

# **Usinas Virtuais**

**Marlon Huamani Bellido**

---

Programa de Planejamento de Sistemas Energéticos (PSE)

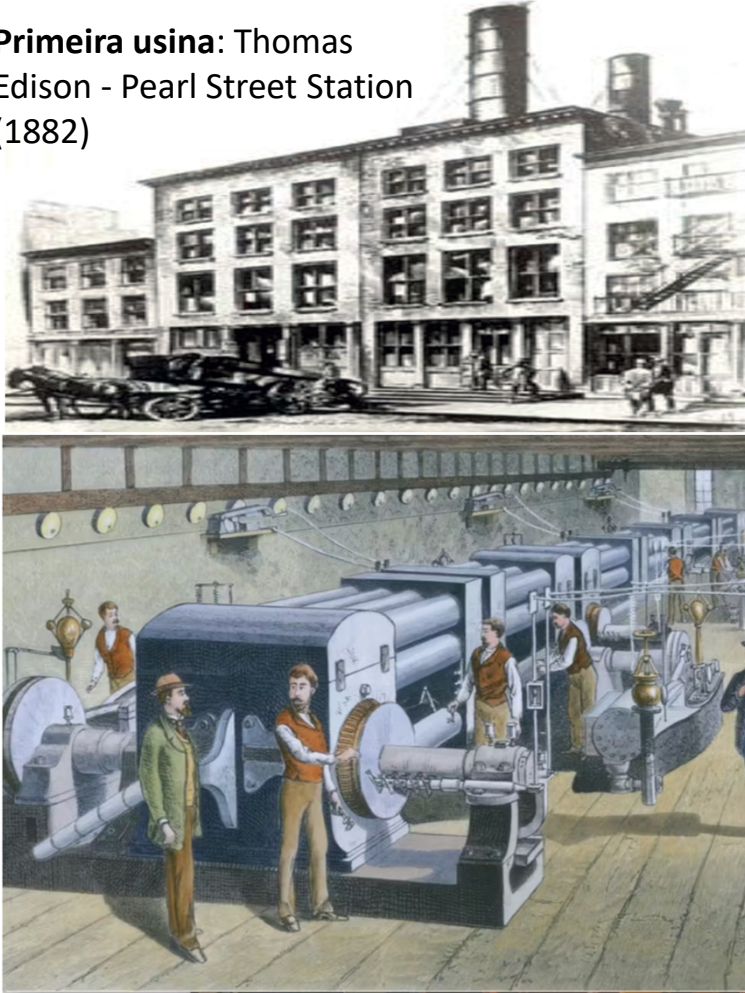
Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM)

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

---

# Introdução

Primeira usina: Thomas Edison - Pearl Street Station (1882)



The Battery and Control Room in the first Edison Electric Lighting Station at Pearl Street in lower Manhattan in 1882. By Everett Historical/Shutterstock.com

## Sistema Distribuído



Primeiras “concessionárias”; estabelecidas em territórios abertos onde o serviço de eletricidade não existia, **tinham o “monopólio”** na região

1890: instituições de ensino superior EUA começaram a instalar estes sistemas → Cornell (1890) Texas Austin (1929), etc.

**Primeiros sistemas foram isolados, sem conexão com outras concessionárias. Mercado ainda não era regulado**

# Introdução

1888 - 1890



EDISON



WESTINGHOUSE



TESLA

CC

Final século XIX

CA

1900: as redes começaram a ser adjacentes e a se interconectar. Sistema centralizado. **Declínio de Edison**

Sistema Distribuído ... de novo (centralizado)



3Ds

5Ds

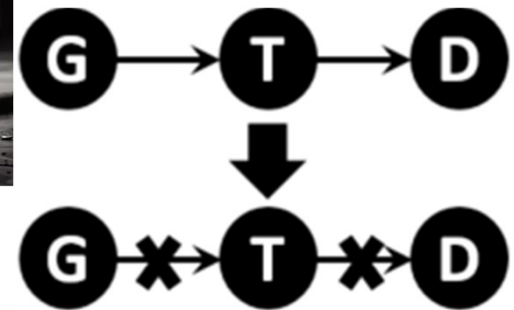
Sistema Centralizado



Crise do petróleo



Liberalização indústria elétrica

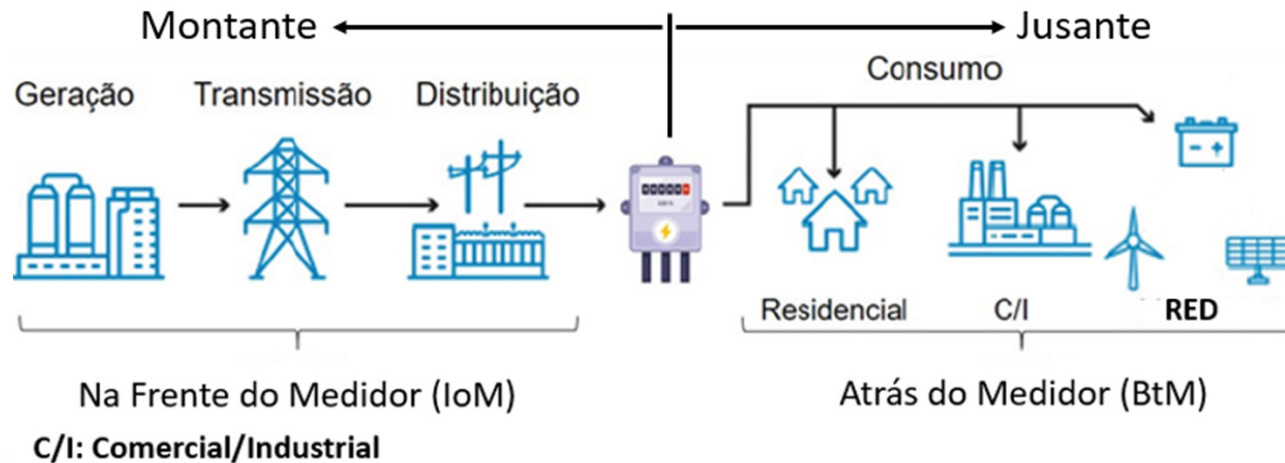


# Recursos Energéticos Distribuídos

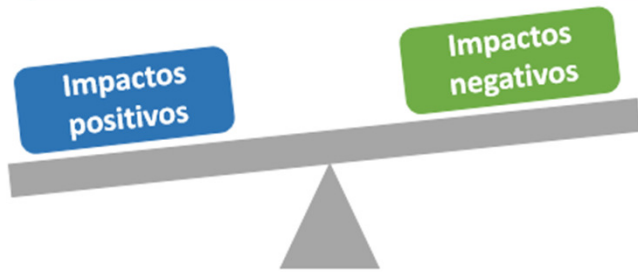
**Public Utility Regulatory Policies Act (PURPA) de 1978 (marco importante para o desenvolvimento dos recursos energéticos distribuídos: incentivou pequena produção, eficiência energética e redução dependência combustíveis fósseis)**

