

Recursos Energéticos Distribuídos (REDs), Modelos de Negócios e Desafios

Elaborado para:

PPE PROGRAMA DE
PLANEJAMENTO
ENERGÉTICO
COPPE - UFRJ

Agenda

- 1** Definição e Motivadores para os REDs
- 2** Inserção e Modelos de Negócios no Mundo
- 3** Impactos na Regulação da Distribuidora
- 4** Status e Requisitos para Expansão no Brasil

Agenda

1 Definição e Motivadores para os REDs

2 Inserção e Modelos de Negócios no Mundo

3 Impactos na Regulação da Distribuidora

4 Requisitos para Expansão no Brasil

Definição e Motivadores para os REDs

Os **Recursos Energéticos Distribuídos (RED)** são tecnologias de geração, armazenamento, e seu gerenciamento de consumo localizados nos limites da área de atuação da distribuidora.



Geração Distribuída (GD)

São **unidades geradoras de energia elétrica** conectadas diretamente ao sistema de distribuição (solar, eólica, biometano) etc.



Armazenamento (AD)

Sistemas de **armazenamento** conectados à rede de distribuição. Armazenam **para utilização e injeção posteriormente**. (baterias, principalmente)



Veículos Elétricos (VE)

São **veículos acionados com pelo menos um motor elétrico**. Os modelos V2G podem **injetar energia no sistema** elétrico.



Resposta da demanda (RD)

Mecanismo que permite ao **consumidor maior gerenciamento do uso da energia** em resposta às variações de preços ou sinais do operador. (despacháveis ou não)



Microrredes

São **sistemas de distribuição com cargas e RED**. Este sistema pode operar **ilhado ou conectado à rede** de distribuição principal.



Usina Virtual

São conjuntos de REDs **despachados remotamente por centros de controle**.

Fatores Impulsionadores



Descentralização

- Disseminação de oferta de energia descentralizada baseada em fontes renováveis muitas vezes impulsionadas por instrumentos de política *Feed in/Net Metering/Net Billing*.



Digitalização

- Crescente conectividade de consumidores/equipamentos e medição inteligentes capazes de realizar interligação e resposta instantânea.



Empoderamento do Consumidor

- Maior protagonismo do consumidor, que busca a redução dos gastos/ganhos com eficiência energética, por meio do uso de equipamentos inteligentes (*domotics*) através da internet e sistemas de resposta da demanda.

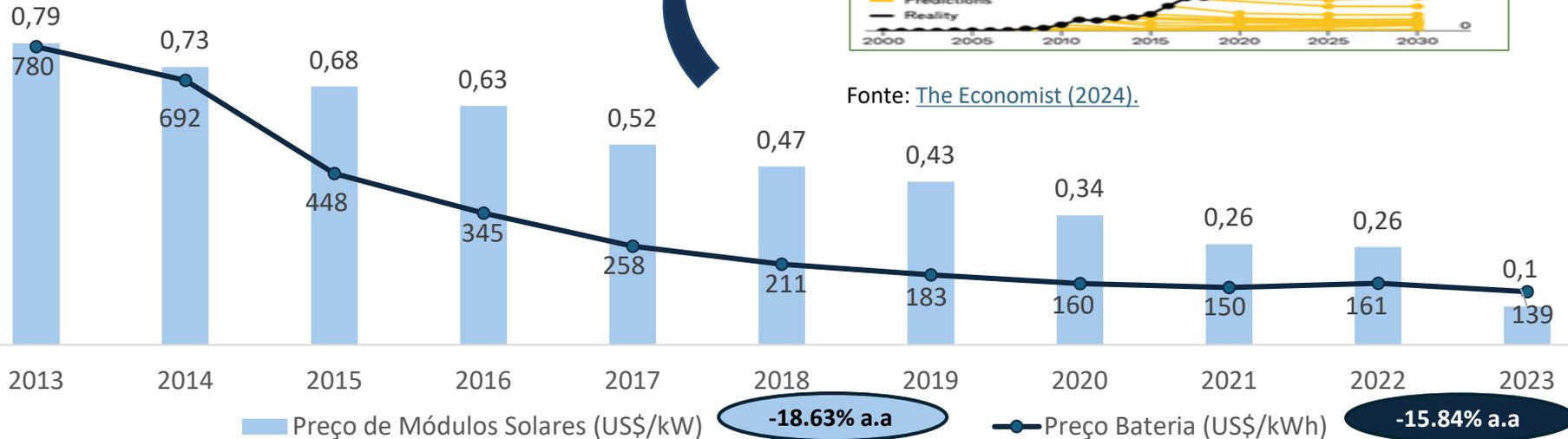


Avanço Tecnológico

- Redução de custo para geração/armazenamento distribuído, barateamento e proliferação dos veículos elétricos, novos entrantes e modelos de negócio (agregadores/plataformas)

