

# Observatório de Tecnologias Exponenciais

Nº 11

---

2º TRIMESTRE  
2023



# Observatório de Tecnologias Exponenciais N° 11

## **Organizadores**

Nivalde de Castro  
Lorrane Câmara  
Caroline Chantre

## **Equipe de Pesquisa**

Ana Eduarda Rodrigues  
Felipe Diniz  
Leonardo Gonçalves  
Maria Luiza Lunardi

## **Revisão Geral**

Pablo Sathler  
Bianca Castro

Outubro de 2023

# Sumário

Introdução.....	4
1. Transição Energética e ESG.....	5
2. Eficiência Energética.....	9
3. Geração Distribuída.....	13
4. Armazenamento de Energia.....	19
5. Gestão e Resposta da Demanda.....	25
6. Microrredes e Usinas Virtuais de Energia.....	29
7. Tecnologias e Soluções Digitais.....	33
8. Segurança Cibernética.....	37
Considerações finais.....	41

# Introdução

---

A transição energética é uma mudança estrutural do setor de energia que se baseia, principalmente, no aumento da inserção de fontes de energias renováveis para a descarbonização da economia. Devido à intermitência dessas fontes, a operação do sistema elétrico torna-se mais complexa, exigindo mecanismos que aumentem sua flexibilidade e confiabilidade. Essas características podem ser obtidas por meio da difusão dos recursos energéticos distribuídos (REDs) e de digitalização do sistema, contribuindo para o equilíbrio da oferta e da demanda de energia.

Assim, a conjuntura do setor elétrico tem criado novas formas para fornecimento e consumo de energia elétrica com inserção das tecnologias exponenciais, modificando a relação do consumidor com as concessionárias do setor.

Diante desse cenário, vários países têm buscado maneiras de aprimorar o planejamento do setor elétrico e enfrentar os desafios por meio da necessidade de descarbonização e expansão das fontes renováveis.

Nesse sentido, o Observatório de Tecnologias Exponenciais visa contribuir com a sistematização e divulgação do conhecimento, identificando o papel das tecnologias exponenciais no processo de transição energética, bem como as estratégias e iniciativas para sua aplicação que estão sendo adotadas nos setores elétricos nacional e internacional. Por fim, pretende-se apresentar novos modelos de negócio e mudanças comportamentais do consumidor. Com base no [Informativo Eletrônico Tecnologias Exponenciais](#), o Observatório identifica desafios e perspectivas para o setor elétrico na trajetória para a economia de baixo carbono.

# Transição Energética e ESG

---

## Mundo

A digitalização vem se apresentando como um dos pilares do processo evolutivo do setor elétrico ao permitir que as concessionárias prevejam acuradamente os desequilíbrios de demanda e oferta, localizem e corrijam falhas com mais eficácia e tornem os sistemas de energia mais confiáveis e seguros.

Nesse contexto, a Agência Internacional de Energia (IEA, sigla em inglês), publicou, recentemente, o relatório [Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies](#), no qual, destaca o potencial de aperfeiçoamento das tecnologias digitais para o funcionamento das redes elétricas, permitindo assim, uma integração mais eficaz de fontes renováveis intermitentes, como a solar e a eólica. Essas tecnologias podem economizar cerca de US\$ 1,8 trilhão em investimentos globais em redes elétricas até 2050, estendendo a vida útil das redes e minimizando interrupções no fornecimento.

No entanto, o investimento global em redes está abaixo do necessário para alcançar as metas de emissões zero até 2050. No relatório, a IEA indica que o investimento anual na digitalização das redes precisará ser maior do que o dobro até 2030 – cerca de US\$ 750 bilhões. Além disso, a falta de investimento na infraestrutura das redes elétricas pode aumentar os custos operacionais, especialmente em economias emergentes ou em desenvolvimento.

Caso as redes não sejam atualizadas e digitalizadas adequadamente, o impacto nas economias destes países pode chegar a US\$ 1,3 trilhão, como resultado da redução da produtividade e dos gastos com backup de energia.

A Huawei e a IDC – editora especializada em publicações técnicas sobre tecnologias da informação e comunicação (TICs) – publicaram, recentemente, um white paper ([On Electric Power Communication All-Optical Network Architecture and Technologies](#)) destacando o papel que as TICs desempenham na construção de uma infraestrutura de rede eficiente e de baixo carbono.



# Transição Energética e ESG

---

O paper destaca que o avanço da transição energética no setor elétrico acelera, paulatinamente, o processo de obsolescência da infraestrutura das redes. Diante disso, melhorias e modernizações são promovidas em diversos países. Essas atualizações vão desde a implementação de sensores inteligentes e uso de novas tecnologias à utilização de inteligência artificial (IA) para otimizar os sistemas.

Segundo o documento, a otimização dos sistemas de energia permite com que a rede de comunicação de energia se torne mais eficiente, garantindo agilidade em processos como: despacho de energia, operações orientadas e gerenciamento da rede. Além disso, destaca-se que a integração crescente das tecnologias de comunicação na rede elétrica garantirá a segurança, a estabilidade e a economicidade das operações dos sistemas de eletricidade.

Alinhado ao panorama de investimentos em tecnologias de comunicação para a digitalização da rede, no mês de maio, a IEA publicou o relatório intitulado [The State of Clean Technology Manufacturing](#). Segundo a análise, houve aumento significativo nos anúncios de novos projetos de fabricação de tecnologias essenciais para a transição energética, incluindo energia solar fotovoltaica, baterias e eletrolisadores. Desde o fim de 2022, a produção estimada, até 2030, dessas tecnologias aumentou consideravelmente. Sobretudo porque foi impulsionada pelo apoio político e pelo crescente interesse dos investidores.

A IEA avalia que se todos os projetos anunciados até o momento forem concretizados, a produção prevista de capacidade de fabricação para as cinco tecnologias limpas atingirá US\$ 790 bilhões por ano até 2030. Isso é crucial para alcançar o cenário de emissões zero até 2050 e atender às metas climáticas globais.

No entanto, apesar do crescimento nas áreas mencionadas, a implementação de projetos relacionados a outras tecnologias (como energia eólica e bombas de calor) continuam distantes dos níveis necessários para alcançar o cenário de neutralidade de carbono traçado pela agência (Cenário Net Zero). Além disso, muitos dos projetos anunciados ainda necessitam de decisões finais.

O relatório também destaca a questão da segurança de abastecimento de minerais críticos – insumos essenciais para fabricação dessas tecnologias renováveis – e ressalta a necessidade de cooperação internacional para promover o fornecimento seguro e sustentável de matérias-primas fundamentais para a transição.

# Transição Energética e ESG

---

## União Europeia

Diversos países têm tomado medidas para avançar com a transição energética de maneira justa, atendendo as metas climáticas estabelecidas em acordos mundiais e metas fixadas em seus blocos regionais.

No caso da União Europeia (UE), os legisladores chegaram a um acordo a respeito da Diretiva de Energia Renovável (RED III) do bloco. A proposta inicial, que previa uma meta de 45% de fontes renováveis no mix de geração de energia do bloco até 2030, não obteve o consenso necessário. Dessa forma, os membros do Parlamento Europeu estabeleceram uma meta vinculativa de 42,5%, a nível regional, e uma meta voluntária individual de 45%.

Nesse sentido, cada Estado-Membro contribuirá para a meta comum regional e terá de considerá-la como parte de seu Plano Nacional de Clima e Energia (PNEC), a ser finalizado até junho de 2024. A diretiva também inclui a obrigação dos Estados-Membros acelerarem a implantação de energia renovável, designando “áreas de acesso” onde o processo de licenciamento dos projetos deve ser acelerado. Os projetos de energia renovável também são considerados de “interesse público primordial”, a fim de superar objeções legais à sua implementação.

Recentemente, a UE criou o programa Just Transition Fund (JTF). Trata-se de um novo instrumento financeiro no âmbito da Política de Coesão da UE (2021–2027) para apoiar territórios que enfrentam desafios socioeconômicos ligados à transição energética. O fundo está relacionado com as metas de neutralidade climática do Pacto Ecológico Europeu e dispõe de 5% do orçamento total da Política de Coesão, cerca de 19,2 bilhões de euros.

Por outro lado, no mês de junho, a Comissão Europeia (CE), instituição que representa os interesses da UE, recomendou o fim dos impostos temporários sobre as energias renováveis. A sugestão foi baseada na estabilidade do mercado de gás e de eletricidade da Europa. As medidas adotadas por parte dos legisladores, para fazer frente a instabilidade causada pela Guerra na Ucrânia, geraram queda recente dos preços dos contratos de energia e redução da demanda de eletricidade.

# Transição Energética e ESG

## Estudo em Destaque

### **IPCC: Tecnologia, financiamento e cooperação internacional são essenciais para acelerar a transição energética**

Diversos países têm tomado medidas para avançar com a transição energética de maneira justa, atendendo as metas climáticas estabelecidas em acordos mundiais e metas fixadas em seus blocos regionais.

O último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) alerta as oportunidades para garantir um futuro habitável e sustentável para todos estão diminuindo rapidamente. O relatório pede reduções rápidas nas emissões de gases de efeito estufa para desacelerar o aquecimento global e evitar a intensificação de eventos climáticos extremos, como níveis de temperaturas recordes e chuvas torrenciais. Ademais, sugere-se que mudanças profundas e rápidas sejam implementadas em todos os setores a fim de alcançar reduções nas emissões. Por fim, são descritas várias opções de mitigação e adaptação, incluindo a diversificação da geração de energia por meio de fontes renováveis (eólica, solar e PCHs) e investimentos em eficiência energética. O relatório pede cooperação internacional no âmbito das finanças, da tecnologia e da capacitação de recursos humanos com vistas à rápida mitigação dos efeitos do aquecimento global, bem como, a rápida cooperação para mudar os caminhos de desenvolvimento em direção à sustentabilidade. Para acessar o relatório na íntegra, clique [aqui](#).