**Recursos Energéticos Distribuídos (RED)** → recursos que atuam tanto pelo lado da oferta, quanto pelo lado da demanda, localizados dentro dos limites da área de uma determinada concessionária de distribuição, normalmente junto a unidades consumidoras, atrás do medidor (BtM – do inglês *Behind-the-Meter*)

**Conjunto de recursos capazes de transformar a atual estrutura do sistema elétrico**



# Recursos Energéticos Distribuídos



Fonte: Falcão

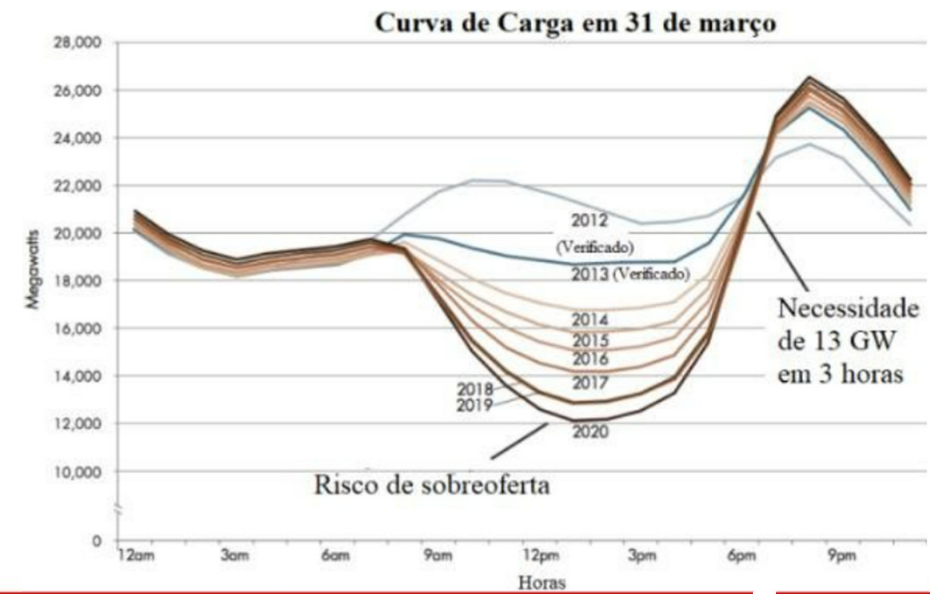
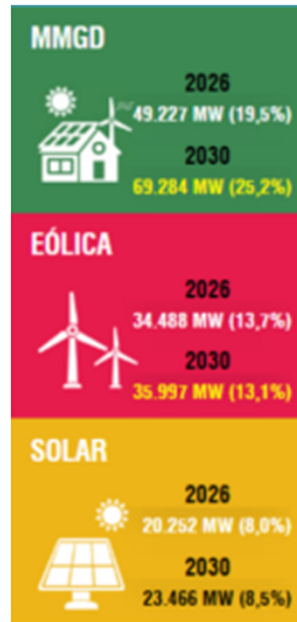
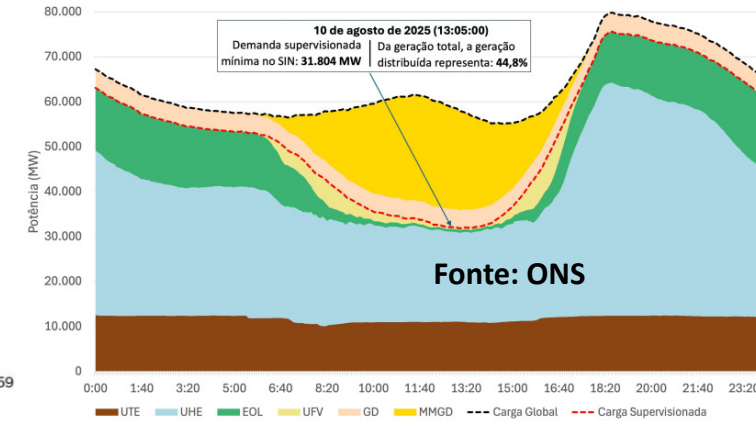
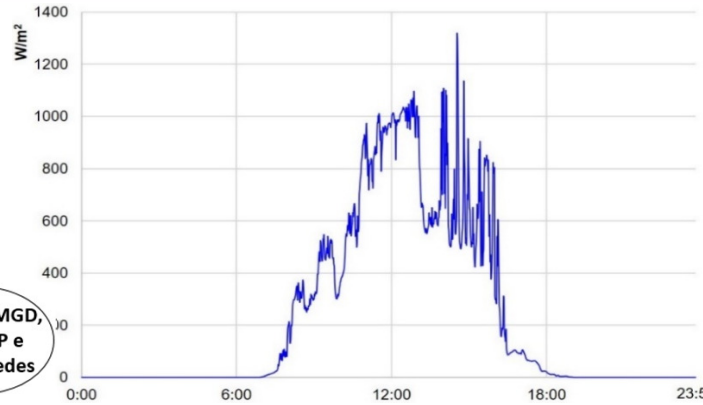
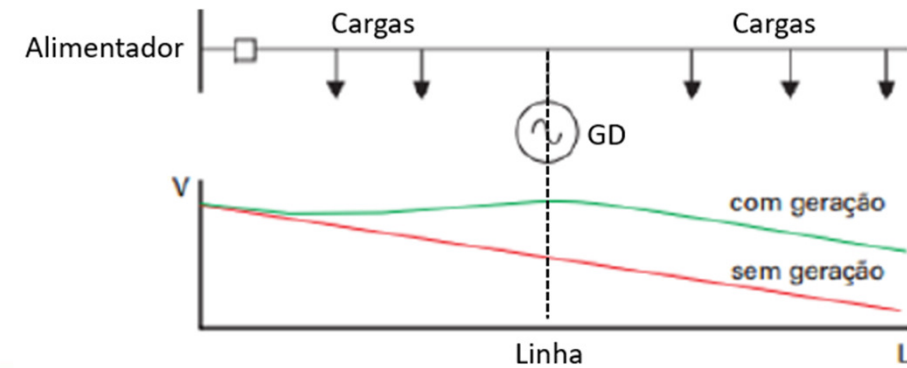