Definição e Motivadores para os REDs

Preços de Células Fotovoltaicas e Baterias entre 2013-2023



Fonte: [The Economist \(2024\)](#).

Fonte: Adaptado de [Our World in Data \(2024\)](#), [BloombergNEF \(2023\)](#) e [The Economist \(2024\)](#).

- ! Difusão de REDs impulsionada queda acentuada de preço de painéis fotovoltaicos e baterias ao longo dos últimos 10 anos

Agenda

- 1 Definição e Motivadores para os REDs
- 2 Inserção e Modelos de Negócios no Mundo**
- 3 Impactos na Regulação da Distribuidora
- 4 Requisitos para Expansão no Brasil

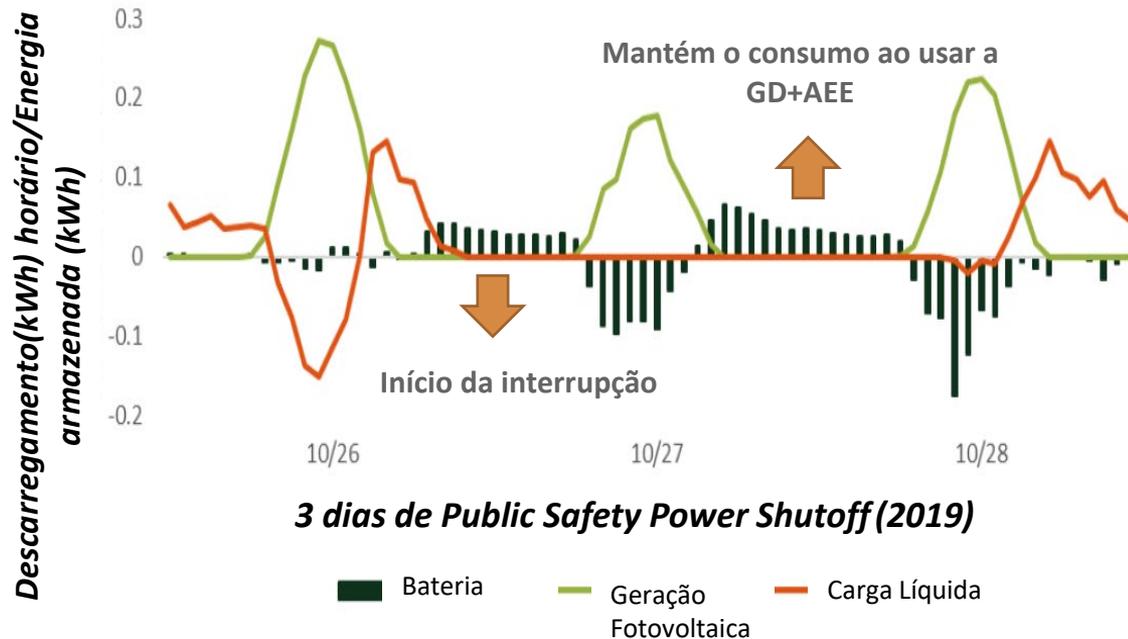


Suporte de *backup* de energia

- **Public Safety Power Shutoff (PSPS)** interrompem o fornecimento por causa de incêndios florestais.
- O Regulador da Califórnia criou o **Self-Generation Incentive Program (SGIP)**, que oferece incentivos financeiros aos usuários que desejam instalar AEE.

