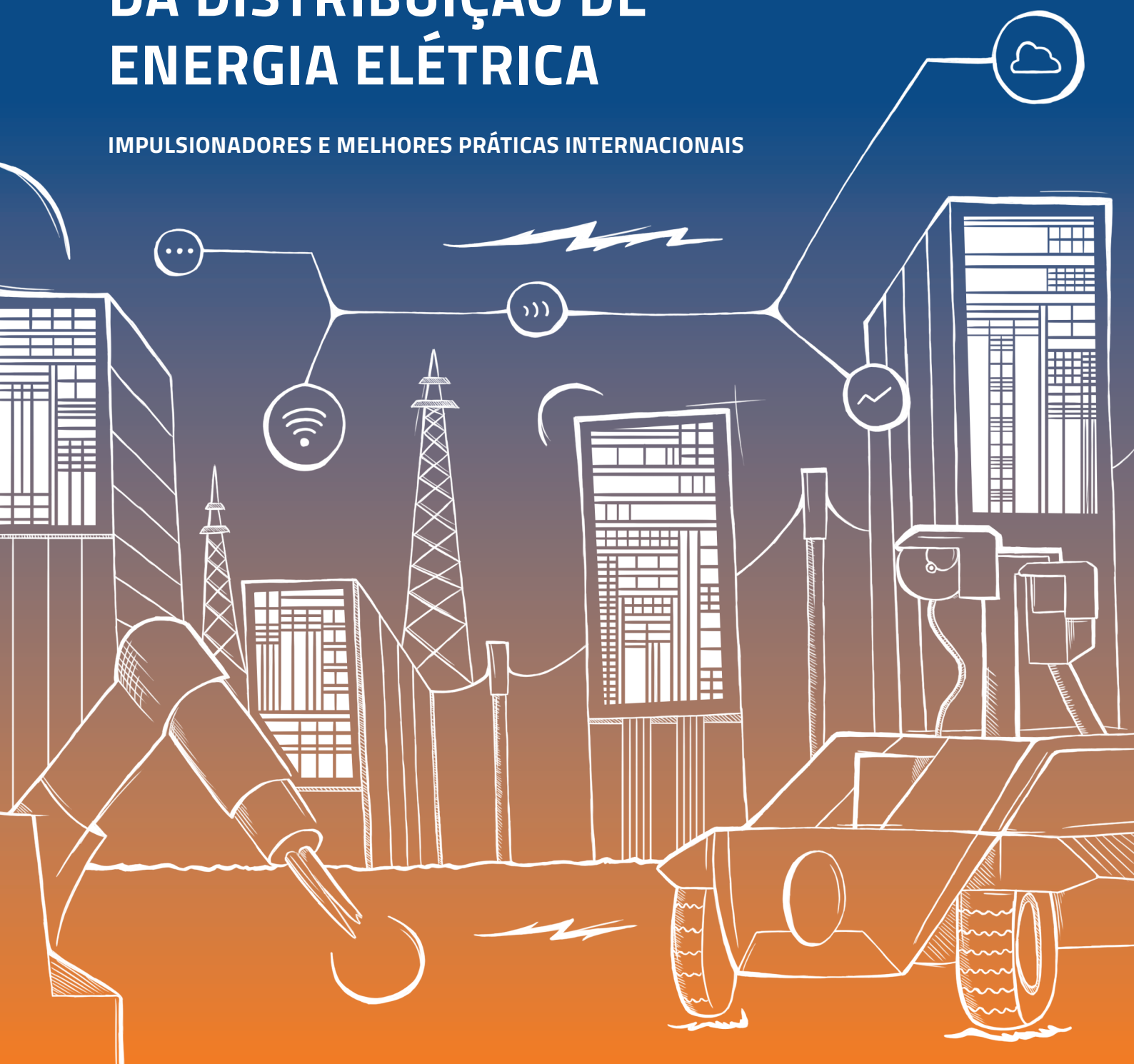


RESUMO EXECUTIVO DSO BRIEF

DIGITALIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

IMPULSIONADORES E MELHORES PRÁTICAS INTERNACIONAIS





AUTORES E COLABORADORES

Aldo Pessanha, Alessandra Genu Dutra Amaral, Roberto Cajamarca Gómez, Sandra Marcela Quijano López, Claudio Bulacio, Andrés Camilo Agredo, Manuel Gómez, Pablo Vargas, Juliana Moreno, Dimas Carranza, Jorge Antonio Guillén Galván, Dimitri Barros Pereira de Oliveira, Talita Darwiche, Daniel Pichi, Pablo Molina, Alfredo Gallegos, Pablo Jofré, Hans Rother Salazar, Jorge Ponce, Julio Cesar Luján Rojas, Sócrates Vela Coral, Clarissa Machado Rocha, Marcos Soares, Ednelson de Moraes, Mariana Silva Barreto, Diego Sánchez, Ernesto San Miguel.