Pequeno

Moderado

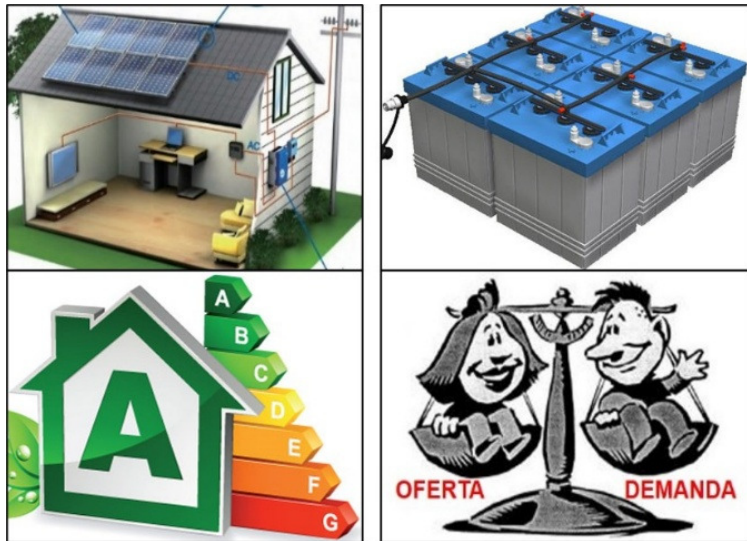
Grande

Revolucionário



# Recursos Energéticos Distribuídos

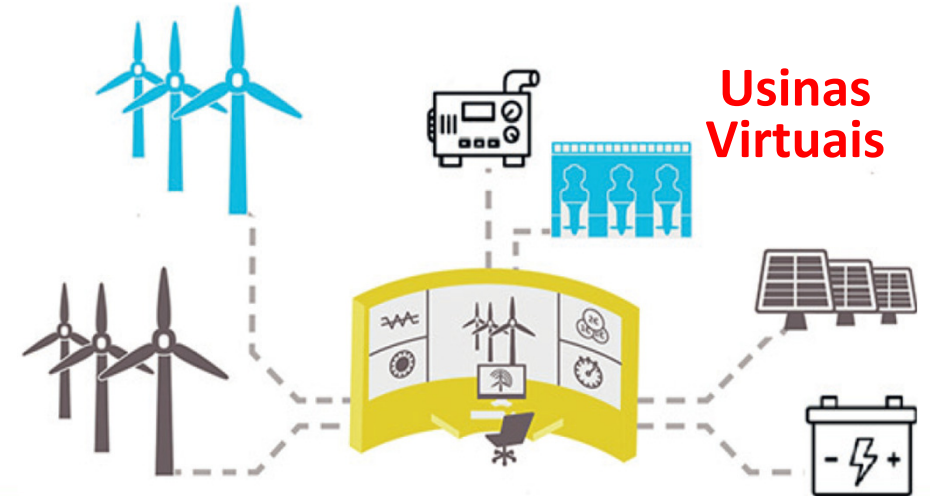
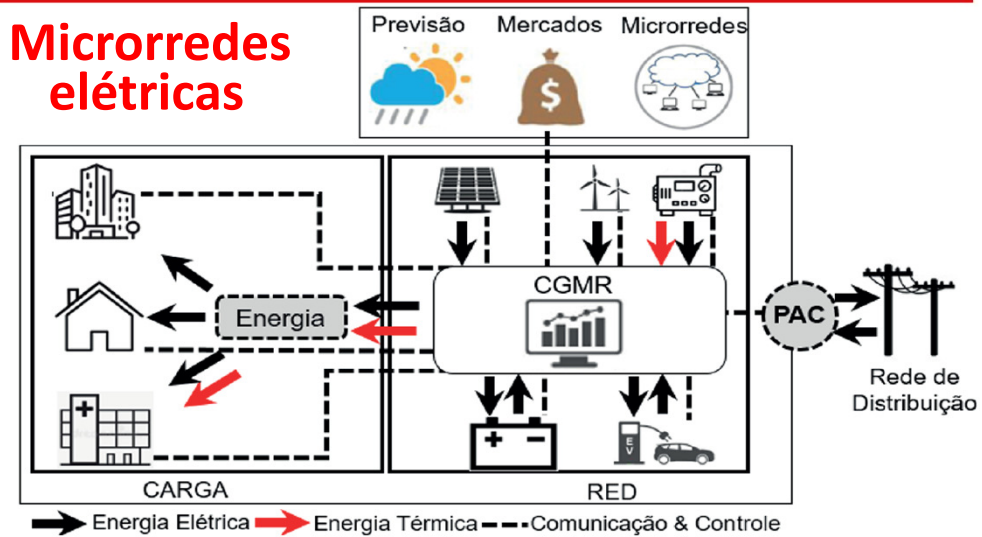
## Recursos Energéticos Distribuídos



Duas formas de lidar com os RED

A evolução dos mercados de energia está em direção de uma maior dependência dos RED

