

# O planejamento numa nova era da tecnologia e da economia da energia

Fontes Renováveis e Redes Inteligentes no  
Planejamento Energético Nacional

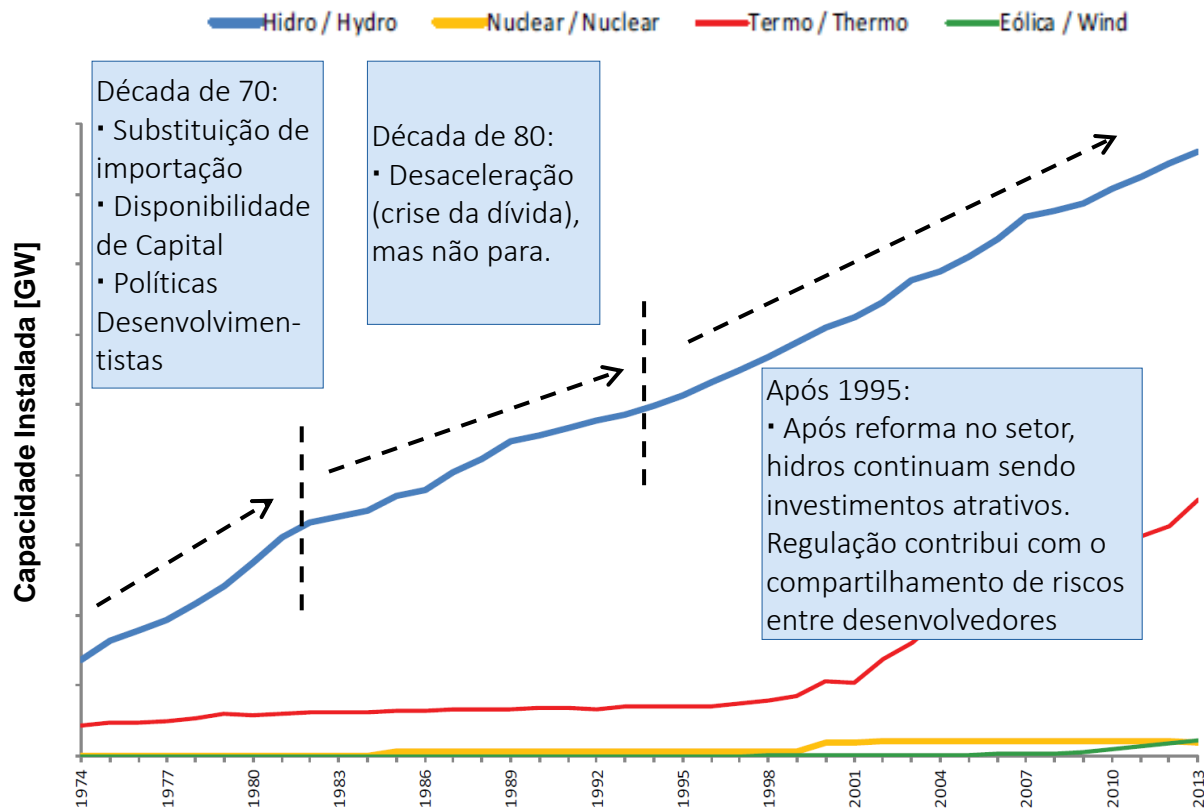
Rio de Janeiro, 19 de Setembro de 2018

Luciano Basto Oliveira

Empresa de Pesquisa Energética

# Como fizemos?

# Construímos hidrelétricas, basicamente



## Geração Elétrica (2017):

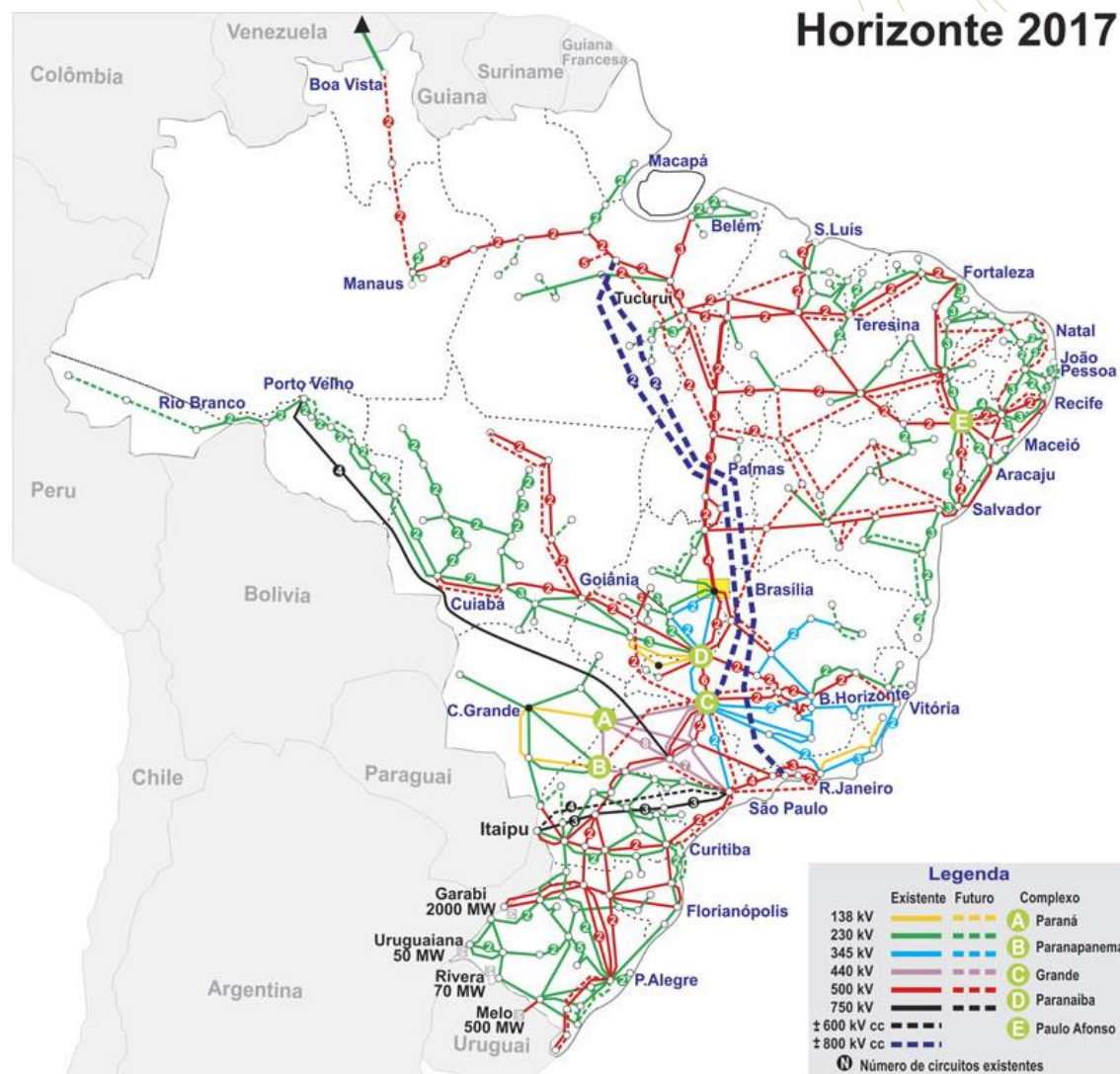


# Nossos reservatórios são conectados eletricamente

Horizonte 2017

Operação coordenada entre diferentes bacias:

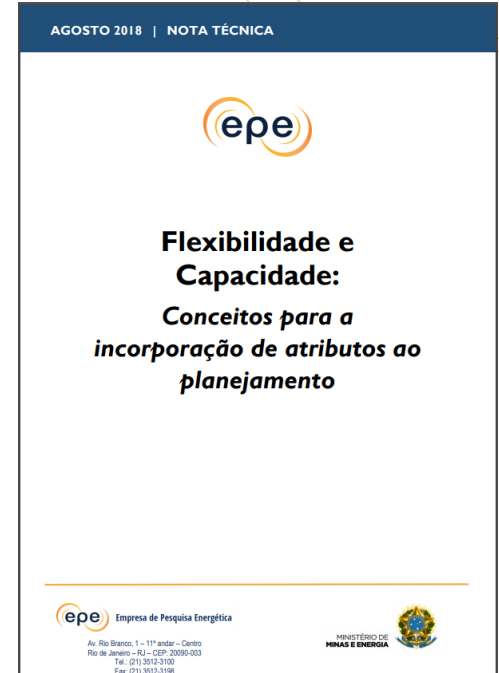
- Sistema de Transmissão acomoda cheias em cada bacia hidrográfica;
- Reduz o efeito da variabilidade sazonal;
- Fornece mais segurança no atendimento elétrico.



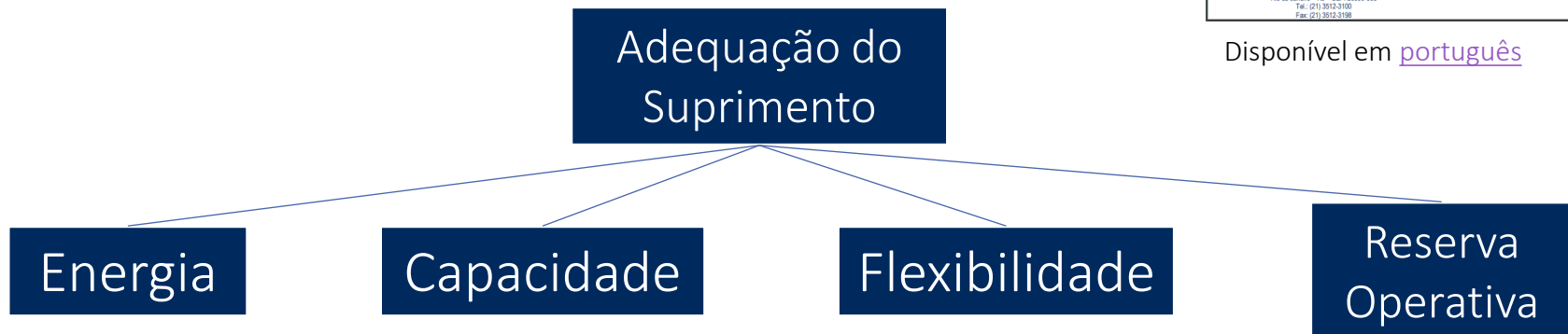
Fonte: ONS

# Historicamente, hidrelétricas (com grandes reservatórios) atenderam nossas necessidades de flexibilidade e demanda máxima

- Características construtivas das hidrelétricas:
  - Para aproveitar as boas condições hidrológicas de cada bacia → capacidade instalada muito maior que a média do output e energia firme
  - Reservatórios com capacidade significativa → achatamento dos custos marginais diários/semanais de operação
  - Essas e outras características permitiram fornecer flexibilidade a baixos custos incrementais, apesar das limitações de operação (e.g., vazão min e máx) que sempre existiram.



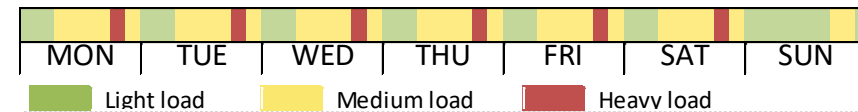
Disponível em [português](#)



# Modelos regulatório, comercial e operativo foram criados neste contexto

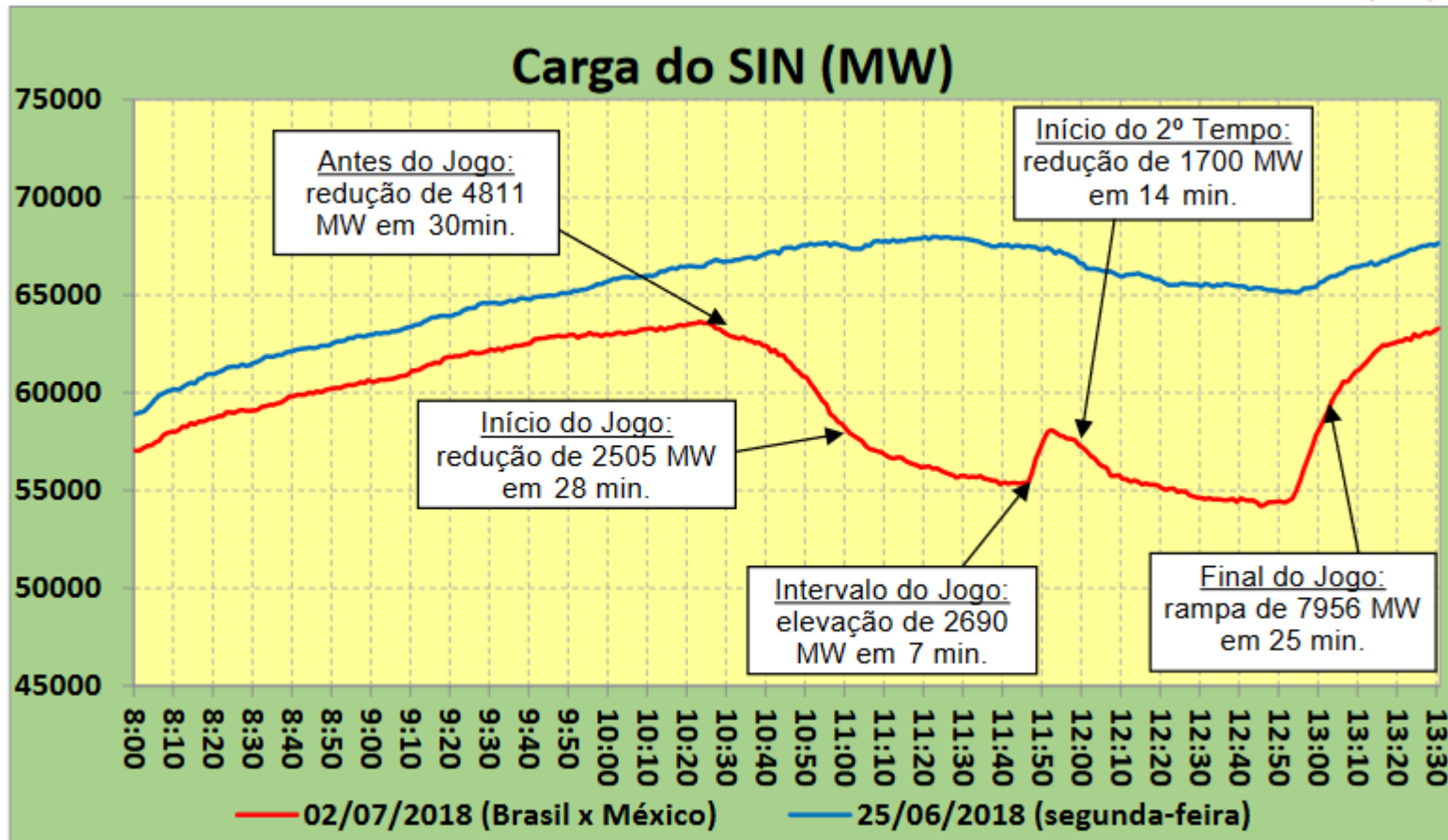
Alguns exemplos do modelo atual :

- Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) semanal, com patamares.