# Eficiência Energética

---

A eficiência energética possui impacto significativo tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Em termos ambientais, a adoção de práticas eficientes no uso da energia resulta em redução nas emissões de gases de efeito estufa e na redução do consumo de recursos naturais não renováveis. Isso mitiga as mudanças climáticas, a preservação dos ecossistemas e a melhoria da qualidade do ar.

Do ponto de vista econômico, a eficiência energética oferece diversos benefícios. Primeiramente, a redução do consumo de energia resulta em menor demanda por recursos energéticos, o que pode levar a redução dos custos de produção e dos gastos com energia. As empresas podem economizar em suas contas de energia, aumentando sua competitividade no mercado e direcionando recursos financeiros para outros investimentos.

## União Europeia

Durante o segundo trimestre de 2023, o Departamento de Energia dos EUA (DOE, na sigla em inglês) atuou como um elemento primordial na promoção da eficiência energética por meio de padrões e regulamentações. Dentre as iniciativas promovidas pela entidade, o DOE anunciou a implementação de novas regras que abrangem diversos setores e produtos, incluindo eletrodomésticos, transformadores de energia e motores elétricos. Essas regulamentações têm um impacto econômico substancial: a expectativa é que somente os padrões para motores elétricos gerem uma economia de aproximadamente US\$ 8,8 bilhões em custos de energia para consumidores e empresas americanas.

Entretanto, essas mudanças não ocorrem sem desafios. A recente definição de padrões mais rigorosos para transformadores trouxe à tona preocupações sobre a potencial ameaça à confiabilidade da rede elétrica. Empresas e especialistas do setor expressaram em relação a estas medidas que, embora notassem a melhoria da eficiência energética, elas podem afetar a estabilidade do sistema elétrico.

# Eficiência Energética

---

No âmbito nacional, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) usou de uma iniciativa similar ao publicar um [white paper](#) sobre os conceitos e indicadores de eficiência energética. Essa iniciativa contribui para compreender largamente as abordagens eficientes de uso de energia, auxiliando tanto empresas quanto consumidores a tomar decisões.

## Programas e Iniciativas

Em busca de soluções cada vez mais eficazes e abrangentes para a eficiência energética, diversas iniciativas têm surgido, abrangendo desde esforços colaborativos até programas específicos para setores variados.

No âmbito nacional, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) desempenha um papel ativo, participando de eventos da Agência Internacional de Energia (IEA). Um dos resultados dessa parceria entre a EPE e a IEA se deu com a publicação do [Atlas de Eficiência Energética Brasil 2022](#). Esse atlas não apenas monitora o progresso da eficiência energética no país, mas também atua como referência para futuras ações políticas no campo energético.

A busca por melhorias também ocorre internacionalmente, como evidenciado pelo lançamento do programa de eficiência energética em Nova York. Esse programa, voltado para projetos comerciais e industriais, fornecerá até US\$ 10 milhões em incentivos para grandes usuários de energia reduzirem emissões e eletrificarem o uso final de suas atividades.

## Tecnologia e Inovação

Nos últimos meses, as inovações tecnológicas desempenham um papel crucial na busca por eficiência energética em diversos setores. Empresas e instituições estão adotando abordagens inovadoras para reduzir o consumo de energia e otimizar seus processos. Um exemplo notável é a Nokia que, reformulou seu software para reduzir significativamente o consumo de eletricidade em equipamentos de telecomunicações. Essa abordagem destaca como a tecnologia pode ser adaptada para minimizar o impacto ambiental e aumentar a eficiência operacional.

Além disso, o Departamento de Energia dos EUA (DOE) concluiu a instalação de um novo supercomputador dedicado à pesquisa de energia, evidenciando a importância da pesquisa na busca por soluções inovadoras. Por meio da capacidade computacional avançada, pesquisadores e investigadores têm a oportunidade de modelar cenários complexos e explorar novas abordagens para otimizar o uso de energia.

# Eficiência Energética

---

## Participação do Setor Privado

O setor privado exerce protagonismo na promoção de práticas mais responsáveis e na mitigação das emissões de carbono. As empresas assumem um papel muito importante ao adotar estratégias inovadoras e programas concretos que visam otimizar o consumo de energia e minimizar o impacto ambiental.

Um exemplo é a Energisa, que investiu R\$ 1,2 milhão para modernizar a iluminação pública no Acre. O foco não se restringiu a melhoria na iluminação, mas também envolveu uma redução significativa nos gastos com energia elétrica. A Enel Brasil, por sua vez, destaca-se ao destinar R\$ 33,4 milhões para financiar 15 projetos de eficiência energética nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Através de chamadas públicas, a empresa se empenha em viabilizar iniciativas que promovam o uso eficiente e sustentável da energia, alinhando-se às demandas atuais por maior responsabilidade ambiental.

Outras companhias, como a Endesa e a ComEd, ao adotar abordagens criativas para incentivar a eficiência energética entre seus consumidores, superam as expectativas. Por meio de campanhas e propostas anuais, elas não apenas conscientizam os clientes, mas também recompensam financeiramente aqueles que adotam práticas mais eficientes, estabelecendo um incentivo direto para utilização responsável da energia.

Além disso, a Eneva se destaca com impressionante investimento de R\$ 2,1 bilhões em projetos destinados a aprimorar a eficiência energética de suas operações. Esse comprometimento reflete a importância que a empresa atribui à modernização de seu parque gerador e à maximização de sua eficiência.

Tais exemplos refletem uma tendência crescente no setor privado em direção à eficiência energética, demonstrando a compreensão da importância desse movimento e esforço expressivo para atender às exigências ecológicas atuais.

# Eficiência Energética

## Perspectiva em Destaque

### Sustentabilidade e Eficiência Energética no Setor Privado

No cenário do setor imobiliário, a busca por práticas mais eficientes tem se destacado como tema de interesse crescente, influenciando tanto os consumidores quanto às políticas públicas e programas específicos. Os corretores de imóveis reconhecem a crescente demanda dos clientes por propriedades que adotem princípios de eficiência energética, refletindo assim, o valor agregado de residências que oferecem economia de energia e redução das emissões.

Nesse contexto, cidades e estados estão seguindo padrões de desempenho de edifícios para reduzir as emissões de carbono, sinalizando uma abordagem mais entrosadas com as metas ambientais. Programas como o da NYSERDA em Nova York, que destinou um financiamento de US\$ 15 milhões para melhorias em eficiência energética nas habitações, demonstram o comprometimento das autoridades em promover construções mais atraentes do ponto de vista ambiental.

De maneira semelhante, a oferta de financiamento do Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos EUA (HUD) comprova o reconhecimento da importância de investir em medidas que otimizem o uso de energia e tornem as habitações mais preparadas para desafios ambientais. Tudo isso com objetivo de melhorar a eficiência energética e resiliência de residências.

Em síntese, a eficiência energética ganha espaço no setor imobiliário, impulsionada pela demanda dos consumidores e pelo apoio de programas e políticas que promovem práticas mais atraentes. O acompanhamento entre interesses individuais e coletivos aponta para um futuro onde a busca por habitações energeticamente eficientes se torna fundamental no mercado imobiliário.



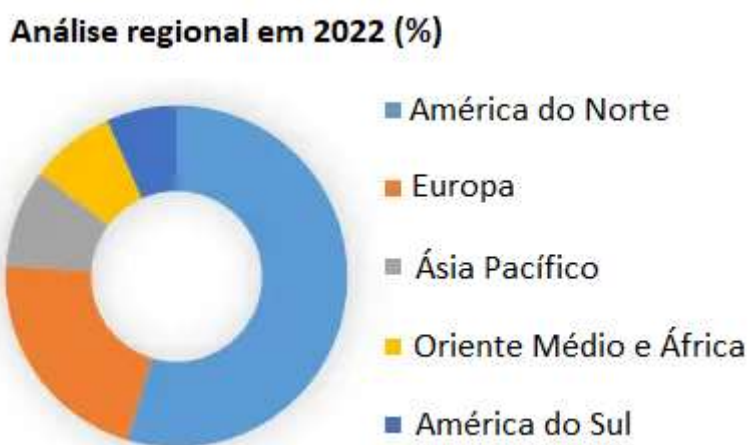
# Geração Distribuída

Nos últimos anos, o setor de geração distribuída tem experimentado mudanças significativas impulsionadas, principalmente, por avanços tecnológicos, políticas governamentais e preocupações ambientais crescentes. De acordo com o relatório “[Energy transition’s new industrial landscape](#)” da BloombergNEF, os investimentos direcionados para a transição energética excederam o valor de US\$ 1,1 trilhão em 2022, sendo os investimentos nos setores de baterias e módulos solares os mais significativos, representando um total de 88% do montante investido.

Esse dado demonstra como o setor de energias renováveis cresce ao redor do mundo e se posiciona como um setor indispensável para a transição energética. Além disso, a geração distribuída (GD) está sendo responsável por boa parte desse crescimento, garantindo uma geração mais eficiente e confiável.

Segundo o relatório “[Distributed Generation Market – Global Industry Analysis and Forecast \(2023–2029\)](#)”, da Maximize Market Research, o mercado de geração distribuída alcançou o valor de US\$ 243,88 bilhões em 2022, atingindo um crescimento anual de 10,9%. Como pode se observar na Figura 1, globalmente, a América do Norte detém a maior parcela de mercado, seguido pela Europa e Ásia.

**Figura 1** – Análise regional da participação no mercado de geração distribuída em 2022.



Fonte: Maximize Market Research (2023).



# Geração Distribuída

---

Ainda em concordância com o relatório da Maximize Market Research, a liberalização dos mercados de energia, junto a reestruturação acelerada das concessionárias de energia elétrica e a construção de módulos solares em ritmo mais acelerado ainda, são os principais fatores que impulsionam o mercado global. A expectativa é que o aumento do consumo de energia e o crescimento dos custos das redes elétricas estimulem o crescimento do mercado de GD.

