

Observatório de Tecnologias Exponenciais

Nº 07

JUNHO
2022



Observatório de Tecnologias Exponenciais N° 07

Organizadores

Nivalde de Castro

Lorrane Câmara

Caroline Chantre

Equipe de Pesquisa

Ana Eduarda Rodrigues

Cristina Rosa

Felipe Diniz

Kalyne Brito

Maria Luiza Lunardi

Pedro Barbosa

ISBN:

Junho de 2022

Sumário

Introdução.....	4
1. Transição Energética e ESG.....	5
2. Eficiência Energética.....	8
2.1. Como as questões socioeconômica e de digitalização impactam a eficiência energética?	8
3. Geração Distribuída.....	11
3.1. Cenário Nacional.....	11
4. Armazenamento de Energia.....	12
5. Veículos Elétricos.....	14
6. Gestão e Resposta da Demanda.....	17
7. Microrredes e Usinas Virtuais de Energia.....	20
8. Tecnologias e Soluções Digitais.....	22
9. Segurança Cibernética.....	24
Considerações Finais.....	26

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 destas fontes, a operação do sistema elétrico se torna mais complexa, exigindo mecanismos que aumentem a sua flexibilidade e confiabilidade. Estas características podem ser obtidas através da difusão dos recursos energéticos distribuídos (REDs) e da digitalização do sistema, que contribuem para equilibrar a oferta e a demanda de energia.

Assim, a recente conjuntura do setor elétrico tem criado novas formas para o fornecimento e o consumo de energia elétrica com a inserção das tecnologias exponenciais, modificando a relação do consumidor com as concessionárias do setor. Diante deste cenário, vários países têm buscado maneiras de aprimorar o planejamento do setor elétrico e enfrentar os desafios trazidos com a necessidade de descarbonização e expansão das fontes renováveis.

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

Transição Energética e ESG

O papel dos REDs na transição energética

Tem-se observado uma tendência de crescimento da implementação de energias renováveis ao redor do mundo, principalmente com o cenário de guerra. Tal panorama tem levantado debates sobre as perspectivas para a transição energética num contexto pós-guerra, que de modo geral tendem a ser favoráveis. Isso porque, é possível observar uma certa alteração nos pilares da [política energética](#) mundial, que busca uma priorização para aumentar a segurança do abastecimento de energia, mas sem deixar de lado os quesitos de acessibilidade e de sustentabilidade. Deste modo, com objetivo de preencher todos esses requisitos, a “[marcha forçada para a transição energética mundial](#)” é uma solução mais plausível.

Todavia, com a expansão da implementação de renováveis intermitentes no fornecimento de energia, torna-se necessário um tratamento voltado aos desafios desta expansão no sistema elétrico, como a garantia de confiabilidade, de acessibilidade e de flexibilidade. Dentro deste panorama, os [REDs](#) surgem como uma das soluções para viabilizar uma alta integração de energias renováveis na rede elétrica. À medida que apresenta tecnologias de geração e/ou armazenamento de energia elétrica, integradas no nível de distribuição, os REDs trazem um grande potencial disruptivo no setor energético mundial.

Embora tragam benefícios ao permitir que as energias limpas se conectem à rede, a inserção dos REDs implica em maior incerteza em relação ao planejamento e às políticas do setor elétrico. Em função de seu caráter distribuído, estes recursos exigem também maior interface entre o planejamento da geração e da transmissão com as redes de distribuição. Além disso, com a conexão dos REDs na rede de distribuição surgem diferentes produtos e serviços, abrindo um debate sobre qual será o papel da distribuidora do futuro frente às possibilidades de novos modelos de negócios.

Na [Califórnia](#), por exemplo, ao analisar modelos potenciais de operadores de sistemas de distribuição (DSO, sigla para distribution system operator em inglês) através de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&Ds),

Transição Energética e ESG

está ampliando as discussões sobre o papel da distribuidora no futuro, podendo em breve servir como inspiração para demais localidades. Neste panorama, foram definidas propostas para a reforma do sistema de distribuição, que começaram com um olhar sobre como o sistema de distribuição investe para atingir os objetivos sociais comuns a todas as comunidades. Acredita-se que o modelo de sistema de distribuição existente não é adequado ao cenário atual, pois a estrutura de receita das concessionárias privilegia os investimentos de capital sobre a integração do REDs.

Cabe ressaltar o fato de os REDs também apresentarem potencial para se conectarem à rede formando mercados organizados e específicos, trazendo um novo agente para o setor elétrico: os agregadores, responsáveis por agregar vários REDs de pequeno porte em um de grande porte. Um mercado de destaque é o de flexibilidade, que surge justamente para comercialização de REDs voltada a prestação de serviços ancilares e de gerenciamento da rede. Ao voltar um olhar para este possível nível de estruturação, surge a urgência de harmonizar as terminologias e as definições de serviços de rede como um pontapé para a introdução e organização de mecanismos nos quais estas novas tecnologias atuem.

Neste contexto, nos Estados Unidos (EUA), o Conselho de Padrões de Energia da América do Norte (NAESB), o Departamento de Energia dos EUA (DOE) e dois de seus laboratórios nacionais anunciaram um trabalho em conjunto para padronização de nomenclaturas, definições e características de serviços de rede existentes nas estruturas do mercado atacadistas com as taxonomias e definições de produtos de mercado que a *Federal Energy Regulatory Commission* (FERC) usa em seus relatórios trimestrais. Este alinhamento facilitaria operações com comunicações mais eficientes no mercado de energia elétrica no atacado e no varejo, permitindo a integração, com maior consistência, das flexibilidades disponibilizadas pelos REDs, à medida que mais agentes possam participar.

Somado a isso, outro tópico que tem levantado cobranças de solução envolvendo a integração de REDs é o reconhecimento da capacidade distribuída desperdiçada, pois estão prontas para entrar na rede mas não tem uma regulação ou um planejamento local desenvolvido para esse fim. No início do mês de junho, a FERC, por exemplo, recebeu pedidos para acelerar a proposta da Midcontinent Independent System Operator (MISO) para a integração na rede dos REDs agregados. Algumas associações como Associação das Indústrias de Energia Solar (SEIA) e a Economia de Energia Avançada (AEE) acreditam que alongar a permissão para a participação de REDs no mercado de energia para 2030 é uma forma de não considerar os benefícios que estes recursos podem fornecer, como a melhoria da confiabilidade da rede e preços mais baixos.