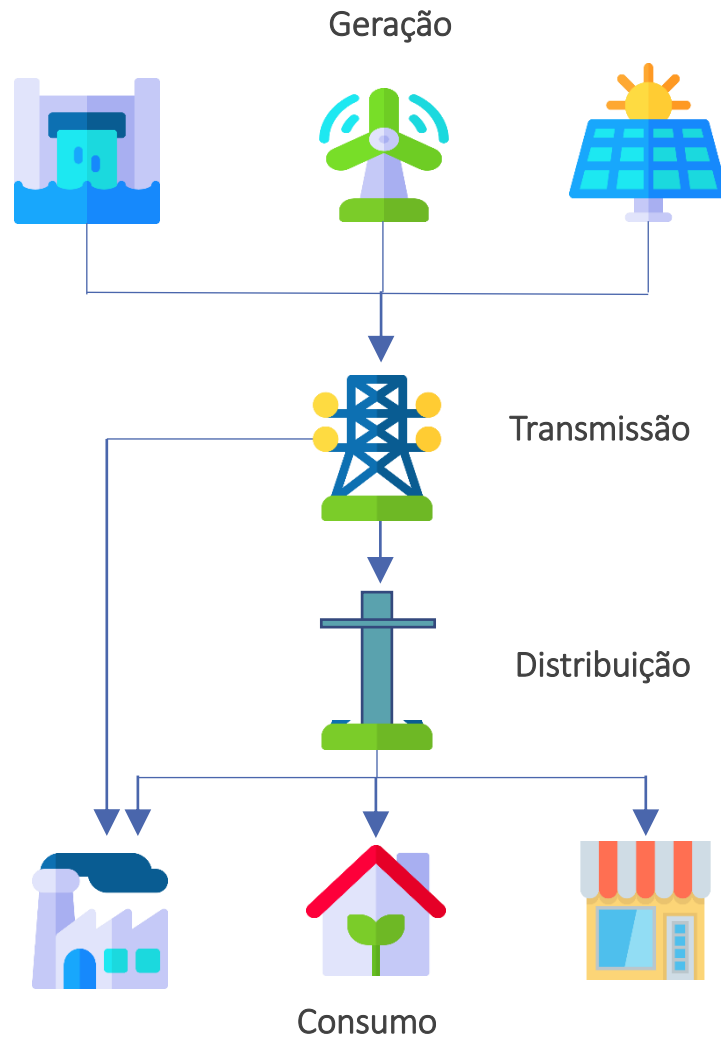
- Serviços Ancilares não são contratados competitivamente:
  - Ex. Reserva secundária: seleção direta dos fornecedores (todas hidros), com pagamento regulado basicamente para cobrir custos de controle e despesas de O&M com pessoal.
- Tarifas de Baixa Tensão: maioria dos consumidores expostos a uma tarifa fixa, sem nenhum sinal econômico

# Com as hidrelétricas, conseguimos lidar com variações abruptas de carga



Fonte: ONS

# O caminho da eletricidade



Icons made by Freepik from [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com)

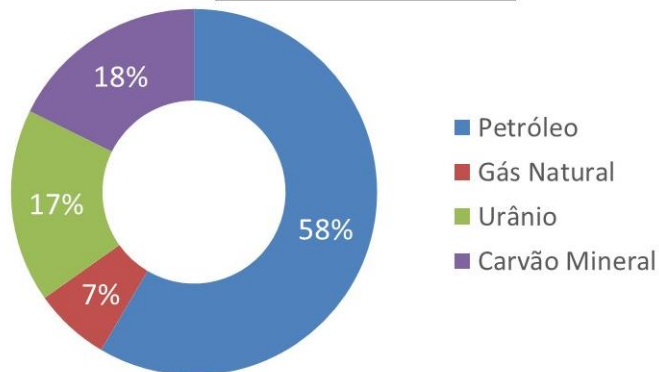


# A nova era da energia

# Disponibilidade para a expansão 2015-2050

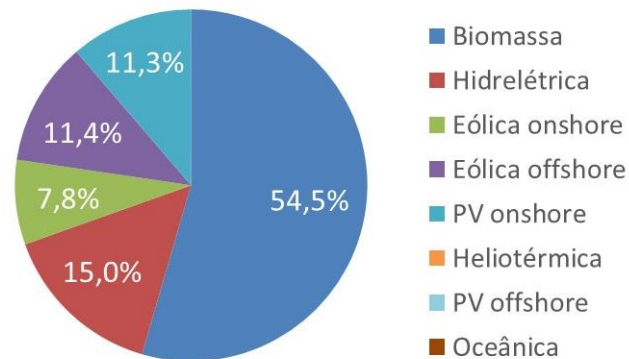
## Não Renováveis "Fáceis"

11.088 Mtep



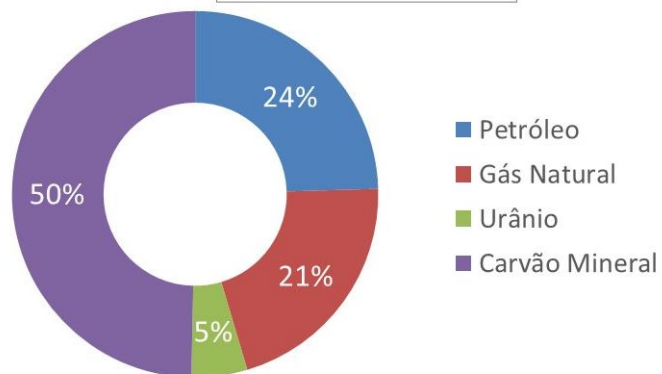
## Renováveis "Fáceis"

381 Mtep



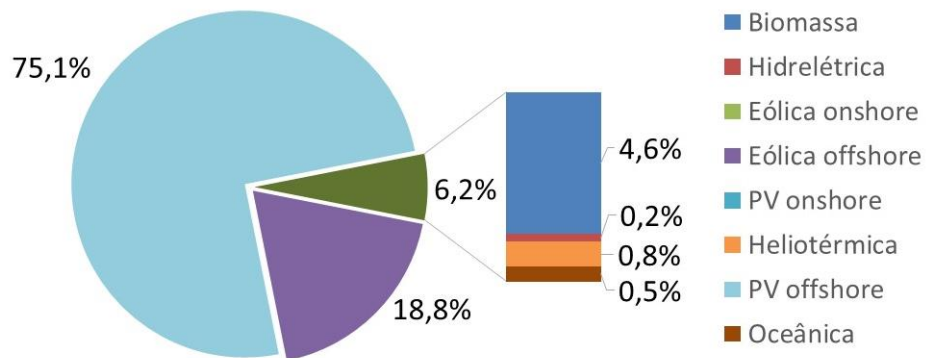
## Não Renováveis "Difíceis"

10.454 Mtep

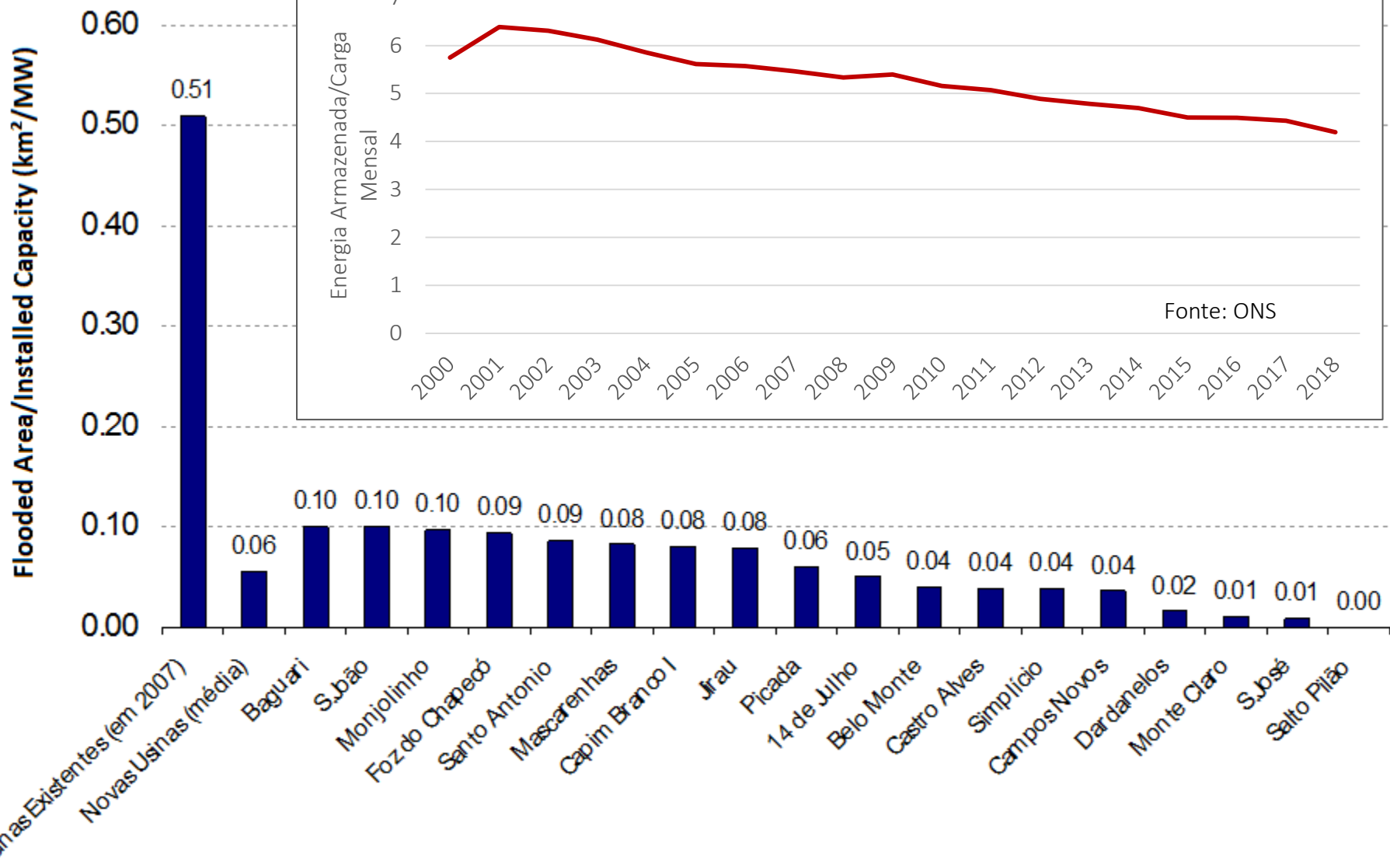


## Renováveis "Difíceis"

6.990 Mtep

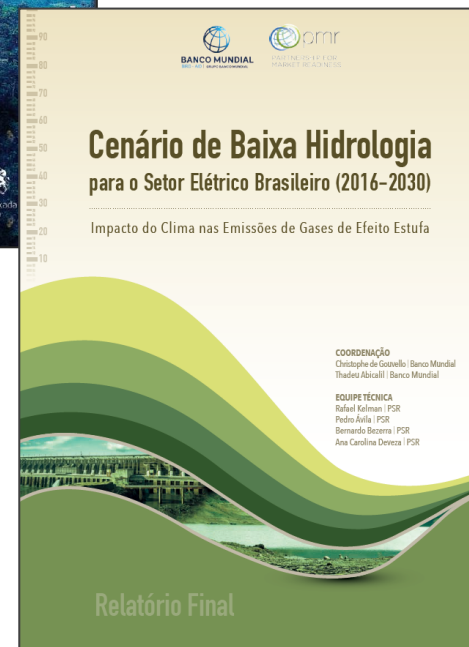
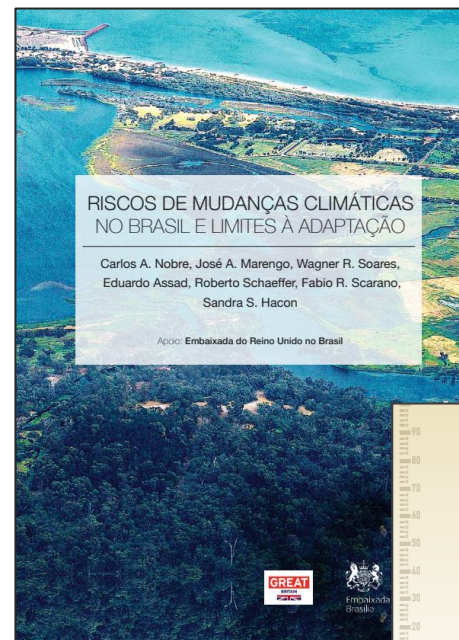


# Nossa capacidade de armazenamento relativa está diminuindo.



# As mudanças climáticas podem impactar ainda mais nossos cenários

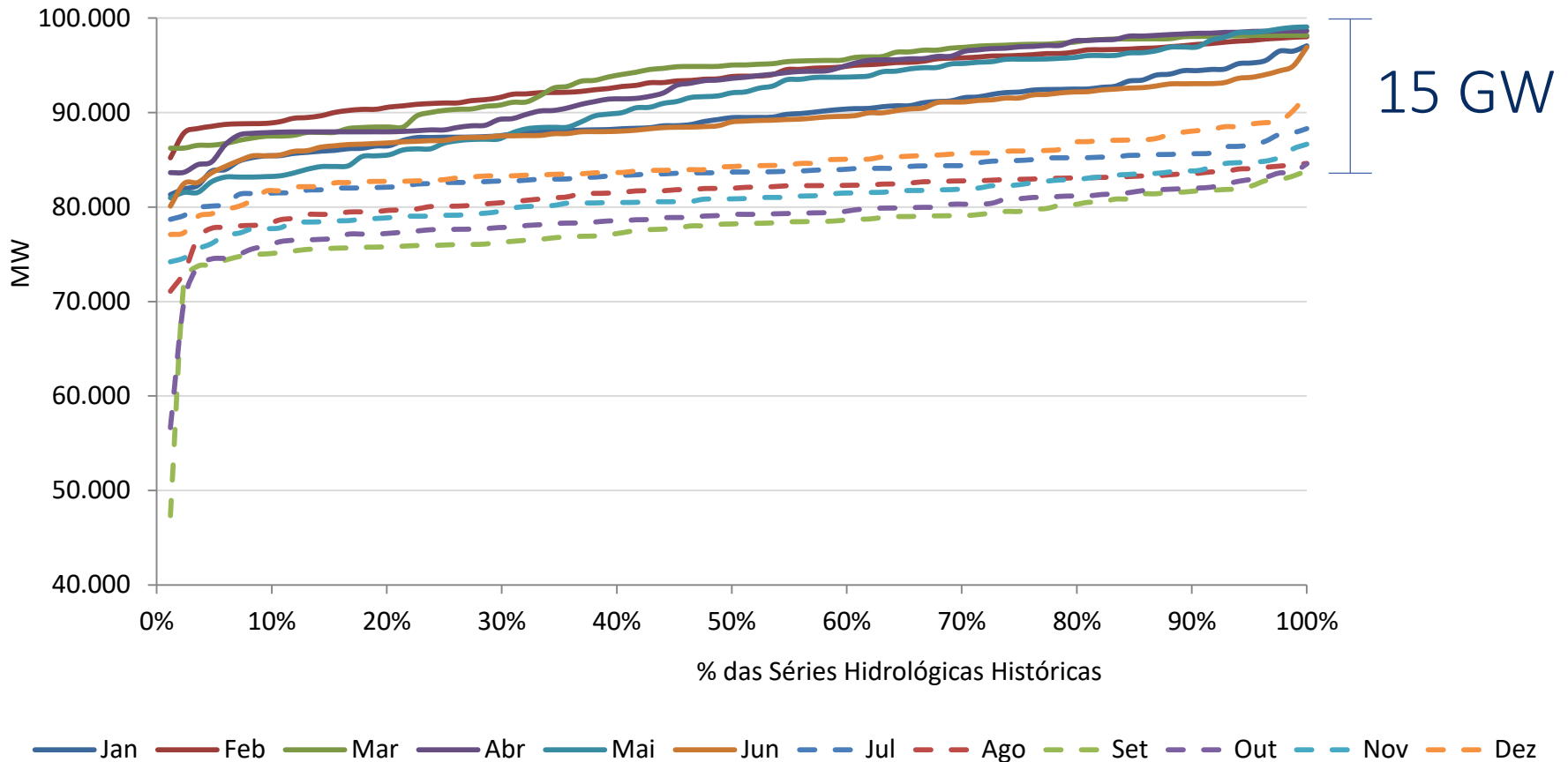
- Estudos dos impactos na oferta e na demanda de eletricidade são muito importantes
  - Mudanças na hidrologia podem afetar a oferta de flexibilidade;
  - Perfil de carga pode mudar (maior uso de ar condicionado?).