Ao se tratar da América do Norte, especificamente os EUA, de acordo com a Wood Mackenzie, o mercado dos REDs deve dobrar até 2027 com a instalação de aproximadamente 262 GW de novos REDs e de capacidade de flexibilidade da demanda, no qual, os incentivos federais, como a Lei da Redução da Inflação e o Programa Nacional de Subsídios para Infraestrutura de Veículos Elétricos atuam como principais catalisadores para o crescimento do mercado.

Com relação à Europa, observa-se que a geração distribuída vêm revolucionando o setor energético europeu à medida que os países migram de um modelo de geração de energia centralizada para um modelo de geração descentralizada impulsionados pelas redes elétricas inteligentes.

Em 2020, a França introduziu o conceito de comunidades de energia reunindo consumidores e produtores de energia fotovoltaica em uma unidade de consumo. Desde então, o país observou o rápido crescimento do modelo e conta com aproximadamente 187 comunidades de energia em operação. Soma-se a isso mais de 2,2 mil consumidores e 300 produtores até o final de março de 2023, representando assim, uma potência total de 11 MW.

Além disso, outros países europeus, como a Itália, Portugal e Espanha, estão apoiando o desenvolvimento de comunidades energéticas. Na Espanha, por exemplo, houve o lançamento do Programa de Aceleração de Comunidades Energéticas Locais, no qual, sete projetos foram selecionados para impulsionar o autoconsumo coletivo.

Observa-se que a União Europeia reconhece o potencial da geração distribuída, incentivando o autoconsumo e apoiando a transição energética por meio de políticas públicas. Prova disso é o lançamento do Programa Industrial Green Deal que sinaliza o compromisso com o meio ambiente a partir do fomento à fabricação de tecnologias limpas e desenvolvimento de uma indústria verde.

No entanto, para aproveitar completamente o potencial da geração distribuída é necessário que os países europeus renovem a estrutura regulatória existente. No Quadro 1, são apresentadas as políticas públicas e inovações regulatórias que estão sendo promovidas por países do bloco com o intuito de expandir o crescimento do setor e garantir maior disponibilidade de recursos energéticos.

# Geração Distribuída

**Quadro 1** – Políticas Públicas e mudanças regulatórias no setor de GD na Europa – 2º trimestre de 2023.

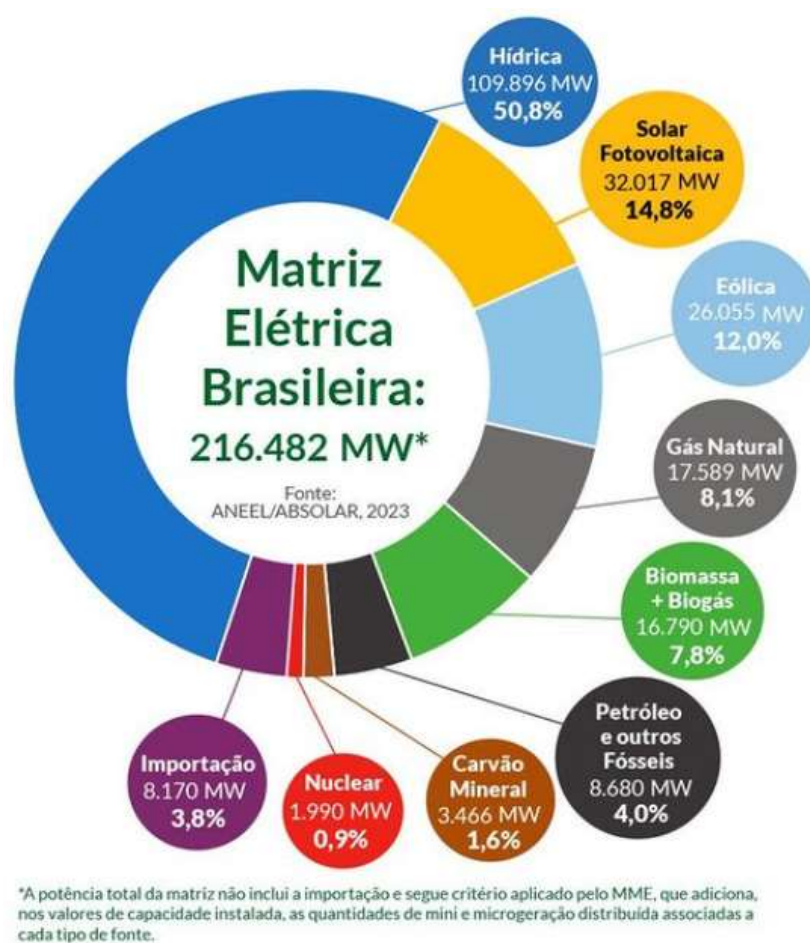
Política Pública/ Mudança Regulatória	País	Descrição
<a href="#"><u>Fim dos descontos para sistemas fotovoltaicos residenciais</u></a>	Suíça	O Departamento Federal de Meio Ambiente, Transporte, Energia e Comunicações da Suíça divulgou emendas que removem descontos para sistemas fotovoltaicos com potência de até 5 kW do esquema de descontos para sistemas fotovoltaicos residenciais. Segundo o Ministro de Energia da Suíça, esta medida proporciona incentivos para construir sistemas maiores que utilizem toda a área residencial adequada para geração de eletricidade.
<a href="#"><u>Lançamento do Programa de descontos para sistemas fotovoltaicos residenciais</u></a>	Bulgária	O Ministério da Energia da Bulgária lançou um programa de descontos solares no valor de US\$ 134 milhões para auxiliar as famílias a adquirirem sistemas solares e reduzir suas contas de eletricidade. Os proprietários podem solicitar financiamento para sistemas solares de aquecimento de água e sistemas fotovoltaicos de até 10 kWp, que podem ser combinados com sistemas de armazenamento de energia em baterias.
<a href="#"><u>Aprovação de subsídios para energias renováveis</u></a>	UE/Eslôvênia	Na Eslovênia, a Comissão Europeia autorizou a criação de um programa de auxílio estatal de 150 € milhões para projetos de larga escala de energia renovável e armazenamento. O programa irá promover subsídios de até 25 milhões de euros por projeto.

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX

# Geração Distribuída

Em relação ao cenário nacional da geração distribuída, observa-se que o crescimento do Brasil em capacidade de GD derivadas de recursos renováveis aumentou significativamente ao longo dos anos. Em julho de 2023, observou-se que a matriz elétrica do país ainda conta com maioria da participação da fonte hídrica, sendo 50,8%, seguida pela energia solar fotovoltaica com 14,8%, conforme a Figura 2.

**Figura 2** – Recordes conquistados pela GD ao redor do mundo



Fonte: Absolar (2023).

A fonte solar segue sendo uma fonte de grande importância no Brasil e em julho de 2023 contou com mais de 32 GW em operação. Os investimentos somados alcançaram a marca de R\$155,6 bilhões e a geração de empregos ultrapassou 960,5 mil novos postos de trabalho. O crescimento do segmento também impactou positivamente as contas públicas, garantindo mais de R\$45,1 bilhões em arrecadação de tributos.

# Geração Distribuída

Ao se referir a GD, observou-se que o país atingiu a marca de 19 GW de capacidade em geração própria em abril e ultrapassou a marca de 22 GW no início de julho, demonstrando assim, o crescimento acelerado do setor. Além disso, diversos estados obtiveram recordes de GD fotovoltaica no segundo trimestre de 2023, conforme Quadro 2 abaixo.

**Quadro 2** – Marcos da GD no Brasil – 2º trimestre de 2023.

Estado	Marco
Paraná	2 GW de potência instalada em geração própria de energia
Mato Grosso do Sul	800 MW de potência instalada em GD fotovoltaica
Rio de Janeiro	800 MW de potência instalada em GD fotovoltaica
Goiás	1 GW de potência instalada em GD fotovoltaica
Bahia	900 MW de potência instalada em GD fotovoltaica
Pernambuco	600 MW de potência instalada em GD fotovoltaica
Paraíba	300 MW de potência instalada em GD fotovoltaica
Pará	600 MW de potência instalada em GD fotovoltaica
Alagoas	200 MW de potência instalada em GD fotovoltaica

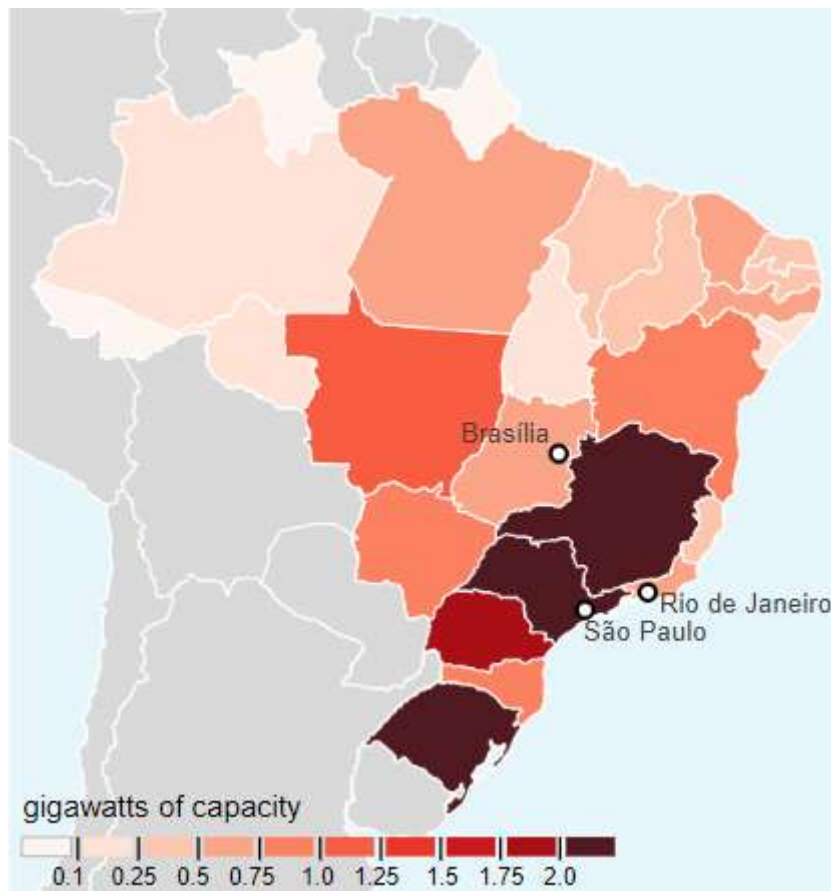
Fonte: Absolar (2023).