01

TENDÊNCIAS GLOBAIS, NOVAS TECNOLOGIAS E SOLUÇÕES EMERGENTES

A digitalização e automação (D&A) da distribuição de energia elétrica representa uma das tendências mais transformadoras na infraestrutura de energia em todo o mundo. A rápida evolução das tecnologias avançadas permitiu que as redes sejam mais eficientes, resilientes e adaptáveis à crescente demanda e à integração de fontes de energia renováveis, redefinindo paradigmas tradicionais com foco na interconexão digital, na otimização em tempo real e na adaptação a um ambiente em constante mudança. Abaixo estão listadas algumas tecnologias e soluções em redes e equipamentos, sistemas de TI/OT, ferramentas de análise e serviços de comunicação e dados.

Tecnologias de D&A para distribuição elétrica

Categoria	Tecnologias de rede inteligente
Redes e Equipamentos	Sensores e Fusíveis Inteligentes
	Automação de Subestações
	Infraestrutura de Medição Avançada (AMI)
	Drones equipados com LIDAR e outras tecnologias
	Sistemas de armazenamento de bateria
Sistemas IT/OT	Sistemas de Controle e Aquisição de Dados (SCADA)
	Sistemas Avançados de Gerenciamento de Distribuição (ADMS)
	Sistemas de Informação Geográfica (GIS)
	Sistemas de gerenciamento de dados de medição (MDMS)
	Sistemas de Gerenciamento de Energia Distribuída (DERMS)
	Sistemas de gerenciamento de interrupções (OMS)
	Plataformas de modelagem, análise e planejamento de sistemas de distribuição
	Sistemas de Gestão e Otimização de Energia (EMOS)
	Plataformas de gestão comercial e relacionamento com clientes
Ferramentas de análise	Data Lakes
	Análise preditiva e plataformas de big data
	Inteligência Artificial (IA) e Machine Learning (ML)
Serviços de comunicação e dados	Redes de comunicação avançadas
	Computação em nuvem
	Soluções de segurança cibernética

REDES E EQUIPAMENTOS

O desenvolvimento de **Smart Grids** ou redes inteligentes é essencial para uma gestão mais eficiente, flexível e resiliente do sistema elétrico. Ao contrário das redes convencionais, que operam de forma unidirecional, as Smart Grids permitem a comunicação bidirecional entre a rede, os consumidores e as empresas de distribuição. Isso é possível graças à incorporação de sensores avançados, dispositivos conectados e sistemas de monitoramento em tempo real, que permitem aos operadores gerenciar dinamicamente o fornecimento e a demanda de energia.

A **infraestrutura de medição avançada (AMI)** fornece informações detalhadas sobre o consumo de cada usuário, permitindo a leitura em tempo real e eliminando leituras manuais. Isso facilita o faturamento mais preciso e automático e permite um gerenciamento de demanda mais dinâmico, pois as operadoras podem ajustar a distribuição com base nas necessidades do consumidor e nas condições do sistema. Durante o pico de demanda, as distribuidoras podem incentivar os usuários a reduzir seu consumo por meio de tarifas diferenciadas ou programas de resposta à demanda.

Os **sensores inteligentes** desempenham um papel crucial no monitoramento da rede de média e baixa tensão, bem como no consumo em tempo real. Esses dispositivos detectam falhas ou sobrecargas instantaneamente, facilitando o planejamento e o gerenciamento mais eficiente do sistema. Equipamentos de proteção, como **fusíveis inteligentes**, apresentam sensores que monitoram condições importantes, como corrente e temperatura do condutor, permitindo um diagnóstico detalhado e em tempo real das condições da rede. Isso facilita o gerenciamento proativo da manutenção e permite que sobrecargas ou falhas intermitentes sejam tratadas antes que se tornem interrupções de serviço.