# Menos água -> Cota menor nas hidrelétricas -> Menor potência

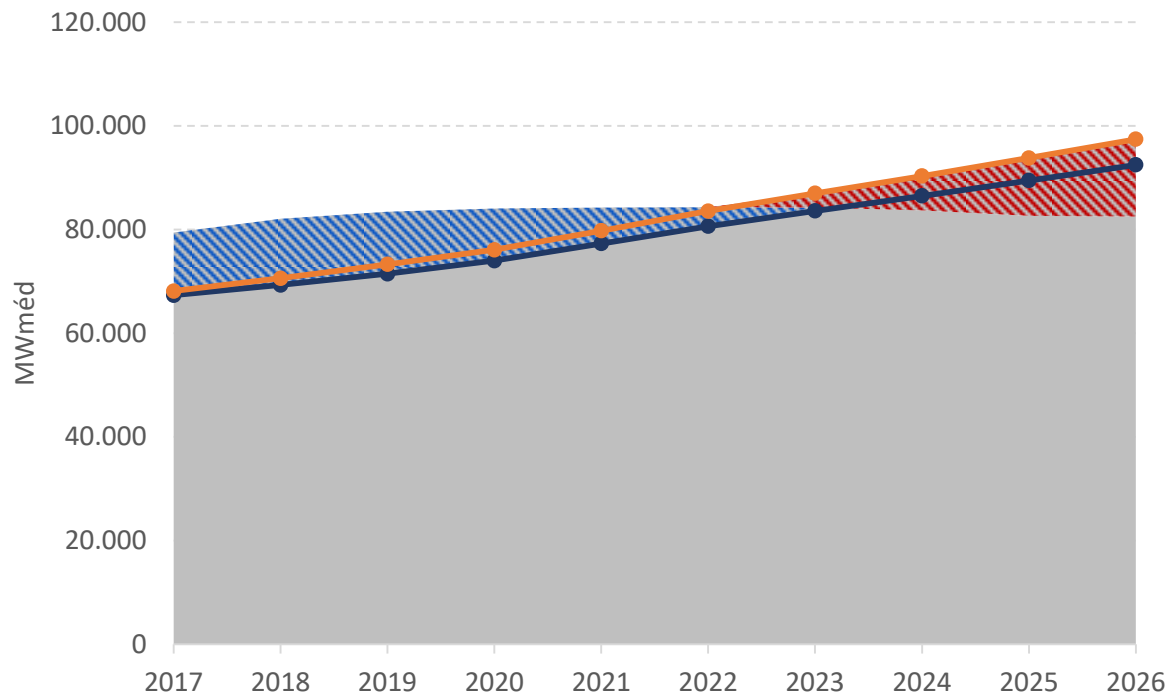


## Disponibilidade das hidrelétricas para atendimento da ponta em 2026



# A recuperação da economia vai exigir novos investimentos

Taxa de Crescimento do PIB	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2017 - 2026
Cenário Referência	0,5%	1,8%	2,1%	2,7%	2,8%	2,8%	2,9%	3,0%	3,0%	3,0%	2,5%
Cenário Alternativo	1,7%	2,8%	3,1%	3,2%	3,5%	3,5%	3,5%	3,5%	3,5%	3,5%	3,2%



Oferta Existente + Contratada
  Sobra Contratual  
 Necessidade de Expansão
  Carga Cenário de Referência  
 Carga Cenário Alternativo

Necessidade de nova oferta  
 no horizonte decenal:  
 ≈10,000 – 15,000 MWméd



≈ 2-3x Portugal  
 (2014). Referência: EIA



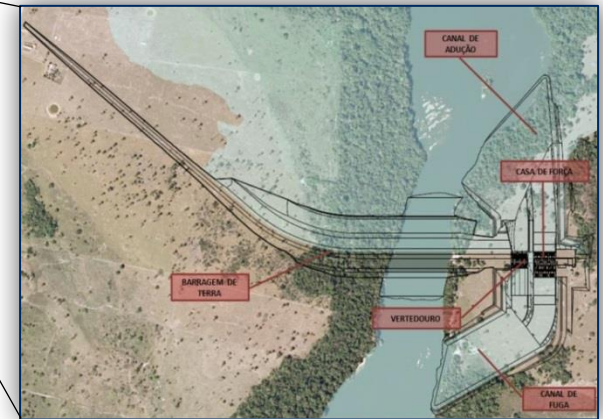
Nota: micro e minigeração distribuída já descontada da carga.

# A maioria do nosso potencial hidrelétrico remanescente está na região amazônica



Várias barreiras socioambientais que dificultam o aproveitamento do potencial

Região Hídrica	Potencial Remanescente (MW)	%
Amazônica	33.278	64%
Atlântico Leste	807	2%
Atlântico Sudeste	1.194	2%
Atlântico Sul	327	1%
Paraguai	38	0%
Paraná	2.952	6%
Parnaíba	615	1%
São Francisco	1.839	4%
Tocantins-Araguaia	7.952	15%
Uruguai	2.865	6%
<b>Total</b>	<b>51.868</b>	<b>100%</b>



UHE Castanheira (140 MW)

EPE (2017)

Somente 23% sem interferência



# Potencial de UHE

## Potencial inventariado

O PNE 2050 considerará apenas o potencial hidrelétrico inventariado pós PDE 2026 (6 GW). A base de UHEs, incluindo dados de potência e custos, foi atualizada.

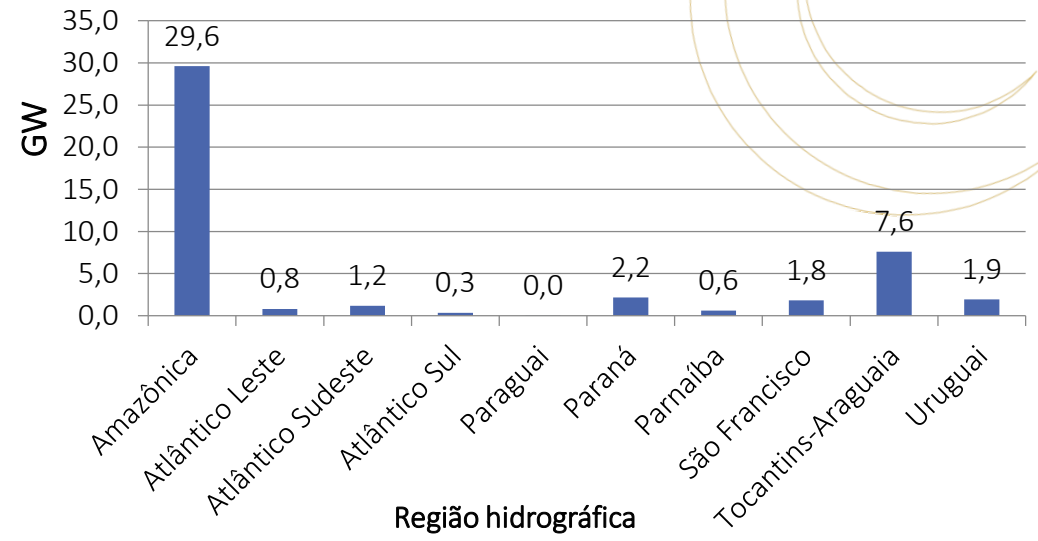
O conjunto de projetos inventariados pós PDE 2026 soma ~ 45 GW (6 GW livres).

PCH: Potencial de 16 GW (Inventariado).

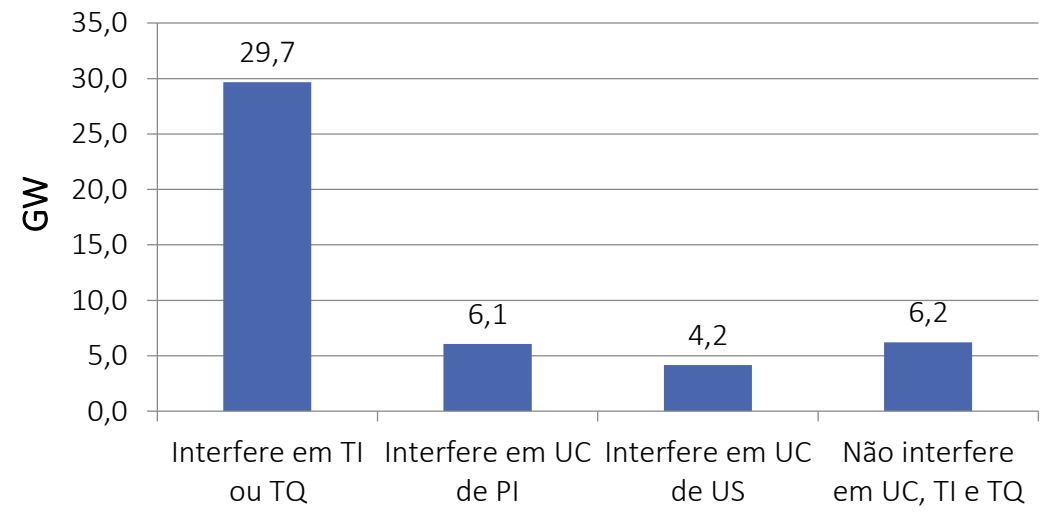
## Classificação socioambiental

Com base na localização dos eixos dos projetos e dos respectivos reservatórios foi feita a classificação socioambiental, que indica se os projetos apresentam ou não interferência em áreas protegidas (Unidades de conservação, Terras Indígenas e Territórios Quilombolas).

Localização do potencial hidrelétrico

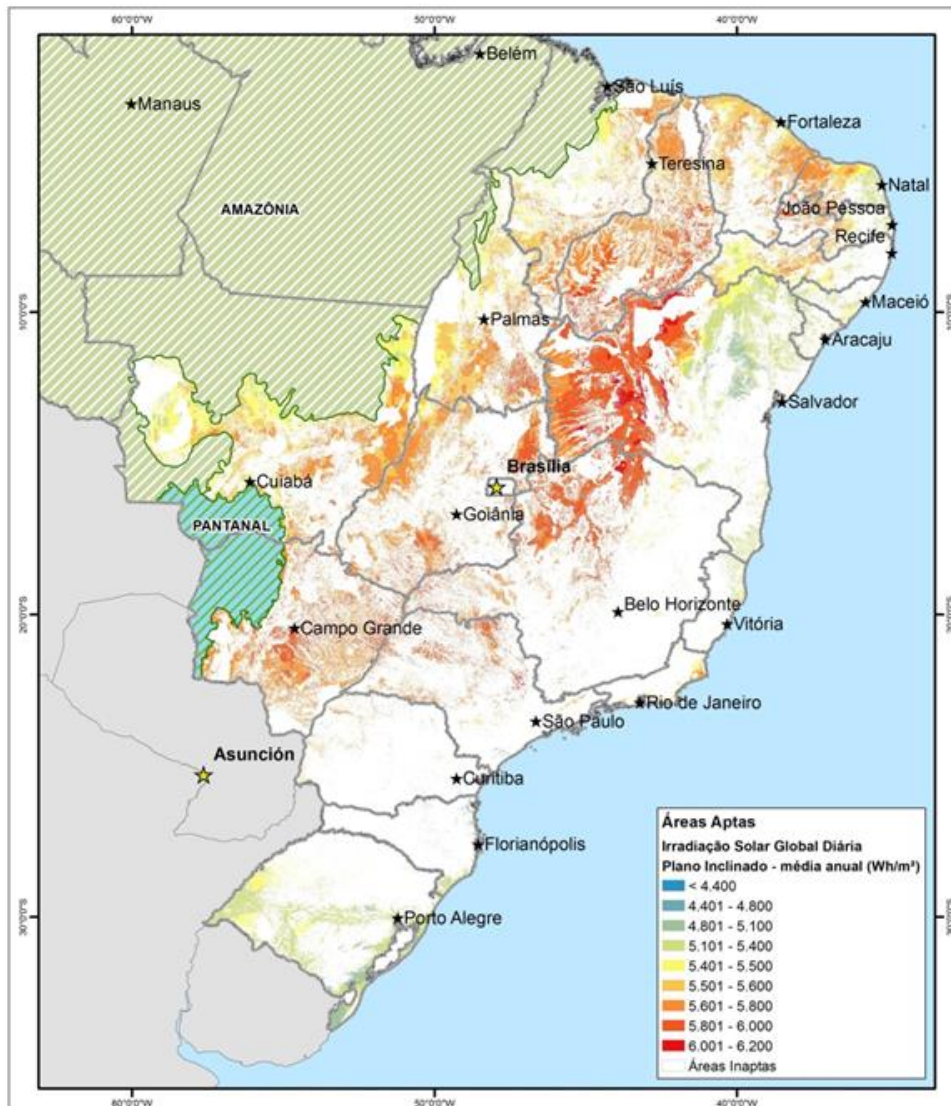


Classificação socioambiental do potencial



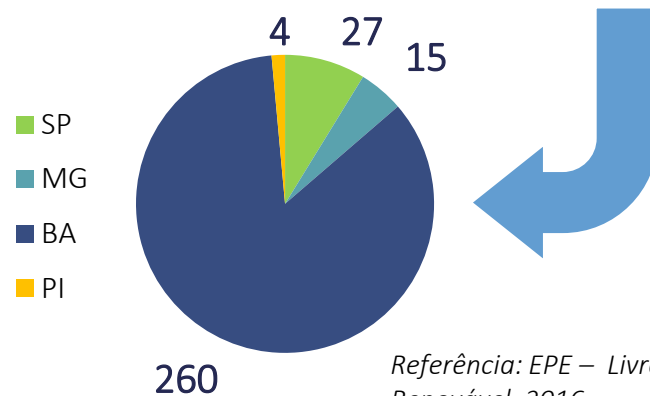
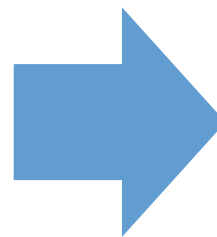