## Microrredes elétricas



# Usinas Virtuais

---

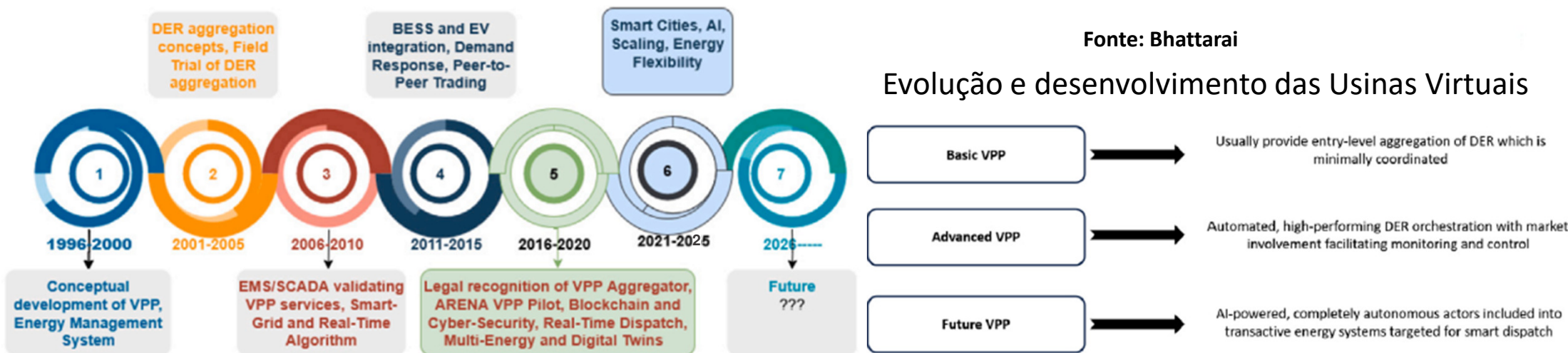
Plataforma/sistema que agrega múltiplos recursos energéticos distribuídos e consumidores com demanda flexível, localizados em diferentes pontos da rede de distribuição e operados conjuntamente de maneira coordenada com a rede, de modo a prover o mesmo serviço que as usinas convencionais

Em vez de construir uma grande usina em um único local, uma usina virtual integra, coordena e controla diversos ativos espalhados geograficamente. A usina é chamada de “virtual” porque:

- 1) A agregação é realizada digitalmente (TIC)
- 2) Não existe uma planta física única (ex. 5.000 sistemas solares residenciais, 500 baterias, etc., dispersos em diferentes locais)
- 3) Opera como uma usina convencional perante o sistema elétrico (a agregação de vários sistemas permite que forneçam serviços ao sistema elétrico), a usina virtual opera com um agregador

**A Usina Virtual não gera energia em um ponto físico central (usina), mas gera valor pela coordenação digital de múltiplos ativos espalhados (hardware, software e infraestrutura)**

# Usinas Virtuais



Final 1990s → Alemanha e Holanda adotaram uma agregação informal dos RED

Inícios 2000 → primeiros projetos experimentais, utilizando controles de supervisão e aquisição de dados (SCADA) foram desenvolvidos na Europa e Japão

2010-2015 → integração de baterias, veículos elétricos, resposta da demanda na União Europeia

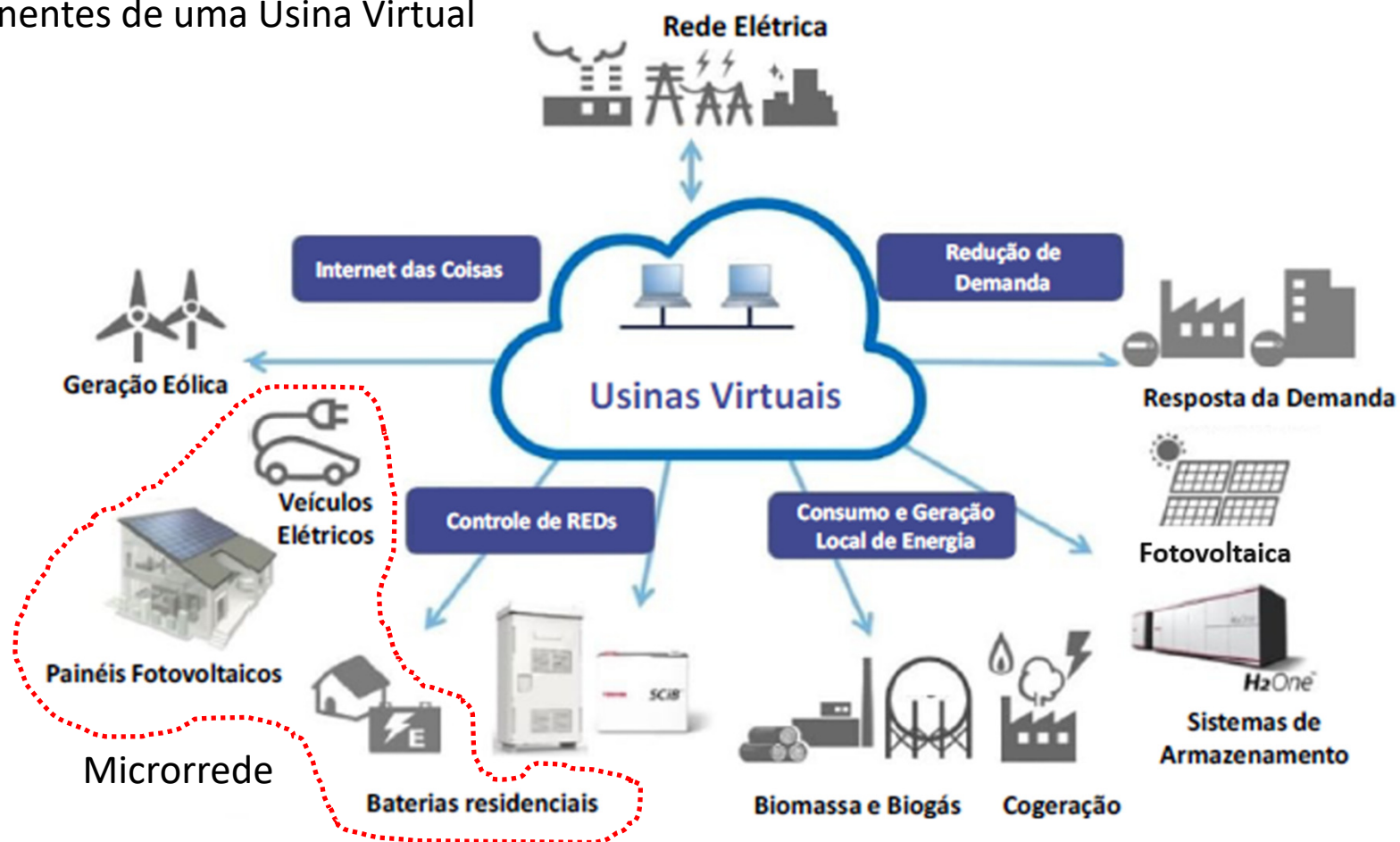
2015-2020 → integração de outras tecnologias: inteligência artificial, Blockchain, cyber segurança na Alemanha e Austrália (projetos piloto)

# Usinas Virtuais

## Funcionamento e componentes de uma Usina Virtual

Alguns autores consideram que uma microrrede pode ser considerada uma usina virtual (oferece serviços)

Outros autores entendem que as microrredes pode ser participantes de uma usina virtual





[MICROGRID OPERATIONS AND OPTIMIZATION](#)

## Virtual Reality: Microgrids, VPPs Mutually Boost Each Other's Case

The decentralization, democratization and fragmentation of the power grid is yielding newer and more complex energy combinations these days, making room for both very different energy assets to act together.