Em razão de melhores condições econômicas e à grande população, o estado de São Paulo obtém maior potencial de geração. Conforme se observa na Figura 3, São Paulo lidera a geração fotovoltaica para autoconsumo, seguido por Minas Gerais e Rio Grande do Sul.



# Geração Distribuída

**Figura 3** – Capacidade de geração solar distribuída por estado no Brasil em 2023..



Fonte: IEA (2023).

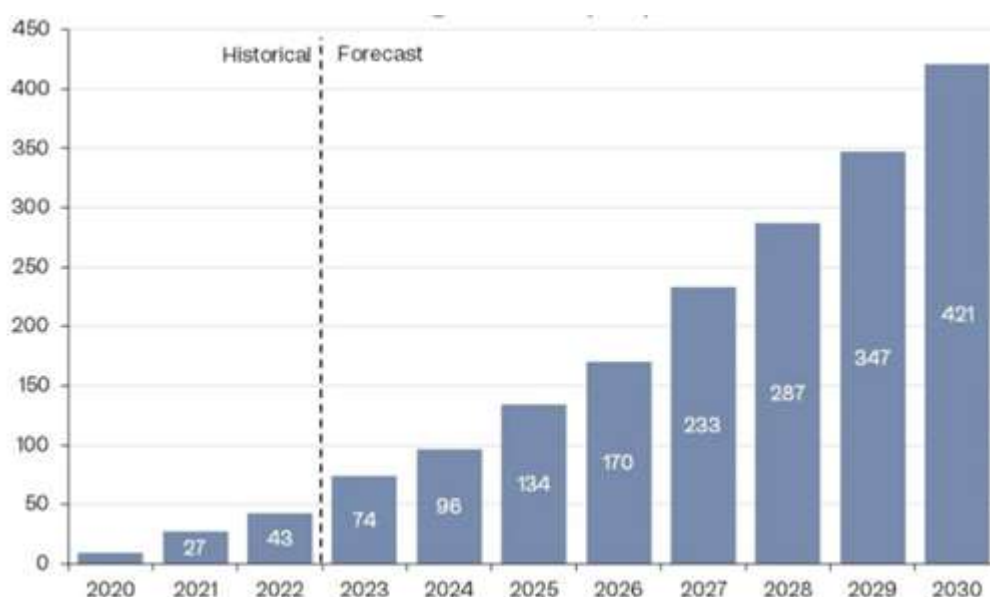
Desta forma, o sucesso da geração distribuída no Brasil vem chamando atenção pelos números significativos tanto nacionalmente quanto internacional. Após, praticamente dobrar a potência de 2022, passando de 8,5 GW para mais de 16 GW em um tempo consideravelmente curto, o segmento atingiu a marca de 22 GW nos 6 primeiros meses do ano.



# Armazenamento de Energia

A Rystad Energy, empresa de pesquisa do setor energético, publicou um relatório, no qual prevê que os sistemas de armazenamento de energia por baterias (BESS, sigla em inglês), devem alcançar um Crescimento Anual Médio Composto (CAGR, na sigla em inglês) de 33% entre 2022 e 2030 em todos os segmentos do mercado de armazenamento conforme apresentado no Gráfico 1.

**Gráfico 1 – Instalação de BESS por ano (2020–2030).**



Fonte: [Rystad Energy \(2023\)](#).

A projeção do estudo indica que, no ano de 2023, deve haver um crescimento de 72% de novas instalações em comparação ao ano de 2022. O relatório atribui este boom a três fatores: 1) Reduções nos custos de fabricação dos BESS; 2) Programas de financiamento e incentivo aos BESS nos EUA e na Europa; e 3) Forte expansão da capacidade de armazenamento na China.

De acordo com a Energy Storage, a redução dos custos dos BESS pode ser atribuída à queda do preço do lítio no início de 2023 e ao menor valor obtido no mês de abril, desde setembro de 2021. No entanto, após abril, os valores aumentaram. A empresa de pesquisa Fastmarkets indicou que, apesar da tendência de preços elevados no ano de 2023, projeta-se que o preço médio da matéria-prima a longo prazo deve cair.

# Armazenamento de Energia

**Quadro 3** – Tecnologias e Inovações mundiais do setor de armazenamento de energia elétrica no segundo trimestre de 2023.

Tecnologia/Inovação	País/Bloco	Descrição
<a href="#"><u>Uso de baterias de VEs para equilibrar demanda de energia</u></a>	Finlândia	O projeto de economia circular TREASoOURcE, financiado pela Horizon Europe, busca demonstrar a viabilidade dos Sistemas de Armazenamento de Energia de Baterias (BESS) utilizando baterias usadas de VEs na Noruega e Finlândia.
<a href="#"><u>Primeiro projeto de armazenamento de larga escala do Brasil</u></a>	Brasil	A ISA Cteep inaugurou o primeiro projeto de armazenamento de energia em baterias em larga escala do sistema de transmissão brasileiro, localizado na Subestação Registro (SP). Esse sistema atuará nos momentos de pico de consumo local, reforçando a rede elétrica durante o verão. Além disso, o projeto realizou com sucesso a primeira descarga de energia armazenada no sistema de transmissão para reduzir picos de carga e evitar interrupções no fornecimento de energia.
<a href="#"><u>Armazenamento de energia em redes de transmissão</u></a>	União Europeia	A empresa de transmissão de energia ISA Cteep lançou o 'Ultrastack', uma solução de armazenamento em baterias projetada para atender às demandas técnicas dos operadores de sistemas de transmissão. A solução visa abordar as contribuições do armazenamento de energia na transmissão, como promoção da estabilidade do sistema, soluções para o congestionamento da rede e integração da geração distribuída.
<a href="#"><u>Programa de armazenamento residencial na Califórnia</u></a>	EUA	O Governo da Califórnia criou o programa "Shift" cujo objetivo é incentivar os consumidores a integrarem sistemas de armazenamento de energia com seus painéis solares para reduzir a sobrecarga na rede em horários de pico e incentivar o autoconsumo.

# Armazenamento de Energia

Tecnologia/Inovação	País/Bloco	Descrição
<a href="#"><u>Primeiro impulsor de rede descentralizada utilizado armazenamento de energia</u></a>	Alemanha	As operadoras do sistema de distribuição (DSOs) Amprion e E.ON estão lançando uma série de projetos de armazenamento de energia alternativa sem fio. Conhecidos como Grid Booster, eles totalizam 250 MW na Alemanha e são os primeiros desse tipo no país. Esses projetos ajudarão a estabilizar a rede elétrica, reduzir intervenções e diminuir os custos do sistema.
<a href="#"><u>Primeiro sistema V2G da Índia</u></a>	Índia	A empresa de software de energia, Sheru, está desenvolvendo o primeiro sistema de recarga bidirecional de energia (V2G, na sigla em inglês) na Índia a fim de equilibrar a demanda de energia e enfrentar a sobrecarga da rede elétrica do país. O projeto busca implementar soluções de armazenamento de energia para lidar com os picos de demanda, especialmente durante o verão, onde a necessidade de resfriamento aumenta. O sistema V2G permite que as baterias de VEs sejam utilizadas como uma rede de armazenamento de energia distribuída, oferecendo suporte à rede elétrica e fornecendo energia renovável para adicionar à rede.

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

É possível apontar que o armazenamento de energia tem atuado de maneira direta para equilibrar a rede à medida que os planos de descarbonização do setor avançam e as energias renováveis, bem como os Recursos Energéticos Distribuídos (REDs) são integrados à rede. No entanto, são necessárias políticas públicas para garantir a expansão do mercado de armazenamento de energia a longo prazo.

No Quadro 4, a seguir, são apresentadas algumas das políticas públicas voltadas para o setor de armazenamento de energia durante o segundo trimestre de 2023.

# Armazenamento de Energia

**Quadro 4** – Políticas Públicas mundiais voltadas para o setor de armazenamento abril–junho de 2023.

Política Pública	País	Descrição
<a href="#"><u>Bulgária e Banco Europeu de Reconstrução e Desenvolvimento assinam acordos de armazenamento de energia e renováveis</u></a>	Bulgária	O Ministério da Energia da Bulgária e o Banco Europeu de Reconstrução e Desenvolvimento (BERD) firmaram dois acordos para impulsionar o desenvolvimento de energias renováveis no país. Esses acordos fazem parte do Plano Nacional de Recuperação e Sustentabilidade visando apoiar o crescimento da capacidade solar fotovoltaica e o armazenamento de energia.
<a href="#"><u>Criação de tarifa vinculada ao armazenamento de GD</u></a>	Israel	A Autoridade de Eletricidade de Israel introduziu uma tarifa suplementar para usinas solares de baixa tensão integradas aos sistemas de armazenamento de energia. O objetivo é contornar o congestionamento na rede elétrica nacional, permitindo que a eletricidade gerada por energia solar fotovoltaica seja armazenada e usada à noite, quando a demanda é maior. A medida se aplica, principalmente, a sistemas solares de geração distribuída, como projetos fotovoltaicos de autoconsumo com eletricidade excedente a ser injetada na rede.
<a href="#"><u>Governo planeja reduzir imposto sobre sistemas de armazenamento residenciais</u></a>	Reino Unido	O governo do Reino Unido planeja remover o imposto sobre valor agregado (IVA) no armazenamento de baterias residenciais quando instaladas junto aos sistemas solares, seja retroativamente ou em novas instalações. A medida faz parte de uma revisão do governo sobre a aplicação do IVA sobre materiais economizadores de energia e visa incentivar o uso de armazenamento de baterias em conjunto com painéis solares fotovoltaicos.
<a href="#"><u>Aquisição de sistemas de armazenamento de larga escala para 2026–2028</u></a>	Chile	O governo do Chile planeja lançar um projeto de lei para adquirir sistemas de armazenamento de energia em larga escala para serem comissionados em 2026, com um investimento total de US\$ 2 bilhões. O objetivo é integrar a crescente geração de energia renovável do país, que posiciona o país como um dos principais produtores de energia renovável do mundo.

