 37.653,34	R\$ 52.567,04	R\$ 81.604,58	R\$ 56.741,72
2017	R\$ 178.451,52	R\$ 32.822,00	R\$ 41.236,53	R\$ 33.905,39	R\$ 111.661,57	R\$ 66.608,65	R\$ 38.965,22	R\$ 53.699,73	R\$ 82.859,49	R\$ 57.731,63
2018	R\$ 186.367,81	R\$ 34.857,82	R\$ 44.896,01	R\$ 34.906,81	R\$ 109.934,70	R\$ 67.623,97	R\$ 40.488,37	R\$ 60.683,49	R\$ 83.783,83	R\$ 58.690,27
2019	R\$ 192.371,87	R\$ 36.077,74	R\$ 47.240,71	R\$ 36.538,23	R\$ 117.277,05	R\$ 67.949,68	R\$ 42.178,31	R\$ 60.804,99	R\$ 84.754,93	R\$ 62.324,22
2020	R\$ 185.046,58	R\$ 35.282,92	R\$ 47.301,43	R\$ 37.632,19	R\$ 109.025,60	R\$ 69.580,95	R\$ 40.812,01	R\$ 57.566,99	R\$ 86.200,01	R\$ 60.750,09
2021	R\$ 207.460,98	R\$ 43.031,91	R\$ 55.084,22	R\$ 43.031,34	R\$ 122.765,64	R\$ 79.579,96	R\$ 45.062,56	R\$ 68.571,36	R\$ 95.640,71	R\$ 66.872,84
2022	R\$ 194.058,30	R\$ 51.363,21	R\$ 64.361,29	R\$ 46.344,48	R\$ 124.909,57	R\$ 80.248,12	R\$ 45.679,44	R\$ 77.841,49	R\$ 98.818,66	R\$ 75.889,93
2023	R\$ 188.460,73	R\$ 56.133,81	R\$ 69.635,86	R\$ 48.023,61	R\$ 125.922,63	R\$ 80.553,66	R\$ 45.972,68	R\$ 82.820,55	R\$ 100.366,38	R\$ 80.980,14

Fonte: Adaptado de RUIZ (2024).

Entre 2014 e 2023, a GD apresentou crescimento exponencial nos municípios selecionados da RMSP. Em 2015, a capacidade instalada nesses municípios somava apenas 214 kW, e em 2023, atingiu aproximadamente 229 MW, refletindo a rápida expansão da micro e minigeração, sobretudo de origem fotovoltaica.

Em termos absolutos, o município de São Paulo apresenta a maior capacidade instalada de GD no período, porém quando se avalia a distribuição da GD na área do município, nota-se que Barueri, Osasco, Santana de Parnaíba e São Caetano do Sul superam a capital. O município de São Caetano do Sul tem DGD maior do que o dobro da verificada em São Paulo. Além disso, verifica-se que os três municípios com maior DGD são também aqueles com os maiores valores de PIB per capita, o que sugere uma forte relação entre a capacidade econômica e a adesão à GD. Por outro lado, não parece haver relação entre a DGD e a densidade populacional.

O Quadro 3 sistematiza os resultados do índice de correlação de Pearson entre DGD e os indicadores selecionados. A correlação entre DGD e PIB per capita foi calculada ano a ano para todos os municípios, e também calculada para cada município em sua própria série temporal.



Para os demais indicadores (IDHM, Gini e salário médio), cuja disponibilidade está restrita a apenas um ano, optou-se por realizar correlações cruzadas com a DGD de cada ano da série.

*Quadro 3 – Resultados do Índice de Correlação de Pearson entre as diferentes variáveis.*

	Correlação DGD e PIBpc	Correlação DGD e IDHM	Correlação DGD e Gini	Correlação DGD e salário médio
2015	0,663	0,648	0,466	0,536
2016	0,831	0,401	0,466	0,625
2017	0,517	-0,035	0,062	0,469
2018	0,909	-0,023	0,328	0,648
2019	0,967	0,030	0,377	0,619
2020	0,836	0,388	0,296	0,433
2021	0,740	0,503	0,355	0,415
2022	0,670	0,532	0,281	0,341
2023	0,642	0,514	0,248	0,334

a)

	Barueri	Diadema	Guarulhos	Mogi das Cruzes	Osasco	Santana de Parnaíba	Santo André	São Bernardo do Campo	São Caetano do Sul	São Paulo
Correlação DGD e PIBpc por município	0,421	0,960	0,947	0,951	0,749	0,852	0,804	0,924	0,921	0,976
Correlação incremento de GD e PIBpc por município	0,458	0,972	0,972	0,973	0,769	0,906	0,857	0,941	0,937	0,989

b)