# Nós temos grande potencial fotovoltaico – Plantas de Grande Porte



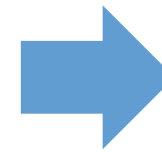
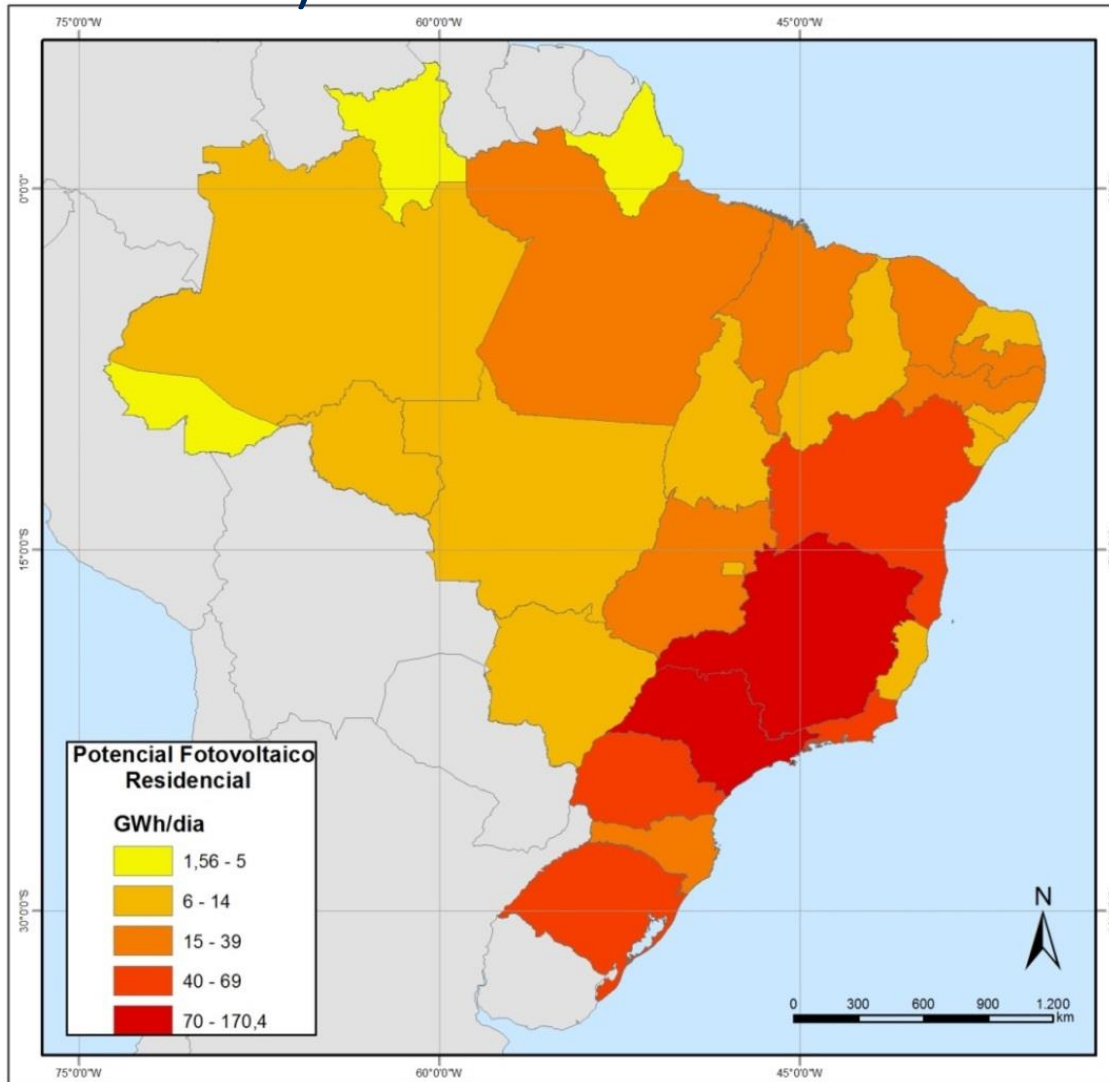
Excluindo áreas com vegetação nativa:

Faixa de irradiação (Wh/m <sup>2</sup> .dia)	Potência Fotovoltaica (GWp)
4400-4800	24
4800-5100	747
5100-5400	4.803
5400-5500	2.618
5500-5600	3.406
5600-5800	10.101
5800-6000	6.513
6000-6200	307



Referência: EPE – Livro Energia Renovável, 2016

# E pequeno porte - Potencial Técnico Fotovoltaico (Geração Distribuída Residencial)



Potencial 2,2x maior que o consumo residencial

Referência: EPE - Nota Técnica DEA 19/14 – Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos

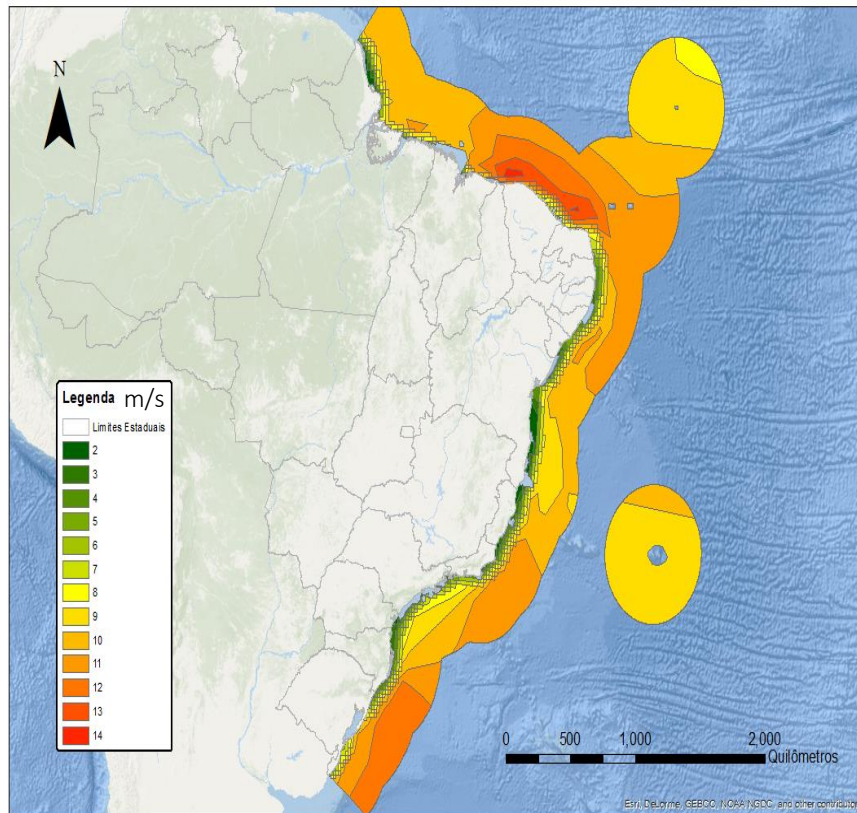
# E Potencial Eólico também

Altura	100 m		150 m	
	Capacidade (GW)	Energia Anual (GWh)	Capacidade (GW)	Energia Anual (GWh)
Potencial por Estado (>7m/s)				
Alagoas <sup>2008</sup>	0,6	1.340	-	-
Bahia <sup>2013</sup>	70	273.500	195	766.500
Espírito Santo <sup>2009</sup>	1,1	2.397	-	-
Minas Gerais <sup>2010</sup>	39	92.076	-	-
Paraná <sup>2007</sup>	3,4	9.386	-	-
Rio de Janeiro <sup>2002</sup>	2,8	8.872	-	-
Rio Grande do Norte <sup>2003</sup>	27	69.293	-	-
Rio Grande do Sul <sup>2014</sup>	103	382.000	245	911.000
São Paulo <sup>2012</sup>	0,6	1.753	-	-
Total	247	839.277	440	1.677.500

Fonte: Preparado pela EPE com fontes diversas

# RECURSOS - Eólica offshore

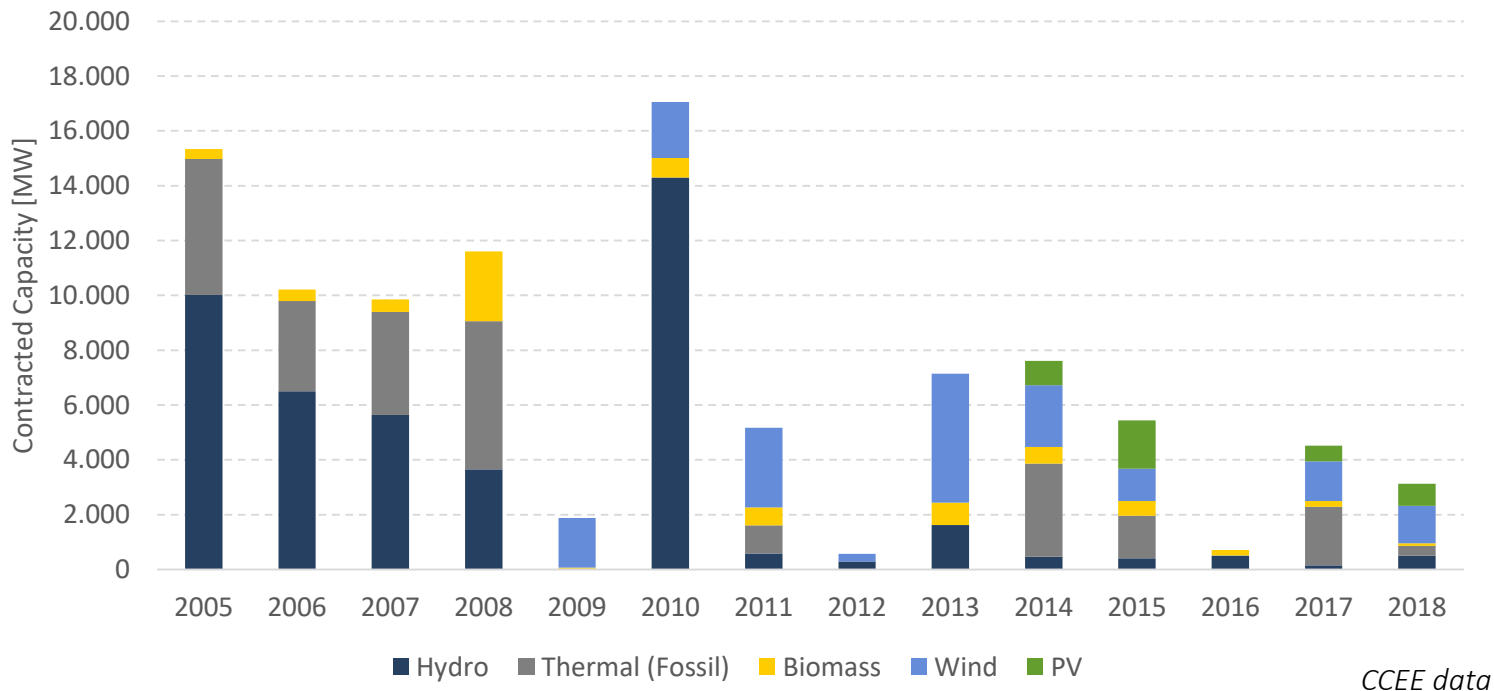
*O Brasil não possui nenhum parque eólico offshore, mas já existem 3 projetos com solicitação de licença ambiental no Ibama, mostrando que o mercado está estudando o assunto.*



- ✓ A média da magnitude do vento offshore no Brasil apresenta variação entre **7 e 12 m/s**, com valores mínimos próximos à costa de São Paulo e valores máximos próximos à costa de Sergipe e Alagoas.
- ✓ A área de **menor profundidade** (até 20 m), **maior proximidade da costa** (até 10 km) e **maior velocidade de vento** (a partir de 9 m/s) atinge 16.858 km<sup>2</sup>, correspondente a três vezes o Distrito Federal, e tem um potencial de aproximadamente **75 GW**.
- ✓ Bóias da Marinha a 50 km da costa identificam fator de capacidade superior a 90%.

# Nos últimos anos, contratamos muitas eólicas e FV

- Expansão recente nos leilões de energia:  
(apenas parte da história, pois eólica também evoluiu no Mercado Livre)

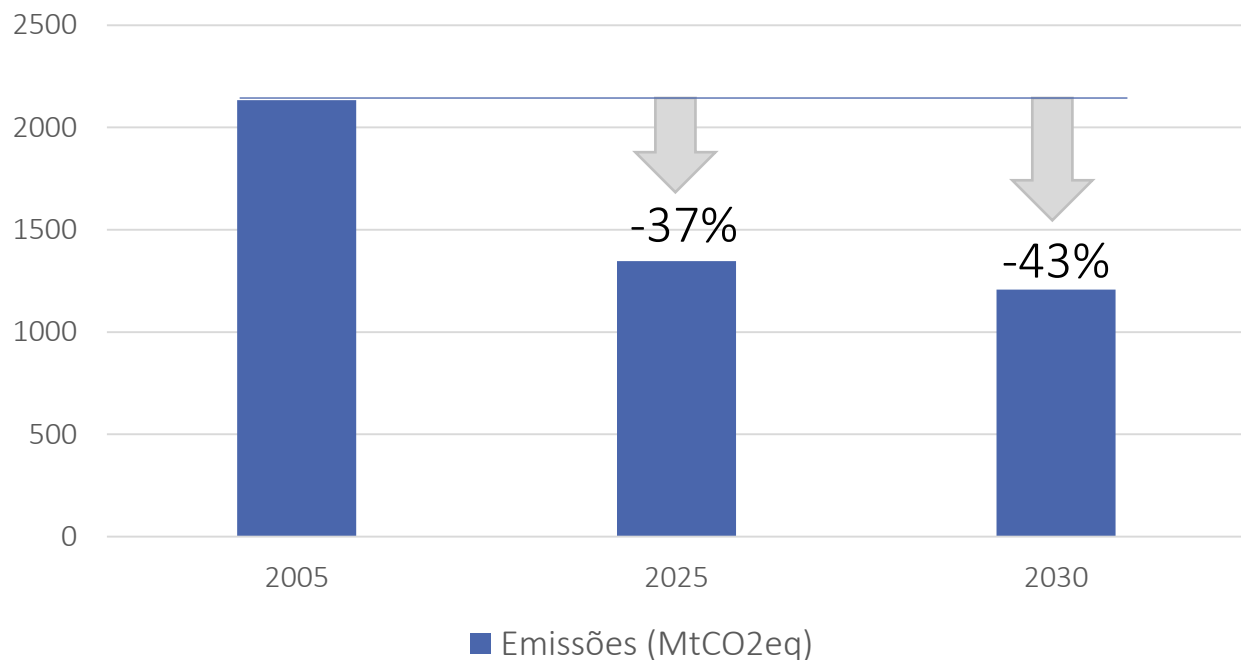


- Eólica e Solar: 9% da capacidade instalada nacional em 2018.