Transição Energética e ESG

Tendo isso em vista, a FERC emitiu uma proposta para resolver os atuais *backlogs* significativos nas filas de interconexão da rede. Isso porque, de acordo com a comissão, há mais de 1.400 GW de capacidade de geração e armazenamento de energia esperando para se conectar ao sistema com um cronograma médio de mais de três anos para se conectar à rede. Esta fila para conexão pode incluir centenas de GWs em projetos eólicos e solares de grande porte, mas também mais projetos de ponta, como energia distribuída e microrredes. Deste modo, o aviso de regra proposta (NOPR, sigla em inglês para “*notice of proposed rule*”), publicado pela FERC propõe reformas abrangendo várias áreas-chave, entre elas: (i) implementar um processo de estudo de cluster de *first-ready* e *first-served*; (ii) melhorar a velocidade de processamento das filas de interconexão; (iii) incorporar avanços tecnológicos no processo de interconexão; e (iv) atualizar os requisitos de modelagem e desempenho para confiabilidade do sistema.

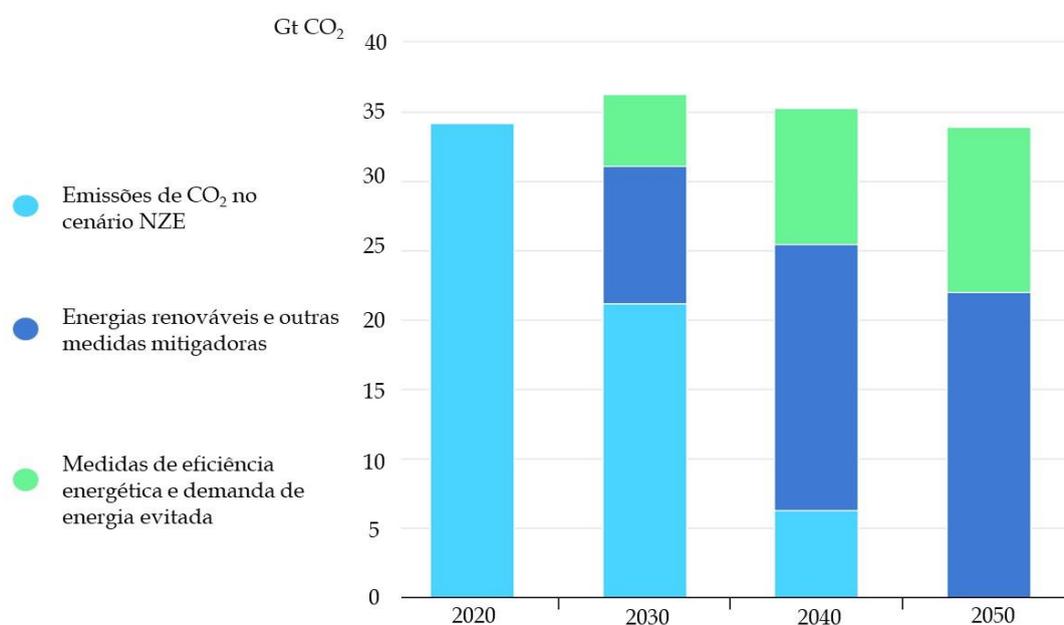
Em suma, ressalta-se que uma maior difusão dos REDs em apenas alguns países, principalmente nos EUA, deve-se ao seu caráter de inovativo e disruptivo. Por esta caracterização é de suma importância o incentivo de trabalhos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e pilotos, que auxiliam na definição de qual será o papel da distribuidora do futuro. Além disso, com as previsões da Agência Internacional de Energia (IEA) de que em 2022 ocorrerá um aumento de 8% da capacidade de implementação de energia renovável, conclui-se uma tendência de crescimento da implementação de REDs, corroborando com a necessidade de priorização desta agenda.

Eficiência Energética

Como as questões socioeconômicas e de digitalização impactam a eficiência energética?

O reconhecimento dos pontos positivos da implementação de políticas e projetos que desenvolvam a eficiência energética (EE) está ocorrendo de forma rápida e concreta. No mês de junho, durante a Conferência Global sobre Eficiência Energética da Agência Internacional de Energia ([IEA](#)), líderes globais de energia e clima concordaram em acelerar as melhorias na eficientização. Esta decisão foi influenciada pela capacidade da EE de contribuir para aliviar a dependência das importações de combustíveis fósseis, que foi evidenciada pela guerra russa contra Ucrânia. Além disso, a EE também tem potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). O **Gráfico 1** mostra que medidas aprimoradas relacionadas à eficiência forneceriam um terço das reduções de emissões necessárias para alcançar a neutralidade, comparando os cenários de políticas declaradas e o de Zero Emissões Líquidas (NZE) da IEA até 2050.

Gráfico 1: Emissões de CO₂ e principais medidas de mitigação no Cenário de Políticas Declaradas e de NZE (2020-2050)



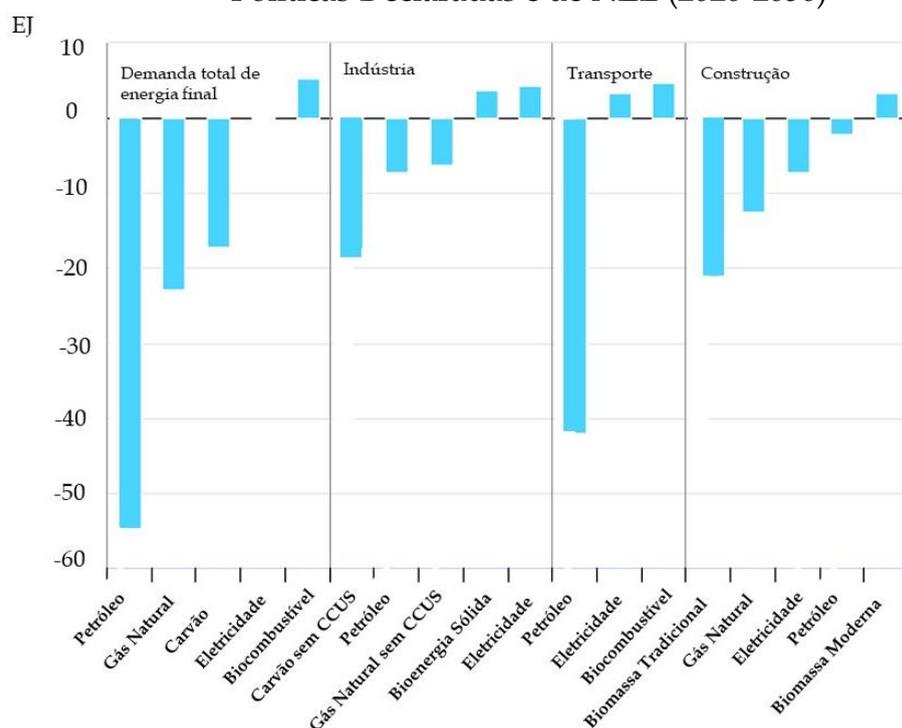
Fonte: [IEA \(2022\)](#).