*Fonte: Elaboração própria.*

Devido à maior disponibilidade de dados, a correlação entre a DGD e o PIB per capita pode ser considerada mais representativa da realidade. No período de 2018 e 2021, essa correlação foi classificada como alta, indicando que municípios com um maior PIB per capita tendem a apresentar, em geral, maior capacidade instalada de GD, o que sugere que o acesso a esta tecnologia ainda está fortemente associado ao poder aquisitivo local. A análise de correlação entre o PIB per capita e o incremento anual da GD (nova GD instalada por ano) também revelou correlações muito elevada para todos os municípios da amostra, com exceção de Barueri, cujo padrão de crescimento da GD não se alinhou diretamente com a evolução do PIB per capita.

Os índices de correlação dos demais indicadores com a DGD apresentaram, em sua maioria, valores medianos. Em alguns anos, a correlação entre DGD e o IDHM, assim como entre DGD e o índice de Gini foi considerada baixa. Os resultados sugerem que, embora os



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

indicadores sociais selecionados exerçam alguma influência sobre a expansão da GD, eles não são, isoladamente, fatores determinantes.

## DISCUSSÃO

A análise apresentada neste estudo encontrou limitações relacionadas à disponibilidade e qualidade dos dados em nível municipal no Brasil. A ausência de séries históricas consolidadas para indicadores socioeconômicos como IDHM, salário médio dos trabalhadores formais e o índice de Gini, restringe significativamente o potencial analítico da pesquisa. Os valores mais recentes disponíveis de IDHM e do índice de Gini datam de 2010, ou seja, anteriores à primeira unidade de GD nos municípios analisados, que foi instalada em Santana de Parnaíba em dezembro de 2013. No caso do índice de Gini, os dados anuais só estão disponíveis em nível federal e estadual, enquanto a média salarial municipal tem registros apenas para o ano de 2022.

Essa ausência de dados municipais torna inviável observar identificar tendências, rupturas ou variações ao longo do tempo que possam refletir o impacto de políticas públicas, mudanças regulatórias ou transformações socioeconômicas na expansão da GD. O uso de dados pontuais funciona como um retrato estático no tempo, que, embora útil para algumas comparações, pode não refletir de maneira acurada a trajetória evolutiva de cada município. Uma análise isolada do ano de 2017, por exemplo, indicaria uma correlação considerada média entre o PIB per capita e a DGD. No entanto, a observação da série histórica para os demais anos de análise e o cruzamento dessas informações com a correlação para cada município revela que há de fato uma forte correlação positiva entre essas duas variáveis. A limitação temporal dos dados, portanto, restringe os estudos de correlação dos indicadores a análises estáticas, comprometendo a robustez dos resultados e encobrendo possíveis relações entre as grandezas estudadas.

Portanto, é importante utilizar séries históricas sempre que disponíveis. A disponibilidade de uma série temporal completa do PIB per capita permite uma análise mais aprofundada e confiável da relação entre a capacidade econômica local e a adesão à GD ao longo dos anos, revelando um padrão claro: municípios com maior PIB per capita tendem a



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

apresentar maior DGD, tanto em capacidade instalada acumulada, quanto em novos projetos por ano.

Esse padrão traz à tona questões importantes sob a ótica da JE. A correlação positiva entre o PIB per capita e a GD sugere que o acesso à energia limpa descentralizada continua sendo desigual, refletindo a estrutura socioeconômica da área urbana. Essa desigualdade energética pode ser causada por diversos fatores:

- Altos custos iniciais para instalação de sistemas fotovoltaicos, que impedem o acesso para famílias e comunidades de baixa renda;
- Acesso limitado a crédito e financiamentos em municípios com menor PIB per capita;
- Falta de políticas públicas locais de incentivo à GD direcionadas para populações vulneráveis; e/ou
- Baixo nível de informação e apoio institucional.

Esses elementos contribuem para manter uma lógica de mercado que favorece os territórios e comunidades com maior potencial econômico, perpetuando uma forma de injustiça energética estrutural, na qual populações com menor renda não conseguem se beneficiar diretamente da transição energética.