# O Brasil tem seu compromisso de redução de emissões...

Limitar o aumento da temperatura em até 2°C  
Em relação aos níveis pré-industriais

## Compromisso Global

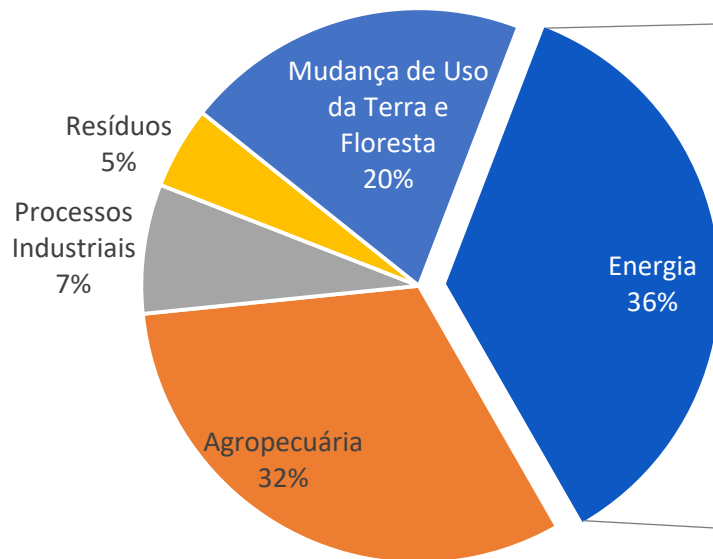


## Compromisso brasileiro

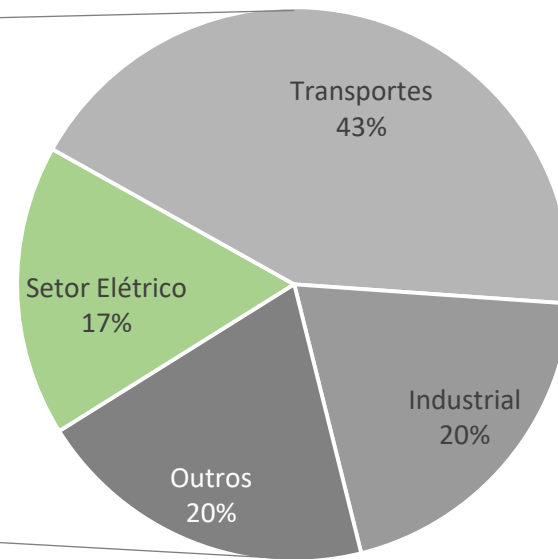
A NDC do Brasil aplica-se ao conjunto da economia e, portanto, baseia-se em caminhos flexíveis para atingir os objetivos de 2025 e 2030.

# ... Mas o setor elétrico contribui pouco, atualmente

Emissões Líquidas de CO<sub>2</sub>-eq por setor (2014)



Emissões de CO<sub>2</sub>-eq no setor de energia (2014)



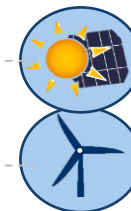
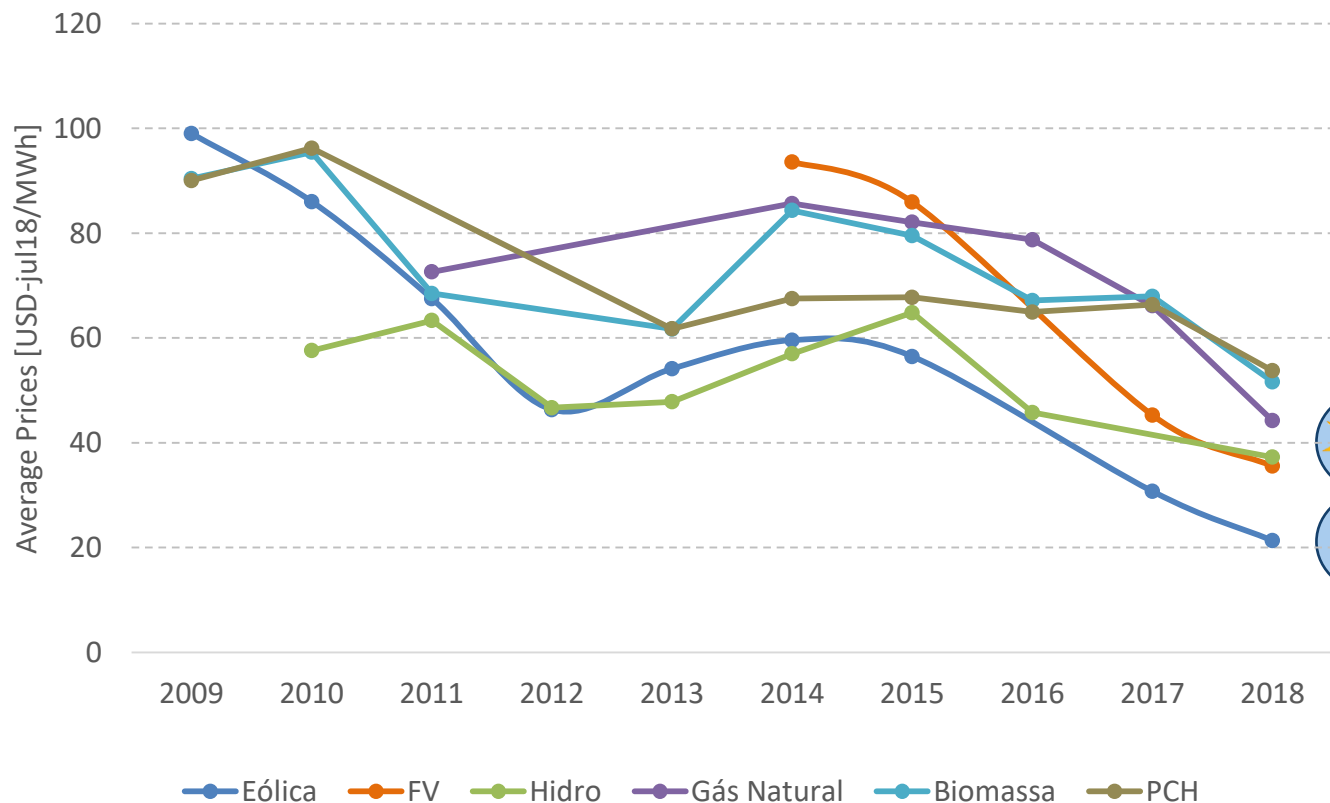
$$\text{Emissões do Setor Elétrico} = 36\% \times 17\% = 6\%$$

Referência: Emissões por setor - SEEG Brasil. Emissões no setor de energia calculadas a partir de dados do BEN e da EPE.

Nota: CO<sub>2</sub> equivalente por setor calculado com base no GWP-AR2.

# Atualmente, solar e eólica são mais baratas que outras fontes

Preço médio nos leilões de Energia [USD<sub>jan18</sub>/MWh]



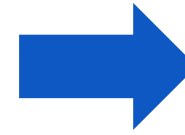
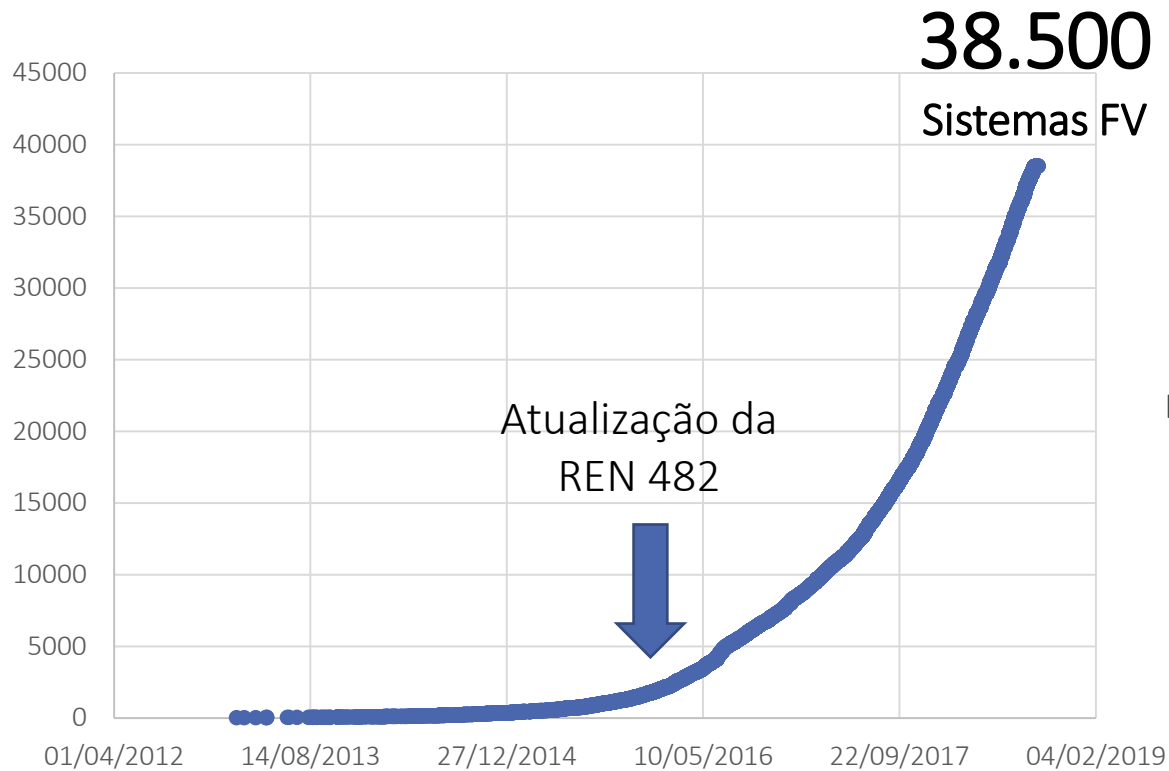
US\$ 36/MWh

US\$ 21/MWh

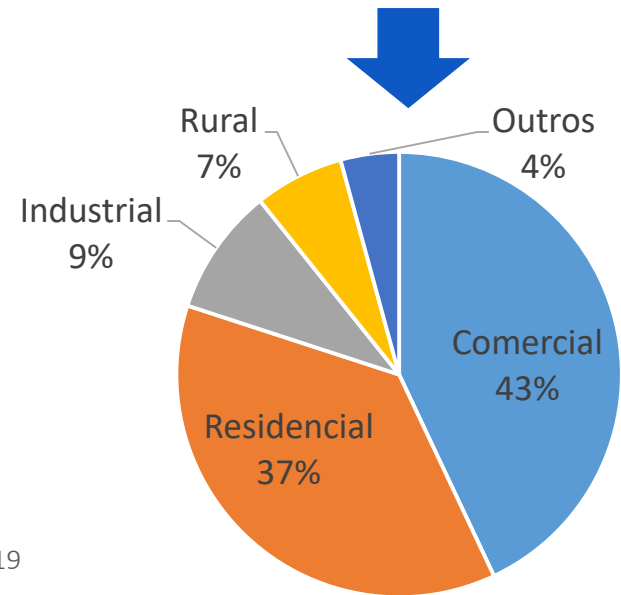
Referência: CCEE



# Na geração distribuída, o número de sistemas FV está decolando



**370**  
MW



Regulação favorável + redução de custos + aumento das tarifas =  
aumento exponencial da micro e minigeração fotovoltaica

Dados de Setembro de 2018  
Referência: ANEEL

# Mercado de GD

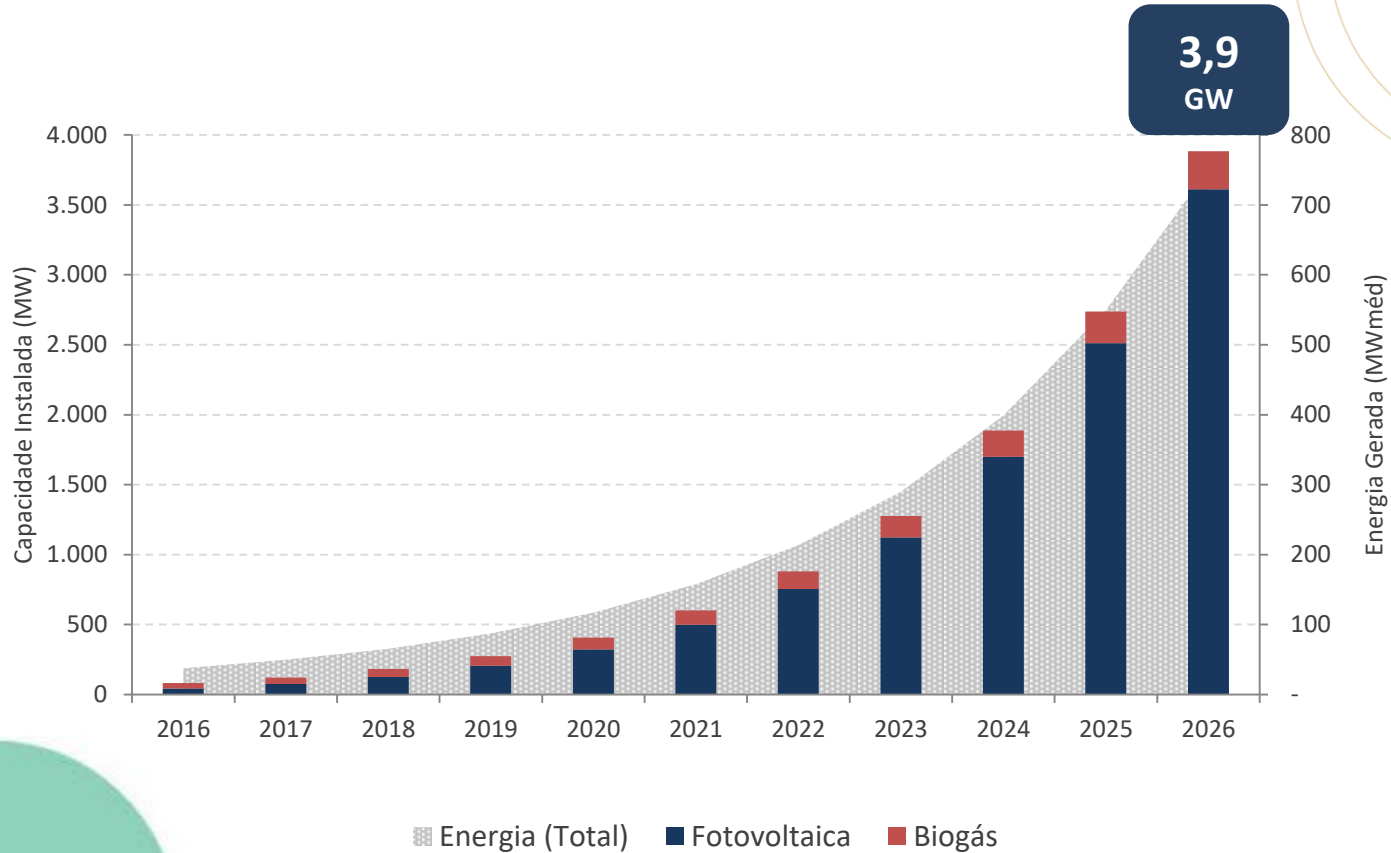
- Diversidade de modelos de negócios e regulação no Brasil