As **subestações** automatizadas usam sensores, atuadores e sistemas de controle remoto para operar com o mínimo de intervenção humana. Isso não apenas melhora a confiabilidade do fornecimento, mas também reduz o tempo de inatividade, facilitando a detecção e correção de falhas remotamente. Com sistemas avançados de diagnóstico, as subestações podem identificar possíveis problemas antes que se tornem falhas graves, permitindo um planejamento de manutenção mais eficiente e diminuindo o impacto sobre os usuários.

O uso de **drones equipados com LIDAR e câmeras de alta resolução** permite a criação de mapas tridimensionais detalhados, facilitando a inspeção de áreas de difícil acesso, como áreas montanhosas ou florestais. Os drones podem identificar falhas, avaliar a integridade dos ativos e otimizar a manutenção por meio de inspeções visuais e térmicas. As câmeras térmicas possibilitam a detecção de pontos quentes e sobrecargas, enquanto o uso de imagens térmicas ajuda a identificar possíveis falhas antes que se tornem problemas críticos. Além disso, os drones são usados em isoladores de hidrolavagem em redes de alta tensão e na poda de árvores que interferem nas linhas de energia, minimizando os riscos para o pessoal e otimizando os tempos de intervenção.

Os **sistemas de armazenamento de energia em bateria** permitem armazenar energia durante períodos de baixa demanda ou quando há excesso de geração renovável e liberá-la em momentos de alta demanda. Esta capacidade não só contribui para a estabilidade da rede, como também reduz a necessidade de recorrer a fontes convencionais em momentos de elevado consumo, permitindo uma maior integração de fontes renováveis e melhorando a sustentabilidade do sistema elétrico global.

SISTEMAS IT/OT

O SCADA (Sistema de Controle e Aquisição de Dados) é essencial no monitoramento e controle em tempo real da rede, facilitando a resposta a emergências, falhas e flutuações de demanda. Este sistema permite o acesso remoto a dispositivos críticos, como interruptores e transformadores, melhorando a capacidade de resposta em contingências. A automação de certas funções, como detecção de falhas e reconexão automática, reduz a necessidade de intervenção humana, minimiza os tempos de resposta e melhora a qualidade do serviço, reduzindo interrupções e otimizando a estabilidade da rede.

O ADMS (Advanced Distribution Management Systems) permite que as redes sejam gerenciadas e otimizadas em tempo real, integrando dados de medidores inteligentes, sensores e outros dispositivos, e fornecendo uma visão detalhada da rede, que facilita a tomada de decisões. Com o ADMS, as concessionárias podem identificar proativamente áreas problemáticas, gerenciar interrupções, otimizar o fluxo de energia e equilibrar a carga em tempo real.

Plataformas de modelagem, **análise e planejamento**, como CyME, ETAP e PowerFactory, permitem realizar simulações detalhadas da rede para otimizar seu projeto e operação, incluindo componentes-chave, como linhas, transformadores, cargas e geradores distribuídos, e permitindo avaliar o comportamento da rede em diferentes condições. Além disso, ajudam a planejar a integração de recursos distribuídos e identificar áreas onde as perdas podem ser reduzidas.

Os SIG (Sistemas de Informações Geográficas) oferecem uma visualização precisa e detalhada da rede em ambiente geoespacial, pois permitem mapear componentes como linhas, subestações, medidores e transformadores, facilitando a otimização do projeto, a operação e a manutenção. Ao se integrar a sistemas como SCADA e ADMS, o GIS ajuda a detectar falhas, localizar pontos críticos e realizar um planejamento mais

preciso, identificando áreas de crescimento da demanda ou áreas que necessitam de melhorias.

O DERMS (Sistema de Gerenciamento de Energia Distribuída) permite que as concessionárias integrem e otimizem o gerenciamento de recursos distribuídos, como geração renovável, armazenamento de energia e cargas controláveis. Essa tecnologia é essencial para gerenciar a intermitência de fontes renováveis, como solar e eólica, e maximizar seu uso na rede sem comprometer a estabilidade do sistema.

O OMS (Outage Management System) permite detectar, gerenciar e resolver interrupções com mais eficiência, integrando dados de várias fontes para localizar falhas rapidamente, coordenar a restauração do serviço e manter os clientes informados. Ao automatizar processos críticos, o OMS melhora a resposta a falhas e otimiza o gerenciamento de rede durante interrupções.

