



# Geração fotovoltaica distribuída: um mercado em desenvolvimento

Estudo do CPI aponta para a necessidade de se avaliar os fatores de demanda na elaboração de políticas de incentivo à energia renovável

Quase 45% da demanda de energia no Brasil é suprida por fontes renováveis.<sup>1</sup> Apesar de isso tornar a oferta de energia do país uma das menos intensivas em carbono do mundo, o aumento da participação de fontes não renováveis na matriz energética brasileira entre 2005 e 2015 evidencia o desafio que o país vem enfrentando para alcançar seus objetivos climáticos.

Os recursos renováveis estão no centro da discussão sobre o desenvolvimento de um sistema energético limpo e seguro ao redor do mundo, e são vistos como peças-chave no combate à emissão dos gases de efeito estufa e na mitigação das mudanças climáticas. Análises recentes apontam para a disponibilidade de recursos renováveis como o principal determinante da capacidade de um país em reduzir riscos climáticos.<sup>2</sup>

No entanto, pesquisadores do Climate Policy Initiative/ Núcleo de Avaliação de Políticas Climáticas da PUC-Rio (CPI/ NAPC) mostram que o desenvolvimento do setor de energia renovável não ocorre somente pela disponibilidade de recursos naturais, ou seja, por determinantes da oferta, mas também através de aspectos da demanda, como renda, tamanho da população e tarifa de energia elétrica.

Medidas de radiação solar indicam que o Brasil recebe luz do sol mais que suficiente para atender o crescimento previsto da demanda por energia através da geração de energia fotovoltaica (PV, da sigla em inglês), que converte luz solar em eletricidade.<sup>3</sup> Dada essa oferta para o Brasil, o desafio de extrair seus benefícios está na capacidade do país em desenvolver oportunidades no lado da demanda que encorajem a geração de energia solar.

O Brasil, em especial, possui potencial para estimular o uso de energia solar através da geração distribuída, que consiste na geração de energia na própria unidade de consumo, ou seja, de forma descentralizada, e que conta com um mercado pequeno, porém bem estabelecido em partes do país. Evitando a construção de grandes usinas centralizadas, o país pode reduzir custos, complexidades, interdependências e ineficiências associadas ao transporte de energia elétrica.

Neste novo estudo, pesquisadores do CPI/ NAPC analisam 5.563 municípios do Brasil e mostram que fatores da demanda estimulam a penetração de geração fotovoltaica distribuída. Esse efeito é tão relevante que municípios com menor radiação solar têm, em média, mais unidades consumidoras com geração fotovoltaica distribuída do que localidades com maiores níveis de radiação.

A análise do CPI/ NAPC é uma das primeiras a examinar o mercado de geração fotovoltaica descentralizada a nível municipal, trazendo contribuições inéditas para essa indústria em crescimento.

1 EPE, 2017: Balanço Energético Nacional 2016.

2 IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

3 EPE, 2014: Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Nota Técnica DEA 19/14, Ministério de Minas e Energia.



## PRINCIPAIS RESULTADOS

- Municípios com menor radiação solar anual têm, em média, mais unidades consumidoras com geração fotovoltaica distribuída do que municípios com maiores níveis de radiação.
- Municípios com maior Produto Interno Bruto (PIB), maior população e maior tarifa de energia elétrica têm maior número de unidades com geração fotovoltaica distribuída no Brasil.
- Somente 1.478 dos 5.563 municípios estudados tinham ao menos uma unidade com geração fotovoltaica distribuída em junho de 2017.
- A maior quantidade de unidades com geração fotovoltaica distribuída em um mesmo município era de 436, em junho de 2017, no Rio de Janeiro.

## PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES

- Focar nas políticas de energia renovável para mitigar riscos climáticos, lidando não somente com a disponibilidade de recursos naturais e, portanto, com o lado da oferta, mas também com fatores da demanda, como renda, tamanho da população e tarifa de energia elétrica.
- Considerar como as diferenças nas tarifas de energia elétrica ao redor do Brasil podem ter consequências sobre a penetração de geração fotovoltaica entre diferentes regiões do país.
- Incorporar o incentivo às fontes renováveis de energia às estratégias de desenvolvimento voltadas para as regiões mais pobres do país, as quais também possuem o maior potencial solar.