Diferentes modelos de negócio sendo praticados



# A micro e a minigeração no PDE 2026

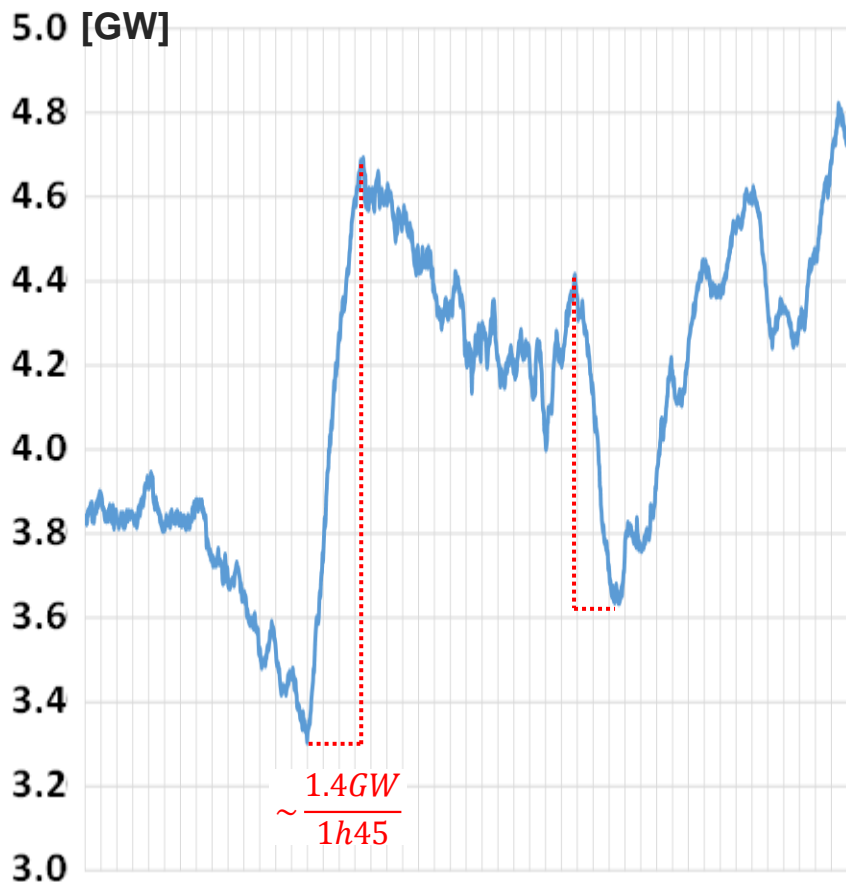


800 mil unidades consumidoras com micro e minigeração FV em 2026

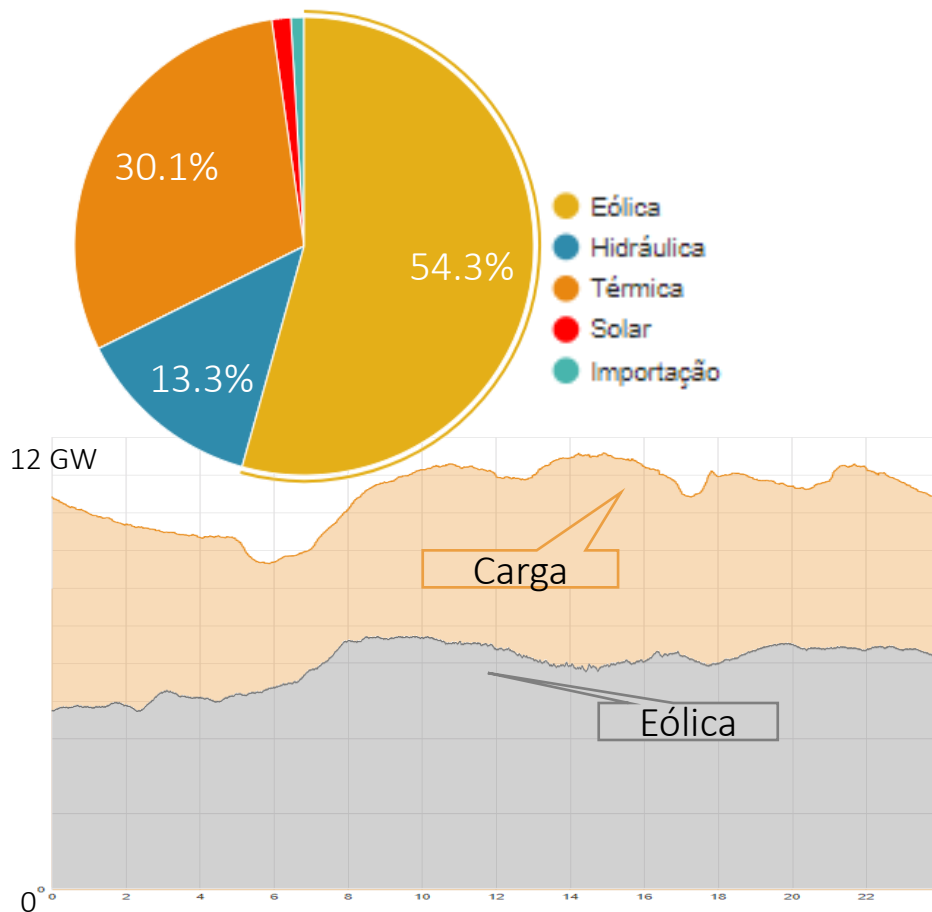
Nota: Projeção inclui contratação via VRES

# O Nordeste já nos dá uma amostra dos desafios desse contexto

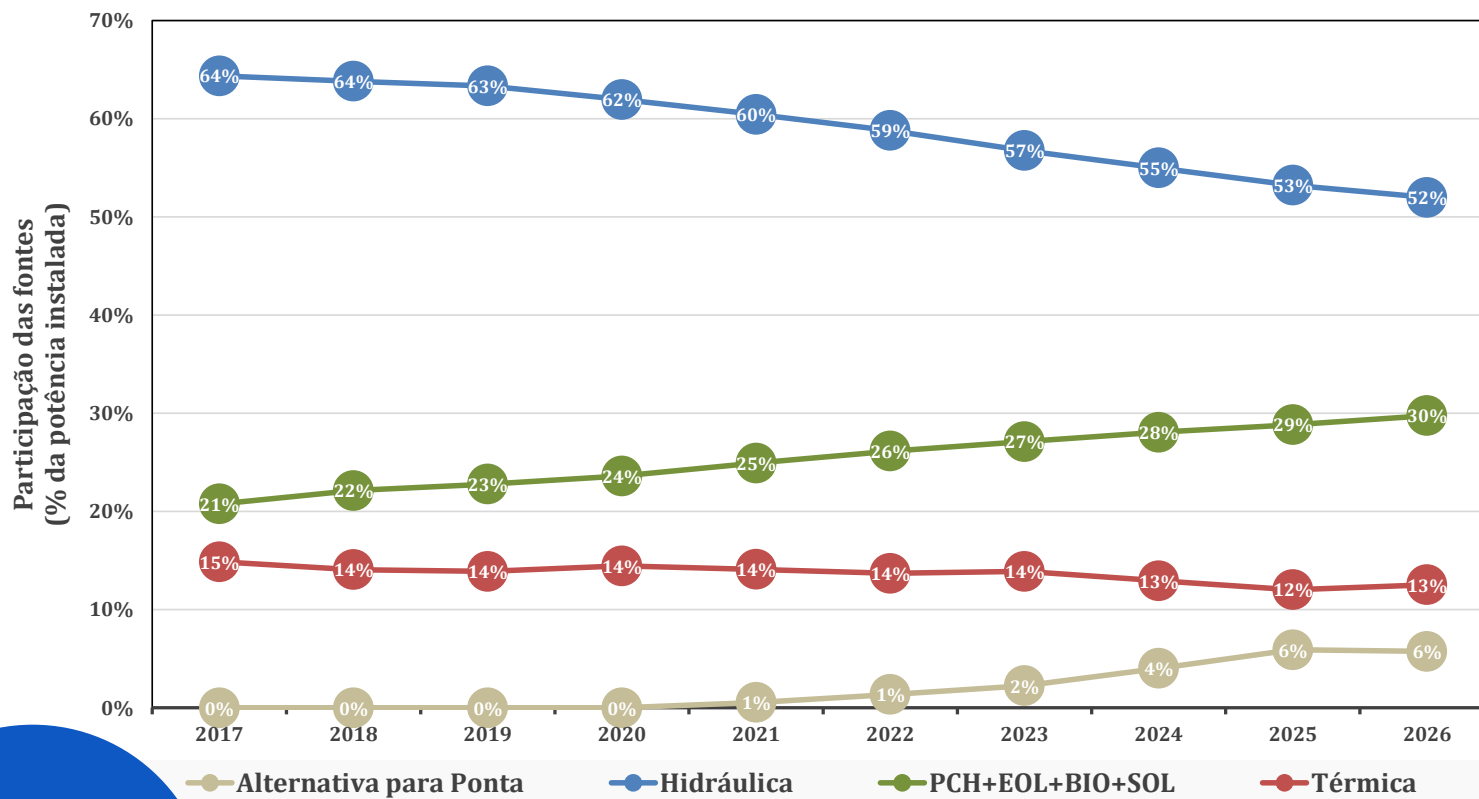
- Ex.: geração eólica NE (26 de junho de 2017):



- Mix diário de atendimento no NE (4 de Outubro de 2017)



# Como ficará a matriz (potência instalada) em 2026?

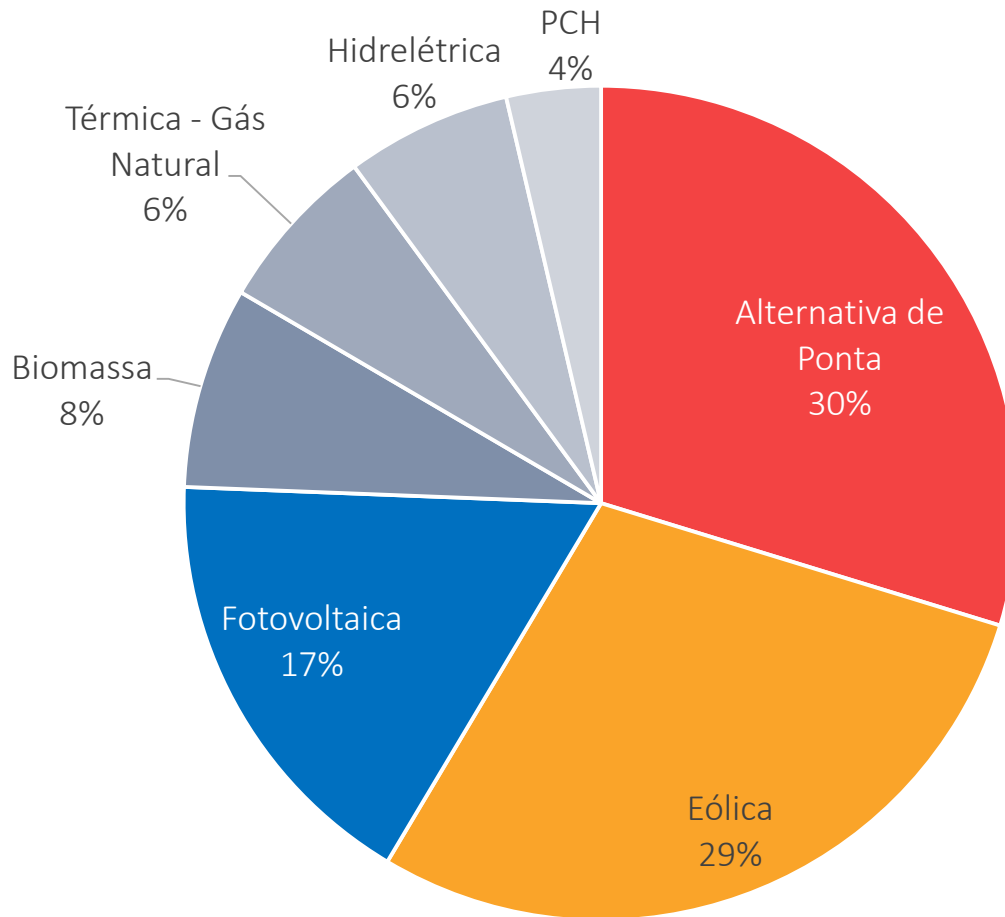


Cenário  
Referência

- Redução da participação hidrelétrica e o aumento de renováveis variáveis exige alternativas de atendimento à ponta.

# PDE 2026 indica enorme necessidade de “alternativas de ponta”

Composição das adições (incrementos) de geração no cenário Referência do PDE 2026



Nota: exclui expansão já contratada

# Essa função pode ser realizada por diversas alternativas



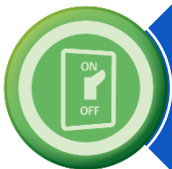
Usinas termelétricas de partida rápida;



Repotenciação ou instalação de unidades geradoras adicionais em usinas hidrelétricas existentes;



Usinas hidrelétricas reversíveis;



Gerenciamento pelo lado da demanda;



Armazenamento químico de energia (baterias).