O MDMS (Metering Data Management System) gerencia grandes volumes de dados de consumo de medidores inteligentes, facilitando o faturamento, a análise e o gerenciamento em tempo real. Esses sistemas permitem que essas informações sejam compartilhadas com eles por meio de aplicativos ou contas online. Isso não apenas otimiza a operação e a eficiência da rede, mas também melhora a experiência do cliente, dando-lhe visibilidade e controle sobre seu consumo.

Os EMOS (Energy Management and Optimization Systems) permitem monitorar e otimizar o uso de energia em diversas instalações, desde redes elétricas até edifícios e indústrias, integrando dados de múltiplas fontes, como medidores avançados, sensores e sistemas SCADA. Isso permite identificar padrões de uso, detectar anomalias ou ineficiências, reduzir custos, minimizar perdas e melhorar o desempenho dos sistemas de geração distribuída.

As **plataformas de gestão comercial e de relacionamento com o cliente** são essenciais para a gestão de faturamento, contas e análise de consumo. Essas plataformas integram dados de medidores inteligentes e outras fontes, oferecem acesso em tempo real aos dados e incentivam uma maior participação dos clientes na gestão de seu consumo de energia, promovendo a eficiência energética e a adoção de tarifas personalizadas e programas de resposta à demanda. Além disso, contribuem para o relacionamento entre as distribuidoras e os clientes, e apoiam a implementação de energias renováveis e um mercado de energia mais flexível e competitivo.

FERRAMENTAS DE ANÁLISE

As **plataformas de análise preditiva baseadas em Big Data** processam grandes volumes de informações de medidores inteligentes, sensores e outros dispositivos distribuídos por toda a rede, permitindo que as concessionárias detectem padrões de consumo, prevejam tendências e antecipem problemas antes que eles ocorram.

Os Data Lakes facilitam a consolidação de dados estruturados e não estruturados de várias fontes, melhorando o acesso a informações críticas e fornecendo suporte para análises avançadas. Assim, as empresas podem aproveitar grandes volumes de dados históricos e em tempo real para melhorar a tomada de decisões, otimizar o gerenciamento de rede e desenvolver estratégias de longo prazo mais precisas.

A Inteligência Artificial (IA) e o Machine Learning (ML) otimizam a operação das redes elétricas, analisando grandes volumes de dados. Existem duas abordagens principais: IA generativa e IA adaptativa. A IA generativa cria soluções e modelos preditivos a partir de dados anteriores, úteis para simular cenários e prever a demanda. A IA adaptativa ajusta seu comportamento em tempo real com base nos dados recebidos, facilitando a otimização da carga e o gerenciamento dinâmico da demanda. Os algorit-

mos de ML também identificam padrões de consumo, permitindo que a distribuição de energia seja ajustada automaticamente, melhorando a eficiência e reduzindo custos. Em termos de manutenção, a IA facilita o gerenciamento automatizado da rede, analisando imagens de satélite e drones, detectando componentes defeituosos e monitorando a vegetação. Além disso, a IA melhora o atendimento ao cliente, respondendo a consultas, gerenciando reclamações e oferecendo soluções personalizadas de acordo com os hábitos de consumo, o que aumenta a satisfação do usuário e reduz a carga sobre os contact centers.

SERVIÇOS DE COMUNICAÇÃO E DADOS

As redes de **comunicação avançadas** são essenciais para a operação eficiente e segura das redes de distribuição, permitindo a transmissão de dados entre dispositivos, como medidores inteligentes e centros de controle com baixa latência, necessários para a operação em tempo real. Tecnologias como fibra óptica, redes sem fio e redes 5G permitem reações rápidas a falhas, e a integração de tecnologias avançadas, como IoT e sensores distribuídos, melhora o gerenciamento automatizado da rede.

Os serviços de computação em nuvem, como AWS, Azure ou Google Cloud, oferecem uma infraestrutura flexível e escalável para armazenar e analisar grandes volumes de dados. Isso permite que as concessionárias implantem redes inteligentes e otimizem o gerenciamento da demanda. A nuvem também facilita a arquitetura de microsserviços, possibilitando a implementação ágil de novas funcionalidades e a colaboração com outros players do setor de energia.