## ANÁLISE PARA FORMULADORES DE POLÍTICAS

### O contexto da geração fotovoltaica na matriz elétrica brasileira

Na atual matriz elétrica brasileira, a expansão fotovoltaica ainda se encontra em estágio inicial. A geração de energia solar ocorre tanto em sistemas centralizados, compostos por grandes usinas solares, quanto em sistemas descentralizados, nos quais os consumidores instalam e gerenciam as unidades, de modo compartilhado ou independente. A Tabela 1 apresenta o número de unidades e capacidade por tipo de geração em ambos os sistemas.

**Tabela 1:** Oferta de energia renovável e não renovável no Brasil – unidades e capacidade por tipo

	Centralizada			Descentralizada		
	# Usinas	Potência (kW)	%	# Unidades	Potência (kW)	%
Hidrelétrica	219	93.216.340	61,1%	-	-	-
Térmica	2.926	41.021.055	26,9%	51	19.187	14,6%
Eólica	439	10.701.743	7,0%	52	10.183	7,7%
Pequena Central Hidrelétrica	434	4.976.230	3,2%	-	-	-
Termonuclear	2	1.990.000	1,3%	-	-	-
Central Geradora Hidrelétrica	613	546.491	0,4%	15	11.253	8,5%
<b>Solar Fotovoltaica</b>	<b>50</b>	<b>144.214</b>	<b>0,1%</b>	<b>11.365</b>	<b>91.038</b>	<b>69,2%</b>
<b>Total</b>	<b>4.683</b>	<b>152.596.073</b>	<b>100,0%</b>	<b>11.483</b>	<b>131.661</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: ANEEL, junho de 2017

Em geral, a geração de energia solar centralizada representa somente 0,1% da matriz elétrica centralizada do país, enquanto usinas termelétricas e hidrelétricas ainda representam quase 90% da oferta de eletricidade.

No entanto, o mercado de geração de energia solar descentralizada constitui atualmente quase 70% da oferta descentralizada e corresponde a quase todas as unidades consumidoras instaladas (99%). Esse nível de interesse por parte dos consumidores em energia solar descentralizada sugere um grande potencial para o crescimento dessa fonte.

Além disso, a geração distribuída tem a capacidade de reduzir não somente investimentos na expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, como também impactos ambientais, a carga das redes e perdas com transporte.

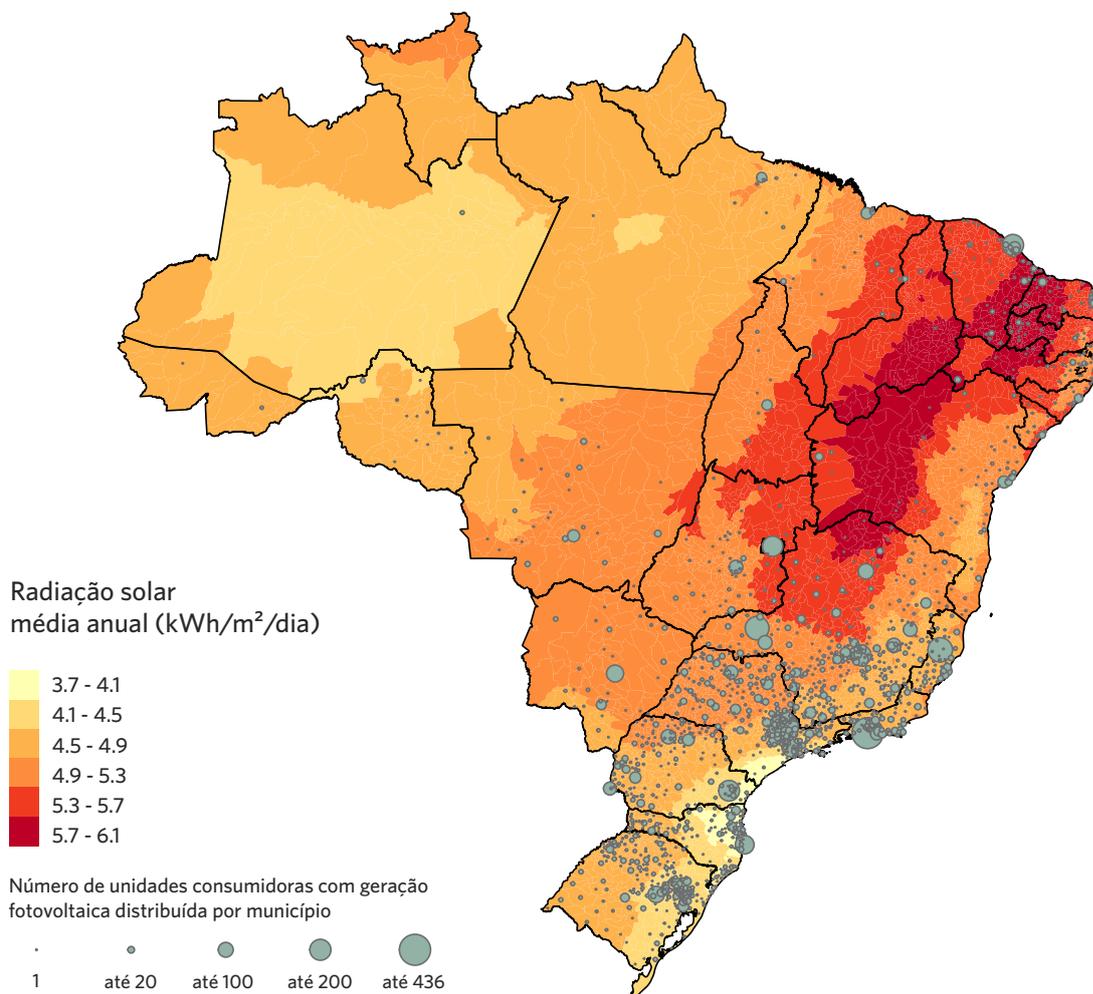
### Características do mercado de geração fotovoltaica descentralizada no Brasil