[Rod Walton, Microgrid Knowledge Managing Editor](#) • Jan. 8, 2024 • 5 min read



*(Editor's Note: Story originally posted in November 2023)*

No virtual power plant (VPP) is a microgrid, but any connected microgrid can be part of a VPP.

<https://www.microgridknowledge.com/microgrid-operations-and-optimization/article/33015408/virtual-reality-microgrids-vpps-mutually-boost-each-others-case>

**Usinas Virtuais de energia não são microrredes, mas uma microrrede pode fazer parte de uma Usina Virtual de energia**

# Usinas Virtuais

---

Em que se parecem as Usinas Virtuais à Uber, 99, ifood, airbnb, etc.

## Usinas Virtuais de Energia

A característica em comum entre uma Usina Virtual de Energia e alguns aplicativos como a Uber, 99, airbnb, ifood, etc. está em que não possuem necessariamente os ativos físicos; **seu principal valor está na plataforma digital que conecta, gerencia e otimiza os ativos**



# Tipos de Usinas Virtuais

Podem ser divididas em: **Usinas Virtuais Técnicas (TVPP)** e **Usinas Virtuais Comerciais (CVPP)**

Aspecto	TVPP (beneficia a rede elétrica)	CVPP (procura o melhor resultado econômico)
Objetivo principal	Operação técnica e confiabilidade da rede	Otimização econômica e participação nos mercados de energia
Foco	Controle físico dos REDs	Gestão comercial e financeira dos ativos agregados
Coordenação dos recursos	Considera restrições elétricas da rede (tensão, frequência, etc.)	Considera preços de energia, contratos e oportunidades de mercado
Área de atuação	Normalmente limitada a uma região ou rede específica	Pode agregar ativos localizados em diferentes regiões e mercados
Operador típico	Distribuidoras ou operadores de rede	Comercializadoras, agregadores ou empresas de energia
Variáveis analisadas	Fluxo de potência, estabilidade, frequência, etc.	Preços da energia, custos operacionais, receitas e contratos
Critério de despacho	Necessidades técnicas do sistema elétrico	Maximização do lucro ou minimização dos custos
Principal beneficiário	Operador do sistema e distribuidoras	Proprietários dos ativos e agentes de mercado
Tecnologias utilizadas	SCADA, controle em tempo real e automação da rede	Plataformas de mercado, previsão de preços, otimização econômica e gestão de contratos

# Vantagens e Desvantagens Usinas Virtuais

## Vantagens

Melhor aproveitamento recursos distribuídos  
(espalhados geograf.; prosumidores; melhor utiliz. ativos)

Redução investimentos em infraestrutura  
(transmissão, usinas, subestações; utilizam RED existentes)

Geração de receita para os participantes  
(comercial. energia elétrica; serviços ancilares; GLD)

Redução custos operacionais  
(otimiza o despacho RED; redução perdas elétricas; O&M)

Serviços de flexibilidade para a rede  
(controle frequência; tensão; reserva potência)

Facilita a integração de energias renováveis  
(coordenação produção fontes variáveis; utilizam baterias; redução emissões)

## Desvantagens

Potencial desconforto  
(usina virtual pode controlar disposit. (armaz.) do cliente)

Riscos de cibersegurança e privacidade dados  
(grande quant. de disposit. aumenta riscos)

Elevada complexidade de controle e operação  
(exige TIC avançados; algorit. sofist. otimização)

Dependência da participação dos consumidores  
(desempenho depende adesão usuários; mudanç. comport. afetam previsibilidade)

Incertezas regulatórias  
(regulação.; remuneração serviços; mercado serv. ancilares)

Variabilidade recursos agregados  
(grande parte recursos solar e eólico; disponibilidade baterias e cargas flexíveis pode mudar no tempo)

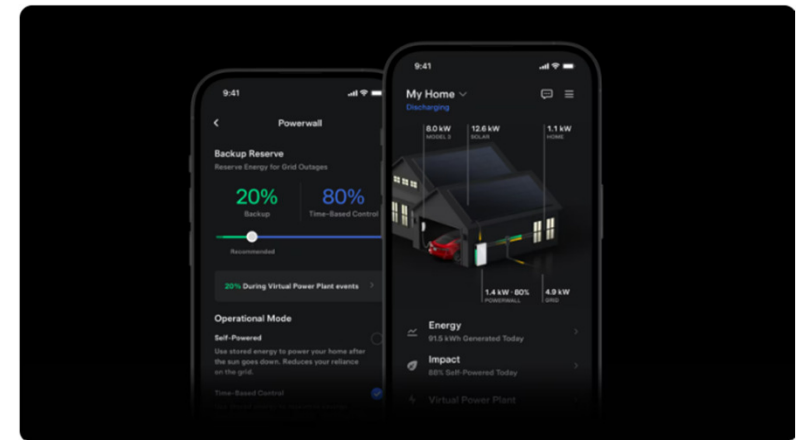
# Aplicações de Usinas Virtuais

Tesla Virtual Power Plant (Austrália); conecta milhares de residências no sul da Austrália que possuem painéis fotovoltaicos e baterias Tesla (Investimento = \$64.17M, 2020-2023, 3000 residências)



## Solar and Powerwall

Solar allows you to generate your own clean energy. Powerwall stores it for you. You can then use your stored energy at home or to support the grid.



## Tesla Software

Powerwall is equipped with software that communicates with the Tesla Virtual Power Plant, maximising the support provided to the grid and the money you get for the energy you share.

## Tesla App

The Tesla app gives you the tools to monitor your energy anytime, anywhere. Manage your energy sharing preferences and watch your energy flow.