Fonte: Adaptado de [Verdant \(2021\)](#)

Usuário do SGIP com GD + AEE durante uma interrupção causada por intempérie



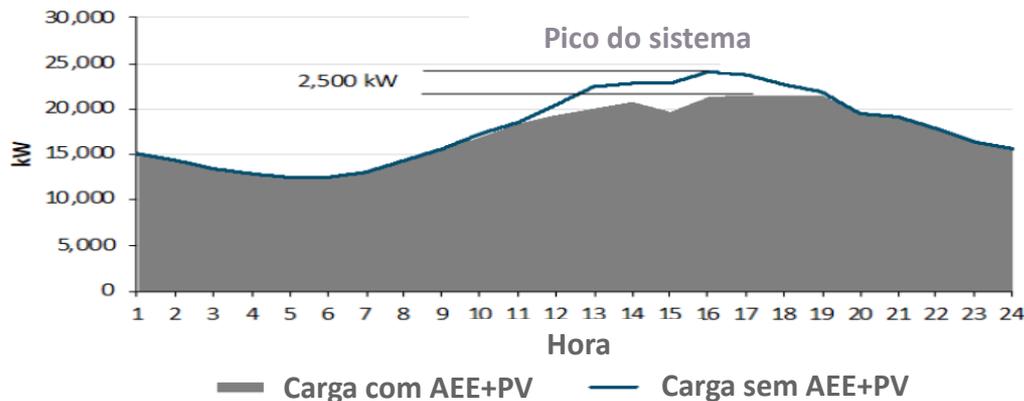


Peak Shaving e Arbitragem de Preço

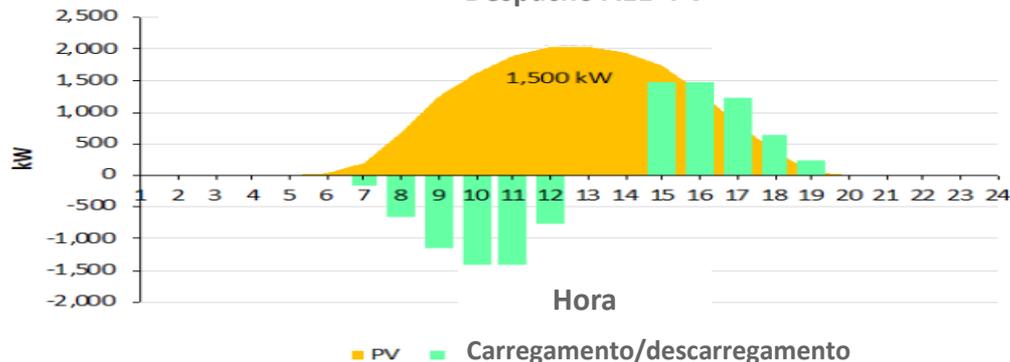
- Usuários recarregam o AEE quando o preço da energia elétrica está barato.
- O usuário descarrega o AEE em horários com preços mais elevados.
- Esta prática reduz a ponta de demanda do sistema elétrico (*peak shaving*).
- **Sinais de preços podem vir do mercado spot/ ou da própria estrutura tarifária.**

Fonte: Adaptado de [Mims Frick et al. \(2021\)](#).

Impacto do AEE+PV na demanda de pico da distribuição



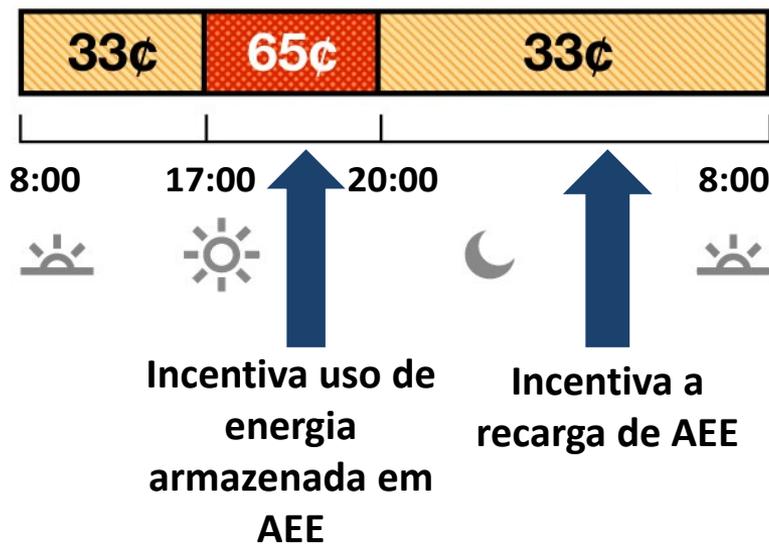
Despacho AEE+PV





Tarifas com Granularidade Temporal

Uso de Tarifas *Time of Use* (TOU) na Califórnia para incentivar o uso conjunto de Geração Fotovoltaica e AEE



Fonte: [SCE \(2024a\)](#).