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.



# Armazenamento de Energia

Diante do apresentado, é possível afirmar que o cenário mundial se encontra disponível a expansão de tecnologias de armazenamento de energia. A adoção de incentivos, políticas públicas e novas regulações são marcos para o setor que, cada vez mais, ganhe importância e desempenhe um papel significativo na reestruturação dos sistemas de energia – com vistas a atender as metas climáticas e garantir a segurança energética à medida que novas tecnologias são adotadas.

Por fim, no Quadro 5, são apresentados alguns dos panoramas mundiais, entre abril e junho de 2023, que abordam o mercado de armazenamento de energia de alguns países.

**Quadro 5 – Panoramas mundial do mercado de armazenamento de energia.**

Relatório	País	Descrição
<a href="#">Austrália necessita de grandes investimentos em armazenamento de energia</a>	Austrália	A agência científica nacional da Austrália, CSIRO, publicou um novo relatório destacando a necessidade de investir em várias tecnologias diferentes de armazenamento de energia em larga escala para promover a transição energética no país. O documento ressalta que um aumento significativo na capacidade de armazenamento de energia será necessário para os próximos anos a fim de integrar a crescente geração de energia renovável e apoiar a meta de emissões líquidas zero até 2050.
<a href="#">Mercado de armazenamento de energia residencial cresceu 55% em 2022</a>	Austrália	De acordo com a consultoria de mercado solar SunWiz, o mercado australiano de armazenamento residencial cresceu, aproximadamente, 55% em 2022, em comparação com o ano anterior. Desde 2015, a Austrália acumulou cerca de 180.000 instalações de armazenamento, totalizando, aproximadamente, 1.920 MWh de capacidade. Os australianos estão buscando, cada vez mais, sistemas de energia solar fotovoltaica combinados com sistemas de armazenamento de baterias para economizar nas contas de energia. Isso se dá em razão da crescente preocupação com os preços altos da eletricidade e a busca por soluções de energia mais sustentáveis.
<a href="#">Europa pode atingir 95 GW em armazenamento até 2050</a>	Europa	De acordo com dados da LCP Delta e Aurora Energy Research, a Europa alcançou a capacidade de armazenamento de bateria de 4,5 GW no ano passado e pode atingir 95 GW até 2050. Cerca de 1,9 GW de armazenamento de larga escala foi instalado no continente no ano passado. Prevê-se que mais 6 GW de armazenamento de larga escala sejam instalados em 2023. Até 2050, estima-se que os sistemas de armazenamento de bateria de pequena duração (4h) representem 61% do total de sistemas instalados.



# Armazenamento de Energia

Relatório	País	Descrição
<a href="#"><u>Mercados europeus de baterias atrairão investimentos de mais de 70 € bilhões até 2050</u></a>	Europa	De acordo com pesquisa da Aurora Energy Research, os mercados de armazenamento de baterias na Europa atrairão mais de 70 € bilhões (US\$ 77 bilhões) em investimentos até 2050. A capacidade instalada de larga escala aumentará para 42 GW até 2030 e pelo menos 95 GW até 2050, em comparação com os atuais 5 GW instalados no continente. A duração média de fornecimento de energia dos sistemas de baterias aumentará com o tempo em razão da crescente demanda por armazenamento mais longo junto ao aumento da geração de energia renovável.
<a href="#"><u>Estudo destaca os benefícios do armazenamento em bateria para Bangladesh</u></a>	Bangladesh	O governo de Bangladesh recebeu um relatório financiado pela União Europeia (UE) para o desenvolvimento de tecnologia de armazenamento de energia no país. O documento destaca casos de uso específicos para armazenamento de energia que podem ser eficazes e benéficos para o setor de energia de Bangladesh.
<a href="#"><u>Holanda precisa de 9 GW de BESS até 2030</u></a>	Holanda	A operadora do sistema de transmissão da Holanda, TenneT, indicou que o país precisará de 9 GW de capacidade de sistema de armazenamento de energia de BESS conectada à sua rede até 2030. Esses projetos BESS de 70 MW a 500 MW podem ajudar a aliviar vários desafios de curto prazo na rede elétrica, em razão da crescente participação de energia eólica e solar (provocando volatilidade no sistema em termos de frequência, inércia e tensão).

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

# Gestão e Resposta da Demanda

---

Nos últimos anos, o mundo sofreu uma transformação significativa em sua matriz energética impulsionada pela necessidade urgente de mitigar as mudanças climáticas e garantir a segurança energética. Nesse cenário de crescente adoção de fontes de energia renovável, a resposta à demanda emergiu como componente fundamental para a construção de sistemas de energia sustentáveis, resilientes e eficientes.

À medida que surgem desafios, cada vez mais, complexos no fornecimento de energia, incluindo a necessidade de reduzir as emissões de carbono, garantir o acesso universal à eletricidade e lidar com a variabilidade das fontes renováveis, é essencial compreender a importância da resposta da demanda.

De acordo com [artigo](#) publicado na Utility Dive, Luke Ezell, gerente financeiro da Burns & McDonnell – empresa americana de arquitetura e engenharia – a expansão das energias renováveis aumenta os desafios para a rede de distribuição em razão das características intermitentes dessas fontes, uma vez que, é necessária certa modernização da rede elétrica para atender a demanda. Dessa forma, os sistemas de gerenciamento de recursos energéticos distribuídos (DERMS, sigla em inglês) e programas de resposta à demanda são imprescindíveis para controlar e equilibrar a demanda de energia.

Corroborando com o exposto acima, um [exercício de modelagem](#) realizado por cientistas do Joint Research Centre (JRC, sigla em inglês) avaliou os requisitos e soluções de flexibilidade no sistema de energia da União Europeia (UE) até 2030 e outro exercício avaliando como seriam as medidas tomadas no horizonte de 2050. Diante disso, chegaram à conclusão de que, a integração das energias renováveis irá exigir flexibilidade 7 vezes maior do sistema de energia da UE, tendo em vista que, o aumento na utilização de energias renováveis, combinado com as capacidades limitadas de armazenamento e flexibilidade de demanda, podem levar a flutuações de preços e pressões nas operações do sistema de energia. Sendo de extrema importância, o incentivo e utilização de sistemas de gerenciamento da demanda e programas de resposta à demanda.

# Gestão e Resposta da Demanda

---

Assim, de acordo com a ICF, empresa global de consultoria e serviços de tecnologia, o gerenciamento de carga flexível pode ajudar as concessionárias a atingirem suas metas de descarbonização, resiliência e eletrificação, ao mesmo tempo, em que oferece benefícios aos clientes. Segundo estudos da IFC, a utilização de gerenciamento de carga flexível pode reduzir as cargas de pico no sistema em até 19% até 2032 e, se combinadas com a eficiência energética, pode reduzir os picos de carga em 25% até 2050 reduzindo o crescimento anual da carga.

Logo, para uma implementação eficiente de sistemas de gerenciamento da demanda, é fundamental a utilização de medidores inteligentes, pois eles conseguem fornecer informações detalhadas e em tempo real sobre o consumo de energia dos clientes, ajudando assim, as concessionárias a compreender o comportamento do consumidor. Além disso, permitem implementar estratégias de gerenciamento de forma mais eficaz, bem como, o gerenciamento de ativos e adoção de tarifação dinâmica.

Segundo estudo realizado pela [Global Insights Team](#), os medidores inteligentes de eletricidade e gás tiveram impacto maior no consumo de energia do que o governo do Reino Unido havia previsto. Tendo como base uma meta-análise de sete estudos de quatro fornecedores, foi possível estimar uma redução de consumo de 3,43% para eletricidade e 2,97% para gás, o que difere das estimativas anteriores do governo, de 3% e 2,2%, respectivamente.

De acordo com o Edison Institute for Electric Innovation, a expectativa é que apenas nos Estados Unidos da América (EUA), o número de medidores inteligentes ultrapasse a marca de 128 milhões em 2023, alcançando uma penetração de cerca de 80%. Sendo a projeção para 2025 de 135 milhões de medidores inteligentes, com aproximadamente 85% de distribuição dos equipamentos.

Porém, apesar dos diversos benefícios da utilização de medidores inteligentes em diversos países, obstáculos técnicos dificultam a alta implementação deste tipo de dispositivo no Reino Unido. Segundo relatório do National Audit Office (NAO, sigla em inglês), o programa de implementação de medidores inteligentes no Reino Unido enfrenta desafios, incluindo aumento de custos, atrasos e problemas técnicos. O relatório aponta para a retenção de habilidades, desentendimentos com fornecedores e medidores que precisam ser corrigidos. Dessa forma, a implementação está avançando lentamente se comparada com outros países.

# Gestão e Resposta da Demanda

---

Uma movimentação interessante foi o avanço da implementação de medidores inteligentes no Peru. A distribuidora de energia estatal Hidrandina emitiu um pedido de cerca de 32 mil medidores inteligentes que serão instalados pela companhia e outras empresas do grupo Distriluz (Electronoroeste, Electronorte e Electrocentro), atendendo assim, mais de 12 milhões de pessoas nas regiões norte e centro do Peru. Embora esteja atrasado em relação aos vizinhos da América Latina, como Costa Rica e Uruguai, o país está reunindo esforços na direção de promover essa tecnologia como parte da digitalização do setor elétrico.