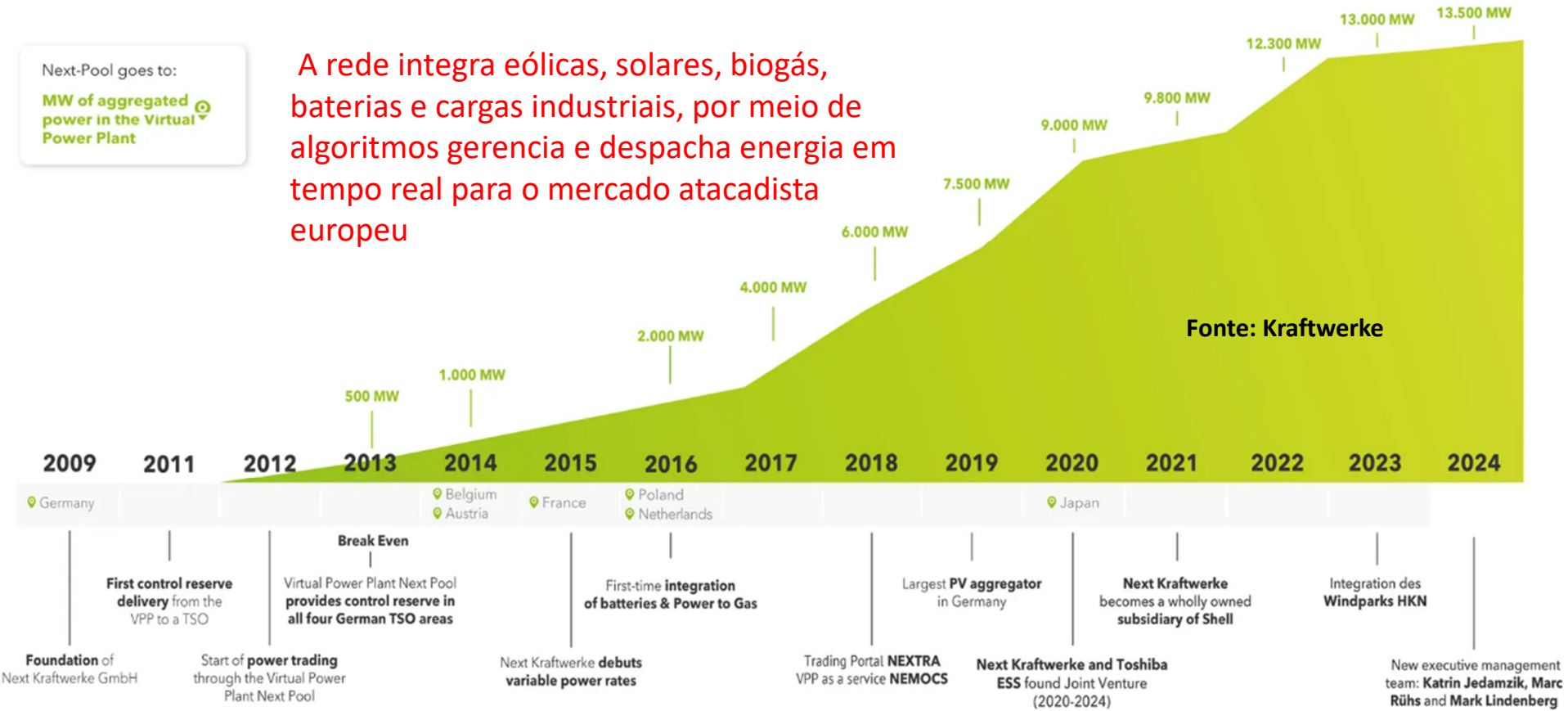
Programa completo = 50000 residências (250 MW/650 MWh),  
cerca de 800M de investimento ao longo de sua implantação

# Aplicações de Usinas Virtuais

Next Kraftwerke (Alemanha); uma das maiores VPPs da Europa, conectando mais de 13.000 unidades de geração e consumo distribuídos

Next-Pool goes to:  
**MW of aggregated power in the Virtual Power Plant**

A rede integra eólicas, solares, biogás, baterias e cargas industriais, por meio de algoritmos gerencia e despacha energia em tempo real para o mercado atacadista europeu



# Aplicações de Usinas Virtuais

Tesla Virtual Power Plant - Califórnia (EUA); várias usinas virtuais operando para gerenciar picos de verão, forte presença de baterias residenciais (Tesla) e controle de carga comercial/industrial

T E S L A

Vehicles Energy Charging Discover Shop

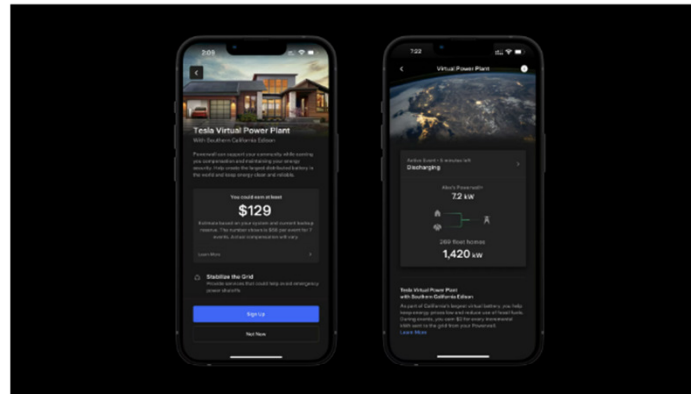
<https://www.tesla.com/support/energy/virtual-power-plant>

## Available VPP Programs

Tesla VPP programs are available through utility companies throughout the U.S. If a VPP program is available in your area, you can find additional details and enrollment information in the Tesla app.

- Powerwall
- Solar Panels
- Solar Roof
- More

## Tesla Virtual Power Plant



Find information on what a virtual power plant (VPP) is and how you can join Tesla VPP programs as a Powerwall owner.

### What is a Virtual Power Plant

A virtual power plant (VPP) is a network of distributed energy sources such as homes with solar and battery systems, working together as a single power plant. The combined energy of these sources is used to support the electrical grid. Participating members can give the VPP program permission to use their energy as a resource during high demand events and generate value through their participation.