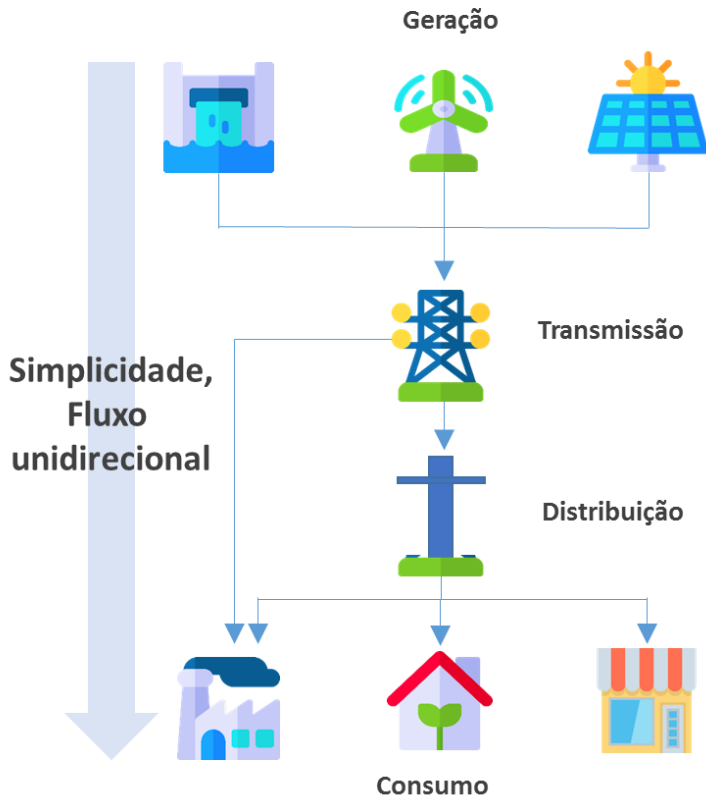
# A estrutura presente e futura do setor elétrico



Presente



Futuro



Icon made by Freepik from [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com)

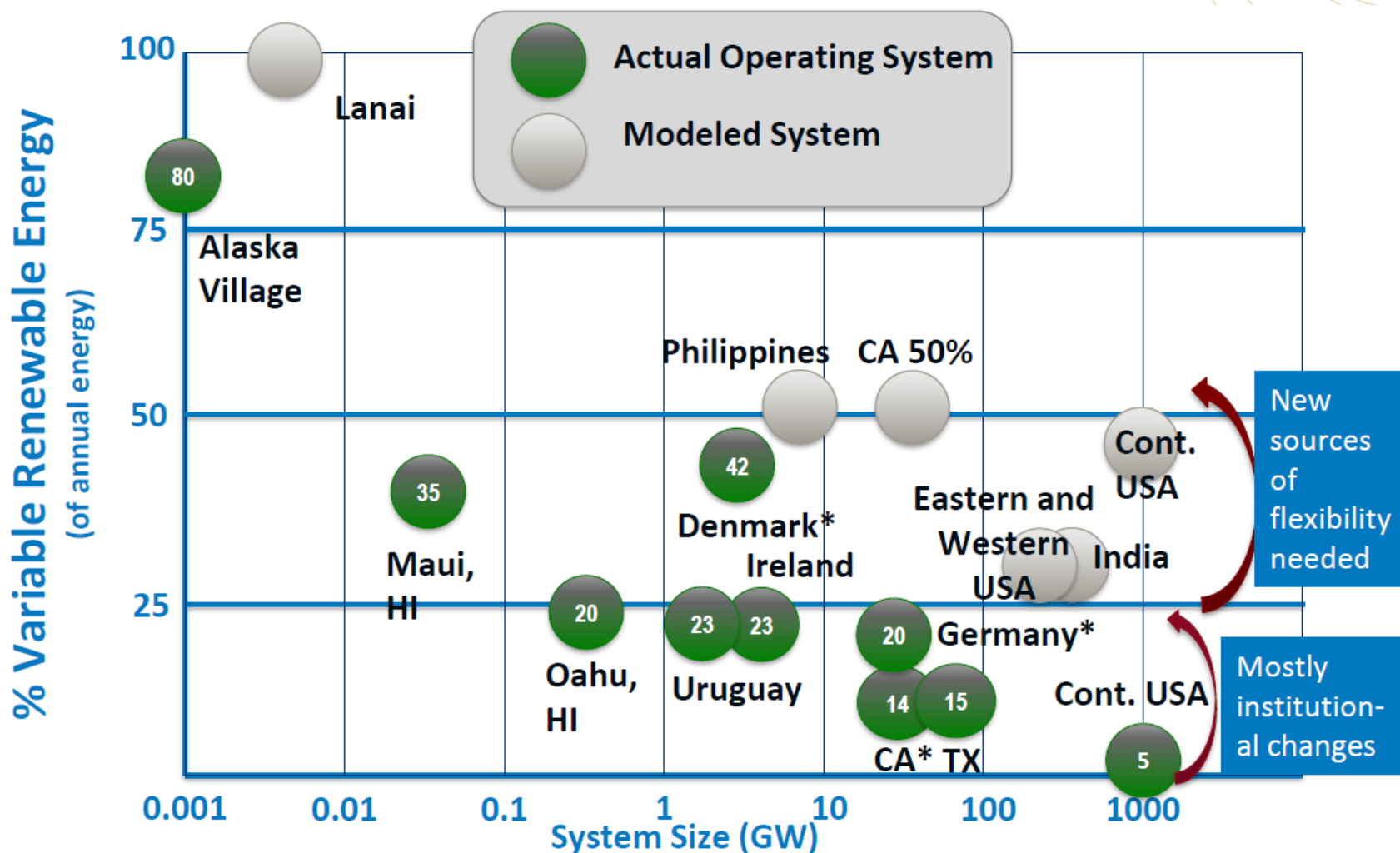


Maior número de agentes; Decisão nem sempre com base em aspectos econômicos -> mais incerteza para o planejamento



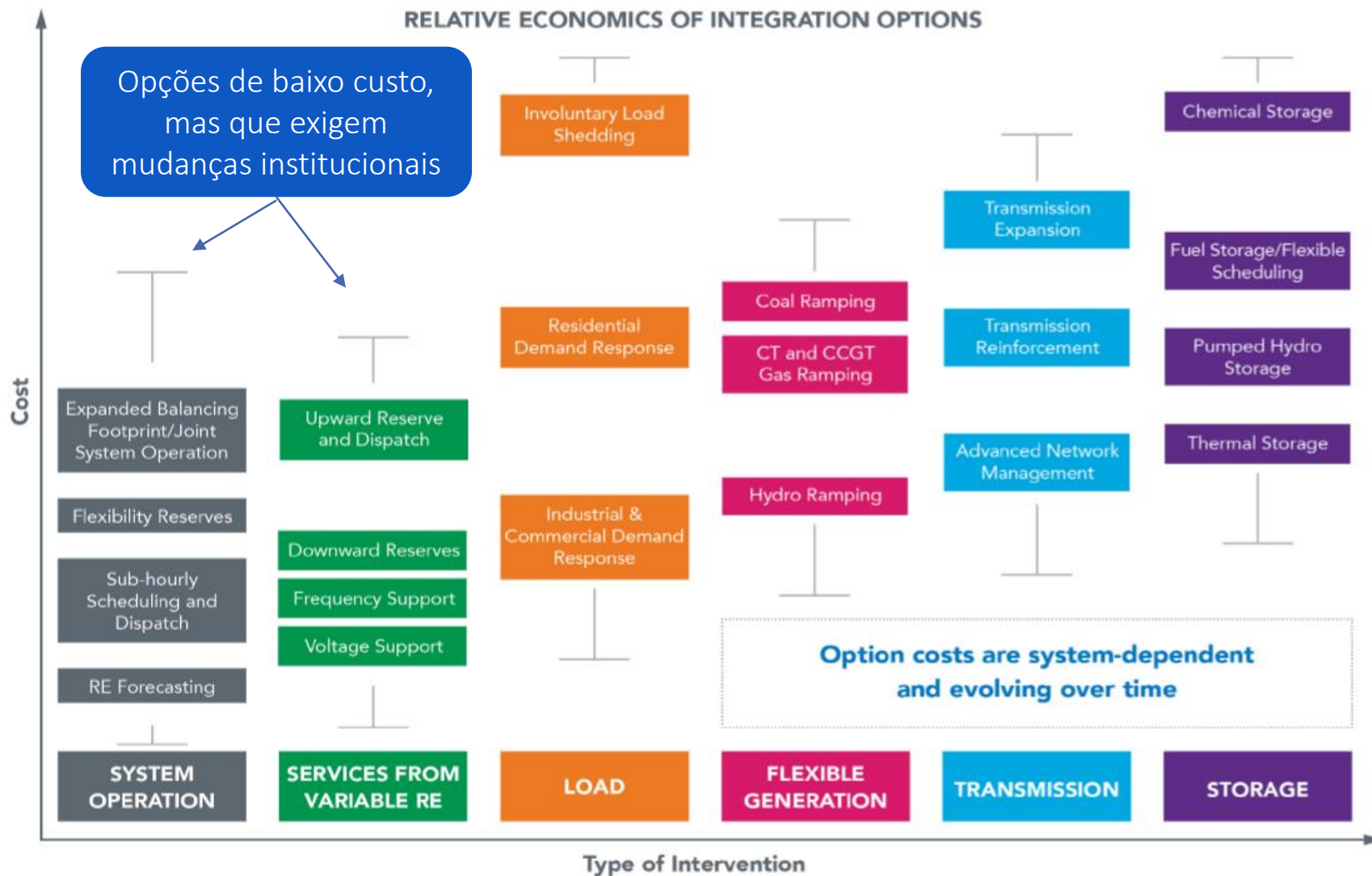
# Alternativas para lidar com a crescente participação de fontes variáveis na matriz elétrica Brasileira - Flexibilidade

# Muitos sistemas já funcionam com grande participação de fontes variáveis



\* Part of a larger synchronous AC power system

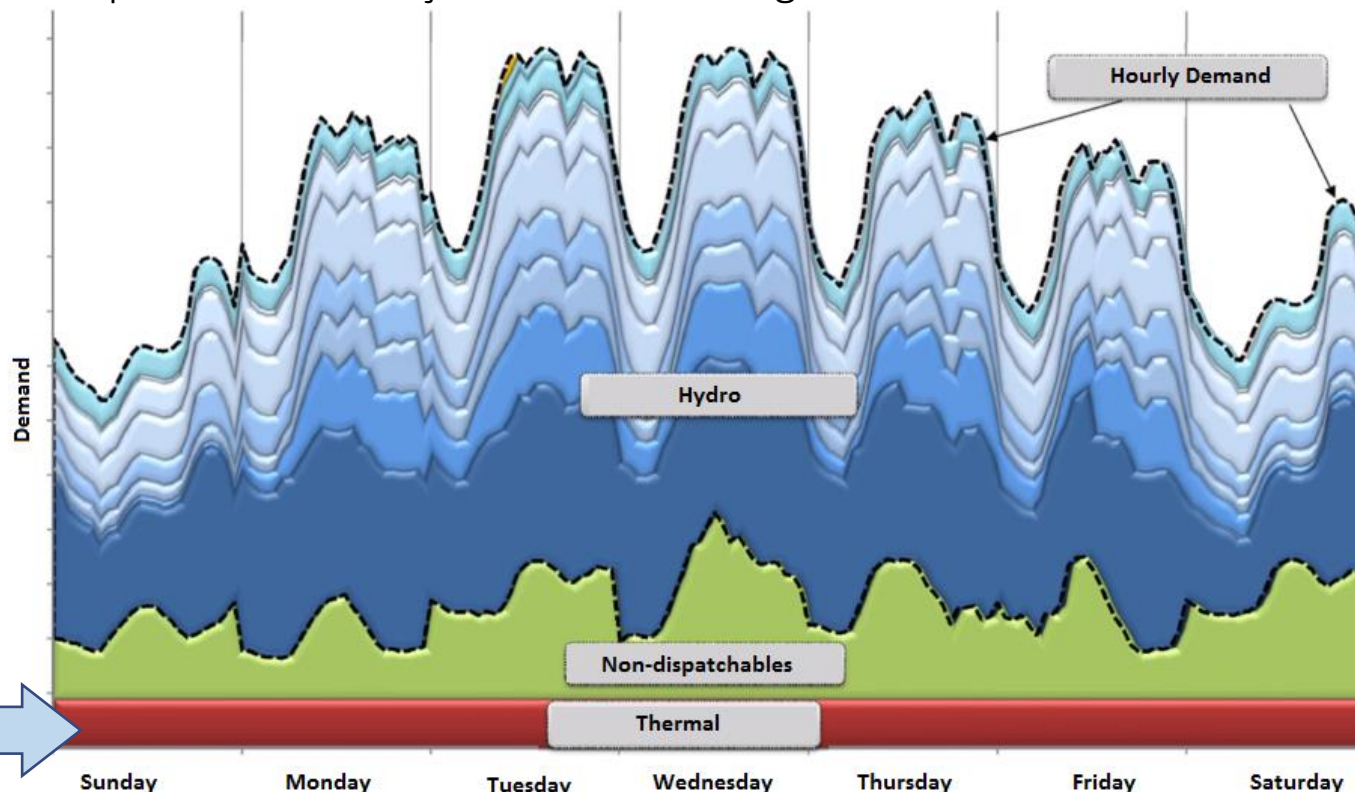
# Principais alternativas para prover flexibilidade ao sistema



Fonte: Cochran et al. (2014).  
Flexibility in 21<sup>st</sup> Century Power Systems.

# Nós já temos uma boa fonte de flexibilidade – Como utilizá-la melhor para isso?

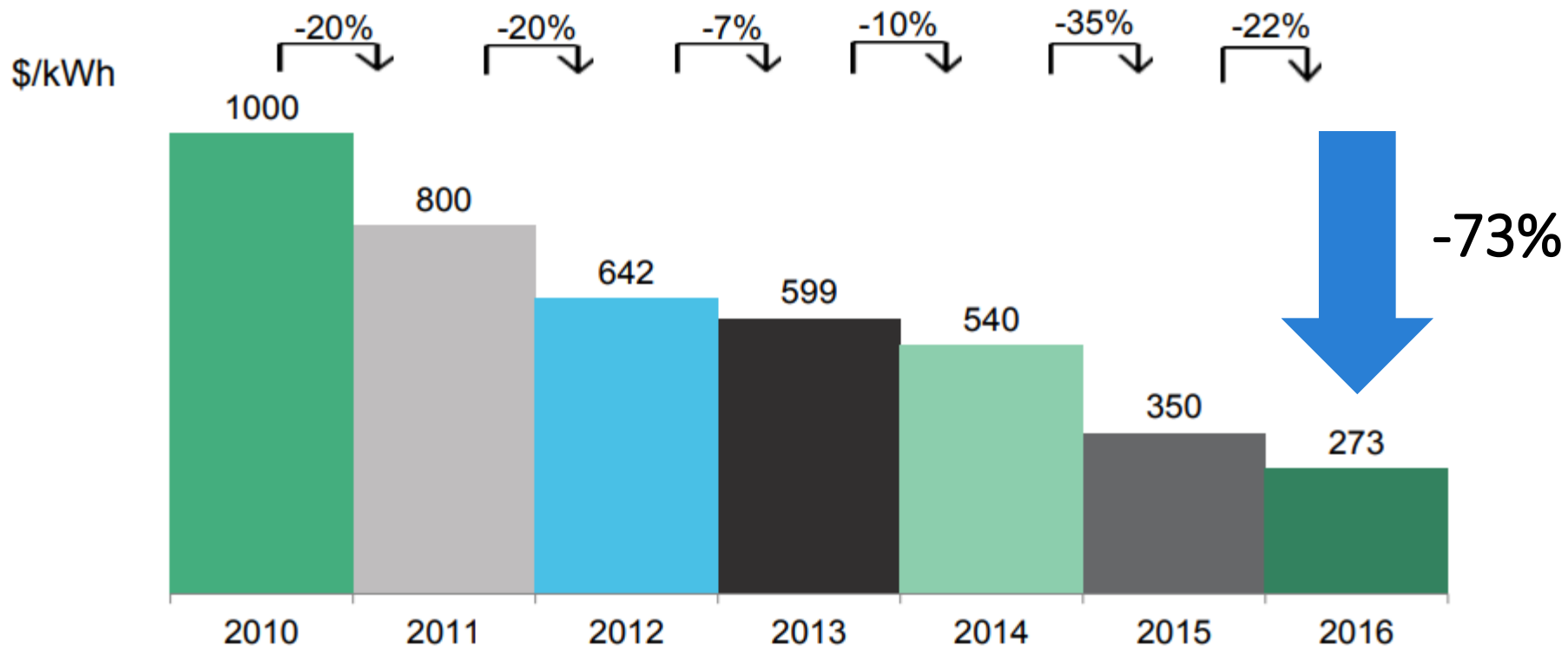
Exemplo de um balanço horário de energia



Aumento da geração termelétrica pode ser uma boa alternativa para explorar melhor as hidrelétricas existentes.