Eficiência Energética

Em consonância com o amplo apoio à efficientização, cabe analisar a relação da EE com a transição energética. Para isso, leva-se em conta os 4Ds da transição energética: a descarbonização, a descentralização, a digitalização e a democratização. Os dois últimos se referem, respectivamente, à introdução de inovações tecnológicas e a expansão do acesso à energia a todos, que perpassam o debate sobre a EE. Sendo assim, dois tópicos serão tratados a seguir: (i) debate socioeconômico e (ii) o debate sobre a digitalização.

No tópico (i), discorre-se sobre a necessidade de programas de EE aderentes a indivíduos de baixa renda. Em primeiro lugar, como citado anteriormente, salienta-se que a EE pode contribuir para a redução dos valores das faturas de energia, uma vez que há uma redução do consumo de eletricidade. Um estudo da [IEA](#) destacou esse potencial, analisando o efeito que as ações do lado da demanda poderiam ter sobre a demanda dos combustíveis, em uma comparação entre um cenário de políticas declaradas, ou seja, baseado nas atuais políticas relacionadas à eficiência e ao cenário NZE. Até 2030, cerca de 55 exajoule (EJ) por ano de consumo de petróleo poderiam ser evitados, conforme apresenta o **Gráfico 2**. Essa redução diminuiria os custos de energia entre cerca de US\$ 400 bilhões e pouco mais de US\$ 1 trilhão, a depender dos preços do petróleo. Em suma, calcula-se que fortalecer a segurança energética através da EE pode reduzir as contas de energia doméstica em pelo menos US\$ 650 bilhões por ano em 2030.

Gráfico 2: Emissões de CO2 e principais medidas de mitigação no Cenário de Políticas Declaradas e de NZE (2020-2050)



Eficiência Energética

Como os altos valores das contas de energia impactam fortemente a parte mais pobre da população, seria crucial incentivar a efficientização para todos os públicos. Dentro deste panorama, cabe estender a produção e a disponibilização de equipamentos eficientes, em conjunto com a criação de políticas e programas que viabilizem o acesso a esses equipamentos para as pessoas de baixa renda. Assim como a disponibilidade de informação e campanhas educacionais em torno do potencial do gerenciamento da demanda.

No que tange o ponto (ii), considera-se como os avanços tecnológicos podem contribuir para a impulsionar a implementação de medidas relacionadas à eficiência energética. As novas tecnologias, como inteligência artificial ou *blockchain*, estimulam a padronização, a circularidade dos processos e as políticas de sustentabilidade, contribuindo para o processo de efficientização dentro e fora da operação industrial. Isto posto, as parcerias com *startups* e empresas de tecnologia e a testagem com projetos pilotos são grandes aliados nesse processo de readequação e modernização do setor elétrico.

Para exemplificar o tópico anterior, o [artigo](#) “Como a evolução digital pode contribuir para a eficiência energética?” escrito por Juliano Oliveira, diretor Industrial Corporativo da Raízen e publicado no Canal Energia cita a aplicação da ciência de dados em etapas da produção industrial e seus benefícios, como a gestão preventiva, afirmando que a ciência de dados fornece o aprimoramento de interação homem-máquina, digitalização de equipamentos, entre outras soluções. Por fim, o artigo conclui que a inovação aberta ainda contribui para identificar as reais necessidades do negócio e aperfeiçoar a tecnologia de seus produtos ou serviços, além de ampliar a eficiência energética das firmas.

Em resumo, mostra-se a importância de estudos e análises de como as tecnologias e instrumentos associados à transição energética podem influenciar ou impactar os recursos que contribuem para ela, como a eficiência energética. Além disso, cabe um olhar atento sobre como as ações pelo lado da demanda irão influenciar o planejamento energético mundial futuro, uma vez que a eficiência energética entra como um elemento indispensável para a segurança energética. Assim, os países tenderão a cada vez mais realizar políticas públicas e financiamentos para projetos e pesquisas e desenvolvimento (P&Ds) para o desenvolvimento tanto da eficiência energética quanto da resposta da demanda.

Geração Distribuída

Cenário Nacional

Segundo o presidente da [CPFL](#), a geração distribuída (GD) já corresponde a 5% do seu mercado residencial, acima dos 3% registrados em março deste ano. O aumento de GD pode corresponder a diversos fatores, desde a viabilidade de implementação de energia solar nas localidades, devido à alta taxa de insolação, à criação de mecanismos que viabilizem a implementação da energia fotovoltaica. Dentre esses mecanismos, destaca-se a linha de Crédito de Energia Renovável do [Banco do Brasil \(BB\)](#) e a criação da Chamada para Patrocínio do Programa de Transição Energética nas Cidades: Edificações Públicas Solares.

A linha de Crédito de Energia Renovável do BB desembolsou cerca de R\$300 mi entre maio de 2021 e maio de 2022. Segundo o banco, mais de 11 mil projetos residenciais foram contemplados. Além disso, o banco trouxe mudanças na linha de crédito, dentre as quais a ampliação do prazo máximo da linha de 60 para 96 meses, visando incentivar a eficiência energética.

A [Chamada para Patrocínio do Programa de Transição Energética nas Cidades: Edificações Públicas Solares](#), lançada em abril, foi criada a partir da parceria entre a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) e a ICLEI América do Sul. O principal objetivo do programa é viabilizar a transição energética nas cidades a partir do uso da energia fotovoltaica.

Para além do desenvolvimento de mecanismos de incentivo voltados à geração solar fotovoltaica distribuída e a ampliação da viabilidade técnica e econômica destas tecnologias, outros fatores têm atuado como aceleradores da difusão da GD. É o caso do [aumento do preço da energia elétrica](#), que tem levado consumidores a considerarem a instalação de sistemas fotovoltaicos.