- Difusão de RED exigiu mudanças na estrutura tarifária para que os próprios RED fossem operados de forma ótima.

Resposta da Demanda

Controle de Ar-condicionado



Modelos de Negócios: *Smart Energy Program e Connected Rewards*



Informações: Redução da temperatura do Ar-condicionado

Fabricantes/Fornecedores de Termostatos

Serviço: Controle da temperatura

Receitas: Compra de termostato

Fluxo Monetário
Fluxo de Informação
Fluxo de Serviço de Eletricidade

Distribuidora de Energia Elétrica

Receitas: descontos na fatura proporcionais ao controle de temperatura

Consumidor com Ar-Condicionado

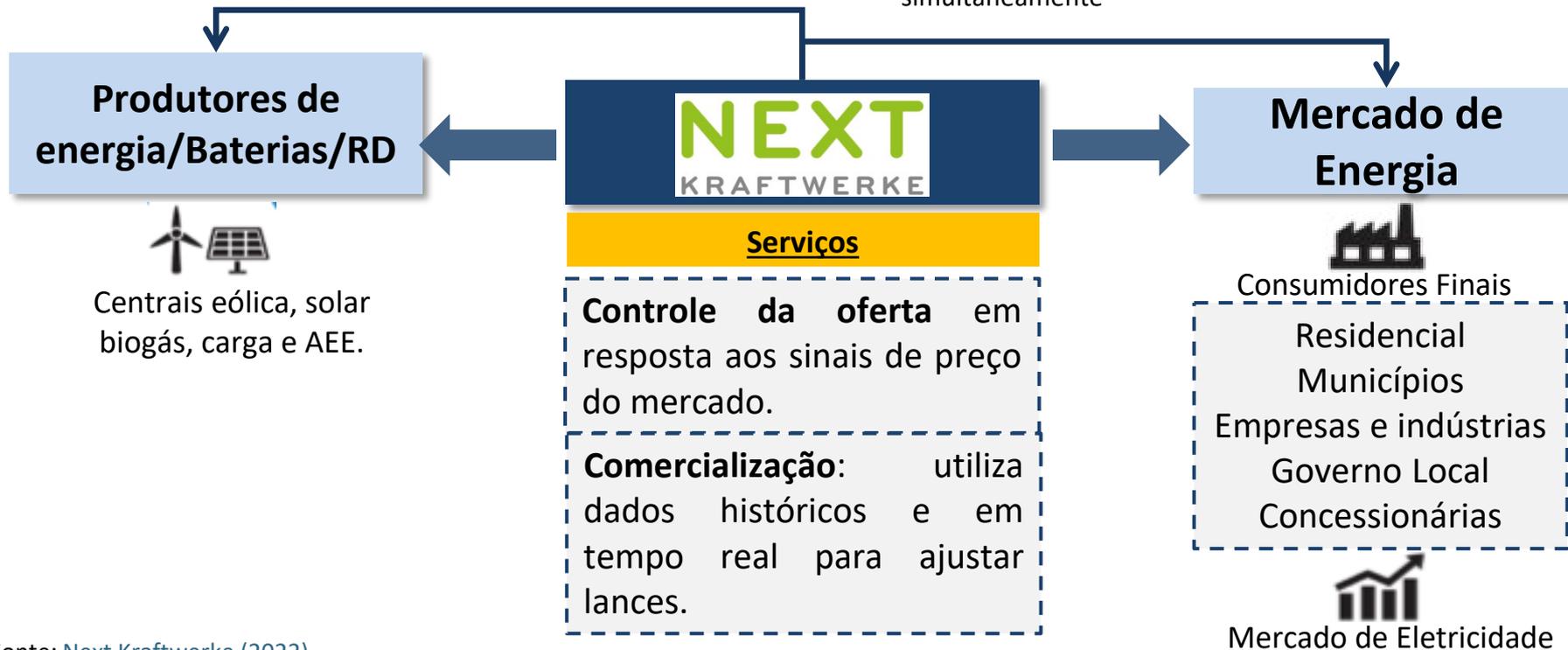
Fonte: [Southern California Edison \(2024\)](#) e [Baltimore Gas and Electric \(2024\)](#).