# Baterias têm se mostrado uma grande promessa...

Pesquisa de preços de baterias de íon-lítio

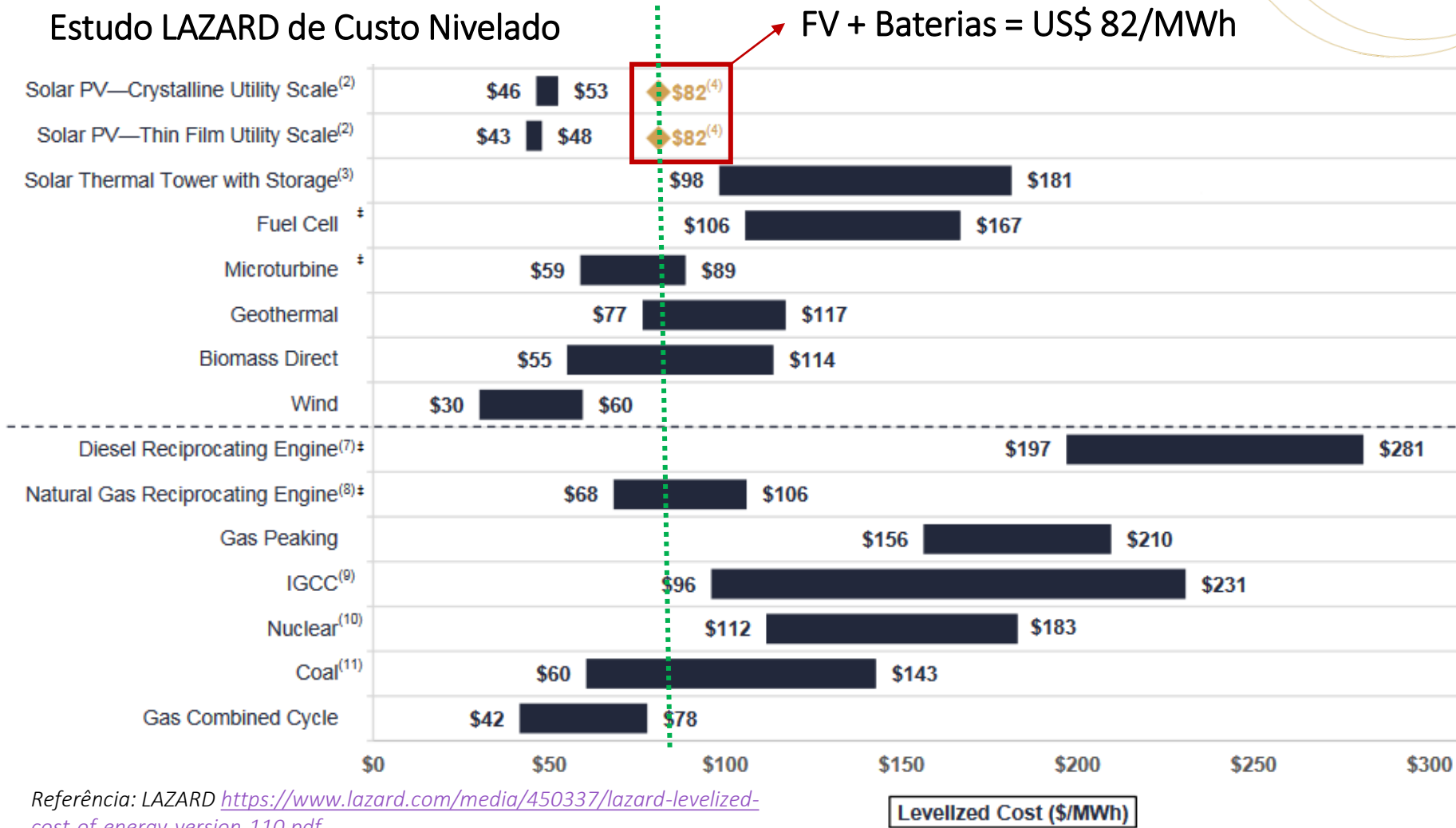


Referência: Bloomberg New Energy Finance. <https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2017/07/BNEF-Lithium-ion-battery-costs-and-market.pdf>

# Casamento “Solar + Baterias” começa a ficar competitivo

## Estudo LAZARD de Custo Nivelado

FV + Baterias = US\$ 82/MWh



Referência: LAZARD <https://www.lazard.com/media/450337/lazard-levelized-cost-of-energy-version-110.pdf>

Levelized Cost (\$/MWh)

# Contratos “Solar + Baterias” começam a aparecer com custos razoáveis

## ● **Updated: Tucson Electric signs solar + storage PPA for 'less than 4.5¢/kWh'**

Referência: *Utility Dive*, 23 de maio de 2017



Preço com subsídio. Sem subsídio, estimativa de ser US\$ 0,09/kWh (<https://www.utilitydive.com/news/how-can-tucson-electric-get-solar-storage-for-45kwh/443715/>)

## ● **Hawaii co-op signs deal for solar+storage project at 11¢/kWh**

Referência: *Utility Dive*, 10 de janeiro de 2017



# Contratos “Solar + Baterias” começam a aparecer com custos ~~razoáveis~~ muito baixos!

## ● Xcel Attracts ‘Unprecedented’ Low Prices for Solar and Wind Paired With Storage

Bid attracts median PV-plus-battery price of \$36 per megawatt-hour. Median wind-plus-storage bids came in even lower, at \$21 per megawatt-hour.



Projetos previstos para entrar em operação em 2023



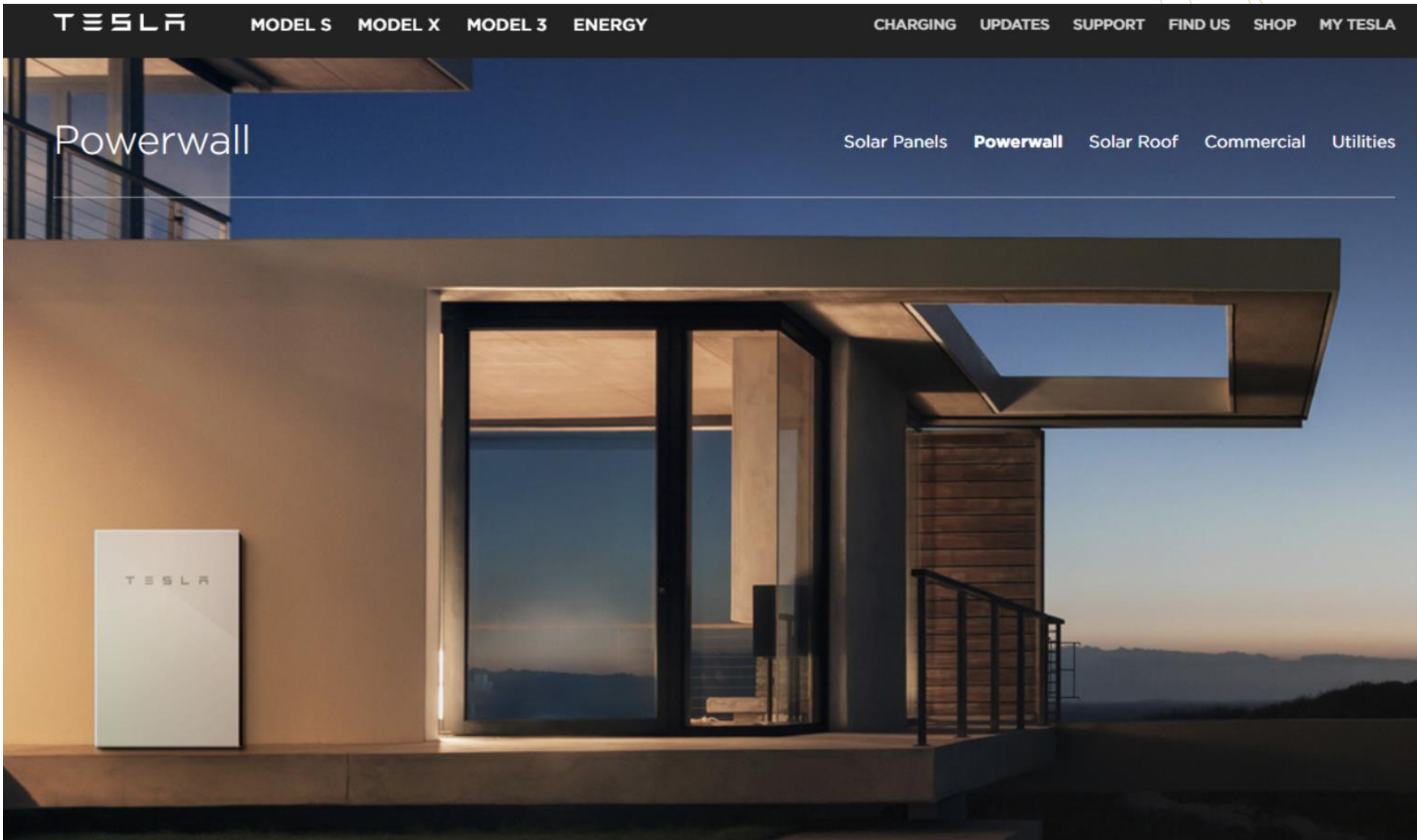
A partir de 2021, o incentivo fiscal federal (ITC) vai ser reduzido de 30% para 10%



Referência: GreenTech Media, 8 de janeiro de 2018



# Baterias “atrás do medidor” podem contribuir também



[ORDER NOW](#)

[REQUEST A CALL](#)

Comissão de Pesquisa Energética  
Ministério de Minas e Energia



# Mas... E se os consumidores decidirem sair da rede?

O interesse em sair do grid, segundo buscas no Google

Interest over time 



Fonte: Google Trends

# Como será o futuro?



“Difícil de ver. Sempre em movimento está o futuro.” – Yoda.

# Como será o futuro?



**“Difícil de ver. Sempre em movimento está o futuro.” – Yoda.**

**“Sua tarefa não é de prever o futuro, mas sim de o permitir. – Antoine de Saint-Exupéry**



# Como o planejamento se adapta a essa nova era?

## Melhorias nos modelos

- Melhorar resolução temporal (horária);
- Melhorar a integração entre estudos de transmissão e geração (e.g. aumentar resolução espacial, adicionando mais subsistemas);
- Melhorar a representação de incertezas das renováveis;
- Operação detalhada;
- Melhorar representação do armazenamento.



Disponível em [português](#) e [inglês](#)

# Estudo EPE aponta aperfeiçoamentos para lidar com Recursos Energéticos Distribuídos

## CONTEXTO



- Novas tecnologias distribuídas
- Papel mais ativo do consumidor
- Decisão nem sempre com base em preço
- Maior incerteza no planejamento

## MODELOS



- Maior granularidade espacial e temporal
- Inclusão de novas tecnologias
- Valoração dos serviços e externalidades
- Modelos comportamentais
- Interação vertical (G, T, D & RED)
- Interação horizontal (transportes, calor)
- Maior volume de dados

## ANÁLISES



- Cenários e análises de sensibilidade
- Tomada de decisão sob risco e incerteza
- Avaliação de Impactos

## FOCO



- Suporte às políticas públicas e regulação setorial
  - Criar condições isonômicas para as inovações acontecerem

Icons made by Smashicons, Becris, Eucalyp, and Freepik from [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com)

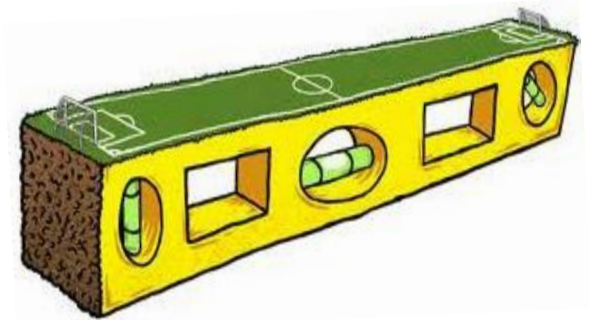
# Como o planejamento se adapta a essa nova era?

## Mudança de Perspectiva

Interpretação dos planos de expansão como instrumentos para subsidiar o desenho de políticas e regulação setorial



Ajudar a criar um campo equilibrado



# MME lançou um Projeto de Lei para modernizar o modelo do setor elétrico

- Publicado em fevereiro, depois de mais de 200 contribuições via Consulta Pública 33;
- Principais pontos :
  - PLD passa de semanal para horário;
  - Separação de lastro e energia;
  - Mudança do mecanismo de formação de preço:
    - Custo para oferta de preços;
    - Menos barreiras para acessar o Mercado Livre;
    - Sinal locacional nas tarifas de uso da rede:
      - Transmissão: mandatório;
      - Distribuição: para ser avaliado;
- Proposta de Lei em Comissão na Câmara dos Deputados



The screenshot shows the official website of the Ministry of Minas and Energy (MME). The page title is "Projeto de Lei de Modernização e Abertura do Mercado Livre de Energia Elétrica". It includes a navigation menu with links for "Dados Abertos", "Legislação", "Área de imprensa", and "Comunidade MME". A sidebar on the left lists various categories such as "ASSUNTOS", "Agendamento Usina Solar", "Agenda de Autoridades", and "Logística Sustentável". The main content area provides details about the proposal, including its publication date (09/02/2018) and a summary of the objectives and goals of the project.



Luciano Basto Oliveira

E-mail: [luciano.oliveira@epe.gov.br](mailto:luciano.oliveira@epe.gov.br)



Avenida Rio Branco, 1 - 11º andar  
20090-003 - Centro - Rio de Janeiro  
<http://www.epe.gov.br/>

Twitter: [@EPE\\_Brasil](https://twitter.com/EPE_Brasil)  
Facebook: [EPE.Brasil](https://www.facebook.com/EPE.Brasil)