Geração Distribuída

Iniciativas em destaque

ANEEL abre debate sobre venda de excedentes de micro e miniGD

Na proposta de regulamentação da Lei nº 14.300/22, que institui o marco da mini e microgeração distribuída (MMGD), a ANEEL estabeleceu uma condição de que os proprietários de sistemas de MMGD que quiserem vender excedentes de geração às distribuidoras terão de optar entre participar do sistema atual de compensação da energia injetada na rede ou se credenciar para comercializar as sobras não utilizadas com as distribuidoras. A legislação, na prática, cria um tipo de contratação de geração distribuída. A regra de contratação pelas distribuidoras será feita de acordo com as diretrizes da Resolução Normativa 1.009/2022 para comercialização de energia elétrica de geração distribuída e com critérios e procedimentos para controle dos contratos de comercialização. A resolução passou por consulta pública do dia 2 de junho a 18 de julho de 2022, para avaliar a inclusão da sobrecontratação involuntária de energia das distribuidoras ocasionada pela opção dos consumidores pelo regime de MMGD e a venda de excedentes de energia às distribuidoras

Para saber mais: [ANEEL \(2022a\)](#); [ANEEL \(2022b\)](#); [CanalEnergia \(2022\)](#)

A Common Energy levanta capital para expandir sua plataforma de energia solar

A [Common Energy](#), empresa comunitária de software solar, disse que levantou US\$ 16,5 milhões para escalar sua plataforma de software solar comunitário. A plataforma de *Software-as-a-Service* (SaaS) baseada em nuvem da empresa conecta desenvolvedores solares comunitários a assinantes. O assessor da Common Energy disse em comunicado que “a energia solar comunitária desempenha um papel valioso na estratégia nacional de energia dos Estados Unidos porque promove a implantação de energia limpa de uma maneira que permite que muitas famílias apoiem a energia solar enquanto reduzem os custos de energia”. A Common Energy atualmente opera em nove estados nos EUA e administra 300 MW de capacidade solar comunitária. O governo Biden planeja que 5 milhões de residências sejam alimentadas por esses projetos até 2025, representando um aumento de 700% em relação à capacidade de 2021.

Armazenamento de Energia

Segundo a agência de [pesquisa de Taiwan TrendForce](#), a capacidade instalada acumulada de energia renovável global em 2021 foi de 29,6 GWh. Além disso, a agência destacou que o mercado global de armazenamento de energia está pronto para uma rápida expansão, podendo atingir 362 GWh até 2025. A rápida expansão também é destacada pelas [previsões da T&D World](#), que afirma que o número esperado de armazenamento em bateria seja de 400 GWh até 2030.

É possível atrelar a rápida expansão de armazenamento à transição energética, já que é uma tecnologia que permite a flexibilização da operação da rede e aumenta a segurança energética, como por exemplo, atuar como um sistema de backup energético, para eventuais problemas de falta de energia, ou ainda, como um recurso auxiliar para a rede. De acordo com a Associação Europeia de Armazenamento de Energia (EASE), a [Europa precisará de um total de 187 GW de armazenamento de energia até 2030 e 600 GW até 2050](#) para cumprir suas metas de energia renovável.

Devido à relevância dos sistemas de armazenamento de energia, tem-se buscado novas tecnologias que possam garantir a sua aplicação em escala e aumentar a sua duração. Questões como custo, sustentabilidade na produção e desempenho são apontados como pontos a serem levados em consideração, para que seja possível a implementação em massa destes sistemas com uma transição energética limpa e inclusiva.

Contudo, entraves estão sendo enfrentados dentro do mercado global de armazenamento de energia, atrasando o processo de transição energética e a implementação das baterias. Um exemplo disso são as dificuldades que os sistemas de armazenamento estão enfrentando nos EUA, devido a [Lei Uyghur Forced Labor Prevention](#), que proíbe a importação de quaisquer bens e mercadorias fabricados total ou parcialmente na região autônoma Uyghur, China. Outro impasse destacado pelo presidente da [Federal Energy Regulatory Commission \(FERC\)](#) foram as dificuldades que existem nas regras vigentes no mercado energético atual, que não levam em consideração o desenvolvimento de armazenamento solar e eólico, o que acaba deixando em evidência que as normas atuais não estão alinhadas com a evolução do mercado, o que, por consequência, gera dificuldades na expansão do mercado.

Armazenamento de Energia

Iniciativas em destaque

Governo Basco lança iniciativa de baterias de estado sólido

A Basquevolt é uma iniciativa do governo basco, que conta com as empresas de energia Iberdrola e Enagás, grupo industrial CIE Automotive e organizações de pesquisa EIT InnoEnergy e CIC energiGUNE como investidores fundadores. A iniciativa planeja o desenvolvimento de células protótipo e o comissionamento de uma linha de produção piloto em 2025 e pretensão para iniciar a produção em 2027. O lançamento da Basquevolt segue-se a dois anos de trabalho preparatório com a intenção de tornar o País Basco uma referência europeia no desenvolvimento de baterias de estado sólido, segundo um comunicado. A iniciativa também visa desenvolver de forma sustentável os melhores materiais e células de bateria para permitir a sua implantação em massa.

Primeiro armazenamento de bateria de longa duração de CO2 lançado na Sardenha

A desenvolvedora de armazenamento de longa duração Energy Dome lançou uma demonstração nacional de baterias de CO₂. Em comunicado, a empresa diz que a fase inicial de operações confirmou o desempenho da bateria de CO₂ e sua capacidade de armazenar energia por um longo período, mantendo a eficiência de carga e descarga de energia altamente competitiva, sem degradação ou dependência do local. A Energy Dome também afirma que suas baterias de CO₂ podem ser implantadas por menos da metade do custo das instalações de armazenamento de baterias de íons de lítio de tamanho semelhante e usando materiais prontamente disponíveis, incluindo dióxido de carbono e água.

Veículos Elétricos

Recentemente, o mundo ficou em estado de alerta com o [novo relatório](#) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), que afirma que os impactos climáticos estão mais severos do que se esperava, causando desastres ambientais e sociais em diversos locais ao redor do planeta e nos colocando em estado de urgência climática. De acordo com o relatório, as emissões de gases de efeito estufa (GEE) continuam aumentando ao longo da última década e, de forma a limitar o aquecimento global a 1,5°C, não há mais espaço para novas infraestruturas baseadas em combustíveis fósseis. Portanto, faz-se necessário o uso de medidas mitigadoras urgentes, entre elas a utilização de transportes de zero e baixo carbono, como os veículos elétricos (VEs).