- ! Distribuidora notifica o fornecedor/fabricante do termostato inteligente para ajustar temporariamente a temperatura dos aparelhos de ar-condicionado dos usuários inscritos no programa.

Modelos de Negócios: Usina Virtual na Alemanha

Oferta tarifa de demanda e energia, sendo a de energia com variação a cada 15 min¹.

Vende em vários mercados simultaneamente



Agregadores

Reino Unido

Zona de Atuação e Agregadores

Agregações participam nos mercados supervisionados pelo operador de transmissão (*National Grid ESO*). [18 agregadores registrados](#).

Acesso
aos
mercados

Agregadores
Varejistas

Serviços ancilares de controle de frequência, mecanismos de balanceamento e venda de energia no mercado atacadista.

Acesso ao mercado de capacidade.

Agregadores
Independentes

Serviços ancilares de controle de frequência.

Acesso ao mercado de capacidade.

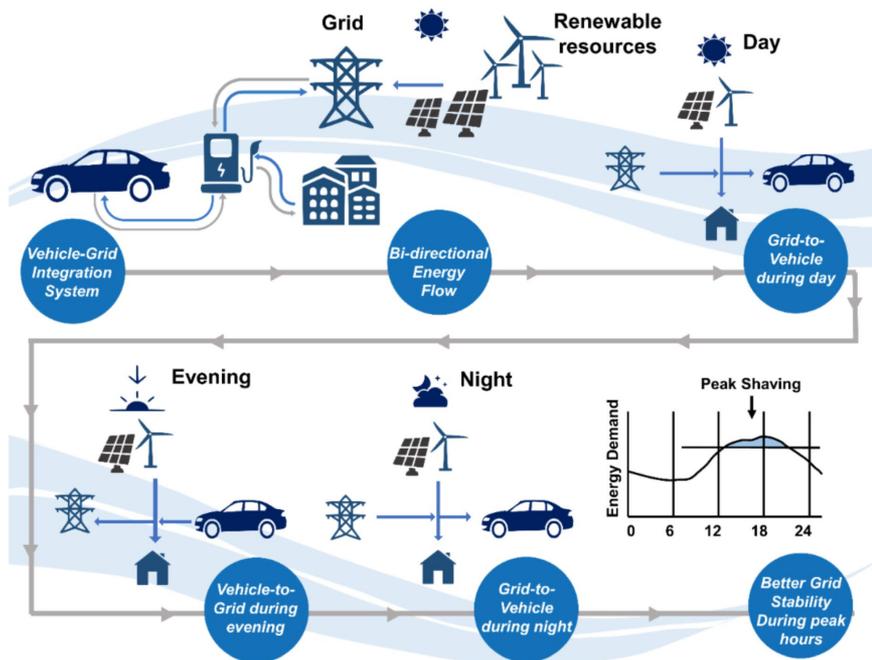
Produtos	Carga mínima	Tempo de notificação	Modo de ativação	Frequência de Acionamento
Reposta Firme de Frequência	1 MW	10 a 30 s	Automático	-
Serviço Rápido de Resposta Firme	50 MW	2min	Automático	10 – 15 vezes por dia
Reservas Operacionais de Curto Prazo	3 MW	4h	Manual	Muitas vezes por dia
Controle de Frequência por Gerenciamento de Demanda	3 MW	2s	Automático	N/A

Fonte: [Smart Energy Demand Coalition \(2018\)](#) e [Smart Energy Demand Coalition \(2017\)](#).



Pilotos de *Vehicle to Grid* (V2G)

- V2G podem ser agregados para elevar autoconsumo domiciliar conjugado com GD, serviços ancilares, venda de energia ao mercado atacadista, *back up*.