#### *Localização e radiação solar*

Em um sistema otimizado de geração de energia solar, as unidades estariam localizadas nas áreas com os maiores índices de radiação, pois isso afeta diretamente o rendimento de um

painel. No entanto, como apresentado na Figura 1, as áreas com mais unidades consumidoras fotovoltaicas não são necessariamente aquelas com maiores níveis de radiação solar.

**Figura 1:** Radiação solar média anual e número de unidades consumidoras com geração fotovoltaica distribuída por município no Brasil



**Fonte:** ANEEL, LABREN, CCST e INPE, 2017

Pelo contrário: o mapa mostra que as unidades fotovoltaicas estão majoritariamente concentradas nas regiões Sul e Sudeste. Essas áreas têm menor potencial solar se comparadas às regiões Nordeste e Centro-Oeste.

Os dados indicam que, no Brasil, áreas com maiores índices de radiação solar têm menos unidades consumidoras com geração fotovoltaica. Tais resultados sugerem que o desenvolvimento do setor de energia renovável ocorre não somente pela adequação da oferta de sol à geração de energia, mas também por aspectos da demanda.

### *O papel da demanda – tarifas, PIB e população*

Embora a oferta de radiação solar varie ao longo do território, a geração fotovoltaica distribuída é viável mesmo em localidades onde a incidência de sol é menor. Os pesquisadores do CPI/ NAPC mostram que fatores do lado da demanda, como Produto Interno Bruto (PIB), tamanho da

população e tarifas de eletricidade, também influenciam onde as unidades de geração distribuída são encontradas no país, aumentando o número de unidades fotovoltaicas.

## Consumidores e geração distribuída

Para entender o comportamento da demanda por geração distribuída, é útil revisar como os consumidores participam desse mercado. Atualmente, os consumidores brasileiros podem gerar sua própria eletricidade a partir de fontes renováveis. Eles podem, além disso, fornecer o excedente para as redes de distribuição na sua localidade. No sistema *net metering*, um consumidor de eletricidade instala pequenos geradores em sua unidade consumidora e a energia gerada é usada para reduzir o consumo de eletricidade dessa unidade.

Regulações recentes autorizam os estados a isentarem os consumidores do pagamento da tarifa de eletricidade no valor da energia consumida da distribuidora, se essa corresponder ao número de créditos de energia obtidos. Isso tem ajudado a incentivar a expansão desse mercado.