Algumas medidas vêm sendo adotadas por empresas privadas e públicas para promover a utilização de VEs. Um exemplo é a adoção de veículos elétricos na frota da empresa, como o caso da [Xcel Energy](#), empresa de energia elétrica e gás natural, que incorporou caminhões caçamba totalmente elétricos à sua frota. A [Uber](#), por sua vez, adotou incentivos para seus motoristas migrarem para um veículo elétrico, oferecendo a eles US\$ 1 por viagem que completarem com o VE, acesso a um mapa da rede de carregamento, bem como descontos no seu uso. O impulso à adoção de VEs também pode ser feito por meio da redução nas taxas de financiamento, como é o caso do [Banco do Brasil](#), que vai reduzir até 0,5% das taxas para o financiamento deste tipo de automóvel.

Além disso, outras medidas vêm sendo tomadas por agentes públicos como forma de evitar que as mudanças climáticas se tornem irreversíveis. A nível internacional, o [Parlamento Europeu aprovou a proibição de veículos à gasolina e à diesel até 2035](#), ou seja, até 2035 todos os novos veículos na Europa serão obrigados a ter zero emissões. No Canadá, a redução da poluição do setor de transporte é fundamental para que o país alcance suas metas climáticas, por isso, [o governo está investindo em novos carregadores de veículos elétricos para a população](#). A nível nacional, o [Governo Federal vem debatendo sobre a adoção de ônibus elétrico no transporte público](#), por meio da promoção de seminários relacionados à eletromobilidade, com o intuito de promover uma melhoria do conhecimento técnico, financeiro e institucional dos órgãos governamentais nas diversas esferas, além de apoiar a preparação de projetos piloto de frotas de ônibus elétricos.

Veículos Elétricos

Os incentivos, tanto por parte das empresas privadas quanto por parte dos governos, geram um maior interesse na utilização de veículos elétricos, o que promove uma busca por melhorias nos sistemas, infraestrutura e componentes dos VEs. Com a crescente procura por VEs, empresas, universidades e centros de pesquisa vêm estudando melhorias, com o intuito de tornar este tipo de locomoção cada vez mais prática e eficiente.

Algumas empresas estão investindo no aprimoramento de seus produtos e serviços, como a [ChargeLab](#), que desenvolve um sistema operacional para carregamento de veículos elétricos, e anunciou um financiamento para expansão do seu software. Com o financiamento, a empresa espera otimizar os equipamentos de carregamento, permitindo que operadores e concessionárias expandam a rede de recarga e as gerenciem como uma rede inteligente.

Outra iniciativa envolve o investimento em novas tecnologias. A [Siemens, por exemplo, investiu na empresa de tecnologia de carregamento sem fio para veículos elétricos](#), WiTricity, com o objetivo de preencher as lacunas na padronização global de carregamento sem fio para veículos elétricos de passageiros e comerciais leves, apoiar a inserção no mercado deste tipo de tecnologia e acelerar o amadurecimento das tecnologias deste tipo de carregamento para garantir um melhor custo-benefício em todo o mundo.

Além disso, aprimoramentos vêm sendo estudados nas universidades, como é o caso da pesquisa feita por cientistas chineses da Universidade de Ciência e Tecnologia da China, que desenvolveram uma [bateria para VE que possui carregamento ultrarrápido](#). Essa inovação veio para mitigar problemas relacionados com o tempo de recarga das baterias, que é um dos entraves para ampliar a difusão dos carros elétricos. Logo, observa-se que as instituições estão se mobilizando para que esse tipo de tecnologia venha a ser implementada de forma ampla e acessível.

Apesar de todos os incentivos e avanços, o setor de transportes eletrificados enfrenta algumas barreiras que precisam ser mitigadas para que haja a disseminação e a utilização ampla desta tecnologia. Segundo a *International Energy Agency* (IEA), observa-se um [aumento exponencial da venda de veículos elétricos, fruto de apoio a políticas e uma variedade de novos modelos no mercado. Contudo, existe uma barreira para a continuidade desse crescimento, que é o preço de alguns minerais essenciais para fabricação de baterias](#). Essa barreira é acompanhada por interrupções na cadeia de suprimentos causadas pelo ataque da Rússia à Ucrânia e pelos bloqueios contínuos relacionados à COVID-19 em algumas partes da China.

Veículos Elétricos

A falta de padronização para o carregamento de VEs e infraestrutura também pode ser um entrave para a maior disseminação da tecnologia. Deste modo, foi proposto pelo Departamento de Transporte dos EUA uma padronização nacional do carregamento, com o intuito de criar uma rede de carregadores acessível e confiável para todo o país. A nível nacional, um levantamento realizado pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), e encomendado pelo Instituto Clima e Sociedade (ICS) observou que seria necessária a formação de uma melhor infraestrutura de recarga de baterias, a criação de um marco legal e de programas de fomento à eletromobilidade, bem como a adoção de um conjunto de sistemas e tecnologias que facilitem a gestão de dados, para que houvesse uma maior difusão das tecnologias relacionadas aos VEs no Brasil.

Por fim, observa-se que os VEs possuem uma grande importância para a descarbonização do sistema, e vêm recebendo uma crescente atenção de vários setores da sociedade. Para alavancar ainda mais o setor, deve-se garantir uma melhor infraestrutura e promover mais incentivos à utilização, com o intuito de gerar um impacto positivo contra as mudanças climáticas e caminhar para uma transição energética limpa e renovável.



Imagem: Shutterstock

Gestão e Resposta da Demanda

A implementação de programas de gestão e resposta de demanda (RD) tem crescido de forma considerável em aplicações residenciais e comerciais. Esses programas têm diferentes métodos, aplicações e tecnologias empregadas, porém todos têm como objetivo incentivar os consumidores a gerenciarem suas cargas a fim de trazer equilíbrio à rede durante períodos de alta demanda.

Países desenvolvidos, como os Estados Unidos, têm ampliado a adoção de programas de RD, como o Programa Federal de Gerenciamento de Energia, que desenvolveu por todo o país perfis de [Resposta da Demanda e programas de Preços Variáveis no Tempo \(TVP\)](#). Este programa traz muitos benefícios aos clientes, como a redução da conta de energia, principalmente se tiverem a capacidade de modular suas cargas.

Os programas de RD podem ser implementados tanto pelo setor público quanto pelo privado. Por exemplo, a CPower, provedora de soluções energéticas dos EUA, anunciou [quatro programas de resposta da demanda](#) em todo o país. O objetivo dos programas é fornecer uma alternativa para o equilíbrio da rede à medida que o verão se aproxima.