Desafios:

- 1- Custo
- 2- Interconexão
- 3- Padronização técnica
- 4- Viabilidade/Modelo de Negócio

- VE carregados de forma ótima por meio de arbitragem de preço (via tarifas ou agregadores) e podem contribuir para o *Peak Shaving* (saída do pico)

Fonte: [V2GB \(2021\)](#) e EV Engineering and Infrastructure

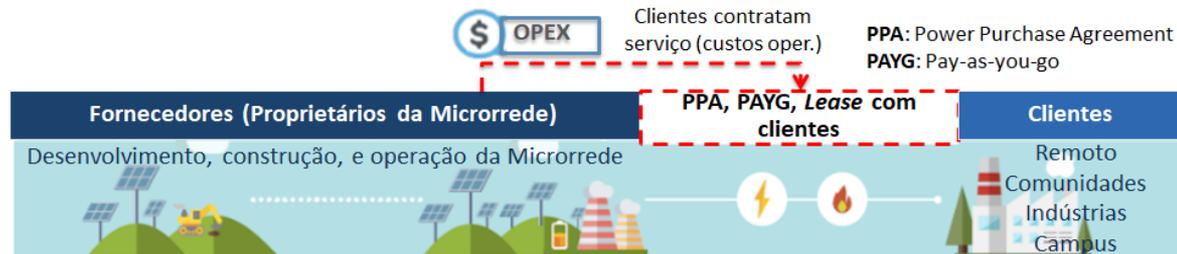
70 mil EV podem gerar 7 GW de produção o equivalente a capacidade de baterias estacionárias na Califórnia em 2023

Frequentes na Índia e África microrredes (MR) áreas rurais remotas e/ou aumentar a adoção de renováveis. Modelos:

- **Ownership:** usuário/comunidade é proprietário da MR, sendo responsável pela manutenção e operação da MR.
- **O&M:** o usuário/comunidade é dono da MR, mas delega a sua operação e manutenção à terceiros.
- **Microgrid-as-a-Service:** usuário é atendido por uma MR de terceiros e paga por este serviço através de contratos de compra de energia (PPA), pré-pagamento (PAYG) ou arrendamento.



Exemplo de modelo *Microgrid-as-a-Service*



Agenda

- 1 Definição e Motivadores para os REDs
- 2 Inserção e Modelos de Negócios no Mundo
- 3 Impactos na Regulação da Distribuidora**
- 4 Requisitos para Expansão no Brasil

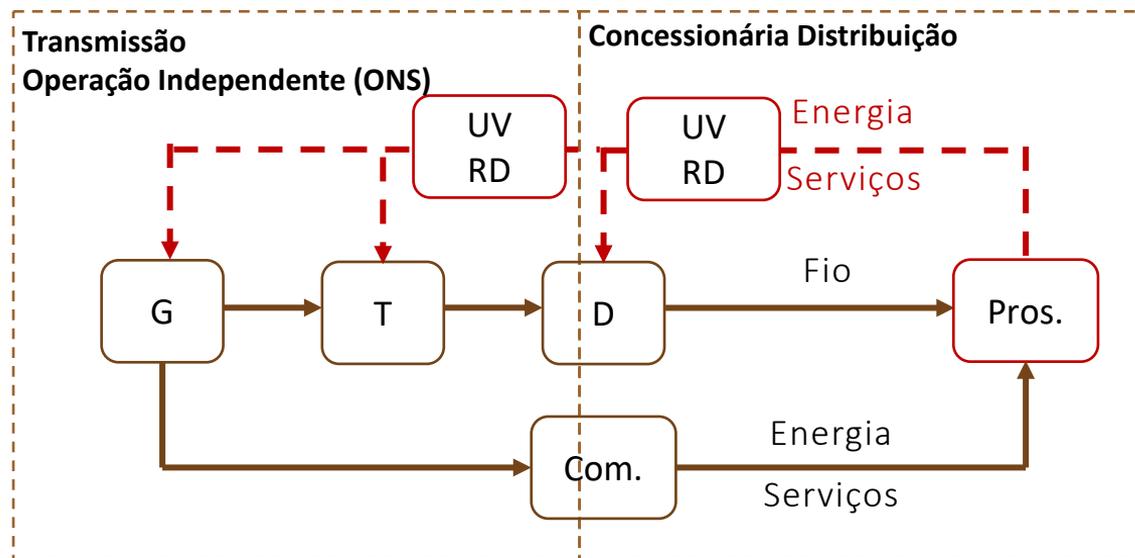
Impactos na Regulação e Funções de Mercado

Proliferação dos REDs

Fluxo Bidirecional: Operação das redes de distribuição e transmissão ganham maior similaridade.

Fontes Intermitente: elevado requisitos de serviços ancilares que também serem ofertados pelo REDs

UV: Usinas Virtuais.
RD: Resposta da Demanda.
Pros.: Prosumidor.



Quem deve operar e planejar a nova rede de distribuição?