## Distribuidoras, tarifas e geração distribuída

A distribuição pública de eletricidade é realizada por 63 concessionárias e 38 permissionárias.<sup>4</sup> Essas distribuidoras são reguladas pelo governo através da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). As distribuidoras não podem definir seus próprios preços e a tarifa de eletricidade é fixada para cada uma delas. A decisão é baseada em características da área de concessão da distribuidora, como número de consumidores, densidade do mercado e custos de aquisição de eletricidade.

Os pesquisadores do CPI/ NAPC identificam que quanto maior a tarifa de energia no município, maior é o incentivo para se investir em painéis de geração solar. Eles também observam que quanto maior a população do município, maior o número de unidades com geração fotovoltaica. Por fim, quanto maior a renda dos municípios, maior o número de consumidores com recursos para investir na instalação de painéis e, portanto, maior o número de unidades com geração distribuída.

Isso não significa, no entanto, que altos níveis de radiação solar não tenham papel importante. Quando os pesquisadores do CPI/ NAPC analisaram o que acontecia em cada área de concessão, concluíram que, ao considerar esses fatores de demanda e as políticas de incentivo específicas de cada distribuidora, maior radiação solar provoca aumento significativo do número de unidades consumidoras com geração fotovoltaica distribuída.

## CONCLUSÃO

Os pesquisadores do CPI/ NAPC destacam que somente a disponibilidade de recursos naturais não é suficiente para estimular a geração de energia fotovoltaica no Brasil. Isso tem importantes implicações políticas para o país, dado que se busca aumentar a participação das fontes renováveis em sua matriz energética. A análise revela que o desenho de políticas voltadas para o uso de fontes renováveis na mitigação de riscos climáticos também deve considerar fatores da demanda, como renda, tamanho da população e tarifa de energia elétrica. Além disso, formuladores de políticas devem incentivar a adoção de energia solar em áreas com maior radiação.

---

4 De acordo com o Art. 2º da Lei de Concessão (Lei nº 8.987/95), Concessões e Permissões são delegações de serviços públicos feitas pelo governo através de leilões. A diferença entre concessão e permissão se refere à estabilidade do contrato. Concessões são mais estáveis, uma vez que os serviços aos quais elas se referem demandam maior investimento inicial.

## Notas sobre os dados

A análise empírica foi elaborada a partir de uma *cross-section* composta por 5.563 municípios, inteiramente construída a partir de dados públicos e combinando informações de três principais fontes, identificadas a seguir.

- Número de unidades consumidoras com geração fotovoltaica distribuída, tarifa de eletricidade e informações sobre as distribuidoras de eletricidade em cada município – Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, junho de 2017).
- Radiação solar – Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), julho de 2017.
- Dados para o Produto Interno Bruto municipal (em R\$ 1.000) e população – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012).

A falta de dados para sete municípios (Fernando de Noronha, Nazaré, Pescaria Brava, Balneário Rincão, Mojuí dos Campos, Pinto Bandeira e Paraíso das Águas) impõe uma restrição à amostra. Em 2017, o país tinha 5.570 municípios no total.

## Autores

### Juliano Assunção

Climate Policy Initiative (CPI) & Núcleo de Avaliação de Políticas Climáticas da PUC-Rio (NAPC/PUC-Rio), Departamento de Economia da PUC-Rio | [juliano.assuncao@cpirio.org](mailto:juliano.assuncao@cpirio.org)

### Amanda Schutze

Climate Policy Initiative (CPI) & Núcleo de Avaliação de Políticas Climáticas da PUC-Rio (NAPC/PUC-Rio) | [amanda.schutze@cpirio.org](mailto:amanda.schutze@cpirio.org)

## Comunicação

### Mariana Campos

[mariana.campos@cpirio.org](mailto:mariana.campos@cpirio.org)

Setembro/ 2017

---

*O CPI é um grupo internacional de analistas e consultores que trabalham para aprimorar as mais importantes políticas de uso da terra e energia no mundo, com escritórios nos Estados Unidos, Europa, Brasil, Índia e Indonésia. No Brasil, o CPI é afiliado à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e mantém estreita colaboração com pesquisadores de universidades dentro e fora do país. <http://www.climatepolicyinitiative.org>*