

Inteligência Artificial no futuro do setor elétrico¹

Nivalde de Castro²

Luiza Masseno Leal³

Kalyne Brito⁴

O setor elétrico está enfrentando uma complexa, dinâmica e simultânea série de inovações tecnológicas e fenômenos sociais e ambientais, vinculados ao processo de transição energética. Este processo tem como vetores a serem destacados o avanço da eletrificação para usos finais, a crescente digitalização, a difusão de recursos energéticos renováveis e distribuídos. Por outro lado, o aumento da frequência dos eventos climáticos extremos (ECEs) e seus impactos denotam um cenário ameaçador que a transição energética quer mitigar, via descarbonização.

Diante desse contexto, novos desafios podem ser enunciados, como, por exemplo, a previsão e gestão do fluxo de energia e a necessidade premente de maior resiliência das redes de distribuição. Como resultante, a operação do setor elétrico está se tornando cada vez mais complexa e exigindo novas soluções capazes de enfrentar esse novo cenário energético.

As ferramentas convencionais e decisões manuais necessitam de maior flexibilidade e velocidade para enfrentar os novos desafios impostos. Neste sentido, soluções apoiadas crescentemente pela Inteligência Artificial (IA) surgem como forma de ampliar a funcionalidade e eficiência dos processos operacionais existentes. O presente artigo foca, portanto, neste tema, destacando seus elementos centrais.

De modo geral, o conceito de IA reside no campo da ciência da computação que visa desenvolver máquinas e sistemas capazes de realizar tarefas que tradicionalmente exigem inteligência humana, como aprender, raciocinar, tomar

¹ Artigo publicado no Broadcast Energia. Disponível em: <https://energia.aebroadcast.com.br/tabs/news/747/52302642>. Acesso em: 21 de mai. 2025.

² Professor do Instituto de Economia da UFRJ e Coordenador-Geral do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL-UFRJ).

³ Pesquisadora Plena do GESEL-UFRJ.

⁴ Pesquisadora do GESEL-UFRJ.

decisões e resolver problemas. Além disso, a IA pode ser vista como uma concreta ruptura para um novo paradigma técnico-econômico, semelhante às tecnologias digitais anteriores, realizadas aos computadores e pela internet.

Destaca-se que, devido à sua capacidade de processar grandes quantidades de dados, a IA pode aumentar a velocidade e a flexibilidade da tomada de decisões, de modo a ser uma aliada estratégica para modernizar o setor elétrico, tornando-o mais eficiente, resiliente e inteligente. Embora ainda estando em um estágio emergente, a IA já demonstra um potencial para executar análises preditivas, otimizar a operação do sistema e facilitar a integração de fontes renováveis intermitentes - elementos essenciais para a transição energética.

Tradicionalmente, o setor elétrico foi caracterizado por estruturas centralizadas e organizadas nas atividades de geração, transmissão e distribuição, com um fluxo de energia unidirecional. Esse modelo, no entanto, está sendo substituído rapidamente por uma configuração mais descentralizada, dinâmica e volátil. A difusão da geração distribuída, da bateria behind-the-meter, dos veículos elétricos e das microrredes tem feito com que os consumidores deixem de apenas consumir energia para também gerá-la e injetá-la na rede elétrica. Essa mudança exige uma rede capaz de operar em múltiplas direções, com maior capacidade de previsão, agilidade e flexibilidade, ampliando de forma significativa os desafios do Operador Nacional do Sistema (ONS).

Adicionalmente, os ECEX, como ondas de calor e tempestades severas, têm impactado diretamente a confiabilidade e a robustez do sistema elétrico, como verificado na região metropolitana de São Paulo em fins de 2023 e 2024. Antecipar os ECEX, que impactam principalmente as redes elétricas urbanas, identificar e mitigar falhas, minimizar riscos, reagir com rapidez e melhorar a capacidade de comunicação e planejamento são alguns exemplos das novas ações e requisitos estratégicos e prioritários na operação das distribuidoras de energia elétrica diante dos novos desafios climáticos.

Segundo relatório recente da Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês), a IA está sendo implantada em diferentes partes do sistema elétrico, nos quais as suas aplicações são adequadas para atender uma ampla variedade de objetivos, possibilitando melhorar a eficiência, reduzir custos e fomentar a inovação. Os sistemas de controle aprimorados por IA, por exemplo, podem permitir que plantas de geração de energia operem com o seu desempenho nominal por períodos mais longos, melhorando a eficiência e minimizando o tempo de inatividade.

Algoritmos de IA podem, também, melhorar a previsão da geração de fontes de energias intermitentes e da demanda de energia elétrica, auxiliando na otimização e utilização dos ativos do setor elétrico, como centrais elétricas despacháveis, armazenamento de energia e flexibilidade pelo lado da demanda. Esses benefícios se manifestam em diferentes horizontes temporais.

No horizonte de curto prazo, verificam-se possibilidades crescentes da IA permitir:

1. Redução dos requisitos de reserva necessários para gerenciar desequilíbrios entre a energia despachada e a demanda;
2. Aumento da flexibilidade do sistema, ao fornecer previsões com maior previsibilidade; e
3. Redução dos cortes de energia, com o aumento da confiabilidade, uma vez que previsões mais acuradas garantem baixos níveis de volatilidade no equilíbrio oferta-demanda.

No longo prazo, por sua vez, a IA poderá:

1. Possibilitar a minimização de impactos dos ECEEx, garantindo operações seguras e confiáveis; e
2. Auxiliar no planejamento da expansão da geração e da transmissão.

O Quadro abaixo sistematiza algumas das principais aplicações da IA no setor elétrico.