A RD também tem sido amplamente difundida no Reino Unido, onde foi concluído o [primeiro teste de um programa de resposta da demanda](#), no qual a operadora da rede de distribuição britânica, SP Energy Networks, e a fornecedora britânica de energia renovável, Octopus Energy, informavam diretamente aos participantes quais os requisitos da rede para que pudessem alterar seus padrões de consumo. A iniciativa teve como objetivo demonstrar a capacidade dos clientes de participar de mercados de flexibilidade, que frequentemente são vistos como excessivamente complexos. Ao fim dos testes, o operador responsável afirmou que 98% dos participantes do estudo acharam a experiência benéfica e fácil de ser realizada.

Apesar dessas iniciativas serem mais comuns em países desenvolvidos, a discussão a respeito do gerenciamento de energia já está presente também em países emergentes. Nas Filipinas, uma parceria entre a Meralco, distribuidora de energia do país, e a RLC, empresa envolvida na operação de shoppings e hotéis, [buscou aumentar o fornecimento de energia reserva](#)

Gestão e Resposta da Demanda

disponível e aliviar a demanda de energia da rede elétrica quando necessário. Para isso, a RLC inscreveu 10 shoppings no programa do governo de carga interrompível (ILP), que basicamente é um esquema de gerenciamento de demanda liderado pelo departamento de energia do país. Durante a deficiência do fornecimento e interrupções iminentes de energia, os shoppings serão solicitados a descarregar temporariamente da rede e usar seus grupos geradores.

Já na Índia, para atender à crescente demanda de energia elétrica é necessário manter uma capacidade de geração de pico que seja flexível e despachável. Esta prática não é comum no setor residencial, pois os sistemas residenciais de gerenciamento da demanda ainda são subdesenvolvidos, uma vez que as informações sobre perfis de carga doméstica e cargas móveis são inadequadas, dificultando a operação do sistema pelo lado da demanda. Estes sistemas exigem informações detalhadas do potencial de deslocamento das cargas participantes para prever com precisão quando a mudança da carga pode ocorrer.

É notória a necessidade de envolver os consumidores e modernizar a rede para que ocorra a adoção efetiva de programas de RD. Essa é a análise de Edwin Sibiyá, presidente da South African Metering Industry Association, que afirmou durante a Enlit Africa 2022 que os consumidores devem se tornar uma prioridade quando as concessionárias desenvolverem e instalarem sistemas de medição inteligentes, como parte dos esforços para preparar a rede na África para o futuro. Embora a difusão de medidores inteligentes ainda seja baixa na África, Sibiyá enfatizou que o uso desta tecnologia possibilita uma conexão direta entre os consumidores e seu consumo de energia. Como exemplo, Sibiyá citou a situação de perda de carga na África do Sul, que descreve como um problema de oferta e demanda, e que a medição inteligente permitiria ajustar as cargas e evitar um potencial caso de corte de energia.

Outras tecnologias também podem ser utilizadas para o auxílio da RD e gerenciamento de energia. As baterias, por exemplo, são uma solução para gerenciar energia no horário de pico e realizar backup quando necessário. Os postos tarifários obrigam hoje negócios de médio e grande porte a utilizarem meios alternativos à rede durante o horário, no qual a energia é mais cara. Para ser uma melhor opção a meios como geradores a diesel, a PHB Solar trouxe em 2019 uma solução denominada BESS (Battery Energy Storage System), que é de maneira simplificada, um contêiner recheado de baterias e de eletrônica que permite o acoplamento na rede elétrica do sistema fotovoltaico e do gerador a diesel.

Gestão e Resposta da Demanda

As plataformas de softwares também são tecnologias importantes, já que permitem o gerenciamento de REDs, através da gestão de recursos energéticos distribuídos (DERMS). A Virtual Peaker, uma empresa SaaS baseada em nuvem e desenvolvedora de plataformas de REDs, está [implantando seu primeiro piloto de resposta da demanda no Canadá](#) com a FortisBC, uma concessionária de eletricidade e gás natural. O sistema de gerenciamento DERMS ajudará o FortisBC a gerenciar seus REDs, incluindo energia solar distribuída, armazenamento de baterias residenciais e veículos elétricos. O programa aproveita a plataforma de software para controlar remotamente dispositivos inteligentes residenciais que ajudam a reduzir o uso de energia.

Ademais, o setor de carregamento de VEs tem tido um avanço em relação ao gerenciamento de demanda. A National Grid, concessionária de energia elétrica e gás dos EUA, está [expandindo seu programa de descontos de carregamento de VEs fora do horário de pico](#). A iniciativa está sendo realizada em parceria com a Ev.energy, fornecedora de software de carregamento de VEs gerenciados. O programa permite, assim como programas de RD residenciais, que os clientes recebam um desconto na fatura de energia por carregarem seus veículos em horários de menor demanda. De acordo com a Shell Recharge Solutions [o setor deve focar em informar o consumidor](#), à medida que novos regulamentos de carregamento inteligente vão surgindo, que abrangem três áreas: serviços de carregamento fora do pico, atraso de carregamento aleatório e resposta do lado da demanda. Essas ajudam a equilibrar a rede, oferecer economia aos consumidores e consequentemente tornar o setor mais acessível e difundido.



Sugestão de Leitura

O Inter-American Development Bank publicou um relatório, que explora a disposição de consumidores residenciais em adotar programas de resposta da demanda para reduzir suas faturas de energia. O estudo analisou a probabilidade de famílias de baixa e média renda de países da América Latina e Caribe adotarem um plano de RD. Em 3 dos 5 casos analisados, mais de 50% dos entrevistados optaram por mudar para um plano de RD, principalmente programas com meta de reduzir a demanda em horário de pico e com desconto pré-acordado e *Peak Times Heater* ou *AC Control* pela concessionária.

Para acessar o relatório na íntegra, clique [aqui](#).

Microrredes e Usinas Virtuais de Energia

A inserção de novas tecnologias de geração distribuída de eletricidade está aumentando cada vez mais. As Usinas Virtuais de Energia (VPPs) demonstram o seu valor ao aliviar a carga na rede e distribuir de maneira inteligente a energia gerada pelas unidades de geração distribuída localizadas em sua rede de geradores descentralizados.