Ademais, a dificuldade de acesso a dados energéticos confiáveis e atualizados em nível municipal no Brasil constitui uma barreira metodológica recorrente em pesquisas voltadas à análise territorial da energia. Diversos indicadores de energia em nível municipal não estão disponíveis ou estão desatualizados (RUIZ, 2024), o que dificulta o desenvolvimento de políticas públicas baseadas em evidências e voltadas para solucionar problemas reais da população.

Assim, é possível afirmar que as desigualdades socioeconômicas se refletem no padrão de acesso à GD, o que demanda mais atenção de gestores públicos, pesquisadores e reguladores. Para promover a JE nas cidades brasileiras, é preciso superar desafios econômicos, estruturais e institucionais, que limitam o acesso igualitário aos benefícios da transição energética. O desenvolvimento de índices municipais de JE, conforme sugerido por esta pesquisa, constitui um avanço nessa direção, possibilitando o acompanhamento das desigualdades.



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

## CONCLUSÃO

O presente artigo buscou compreender se a GD, especialmente solar fotovoltaica, pode ser utilizada como um indicador da JE urbana no contexto da RMSP. A análise dos dados indica que há uma tendência de concentração da GD nos municípios com maior PIB per capita, o que reforça desigualdades estruturais no acesso à energia. A expansão da GD ainda ocorre de forma desigual, favorecendo comunidades mais afluentes, em detrimento dos mais pobres. Essa distribuição desigual tende a se propagar no tempo, uma vez que a GD traz também benefícios econômicos de longo prazo, como economias na conta de luz, cuja tarifa tende a aumentar com a instabilidade provocada pelas mudanças climáticas.

A literatura internacional sobre JE tem focado mais nas disparidades entre áreas urbanas e rurais (REN *et al.*, 2025), enquanto comunidades marginalizadas dentro de grandes cidades acabam sendo desconsideradas do planejamento. Os resultados desse estudo reforçam essa percepção, uma vez que cidades localizadas em uma mesma metrópole sofrem com a desigualdade na expansão da GD. Para compreender mais a fundo essas diferenças, seria preciso reduzir ainda mais a escala, executando uma pesquisa qualitativa com foco em bairros e grupamentos urbanos. Essa análise permitirá compreender de que forma se comportam as variações de DGD e identificar zonas de exclusão energética, que muitas vezes ficam ocultas quando se estuda os municípios através de médias estatísticas.

Uma dificuldade recorrente na elaboração de índices municipais no Brasil é a ausência de dados nesta escala. Frequentemente surgem questões relacionadas à disponibilidade e qualidade dos dados, e em diversos casos é preciso retirar da análise o indicador cujos dados não estão disponíveis ou então retirar cidades do modelo de análise (RUIZ, 2024). Fica evidente que o país deve investir em sistemas de informação locais que deem suporte à pesquisa e, consequentemente, à formulação de políticas públicas baseadas em evidências.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída**, 2024. Disponível em <  
<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/micro-e-minigeracao-distribuida>> Acesso em 13 jun. 2025.



**XII**  
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL  
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS  
DESIGUALDADES SOCIAIS  
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

IBGE. IBGE Cidades. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2024. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 jun. 2025.

LAMPIS, Andrea; LAZARO, Lira Luz Benites; SOARES, Raiana Schirmer; NEIVA, Sigrid de Aquino; BERMANN, Célio. **Justiça energética e geração distribuída fotovoltaica em São Paulo**. In: JACOBI, Pedro Roberto (org.). **Governança Ambiental na Macrometrópole Paulista face à Variabilidade Climática**. São Carlos/Brasil: RiMa Editorial, 2022.

REN, Weihang; GUAN, Yongpei; QIU, Feng; LEVIN, Todd; HELENO, Miguel. **Energy Justice and equity: A review of definitions, measures and practice in policy, planning and operations**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 222. 2025.

RIBAS, Vinícius Eduardo; SIMÕES, André Felipe. **(In)Justiça Energética: Definição conceitual, parâmetros e aplicabilidade no caso do Brasil**. Revista Brasileira de Energia. Vol. 26, nº 4. 2020.

RUIZ, Renata Hamilton de. **Desenvolvimento de um índice de segurança energética para cidades inteligentes: um estudo para a Região Metropolitana de São Paulo**. IEE/USP. São Paulo/Brasil. 2024.

Seade. Municipal – Seade PIB. **Sistema Estadual de Análise de Dados**, 2021. Disponível em <<https://pib.seade.gov.br/municipal/>>. Acesso em: 03 jul. 2025.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Tabela 6579 – População residente estimada**, 2024. Disponível em (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>)> Acesso em 01 jul. 2025.