A segurança cibernética é fundamental para proteger a infraestrutura digital das redes de distribuição, garantindo a integridade e a disponibilidade dos principais sistemas, como SCADA, AMI e plataformas de gerenciamento comercial. Para mitigar esses riscos, as empresas implementam medidas como

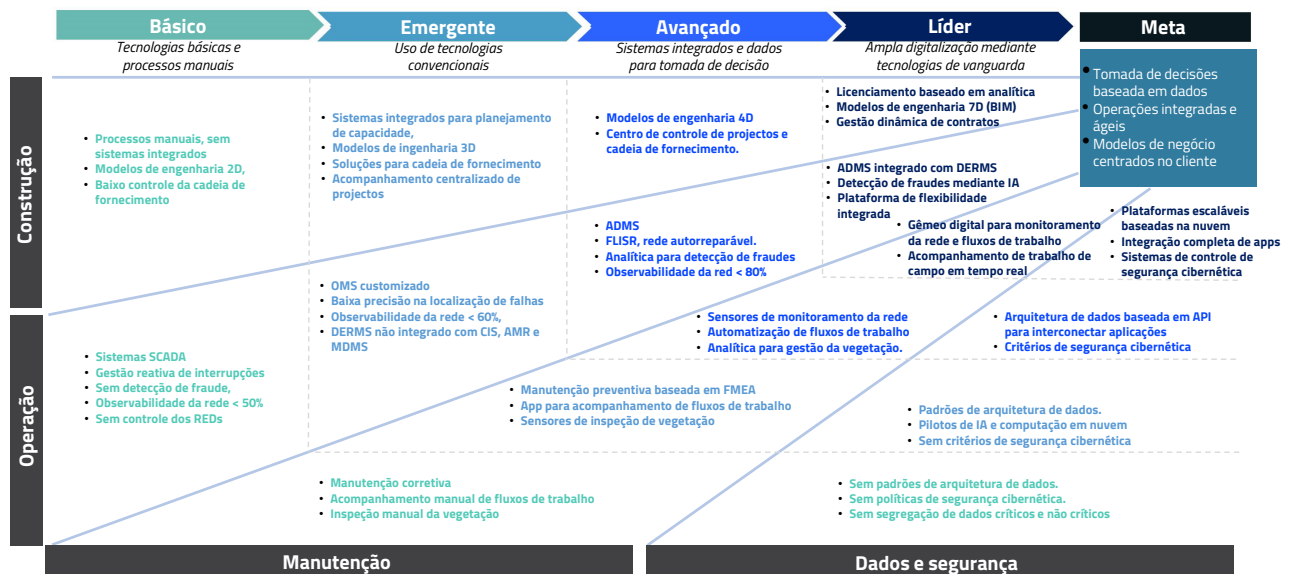
segmentação de rede, firewalls, detecção de intrusão e autenticação multifator. Além disso, a criptografia de dados e as auditorias de segurança ajudam a detectar e resolver vulnerabilidades.

Um estudo elaborado pela Eurelectric e Accenture (2024), resume os estágios de maturidade da digitalização e automação da distribuição de energia elétrica, conforme ilustrado abaixo.



A digitalização e automação (D&A) da distribuição de energia elétrica representa uma das tendências mais transformadoras na infraestrutura de energia