## Find Your State

- > Arizona
- > California
- > Colorado
- > Connecticut
- > Florida
- > Hawaii
- > Idaho
- > Louisiana
- > Massachusetts
- > New Jersey
- > New York
- > North Carolina
- > Oregon
- > Rhode Island
- > South Carolina

## Como opera:

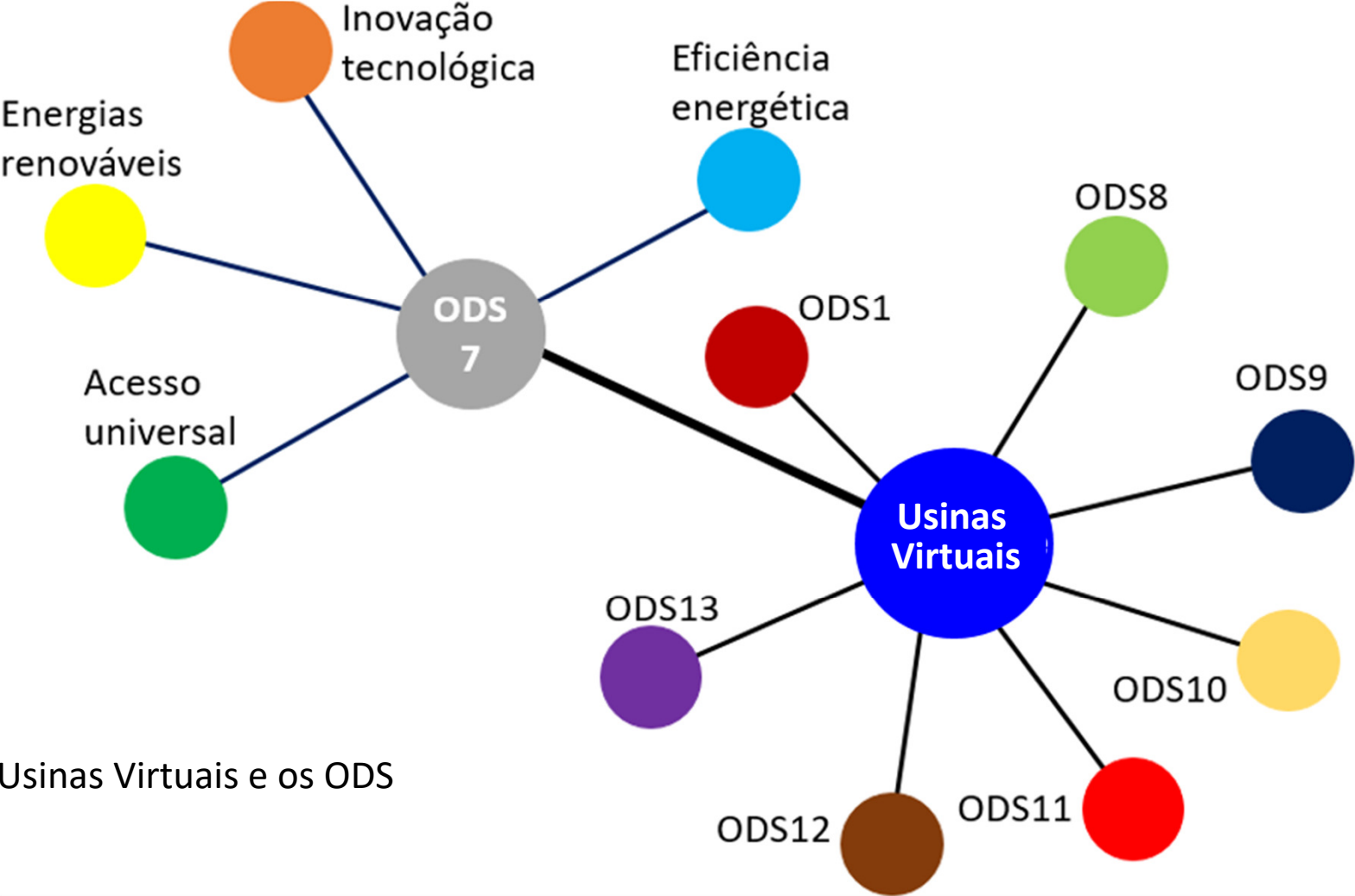
- 1) Cada residência gera energia solar e armazena o excedente na bateria **Powerwall**
- 2) A Tesla monitora, em tempo real, o estado de carga das baterias e as condições da rede elétrica
- 3) Em períodos de alta demanda ou emergência, a plataforma envia comandos para que milhares de baterias descarreguem simultaneamente energia para a rede

# Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e Usinas Virtuais

Agenda global adotada da ONU (2015), com 17 objetivos a fim de enfrentar desafios sociais, econômicos e ambientais, garantindo um desenvolvimento equilibrado e inclusivo até o ano 2030



# Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e Usinas Virtuais



Conexão as Usinas Virtuais e os ODS

# Modelos de negócio em Usinas Virtuais

---

**Principais modelos de negócio:** como as usinas virtuais vão operar para gerar receita e obter lucro

**Agregador de geração distribuída;** a usina virtual atua como intermediária entre pequenos geradores e o mercado de energia. A receita pode vir da venda de energia no mercado livre e/ou regulado

**Prestação de serviços ancilares;** a usina virtual pode oferecer serviços de suporte ao sistema elétrico, como controle de frequência, tensão e reserva de potência. A receita neste modelo vem dos pagamentos pelos serviços fornecidos ao operador do sistema (exemplo, DSO)

**Resposta da demanda;** a usina virtual pode gerenciar cargas flexíveis (indústria, comércio ou residências) reduzindo ou deslocando o consumo conforme o preço da energia. A receita deste modelo vem da economia gerada (redução dos custos energéticos) ou pela remuneração por participar no programa de resposta da demanda

**Mercado de capacidade e flexibilidade local;** a usina virtual pode oferecer flexibilidade e capacidade em áreas com restrição na rede. A receita vem dos contratos assinados