Quadro 1: Principais aplicações da IA no setor elétrico.

Área	Aplicações	Benefícios
Operação do sistema elétrico	Previsão de carga e geração renovável, controle automatizado, previsão meteorológica, modelagem de mercado e otimização de ativos.	Maior tempo em regime ótimo, menor downtime, maior eficiência e integração de renováveis.
Geração e armazenamento de energia	Planejamento de projetos, previsão de despacho, detecção de anomalias e manutenção preditiva.	Melhor desempenho, resposta a falhas, retorno sobre o investimento e vida útil dos ativos.
Redes elétrica	Estimativa de estado, localização de falhas, automação, planejamento e manutenção por imagem.	Menor duração de apagões, estabilidade, alocação eficiente de recursos e redução de custos.

Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2025).

Neste sentido, destaca-se que técnicas de IA, especialmente o aprendizado de máquina e o aprendizado profundo, podem ser utilizadas para análises preditivas, possibilitando a previsão de falhas na rede, a identificação de vulnerabilidades, a redução de perdas não-técnicas, a detecção de padrões

climáticos, a previsão de eventos severos, como inundações, e, consequentemente, a antecipação de interrupções não planejadas.

A IA também pode ser aplicada nos contextos de realidade virtual e aumentada, incluindo o caso de gêmeos digitais - réplica virtual feita à imagem e semelhança de um ativo físico -, de forma a compensar deficiências de representação, possibilitando a simulação de diferentes cenários operacionais e o teste de soluções preventivas.

Além de melhorar a operação tradicional do setor elétrico, a IA fortalece a resiliência da rede frente aos ECEX, ao permitir uma transição da lógica reativa para preditiva por meio do monitoramento contínuo da rede, antecipando riscos e automatizando respostas rápidas, como isolamento de falhas e alocação eficiente de recursos. Ademais, a IA pode atuar em sistemas de reconfiguração automatizada, comunicação inteligente com consumidores, planejamento e alocação de equipes em emergência, assim como no suporte à tomada de decisão.

Abre-se, portanto, uma ampla e diversa gama de possibilidades para as empresas do setor de energia elétrica investirem em IA. Como prioridade inicial, a utilização da IA pode ser direcionada aos processos internos das empresas, com os objetivos de gerar melhores resultados e aumentar a produtividade, tendo em vista que o modelo de regulação por incentivo foi reafirmado pelo Ministério de Minas e Energia no novo contrato de concessão das concessionárias de distribuição. A IA tem ainda o potencial de aprimorar as capacidades de inovação das empresas do setor, de maneira a gerar novas ideias comercializáveis e impactar positivamente na geração de receitas, na redução de custos e na atração e fidelização de clientes. Em linhas gerais, a IA auxiliará na tomada de decisões mais bem informada e com potencial de maximizar o impacto dos investimentos.

No entanto, segundo a IEA, apesar do amplo leque de aplicações promissoras, a adoção da IA enfrenta desafios significativos, com destaque para:

1. Escassez de dados de qualidade e em tempo real;
2. Interoperabilidade entre sistemas legados e novas tecnologias;
3. Falta de capacitação técnica especializada; e
4. Preocupações com segurança cibernética e privacidade.

Assim, para que o potencial da IA se concretize, é fundamental um ambiente regulatório adaptativo, que incentive a inovação sem comprometer a segurança e a confiabilidade do sistema. Isso inclui incentivos para novos investimentos em digitalização e modernização, diretrizes claras para o uso e compartilhamento de dados, padrões de interoperabilidade e governança para o uso da IA no Setor Elétrico Brasileiro. A integração entre Academia, setor produtivo e poder público será crucial para criar um ecossistema de inovação sólido e inclusivo.

No que diz respeito ao estímulo a um ambiente propício a investimentos em IA, destacam-se duas ações possíveis no âmbito do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). A primeira é a implementação de sandboxes regulatórios para a realização de testes seguros de soluções de IA, de modo a mitigar riscos de segurança e privacidade, assim como de viabilizar novos serviços e modelos de negócio. Essa abordagem pode, também, facilitar a superação de barreiras tecnológicas e regulatórias.

A segunda ação é a Aneel instaurar uma Chamada de Projetos Estratégicos para IA separando, contudo, por atividade, os segmentos de geração, transmissão e distribuição, tendo em vista que as experiências deste instrumento específico de desenvolvimento tecnológico são bem aderentes a projetos de IA.

Em suma, a IA representa, de fato, um novo paradigma técnico-econômico e uma oportunidade estratégica para transformar o Setor Elétrico Brasileiro em um sistema mais inteligente, resiliente e centrado no usuário. No entanto, novos estudos, projetos de PD&I e sandboxes regulatórios serão necessários, pois a implementação de sistemas de IA em infraestrutura crítica requer testes, aprendizado e melhorias, já que sua funcionalidade não é isenta de riscos. Ao superar suas principais barreiras, a IA pode ser o alicerce de uma nova era energética, capaz de responder às demandas do presente e antever soluções para o futuro da transição energética em curso acelerado e irreversível.

Referências

FOROOTAN, M. M. et al. Machine learning and deep learning in energy systems: A review. **Sustainability**, v. 14, n. 8, p. 4832, 2022.

HAMDAN, A. *et al.* AI and machine learning in climate change research: A review of predictive models and environmental impact. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 21, n. 1, p. 1999-2008, 2024.

IEA, International Energy Agency. **Energy and AI**. 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/news/ai-is-set-to-drive-surging-electricity-demand-from-data-centres-while-offering-the-potential-to-transform-how-the-energy-sector-works>.