Estágios de maturidade da digitalização e automação



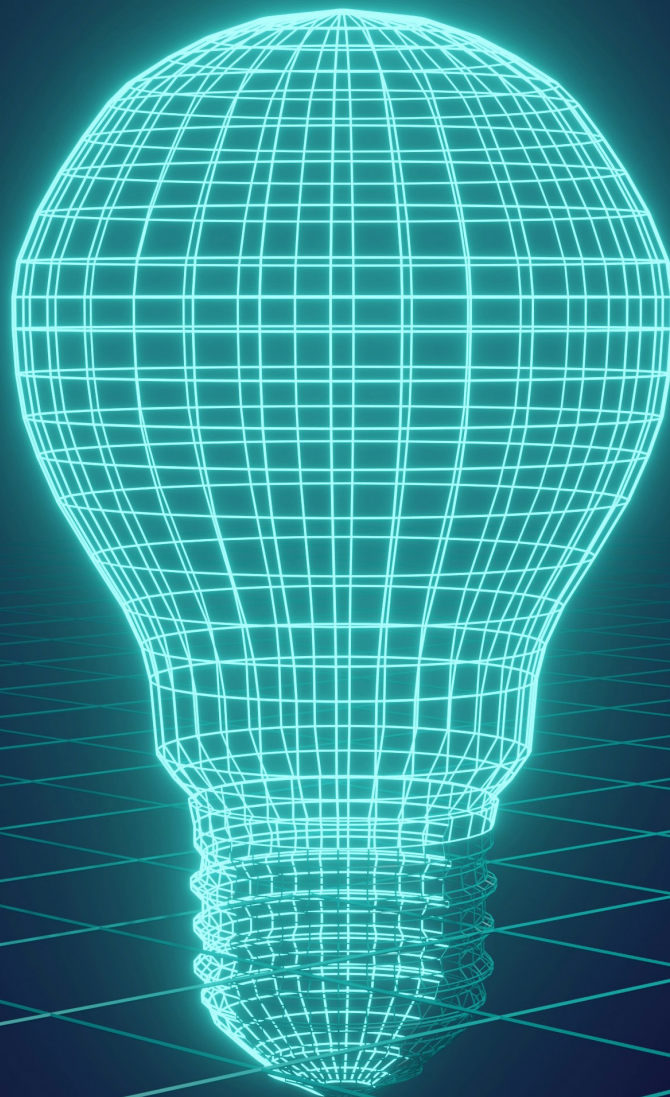
Fonte: Eurelectric (2024).

O D&A dos sistemas de distribuição elétrica oferece uma ampla gama de benefícios nos aspectos operacionais, econômicos, sociais e ambientais. Tecnologias como Smart Grids, sistemas ADMS, AMI e sistemas de gestão permitem que as redes sejam monitorizadas e geridas em tempo real, o que se traduz numa série de vantagens operacionais, como a redução de perdas técnicas e não técnicas, a melhoria da qualidade do serviço, a redução das despesas operacionais para tarefas de inspeção e intervenção, a otimização do investimento em infraestrutura, melhor gestão dos ativos por meio da análise de dados e a redução das despesas com atendimento ao cliente devido a maiores relacionamentos digitais.

Do lado econômico, essas tecnologias não apenas reduzem os custos operacionais, mas também geram novos modelos de negócios, melhoram a competitividade do setor, permitem reduções nas contas dos usuários residenciais e mitigam incobráveis e consumos não registrados no faturamento, gerando um impacto positivo na sustentabilidade financeira das distribuidoras.

O D&A também gera impactos sociais, especialmente em termos de acessibilidade, equidade e melhoria da qualidade de vida dos usuários. A implementação de tecnologias avançadas facilita uma distribuição mais equitativa, melhora a gestão dos serviços aos usuários, a identificação e o direcionamento de usuários vulneráveis e permite um atendimento mais próximo e eficiente. Promove igualmente a criação de emprego na economia verde e a formação da mão-de-obra em novas tecnologias.

Por fim, do ponto de vista ambiental, as tecnologias avançadas permitem o uso eficiente da energia e reduzem as emissões de gases de efeito estufa (GEE), otimizam a operação da rede, minimizam as perdas e facilitam a integração de fontes renováveis, o que contribui para reduzir o impacto ambiental do sistema elétrico e promover a economia circular.



02

VISÃO GERAL DA DIGITALIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO NA AMÉRICA LATINA

Os sistemas de distribuição D&A começaram a ganhar força na América Latina, impulsionados pela necessidade de modernizar a infraestrutura, integrar energias renováveis e melhorar a eficiência e a confiabilidade do fornecimento. No entanto, o progresso varia significativamente entre os países da região devido a diferenças nos marcos regulatórios, níveis de investimento, prioridades governamentais e maturidade tecnológica dos distribuidores.

Implantação de AMI por país

País	Porcentagem
Argentina	1,0%
Brasil	0,5%
Chile	8,8%
Colômbia	3,9%
Costa Rica	54,0%
Equador	3,1%
Guatemala	8,4%
Peru	1,3%

Fonte: ADELAT (2024), BID (2023), ICE.



ARGENTINA

A digitalização das redes na Argentina tem enfrentado desafios devido às condições econômicas desfavoráveis e a um marco regulatório que limitou o desenvolvimento de projetos de grande escala. Edenor e Edesur lideraram iniciativas para implementar medidores inteligentes e modernizar a rede na área metropolitana de Buenos Aires (AMBA). A Resolução ENRE nº 522/2024 estabelece critérios de financiamento para o Programa de Medição Inteligente na AMBA. Além disso, começou a ser implementada a automação de subestações e alimentadores de média tensão, o que melhorou a detecção de falhas e otimizou o controle da rede.