Quem deve operar a plataforma de mercado para RED?

Surge o potencial de plataforma de mercado para serviços dos RED

Impactos na Regulação e Funções de Mercado

Proliferação dos REDs

MIT

Modelos de Negócios das Distribuidoras

Atuação da Distribuidora	Operadora da Rede e Proprietária do Sistema (DNO/SO)	Operador Independente do sistema (IDSO)	DNO/SO + Operador Independente de Mercado
Operação e Planejamento da Rede de Distribuição	✓	-	✓
Investimento e Manutenção da Rede de Distribuição	✓	✓	✓
Coordenação do Despacho de RED	✓	-	✓
Operação Plataforma de Mercado de RED	✓	-	-
Venda de Energia e Outros Serviços (incluindo RED)	✓*	✓	✓*

 Atividades onde Distribuidoras Não Atuam no Modelo Considerado

- **IDSO:** a operação e planejamento da rede, coordenação de RED e operação da plataforma sob responsabilidade do Operador Independente.
- **DNO/SO + OIM:** apenas a **operação da plataforma de mercado** sob responsabilidade do Operador Independente. Fornece informações, infraestrutura financeira para transações e oferta de serviços entre os agentes. Busca transparência e redução custos de transação (inspiração nos **power exchanges do mercado atacadista**). Podem servir várias áreas de concessão.

*Via subsidiárias. Fonte: Elaboração própria, a partir das informações do MIT, Utility of the Future (2016).

Impactos na Regulação e Funções de Mercado

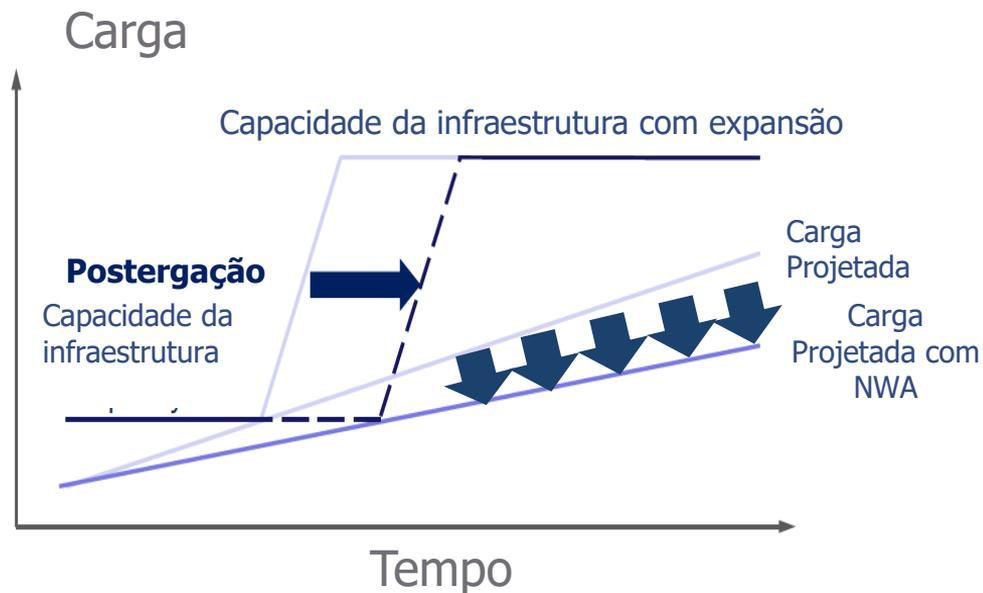
Non-Wire Alternatives (NWA)

Definição

NWA utilização de RED em com o objetivo de substituir investimentos tradicionais na expansão/reforço da infraestrutura da rede de distribuição:

- Uso GD/AR/RD reduzir o carregamento, melhora da qualidade/balanceamento do sistema elétrico.
- As NWA permitem a postergação dos investimentos em expansão (CAPEX);
- Ativos podem ser da distribuidora ou dos usuários, assim como a sua responsabilidade de operação.

Efeitos de NWA sobre a curva de carga e planejamento da distribuição



Impactos na Regulação e Funções de Mercado

Non-Wire Alternatives (NWA)

Brooklyn Queens Demand Management (BQDM)

Iniciativa lançada em 2014 pela *Consolidated Edison/Nova Iorque* e usar soluções NWA ao invés de investimentos tradicionais em rede.