Além dos medidores inteligentes, outros artifícios podem ser utilizados para proporcionar melhor qualidade de resposta e gerenciamento da carga, como o armazenamento de energia. Os sistemas de armazenamento de energia (SAE) são capazes de equilibrar a rede e reduzir a necessidade de capacidade de geração adicional enquanto armazenam o excesso de energia gerada em momentos de baixa demanda e liberam energia em momentos de alta demanda. A junção dos SAEs com os programas de resposta à demanda é crucial para uma gestão eficiente da carga porque permitem às concessionárias e operadoras de rede otimizar o uso de recursos, minimizando os custos para os consumidores.

Dessa forma, a utilização de recursos como medidores inteligentes, armazenamento de energia, programas de resposta da demanda tornam a rede cada vez mais inteligente e, segundo o professor da Universidade da Beira Interior (UBI), Diogo Pereira, permite ajudar a combater a pobreza energética. De acordo com o professor, as redes inteligentes podem fornecer flexibilidade ao sistema elétrico por meio da resposta à demanda e tarifas eficientes e eficazes podem capacitar os consumidores a adotar hábitos de consumo sustentáveis. Portanto, a implementação de medidas de demanda ativa com tarifas mais eficientes e eficazes, como tempo de uso e preço de pico crítico, podem ajudar a reduzir a pobreza energética.

Ademais, recentes iniciativas destacam a importância da resposta crescente da demanda e da flexibilidade no setor de energia, conforme apresentados no Quadro 6, a seguir.



# Gestão e Resposta da Demanda

**Quadro 6** – Inovações tecnológicas no setor de resposta da demanda no 2º trimestre de 2023.

Inovação tecnológica	Empresa	Descrição
<a href="#">Parceria permite controle de carga e flexibilidade da demanda nos EUA</a>	Tantalus e Savant	As duas empresas de energia uniram forças para criar uma solução que permite flexibilidade de demanda por meio do gerenciamento de ativos atrás do medidor (BTM, sigla em inglês). Espera-se que a parceria permita que as concessionárias despachem cargas agregadas com precisão usando submedição, controlando dispositivos domésticos, como carregadores de VEs, painéis fotovoltaicos, sistemas de armazenamento de bateria, aquecedores de água quente e unidades de ar condicionado.
<a href="#">Agregação de flexibilidade demonstrada na plataforma blockchain</a>	Flexcity e Equigy	A Flexcity e a Equigy, realizaram uma parceria para fornecer serviços de reserva secundária (aFRR) para a TenneT na Holanda. A plataforma visa estabelecer um novo padrão europeu para que serviços menores de flexibilidade agregada participem em diferentes mercados, permitindo que TSOs parceiros trabalhem juntos na melhoria e promoção do mercado de energia renovável.
<a href="#">Novo software pode ajudar as concessionárias a analisar a demanda e definir taxas melhores</a>	Bidgely	A empresa de software Bidgely anunciou uma solução baseada em inteligência artificial chamada “8760 Energy Insights” que fornece às concessionárias informações detalhadas sobre o uso de energia dos clientes ao longo de todo o ano, incluindo dados sobre o tipo de aparelhos utilizados. A solução permite que as concessionárias identifiquem tendências, prevejam padrões futuros e planejem, estrategicamente, o gerenciamento da rede, considerando os desafios como, o crescimento do uso de REDs, o carregamento de VEs e eventos climáticos extremos.
<a href="#">Demanda flexível por meio da participação de grandes clientes em mercados atacadistas</a>	Energy Systems Integration Group (ESIG)	ESIG propõe uma abordagem que permite aos grandes clientes industriais flexibilidade em sua demanda e licitar nos mercados atacadistas os preços do dia seguinte. Essa abordagem permite que os grandes clientes aumentem o consumo de eletricidade a preços baixos durante horários de alta geração renovável, como energia solar e eólica, quando os preços no atacado são baixos ou até mesmo negativos.
<a href="#">Testes de resposta de demanda habilitada para bomba de calor</a>	Mitsubishi	A Mitsubishi Electric iniciou um experimento de demonstração na ilha de Aran, na Irlanda, para avaliar a eficácia do controle de bombas de calor para resposta à demanda. O teste faz parte do projeto REACT, que visa demonstrar a independência energética de ilhas remotas. A empresa coletará dados e verificará a eficácia da resposta à demanda durante o projeto de demonstração, utilizando os resultados para promover mais pesquisa e desenvolvimento de soluções de descarbonização.

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

# Microrredes e Usinas Virtuais de Energia

---

## Tendências e Crescimento

O cenário energético global está passando por uma transformação notável impulsionado pelo crescimento das microrredes e usinas virtuais de energia (VPPs, na sigla em inglês). Essas inovações estão redefinindo as formas de geração, distribuição e utilização da energia, proporcionando soluções mais flexíveis, sustentáveis e resilientes para comunidades, empresas e diversos setores.

A busca por uma abordagem energética mais adaptável e personalizada tem sido um dos principais impulsionadores deste movimento. A empresa Cummins destaca os fatores críticos que estão acelerando o crescimento das microrredes, apontando sua capacidade de ajuste às necessidades únicas de cada ambiente. A resiliência oferecida pelas microrredes torna-se um recurso importante para enfrentar os desafios energéticos atuais, garantindo uma fonte de energia estável e independente.

Dentro desse panorama, as microrredes residenciais emergem como um dos setores de maior destaque. A Wood Mackenzie ressaltou, recentemente, o papel vital que as residências exercem na expansão das microrredes. À medida que os consumidores buscam independência energética, resiliência contínua e uma pegada de carbono reduzida, a adoção de microrredes residenciais ganha força, ampliando ainda mais o alcance dessas soluções.

Nos Estados Unidos, o mercado de microrredes está crescendo rapidamente, com previsão de crescimento anual de 19% até 2027. Concessionárias e empresas de energia tradicionais estão adotando as microrredes e o armazenamento de energia como soluções para um futuro mais sustentável e resiliente. A implementação de microrredes por parte das concessionárias e municípios deve triplicar nos próximos dois anos. A garantia de energia se torna crítica diante dos desastres climáticos, além disso, as microrredes oferecem resiliência e segurança. Dessa forma, as concessionárias têm a oportunidade de liderar a transição para um novo modelo energético, equilibrando sustentabilidade e resiliência.

# Microrredes e Usinas Virtuais de Energia

---

## Resiliência e Benefícios Setoriais

No contexto da evolução das fontes de energia, as microrredes se destacam como elementos-chave para a estabilidade emergencial como apoio operacional para setores críticos.

Exemplar é o caso da EPB, distribuidora de energia elétrica do Tennessee, que implementou uma microrrede visando elevar a estabilidade e agilidade de resposta durante possíveis crises. Visando proteger bens comunitários essenciais, o EPB lançou o Power to Protect, projeto focado no desenvolvimento de uma microrrede no Centro de Serviços da Polícia de Chattanooga e na sede administrativa do Corpo de Bombeiros, realçando a versatilidade das microrredes em situações críticas.

O GreenStructure contribui para esse cenário ao demonstrar como as microrredes são indispensáveis até mesmo para abrigos de animais, garantindo energia contínua mesmo em cenários de falhas no fornecimento elétrico. O que não apenas preservou e preserva a vida dos animais, mas destaca a importância da resiliência energética em contextos imprevisíveis.

Em paralelo, as microrredes também surgem como resposta às demandas de setores de suma importância, como a saúde. A capacidade de manter uma fonte confiável de energia em hospitais, mesmo durante crises, é crucial para preservar a operacionalidade desses locais onde a vida e a saúde são prioridades.

Em conjunto, essas notícias enfatizam a conscientização crescente sobre a importância das microrredes não apenas como fontes alternativas de energia, mas também como pilares da resiliência e de resposta eficaz em momentos de necessidade.

## Projetos pioneiros de microrredes

As microrredes estão passando por mudanças, expandindo suas capacidades e recursos. Além das fontes tradicionais de energia solar, sistemas de armazenamento de baterias e geradores a diesel, novos elementos estão sendo incorporados às microrredes para atender a uma variedade mais ampla de clientes. O Quadro 7 apresenta 8 projetos de microrredes que demonstram esse direcionamento para o futuro.

# Microrredes e Usinas Virtuais de Energia

Quadro 7 – Projetos pioneiros de microrredes..

Projeto	Principais Destaques	País/Região
Aproveitamento da corrente de um rio em uma microrrede	A Schneider Electric está aproveitando as correntes dos rios em áreas remotas como Igiugig, no Alasca, e introduzindo uma fonte de energia não convencional nas microrredes.	EUA - Alasca
Combinação exclusiva de microrrede e energia solar comunitária	A Scale Microgrid Solutions e a Urban Ingenuity estão construindo uma microrrede que atende tanto a Universidade Gallaudet em Washington D.C. quanto um programa solar comunitário, garantindo assim, resiliência e envolvimento da comunidade.	EUA - Washington, DC
Participação de VEs na microrrede de Oakland	O projeto da Biblioteca Pública de Oakland está testando o recurso de recarga bidirecional de VEs para aumentar a resiliência da rede local. O financiamento é de US\$ 3,2 milhões da Comissão de Energia da Califórnia.	EUA - Oakland, Califórnia
Carregamento confiável de VEs	A Duke Energy está mostrando como as microrredes podem garantir o carregamento confiável da frota de VEs, apoiando o crescente mercado de eletrificação de frotas comerciais.	EUA - Mount Holly, Carolina do Norte
Ilhamento estendida na Estação Aérea de Miramar	A Estação Aérea do Corpo de Fuzileiros Navais de Miramar testou um sistema de backup inovador que pode estender o ilhamento por até 21 dias, garantindo o fornecimento ininterrupto de energia para toda a base militar.	EUA - San Diego, Califórnia
Microrrede Federada no Aeroporto JFK	O Aeroporto JFK está construindo uma microrrede que compreende quatro microrredes interligadas, capazes de funcionar individual ou coletivamente, exemplificando o conceito de microrrede federada.	EUA - Nova York
Microrrede de Gás Natural Renovável da Enchanted Rock	Enchanted Rock está construindo uma microrrede de 100 MW que usa gás natural renovável para compensar o uso de combustível fóssil, alinhando-se à tendência de alternativas de energia mais limpas.	EUA - Califórnia
Integração de sistema DERMS nas Microrredes da Horizon Power	A Horizon Power planeja lançar a tecnologia de Sistema de Gerenciamento de Recursos de Energia Distribuída (DERMS) em 34 de suas microrredes na Austrália Ocidental, para aprimorar a integração dos recursos de energia distribuídos de propriedade do cliente e da concessionária.	Austrália - Austrália Ocidental

Fonte: Elaboração própria a partir de Microgrid Knowledge (2023).