BRASIL

Empresas como a Enel têm feito investimentos em sensores IoT baseados em fusíveis, que permitem a integração com sistemas SCADA e OMS para informar clientes sem fornecimento e gerar ordens de serviço automáticas. Além disso, a empresa expandiu o uso de religadores automáticos, reduzindo o tamanho dos blocos de cliente por seção de comutação e melhorando a capacidade de resposta a falhas. Um dos avanços mais marcantes foi o sistema FDIR (Fault Detection Isolation and Recovery), que permite, por meio de religadores e interruptores, identificar rapidamente o ponto de falha, isolar a seção afetada e restaurar o serviço. Essa tecnologia evitou quedas de energia para mais de 10 milhões de clientes em 2023. Embora não exista um mecanismo específico de reconhecimento para investimentos em digitalização, o regulador permite que esses ativos sejam remunerados com base no índice WACC, incentivando parcialmente a modernização da rede.



Os sistemas de distribuição D&A começaram a ganhar força na América Latina



CHILE

Foi pioneiro na integração de energias renováveis, o que impulsionou a adoção de tecnologias para gerenciar as flutuações na geração produzida por essas fontes. Embora o modelo regulatório baseado na metodologia da empresa modelo não promova a integração de novas tecnologias no segmento de distribuição, a regulamentação exige a instalação de medidores inteligentes nas saídas de todos os transformadores de distribuição, e em clientes críticos. No entanto, a implantação massiva em consumidores residenciais tem enfrentado resistência significativa da população, devido a questionamentos sobre a transparência do processo e os benefícios versus custos, o que interrompeu o projeto. Apesar desses desafios, empresas como a Enel Distribución continuaram com iniciativas de digitalização, implementando AMI e o monitoramento em tempo real. As cooperativas elétricas associadas à FENACOPEL também iniciaram a instalação de sistemas de monitoramento e controle em transformadores e planejam a implantação de medidores inteligentes para clientes críticos e eletrodependentes em 2025.



COLÔMBIA

Embora o país não tenha um roteiro para a digitalização do setor elétrico, a Comissão Reguladora de Energia e Gás (CREG) implementou mecanismos que incentivam a integração de tecnologias avançadas. A Resolução 015 de 2018 permite que as empresas solicitem a inclusão de “unidades especiais de construção” em seus planos de investimento para remunerar ativos que não sejam dispositivos convencionais. Isso possibilitou a inclusão de tecnologias de automação e digitalização. Além disso, a Enel Colômbia implementou pilotos de medidores inteligentes em Bogotá desde 2016, permitindo um monitoramento detalhado do consumo e maior capacidade de gerenciar a demanda

de pico. Projetos inovadores como a plataforma ToGo, um gêmeo digital da rede, combinam tecnologias como LiDAR e fotogrametria para criar uma réplica virtual da rede física, facilitando a operação e manutenção por meio de inteligência artificial e monitoramento em tempo real.



COSTA RICA

O país atingiu uma cobertura de mais de 50% em medição inteligente, posicionando-se como líder na região. O Instituto Costarricense de Eletricidade (ICE) está em fase de implementação de um projeto de modernização de seis anos que inclui um novo sistema SCADA, módulo OMS e funcionalidades completas de DMS. Além disso, a rede de média tensão está sendo modernizada com equipamentos que podem ser integrados aos sistemas ADMS, como religadores e sensores.



EQUADOR

No Equador, a digitalização das redes ganhou impulso com a implementação da AMI em cidades como Guayaquil e a cooperação entre distribuidores e parceiros tecnológicos. No entanto, o atual quadro regulatório ainda não incentiva estes investimentos de forma eficaz. A ARCERNNR está explorando opções para atualizar a estrutura da regulação a fim de facilitar a implementação de tecnologias avançadas que melhorem a eficiência operacional e reduzam as perdas na rede.



GUATEMALA

Na Guatemala, o D&A progrediu lentamente devido a limitações nas telecomunicações e no financiamento. A implementação de D&A é de grande relevância, pois as aplicações para conexão de geração distribuída cresceram consideravelmente no último ano. A

regulamentação permite o reconhecimento de investimentos em tecnologia por meio de ajustes no Valor Adicionado da Distribuição (VAD). A Energuate iniciou um processo de transformação digital que inclui a implementação de atualização de GIS, OMS e SCADA na nuvem AWS, permitindo o gerenciamento remoto e automatizado da rede. Esses avanços colocam a Energuate como a primeira distribuidora do país a implementar um SCADA na nuvem.