- US\$ 200 milhões destinados à contratação de 52 MW de NWA no Brooklyn/Queens;
- Foram aprovados projetos de GD, AD, eficiência energética e outras tecnologias;
- Cerca de 33,5 MW de RED oferecidos por usuários;

Sistema de AD de 4,8 MW instalado pela Enel X no Brooklyn



! Fonte: [Enel X \(2022\)](#).

"In the summer of 2019, the battery system delivered more than 100 MWh during peak demand events, helping Con Edison avoid more than \$50M in network investments and reducing costs for customers across the New York grid system."

Agenda

- 1 Definição e Motivadores para os REDs
- 2 Inserção e Modelos de Negócios no Mundo
- 3 Impactos na Regulação da Distribuidora
- 4 Status e Requisitos para Expansão no Brasil**

Situação Atual



Geração Distribuída

- Resoluções normativas 482/2012, 687/2015 e 786/2017 e o Marco Legal (Lei nº 14.300 de 2022).
- Capacidade instalada consiste praticamente em sistemas **fotovoltaicos e aumentou 6 vezes entre os anos de 2021 e 2024.**
- Dados de ago/24 indicam que MMGD possui **2,8 milhões** de sistemas cerca de **32 GW** de capacidade (14% da matriz elétrica em 2023 – 226 GW)



Armazenamento Distribuído

- **Com exceção de aplicações em sistemas remotos, há pouca difusão de baterias.**
- **Programa Mais luz na Amazonia e projetos híbridos em Sistemas Isolados.**



Resposta da Demanda

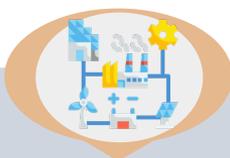
- Os dois primeiros programas do ONS, Programa Piloto de Resposta da Demanda e o Programa de Redução Voluntária, tiveram adesão limitada, mas a **resposta da demanda foi adicionada à carteira do ONS.**
- Último relatório da Resposta da Demanda (jul/24) indica que **existem 8 usuários da região Sudeste e Nordeste** cadastrados no programa atual e a oferta média é de **598 MW**. Concentrado em consumidores de grande porte.

Situação Atual



Usinas Virtuais

- Ainda necessita de ampla adoção de medidores inteligentes e regras para o Agregador.
- Grupo AES realizou um projeto piloto em 2021 que desenvolveu um software voltado para o gerenciamento do portfólio de ativos de geração da AES.



Microrrede

- Programa Piloto: Energisa (Norte) e Neoenergia (Nordeste) Áreas remotas/fomento uso de renováveis/AEE.
- Ausência de regulamentação. Interação comercial/técnica/regulatória com a distribuidora.



Veículos Elétricos

- [Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica \(2023\)](#) indica que **mais de 90.000 VE foram vendidos em 2023, aceleração do crescimento ocorre devido ao barateamento (BYD) e com aumento da frota de Ônibus Elétricos (mais de 600).**
- Recarga é um dos gargalos principalmente fora grandes centros do Sudeste.
- REN 1000/21 não permite V2G e não permitem participação do mecanismo de compensação de energia.

Requisitos para expansão no Brasil

Status de Iniciativas Regulatórias

Requisitos para integração de RED



Medição inteligente

- **TS ANEEL nº 13/2024** visa aprimorar modelos regulatórios implantação de medição inteligentes na distribuição.



Livre Comercialização

- Portaria 50/2022 abriu o mercado para todo grupo A (**demanda mínima de 30 kW**) em 2024.
- Ainda não há previsão de abertura para a baixa tensão.



Regulamentação das novas atividades

- Ausência do agregador, armazenador e microrredes.
- TS nº 11/20 e 11/21 da ANEEL tratam de propostas regulatórias para inserção de RED.



Novas Tarifas

- Tarifas do Grupo A têm granularidade temporal, mas tarifa branca apresentou baixa adesão no Grupo B.
- **AP nº 59/18 e Agenda Regulatória 2021/2022** buscou modernizar tarifas do Grupo B, mas não obteve resultado.



Modernização da Regulação

- Modernização regulatória das distribuidoras: *Revenue Cap*, incentivos para contratação de REDs, Medição Inteligente (MI), investimentos em automação.
- **Agenda Regulatória 24-26 inclui novas tarifas, AEE e MI¹.**