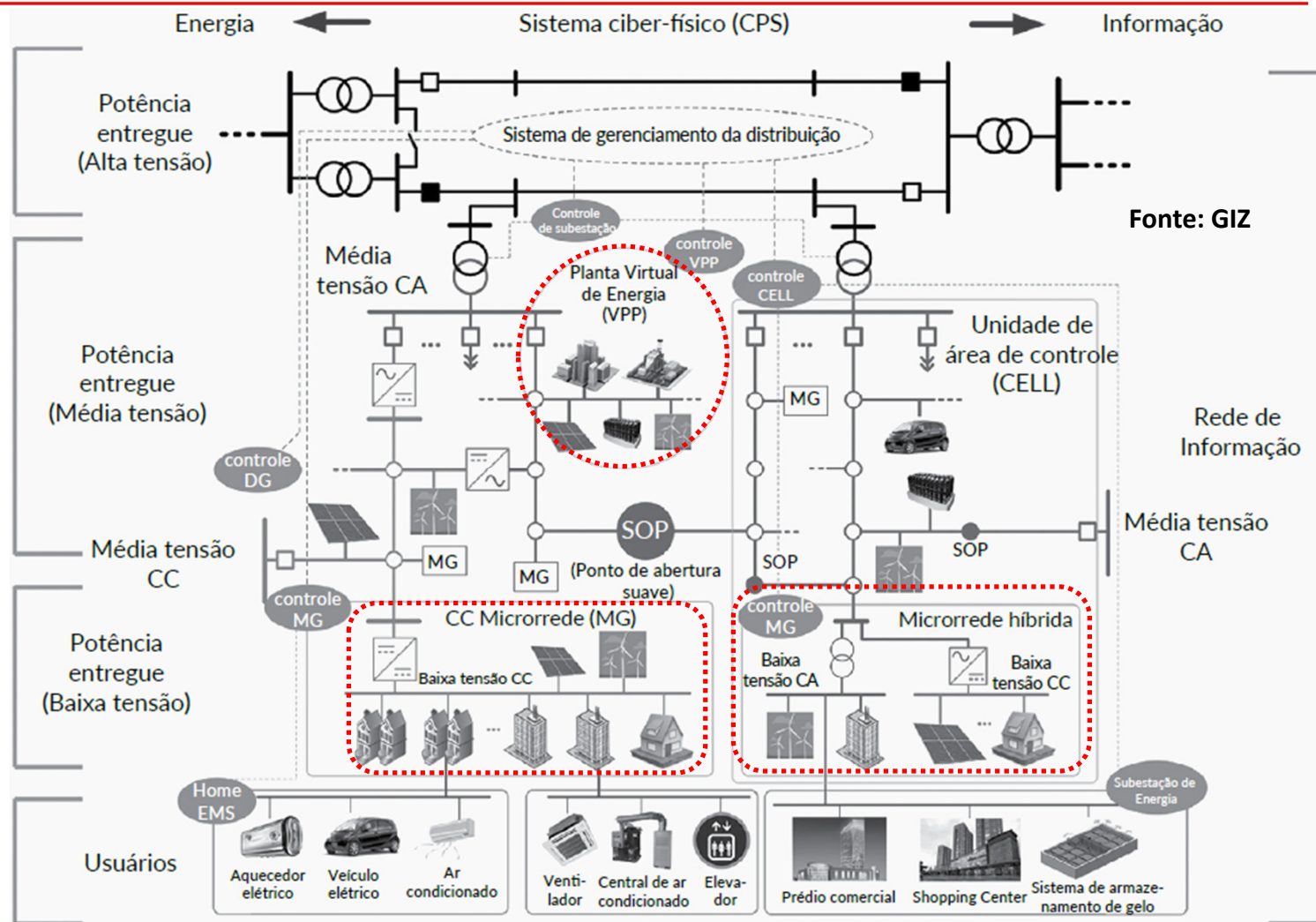
# Usinas Virtuais vs Microrredes

Inserção das usinas virtuais em redes inteligente

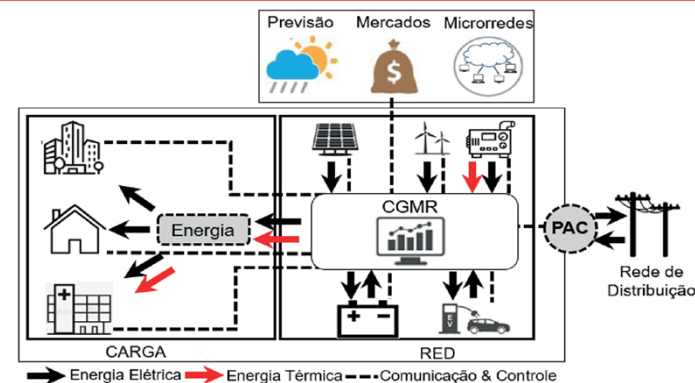
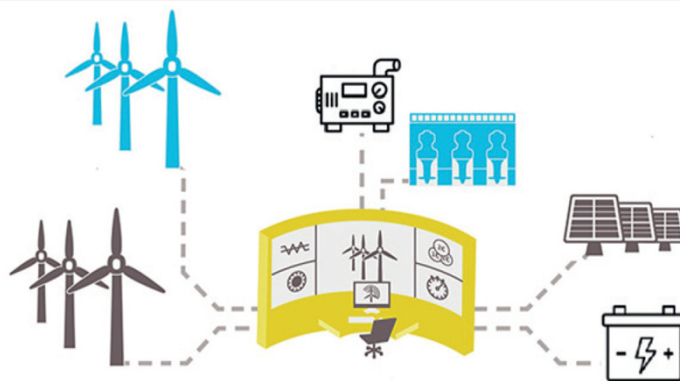
REI é a integração de tecnologias avançadas para a automação de rede de distribuição, GD e tecnologias pertinentes às microrredes

TIC são essenciais para o planejamento, operação e gerenciamento da REI, tornando-se um sistema complexo que conecta sistemas de energia e informação

Sistemas que uma REI contempla: microrredes, VPP, RED, residências inteligentes, etc.



# Usinas Virtuais vs Microrredes



## Semelhanças

Potencial gerenciar geração distribuída (renovável e não renovável) e armazenamento a nível distribuição

Potencial para gerar economias significativas para facilitadores e consumidores, por meio da geração de energia e da redução da pressão sobre a rede elétrica

## Diferenças

Podem operar em áreas geográficas mais extensas

Restritas a uma “pequena” área geográfica (locais)

Podem atender à rede de transmissão ou distribuição

Voltada principalmente para atendimento de seus clientes internos ou rede de distribuição

Combinação de recursos dependentes da infraestrutura da rede

Podem atuar de forma isolada da rede principal (autônomas)

Conseguem superar melhor os obstáculos regulatórios

Enfrentam desafios políticos, legais e regulatórios

# Usinas Virtuais e a Transição energética na indústria elétrica

---

Tese sobre a mudança:

Fonte: Fox-Penner

“ .... The new electric power industry will have to be designed with **three objectives** in mind – creating a decentralized control paradigm, retooling the system for low-carbon supplies, and finding a business model that promotes much more efficiency .... ”

Porém;

“ .... A system and a business model that each took more than a century to evolve must be extensively retooled in the span of a few decades. Many of the technologies and institutions needed for the job are still being designed or tested .... ”

# Usinas Virtuais e a Transição energética na indústria elétrica

---

Tese sobre a mudança:

“ .... It is like rebuilding our entire airplane fleet, along with our runways and air traffic control system, while the planes are all up in the air filled with passengers .... ”