Os sistemas de armazenamento de energia são extremamente importantes para o funcionamento de um sistema de VPP e servem para fornecer energia às variações da demanda e geração de energia, além de poderem ser utilizados como fontes adicionais ou como energia de *back-up* ou de estoque (IPIRANGA, 2019). Segundo o relatório *VPP Applications for Distributed Energy Storage*, da empresa de pesquisa *Guidehouse Insights*, as implantações anuais de armazenamento de energia distribuído (AED) conectado a VPPs devem atingir 3 GW até 2030, aumentando a uma taxa média de crescimento anual composta (CAGR) de 28% ao longo da década. Além disso, prevê-se que os mercados da região da Ásia-Pacífico, da América do Norte e da Europa dominarão completamente o mercado de AED habilitado para VPP até 2030. A Ásia-Pacífico será responsável por cerca de 40% dos 3GW implantados, a América do Norte por cerca de 35% e a Europa por 25%, segundo o relatório.

Assim como em sistemas de armazenamento, que podem fornecer um *back-up* de energia, as microrredes (MRs) são especialmente valorizadas pela sua capacidade de fornecer resiliência e flexibilidade à rede. Especialmente nos EUA, pode-se notar uma busca pela implementação de MRs com o propósito de aumentar a resiliência do setor elétrico. De acordo com a matéria do grupo especialista em MRs, *Microgrid Knowledge*, os operadores da rede estão sinalizando que o verão pode trazer déficits de energia aos EUA, com possíveis apagões em vários estados. As empresas que reúnem recursos, como energia solar residencial e comercial, armazenamento e microrredes estão prontas para garantir a resiliência da rede. Companhias como a *Enphase Energy*, a *OhmConnect*, a *CPower*, a *SunRun* e a *Honeywell* estão entre os agregadores de recursos que estão auxiliando o sistema. Estes agregadores geralmente agrupam energia solar residencial e comercial, armazenamento e MRs e os oferecem à rede para preencher a necessidade energética durante os

Microrredes e Usinas Virtuais de Energia

períodos de pico de demanda ou estresse da rede.

Além disso, as MRs estão sendo exploradas nos EUA como solução para problemas relacionados à rede de comunidades isoladas. [Comunidades situadas em ilhas nos EUA estão obtendo financiamento federal para reduzir as emissões de carbono e melhorar a resiliência em seus sistemas de energia.](#) O Departamento de Energia dos EUA (DOE) selecionou 12 comunidades remotas para ajudar a fortalecer sua infraestrutura de energia, reduzir o risco de interrupções e melhorar as perspectivas energéticas e econômicas. As 12 comunidades selecionadas receberão projetos de REDs, MRs e outras iniciativas planejadas para alcançar redução de emissões de carbono, maior resiliência e aumento de energias renováveis.

Além de iniciativas públicas, o setor privado dos EUA também está buscando implementar MRs para garantir resiliência em suas operações. [A Microsoft contratou o fornecedor de soluções de resiliência Enchanted Rock para desenvolver uma microrrede capaz de alimentar seu data center em San Jose, Califórnia.](#) A microrrede seria totalmente suportada por gás natural renovável (RNG). O projeto inclui 224 geradores de RNG de 0,45 MW para fornecer energia elétrica para apoiar o data center, de acordo com os registros do projeto.

Iniciativa em destaque

[Gana fará grande investimento em minirredes e energia solar autônoma](#)

Gana desenvolverá 35 minirredes e sistemas solares fotovoltaicos autônomos, em um investimento de mais de US\$ 85 milhões, dos quais US\$ 40,29 milhões representam o investimento nas minirredes e US\$ 44,89 milhões são referentes a projetos de medição solar. O financiamento foi obtido sob acordos com o Fundo Africano de Desenvolvimento e o governo da Suíça. Os sistemas, com capacidade instalada de 67,5 MW, atenderão escolas, postos de saúde e comunidades. No total, espera-se que os sistemas de energia renovável tenham uma produção anual de eletricidade de cerca de 111.361 MWh, que mitigará o equivalente a 0,7795 milhão de toneladas de CO₂ por ano.

Tecnologias e Soluções Digitais

Com o processo de digitalização do setor elétrico, observa-se o aumento no uso de ferramentas de automação, gerenciamento de dados e descentralização da energia, disponibilizadas pelas tecnologias de inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina ou *machine learning* (ML) e *blockchain*, que configuram peças fundamentais para este processo.

A IA tem diversas aplicações no setor energético, desde a integração das energias renováveis até o fornecimento de resiliência para rede. Embora a IA não seja algo novo, as tecnologias mais modernas com técnicas avançadas de ML estão revolucionando o conceito, trazendo recursos analíticos para conjuntos de dados potencialmente grandes e modelagem e gerenciamento em um cenário próximo ao tempo real. Em um exemplo sobre a implementação de recursos de energia renovável, a NVIDIA, fabricante de *hardwares*, trabalhou com a *startup* britânica *Zenotech* para modelar a produção de energia de grandes parques eólicos *offshore*, levando em consideração os complexos fluxos de vento. A IA também pode ser utilizada para identificar anomalias em dados, que são usados para aplicações de cibersegurança e monitoramento de ativos.

No contexto da transição energética, a adoção de IA e ML será essencial para acelerar o processo de digitalização. A utilização dessas tecnologias também pode auxiliar no âmbito econômico e organizacional. A redução de custos, a viabilização de negócios de energia com melhor desempenho e a coordenação de vários players são cruciais nessa transformação. A utilização de IA e ML desempenha um papel fundamental na redução dos investimentos necessários para a transição energética, podendo reduzir os custos de energia, acelerar conexões de rede e otimizar o rendimento, acelerando a implantação da geração renovável necessária. A capacidade da rede pode ser expandida digitalmente, evitando as tradicionais expansões de infraestrutura de rede que são caras e demoradas para construir. A coordenação de serviços de flexibilidade, como armazenamento, Usinas Virtuais de Energia (VPPs), microrredes, entre outros, também pode ser amparada pelas tecnologias de IA e ML para melhor utilização dos REDs e uso de infraestrutura.

A tecnologia *blockchain*, assim como as anteriores, já está sendo utilizada em diversos serviços de comercialização e *compliance* no setor elétrico, devido a sua grande capacidade de descentralizar e de permitir grande

Tecnologias e Soluções Digitais

transparência na verificação de dados. Além disso, a tecnologia *blockchain* também pode ser usada para auxiliar na transição para fontes de energia mais renováveis. [A fornecedora de energia francesa Voltres desenvolveu uma ferramenta de rastreabilidade para compra de eletricidade](#), que permite que os clientes finais saibam qual parte da energia que compram vem de uma instalação de energia renovável localizada nas proximidades. A ferramenta, baseada em tecnologia *blockchain*, busca certificar a rastreabilidade, e revela em tempo real a natureza da energia vendida a cada consumidor, assim como quais usinas renováveis contribuíram para esse fornecimento. A tecnologia permite, portanto, que os consumidores acompanhem a composição de sua eletricidade com transparência.