# Microrredes e Usinas Virtuais de Energia

---

## Desenvolvimento de Usinas Virtuais de Energia (VPPs)

A transformação do setor energético global está sendo impulsionada por um conjunto de notícias promissoras relacionadas à evolução das Usinas Virtuais de Energia (VPPs, na sigla em inglês).

Em primeiro lugar, é notável que a participação das VPPs nas redes está preparada para crescer exponencialmente em razão da introdução de novos modelos de negócios inovadores. Esses modelos estão abrindo caminhos para maior diversificação e escalabilidade das VPPs, indicando um futuro mais flexível e descentralizado para a geração e distribuição de energia.

A VP3, por exemplo, está demonstrando um genuíno comprometimento com a expansão das VPPs. O aumento do número de membros associados à VP3 evidencia um esforço coletivo para apoiar o desenvolvimento contínuo das VPPs. Essa colaboração é essencial para reunir experiências e recursos diversos em busca de soluções mais robustas e abrangentes.

A Wood Mackenzie disponibilizou recentemente uma lista abrangente dos principais operadores de VPPs na América do Norte. Esse levantamento não apenas destaca o crescente interesse e investimento nesse campo, mas aponta para uma maior consolidação e eficácia das VPPs como uma solução energética de destaque.

No âmbito tecnológico, os Estados Unidos estão liderando o caminho com um teste de VPP inovadora. Esse experimento demonstra a viabilidade de integrar diferentes fontes de energia, como solar, nuclear, hidrogênio e armazenamento. A variedade de fontes reforça a flexibilidade inerente das VPPs e a capacidade de adaptação a diversas fontes e demandas energéticas.

Por outro lado, o Grupo Brattle contribuiu com uma análise, na qual aponta possíveis economias bilionárias para concessionárias por meio da implementação de VPPs. Essa perspectiva econômica realça a importância das VPPs não apenas do ponto de vista energético, mas também como impulsionadoras de benefícios financeiros tangíveis para a sociedade.

Por fim, a Iberdrola destacou a utilização das VPPs na resposta à demanda energética. Sua capacidade de ajustar e otimizar a geração de energia em resposta às flutuações da demanda destaca como os VPPs podem contribuir para uma rede elétrica mais flexível e resiliente, atendendo às necessidades dinâmicas dos consumidores e do sistema na totalidade.

# Tecnologias e Soluções Digitais

Nas últimas décadas, testemunhamos uma transformação significativa no setor de energia impulsionada pelo avanço rápido das tecnologias e soluções digitais. Essa evolução tem impactado diretamente a forma como produzimos, distribuimos e consumimos energia, abrindo portas para a criação de redes elétricas mais eficientes e sustentáveis. As inovações não se restringem apenas à geração e distribuição de energia, mas também abrangem áreas como monitoramento e otimização de fontes renováveis, VEs, cidades inteligentes e muito mais.

Este panorama de transformação energética é apresentado nos quadros a seguir, que compilam as notícias mais recentes sobre projetos e tecnologias disruptivas no setor energético.

## Quadro 8 – Projetos e iniciativas de redes inteligentes e energia distribuída.

Iniciativa	Descrição da iniciativa	Empresa/ Organização
<a href="#">Teste de chips de rede inteligente</a>	A Portland General Electric está realizando testes de chips de rede inteligente para melhorar a eficiência e confiabilidade da rede elétrica.	Portland General Electric
<a href="#">Testes pilotos de comércio de energia P2P em blockchain</a>	A Vietnam Electricity realizará testes pilotos de comércio de energia peer-to-peer (P2P) usando blockchain. Isso permite que os consumidores comprem e vendam energia diretamente entre si.	Vietnam Electricity (EVN)
<a href="#">Relatório destaca blockchain como provedor de confiança no setor de energia</a>	O GBBC publicou um relatório destacando o potencial do blockchain para fornecer confiança e segurança nas transações do setor de energia.	Global Blockchain Business Council (GBBC)
<a href="#">Medição inteligente na agenda de pesquisa da Tauron</a>	A Tauron inclui a medição inteligente como componente principal de sua nova agenda de pesquisa, visando modernizar a infraestrutura elétrica e melhorar a eficiência.	Tauron
<a href="#">Lançamento de medição inteligente 5G</a>	A CONNECTOW lança projeto de medição inteligente 5G em Wavre, Bélgica, permitindo uma comunicação mais rápida e eficiente entre medidores e sistemas de gerenciamento.	CONNECTOW

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

# Tecnologias e Soluções Digitais

**Quadro 9** – Projetos e iniciativas de tecnologias para VEs e energias renováveis.

Iniciativa	Descrição da iniciativa	Empresa/Organização	País	Tecnologia Utilizada
<a href="#">Projeto V2G entra em operação após teste de 2 anos</a>	Na Austrália, um projeto de carregamento bidirecional (V2G) entrou em operação após testes de 2 anos, permitindo que VEs exportem energia para rede elétrica.	Governo Australiano	Austrália	vehicle-to-grid (V2G)
<a href="#">Desenvolvimento de ferramentas para pontos de carregamento de VEs</a>	O projeto ConnectMore está desenvolvendo ferramentas para identificar os melhores locais para pontos de carregamento de veículos elétricos, facilitando a infraestrutura de carregamento.	SP Energy Networks	Reino Unido	Medição Inteligente, Ferramenta própria ConnectMore
<a href="#">Parceria para comércio de energia P2P em blockchain</a>	A Elia e a Powerledger estabeleceram uma parceria para explorar o comércio de energia peer-to-peer (P2P) usando blockchain, permitindo assim, que os consumidores compartilhem energia.	Elia, Powerledger	Bélgica	Blockchain

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

**Quadro 10** – Projetos e iniciativas de automação e robótica na infraestrutura energética.

Iniciativa	Descrição da iniciativa	Empresa	País	Tecnologia Utilizada
<a href="#">Utilização de robótica inovadora para operações de campo</a>	A Terna está utilizando robótica inovadora para realizar operações de campo em sua infraestrutura energética, eficiência e segurança.	Terna	Itália	Robótica
<a href="#">Gerenciamento de frota de robôs para automatizar operações</a>	Uma parceria entre a Rockwell e a TotalEnergies implementará um sistema de gerenciamento de frota de robôs para implementar operações autônomas para plataformas offshore.	Rockwell Automation, TotalEnergies	Global	Internet das Coisas (IoT), Gêmeos Digitais, Robótica

# Tecnologias e Soluções Digitais

**Quadro 11** – Projetos e iniciativas de cidades inteligentes e eficiência energética.

Iniciativa	Descrição da iniciativa	Empresa/Organização	País	Tecnologia Utilizada
<a href="#"><u>Casas inteligentes para elevar a eficiência energética</u></a>	A Berg Insight prevê que as casas inteligentes contribuirão para a melhoria da eficiência energética, incorporando tecnologias para otimização do consumo.	Berg Insight	Global	Tecnologia para Cidades Inteligentes
<a href="#"><u>Investimento em modernização de rede impulsionada por planos de AMI</u></a>	Nos EUA, o investimento na modernização da rede elétrica impulsiona os planos de expansão da Infraestrutura de Medição Avançada (AMI), melhorando o monitoramento e eficiência.	Wood Mackenzie	Estados Unidos	AMI, Modernização de Rede

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

**Quadro 12** – Projetos e iniciativas de monitoramento e otimização de energia renovável.

Iniciativa	Descrição da iniciativa	Organização	País	Tecnologia Utilizada
<a href="#"><u>Expansão do monitoramento inteligente de usinas solares</u></a>	A Avantia está expandindo o monitoramento inteligente de usinas solares, utilizando tecnologias para otimizar o desempenho e eficiência das instalações.	Avantia	Global	Monitoramento Inteligente, IA
<a href="#"><u>Uso de gêmeo digital para a rede elétrica do País de Gales</u></a>	O CGI está utilizando o gêmeo digital para otimizar a operação da rede elétrica no País de Gales, permitindo a visualização e análise em tempo real.	Governo de País de Gales, TSO, DSO e CGI	País de Gales	Gêmeo Digital



# Tecnologias e Soluções Digitais

Iniciativa	Descrição da iniciativa	Empresa	País	Tecnologia Utilizada
<a href="#">Digitalização de subestações da Espanha com IA e gêmeo digital</a>	A ASUMO digitaliza subestações na Espanha utilizando IA e gêmeo digital, o que facilita a manutenção e a operação das instalações.	ASUMO	Espanha	IA, Gêmeo Digital
<a href="#">Austrian Power Grid traz IA para proteção de postes de eletricidade</a>	A Austrian Power Grid utiliza IA para inspecionar postos de eletricidade, identificando problemas e otimizando a manutenção.	Austrian Power Grid	Áustria	IA, Drones
<a href="#">Lançamento de projeto de medição inteligente na Sérvia</a>	A Sérvia lançou um projeto de medição inteligente visando melhorar a eficiência e monitoramento da distribuição de energia elétrica.	VF Holding, União Europeia e Banco Europeu para Reconstrução e Desenvolvimento (BERD)	Sérvia	Infraestrutura Avançada de Medição (AMI)

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

## Quadro 13 – Projetos e iniciativas de previsão e análise de energia.

Iniciativa	Descrição da iniciativa	Empresa	País	Tecnologia Utilizada
<a href="#">Penetração de medidores inteligentes na América Latina</a>	A Berg Insight projeta que a penetração de medidores inteligentes na América Latina triplicará até 2028, impulsionando a modernização da rede.	Berg Insight	América Latina	Medição Inteligente

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

# Segurança Cibernética

---

Em um mundo cada vez mais digital, a segurança cibernética emerge como um dos pilares que sustentam a sociedade moderna, desempenhando um papel importantíssimo na proteção da infraestrutura contra ameaças que evoluem rapidamente.