Iniciativas em destaque

[ReBeam: tecnologia *blockchain* para melhorar a experiência de mobilidade elétrica](#)

A solução ReBeam, desenvolvida por companhias europeias especializadas como a Energy Web e a bloXmove, visa integrar todas as diferentes partes normalmente envolvidas em carregamento de VEs, incluindo operadores de transmissão e distribuição, operadores de pontos de carregamento e potencialmente outros em uma plataforma comum. A ReBeam é uma Open Charging Network que utiliza identidades e credenciais digitais descentralizadas baseadas em *blockchain*. A solução foi projetada para permitir o compartilhamento de dados, mensagens, transações e verificação entre as diferentes partes.

[Medidores inteligentes e redes inteligentes são fundamentais no plano de energia limpa da SDG&E](#)

A San Diego Gas & Electric (SDG&E) apresentou um plano de US\$ 3 bilhões para os anos de 2024-2027 em direção ao seu contínuo esforço de energia limpa. O plano, que deve entrar em vigor a partir de 1º de janeiro de 2024, está focado na construção de resiliência das redes de eletricidade e gás da empresa e visa o cumprimento da meta da Califórnia de alcançar a neutralidade de carbono até 2045. Entre os principais investimentos detalhados está a implementação da próxima geração de medidores inteligentes para dar aos clientes mais controle, acesso e insights sobre seu consumo de energia. A modernização da rede está planejada com tecnologias de ponta para permitir a integração de geração de energia renovável, armazenamento de energia e carregamento de veículos elétricos.

Segurança Cibernética

Nos últimos anos, houve uma aceleração da digitalização dos processos e o setor de energia acompanhou esta tendência. A digitalização é uma etapa fundamental para a evolução do setor, de maneira a facilitar a gestão dos dados, permitindo uma atuação de caráter preventivo, caso sejam identificados problemas na rede.

Com a digitalização, o sistema passou a ficar mais exposto a ataques cibernéticos, e essa é uma preocupação latente no setor. Em 2021, o mundo presenciou um dos ataques cibernéticos mais relevantes dos últimos tempos, a invasão cibernética à companhia norte-americana Colonial Pipeline, que possibilitou que hackers promovessem a interrupção de fornecimento de combustível para parte dos EUA. Este não é um caso isolado, recentemente, o Governo da Ucrânia afirmou que hackers russos atacaram uma empresa de energia ucraniana com objetivo de cortar a eletricidade em regiões do país. Este fato mostra que os ataques cibernéticos estão acontecendo com uma frequência cada vez maior, colocando o setor de energia em alerta, tendo em vista que é um setor essencial.

Segundo relatório de pesquisa da DNV de 2022, o Cyber Priority, os executivos do setor de energia esperam a ocorrência de mais ciberataques, porém não há ações defensivas como parte da estratégia de prevenção. O relatório concluiu que cerca de 60% dos entrevistados de nível sênior reconhecem que sua organização está vulnerável a um ataque, cerca de 44% acreditam que precisam fazer melhorias urgentes nos próximos anos para evitar um ataque sério aos seus negócios, e 35% dos profissionais de energia dizem que sua empresa precisaria ser impactada por um incidente grave antes de investir em defesa.

Sendo assim, existe a necessidade de ações enérgicas a fim de proteger o setor de ataques cibernéticos. Como citado anteriormente, à medida que se avança para a digitalização, medidas devem ser repensadas a fim de promover uma maior segurança. O avanço da modernização da infraestrutura energética atrelado ao processo de digitalização irá influenciar nos gastos de segurança cibernética das concessionárias, que necessitam proteger seus dados e o sistema.

Segurança Cibernética

Além das empresas e concessionárias, o governo detém uma grande parte da responsabilidade por evitar este tipo de ação. O governo dos EUA tem se esforçado para promover a defesa cibernética, trabalhando em conjunto com diversos órgãos de segurança como a Agência de Segurança Nacional (NSA), o FBI, a Agência de Segurança Cibernética e Infraestrutura (CISA), o Gabinete do Diretor de Inteligência Nacional e o Serviço Secreto, para planejar e operacionalizar de maneira mais efetiva a resposta às ameaças.

Tendo em vista os ataques contínuos ao setor, principalmente à área de produção de energia e a rede de distribuição, a segurança cibernética do setor de energia precisa ser tratada como prioridade. Tanto as empresas de energia, que são alvo devido à frequente obsolescência de seus equipamentos e padrões, quanto o governo, que precisa lidar com ataques a uma área sensível para a sociedade, precisam direcionar esforços crescentes para promover a segurança do setor.

O grupo de pesquisa K-riptography and Information Security for Open Networks avaliou qual a principal causa para os ciberataques e concluiu que mais de 90% dos ataques cibernéticos ocorrem devido a falhas humanas. Por isso, também se faz necessária a conscientização e boas práticas dos usuários nas empresas, além do uso da inteligência artificial e *machine learning* como ferramentas de proteção.

Além disso, outras ações estão sendo pensadas por parte dos governos, como é o caso do Departamento de Energia dos EUA, que planeja testar a segurança cibernética de produtos e tecnologias no setor de energia, como forma de garantir que o setor seja mais seguro no futuro.

Considerações Finais

O setor elétrico tem passado por profundas transformações, que são impulsionadas pela transição energética e o processo de digitalização. Essas transformações geram novos produtos e serviços que podem ser fornecidos para aumentar a resiliência da rede, através dos REDs, como: programas de RD para aliviar o pico de demanda, controle de frequência e tensão pelas tecnologias de armazenamento de energia, serviços de flexibilidade, entre outros. A viabilização desses novos serviços envolve a mudança do modelo de negócios da distribuidora, discussão que está em alta em países como a Califórnia. Além de fornecer flexibilidade à rede, os REDs contribuem para aumentar a segurança energética e minimizar os impactos da crise causada pela guerra entre a Ucrânia e a Rússia, bem como os impactos das mudanças climáticas.

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

ISBN:



www.gesel.ie.ufrj.br