À medida que a digitalização se expande, a tendência é uma crescente interconectividade entre redes e sistemas, muitas vezes facilitando as atividades cotidianas. Porém, com uma maior conexão virtual, há também uma maior exposição a ameaças cibernéticas que podem explorar vulnerabilidades nos sistemas e causar danos significativos.

Hoje, mais do que nunca, a segurança cibernética é essencial para garantir a confiabilidade dos sistemas digitais e a privacidade de dados pessoais. À medida que a sociedade avança em uma era em que a Internet das Coisas (IoT, sigla em inglês) e a Inteligência Artificial se tornam intrínsecas à vida cotidiana, a necessidade de proteção contra ameaças cibernéticas torna-se ainda mais urgente.

Nos últimos anos, foi possível observar um aumento na incidência de ataques cibernéticos em todos os setores da sociedade. De acordo com a Sophos, empresa desenvolvedora de software e hardware de segurança, [94% das firmas](#) sofreram algum tipo de ataque cibernético durante o ano de 2022 e todas as empresas devem assumir que foram vítimas de ciberataques em 2023.

Para a empresa de segurança cibernética ThreatConnect, os ataques de ransomware são uma grande ameaça para as chamadas utilities. Ademais, pesquisadores da Oregon State University College of Engineering descobriram que os medidores inteligentes utilizados na infraestrutura de medição avançada são um alvo vulnerável a hackers que buscam desestabilizar a rede de distribuição de energia. Portanto, de acordo com o [estudo](#), com o aumento da implantação de medidores inteligentes no nível de distribuição, a frequência dessas violações de segurança cibernética provavelmente aumentará.

# Segurança Cibernética

---

Além de ataques a empresas públicas e privadas, foram observados no segundo trimestre de 2023, ataques a instituições públicas nos Estados Unidos da América (EUA), como a invasão do Departamento de Energia (DOE, sigla em inglês) e diversas outras agências federais por parte de hackers russos. Eles utilizaram o MOVEit, programa de transferência de arquivos popular entre corporações e governo, para extorquir e comprometer as instituições. Apesar do grupo por trás do ataque anunciar o roubo e divulgação dos dados, as autoridades americanas afirmaram que não haveria risco à segurança nacional ou às redes do país. Porém, o DOE ofereceu recompensa de US\$ 10 milhões para informações sobre o ataque sofrido pela gangue Clop Ransomware.

Por outro lado, no Reino Unido, as autoridades do governo afirmaram que hackers russos estavam tentando atacar infraestruturas críticas do país, e que as medidas tomadas não estavam sendo suficientes para detê-los. Com isso, o Centro Nacional de Segurança Cibernética da Grã-Bretanha emitiu um aviso oficial de ameaça aos operadores de eletricidade, água e outras indústrias de infraestrutura-chave, sugerindo-lhes o aumento de suas defesas.

O aumento crescente de ataques cibernéticos é um reflexo da constante sofisticação das ameaças e do significativo interesse econômico que os criminosos têm em explorar as vulnerabilidades dos sistemas. Esta tendência destaca a necessidade urgente de intensificar os esforços em segurança cibernética, promovendo maior resiliência cibernética.

Tendo em vista a crescente onda de ataques cibernéticos, diversos setores da sociedade buscam estabelecer medidas mais eficazes, a fim de promover mais segurança em suas infraestruturas e dados. De acordo com [estudo](#) da Baker Hosteler, devido aos diversos ataques, muitas organizações implementaram medidas mais fortes para aumentar a resiliência contra ataques cibernéticos e proteção de dados. Essas mudanças refletem, geralmente, em melhorias na forma como as empresas e outras organizações se preparam e respondem a ataques cibernéticos e violações de dados.

Nos EUA foram observadas diversas iniciativas para melhorar a resiliência cibernética. A Casa Branca, por exemplo, planeja aumentar a resiliência da segurança cibernética para a indústria espacial do país. O DOE está liderando um programa chamado [Energy Threat Analysis Center](#) para coordenar informações sobre ameaças cibernéticas no setor de energia e o Departamento de Saúde e Serviços Humanos (HHS, sigla em inglês) está coordenando iniciativas para fortalecer a segurança cibernética no setor de saúde. Essas questões foram discutidas em audiência na Câmara dos EUA, onde foram detalhados os esforços de resiliência cibernética.

# Segurança Cibernética

De acordo com [relatório](#) da DNV, o setor de energia está se tornando, cada vez mais, maduro em sua compreensão dos riscos e impulsionando o investimento em segurança cibernética, apesar da conscientização sobre segurança cibernética, esforços de segurança cibernética precisam ser intensificados.

Segundo [relatório](#) divulgado pela Cyberspace Solarium Commission 2.0 (CSC), a política atual para proteger os setores críticos de infraestrutura dos EUA contra o crescente risco cibernético está bastante desatualizada e requer uma revisão significativa, o que demonstra que ainda há necessidade de muitas respostas governamentais para lidar com essa questão.

Portanto, foram observadas algumas medidas tomadas por órgãos governamentais dos EUA que demonstram maior preocupação com a segurança cibernética, como pode ser observado no Quadro 14.

**Quadro 14** – Medidas governamentais para segurança cibernética nos EUA no 2º trimestre de 2023.

Iniciativa	Órgão Público	Descrição
<a href="#">Regra federal incentiva investimentos em segurança cibernética</a>	FERC	Uma nova regra aprovada pela FERC permitirá que as concessionárias de energia elétrica dos EUA busquem um incentivo maior da base tarifária para certos investimentos em segurança cibernética.
<a href="#">Elaboração de roteiro para implementação de estratégia cibernética nacional</a>	Casa Branca	A Casa Branca está elaborando um roteiro para orientar a implementação da estratégia nacional de segurança cibernética. A estratégia foi desenvolvida para ter uma vida útil de 10 anos.
<a href="#">Compartilhamento de informações com indústrias visando reforçar a segurança cibernética do setor de energia</a>	DOE	O DOE iniciou um programa piloto para coordenar o compartilhamento de informações, avaliações de ameaças e mitigação entre o DOE, a Agência de Segurança Cibernética e de Infraestrutura, a comunidade de inteligência e o setor privado. O programa do Laboratório Nacional de Energia Renovável foi desenvolvido para coordenar as informações sobre ameaças vindas da indústria privada e da comunidade de inteligência.

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.



# Segurança Cibernética

Além das medidas governamentais, para ser possível uma vasta proteção, a iniciativa privada deve promover medidas de mitigação dos problemas, seja adotando estratégias comportamentais e medidas ativas de defesa para a própria empresa ou desenvolvendo produtos que visem prevenir os ataques. Logo, com o avanço das novas tecnologias, foram observadas algumas iniciativas de inovações para a aplicação em segurança cibernética, conforme o Quadro 15, a seguir.

**Quadro 15** – Inovações tecnológicas aplicadas à segurança cibernética no 2º trimestre de 2023.

Inovação Tecnológica	Empresa	Descrição
<a href="#">Lançamento de ferramenta cibernética baseada no ChatGPT-4</a>	Microsoft	A Microsoft está lançando o Security Copilot, uma ferramenta que fornecerá recursos avançados para proteger redes de TI contra ameaças sofisticadas. A tecnologia é apoiada pela ferramenta de Inteligência Artificial generativa GPT-4 da OpenAI e combina os recursos globais de inteligência da Microsoft e uma vasta rede de segurança, gerando mais de 65 trilhões de sinais diários. O modelo de aprendizado permitirá o desenvolvimento de novas habilidades a longo prazo, melhorando os recursos e a velocidade de detecção.
<a href="#">Planos para IA generativa em serviços de segurança</a>	Palo Alto Networks	A Palo Alto Networks, está planejando incorporar IA generativa em seus serviços de segurança. A empresa planeja desenvolver um modelo próprio de IA para casos de uso específicos de segurança em vez de usar um modelo de linguagem machine learning pré-treinado.

Fonte: Elaboração própria com base nos IFE TEX.

Diante desse cenário, torna-se imperativo intensificar os esforços em segurança cibernética e promover maior resiliência diante das ameaças digitais. Organizações públicas e privadas estão implementando medidas mais robustas para proteger seus ativos e dados, refletindo em uma melhoria na preparação e resposta a ciberataques e violações de dados.

A título de conclusão, a segurança cibernética é um componente essencial para a proteção da infraestrutura crítica, empresas e dados pessoais. Logo, o aumento dos ataques cibernéticos é um alerta para a necessidade urgente de fortalecer as defesas digitais. Por isso, governos, organizações e a indústria tecnológica devem colaborar de maneira coordenada e contínua para garantir a segurança dos sistemas e dados em um mundo cada vez mais conectado e dependente da tecnologia.

# Considerações Finais

---

O acompanhamento sistemático da inserção das tecnologias exponenciais no setor elétrico nacional e internacional, por meio [do Informativo Setorial de Tecnologias Exponencias](#) (IFE TEX - GESEL) evidencia a necessidade de análises periódicas, capazes de identificar e mapear as principais iniciativas adotadas pelos setores elétricos nacional e internacional para promover e regular as tecnologias exponenciais. Sendo assim, o Observatório de Tecnologias Exponenciais espera contribuir para uma maior divulgação do conhecimento referente ao tema e impulsionar debates e estudos acerca de novas estratégias e políticas públicas, bem como analisar conjuntura do setor elétrico no Brasil e no mundo.



# Observatório de Tecnologias Exponenciais