PERU

Projetos piloto da AMI já foram implementados com o objetivo de melhorar a precisão da medição e reduzir as perdas não técnicas. A regulação permite a inclusão de encargos adicionais para inovação tecnológica e eficiência energética, embora estes incentivos se limitem a projetos pontuais. Além disso, o modelo regulatório baseado na empresa modelo não contabiliza integralmente os investimentos reais das distribuidoras, o que limita a adoção de tecnologias avançadas em larga escala.



O progresso varia significativamente entre os países da região devido a diferenças nos marcos regulatórios, níveis de investimento, prioridades governamentais e maturidade tecnológica dos distribuidores



03

MELHORES PRÁTICAS INTERNACIONAIS EM DIGITALIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO

Alguns países fizeram progressos significativos na modernização de suas redes elétricas, implementando tecnologias que permitem uma gestão mais eficiente, resiliente e flexível. As experiências internacionais oferecem lições e boas práticas que podem ser adaptadas aos contextos locais da América Latina, fornecendo um ponto de referência para o desenvolvimento de estratégias eficazes na região.



ESTADOS UNIDOS

Tem sido referência no desenvolvimento de Smart Grids, impulsionado por políticas públicas e financiamento federal. A Lei Americana de Recuperação e Reinvestimento (ARRA) de 2009 promoveu iniciativas como o Smart Grid Investment Grant (SGIG) e o Smart Grid Demonstration Program (SGDP), que facilitaram a modernização da rede por meio de investimentos em tecnologia e coleta de dados. Essas iniciativas permitiram que mais de 200 concessionárias implementassem soluções de D&A. A Federal Energy Regulatory Commission (FERC) adotou uma estrutura flexível de incentivos, permitindo que as empresas recuperem investimentos em tecnologia por meio de tarifas e promovendo a criação de mercados de resposta à demanda. Na Califórnia, a Pacific Gas and Electric (PG&E) foi pioneira na automação da rede com seu sistema DMS, que permite a otimização da demanda e a priorização de cargas críticas em situações de emergência, como ondas de calor. Além disso, a PG&E implementou sistemas de armazenamento de energia de alta capacidade, o que permite equilibrar a oferta e a demanda, maximizando o uso de recursos renováveis. Como resultado, as interrupções foram reduzidas em mais de 40% nas áreas onde essas tecnologias avançadas foram implantadas. A Southern California Edison (SCE) e a Consolidated Edison (Con Edison) em Nova York também têm projetos que integram software de análise de dados e tecnologias de controle automatizado, como dispositivos de gerenciamento de falhas (FLISRs), para

otimizar a distribuição de energia e integrar um número crescente de fontes renováveis.



UNIÃO EUROPEIA

A iniciativa Grid4EU tem sido uma das principais plataformas para testar e validar tecnologias de gerenciamento de rede na Europa. Este projeto, que envolve seis distribuidores da França, Espanha, Itália, Alemanha, Suécia e República Tcheca, foi cofinanciado pela Comissão Europeia e lançou as bases para marcos regulatórios que facilitam a transição para redes inteligentes. O Grid4EU demonstrou a viabilidade de soluções de distribuição ativa, promovendo a interoperabilidade entre tecnologias e operadores. O projeto ajudou a padronizar padrões e melhores práticas, permitindo que as redes de distribuição adotem tecnologias avançadas de maneira coordenada e escalável. Mais recentemente, a UE continuou a financiar, através do projeto Horizonte Europa, iniciativas que visam o desenvolvimento de projetos avançados e funcionalidades de redes de distribuição.

A Itália fez progressos significativos na digitalização de suas redes graças a uma abordagem focada na estabilidade das comunicações e na resposta rápida a falhas. O projeto Telegestore, iniciado em 2001 pela Enel Distribuzione, introduziu medidores inteligentes em mais de 35 milhões de residências, permitindo o monitoramento e gerenciamento do consumo em tempo real. Isso melhorou a detecção de falhas e a qua-

lidade do fornecimento, reduzindo as interrupções para menos de 50 minutos por ano em áreas urbanas. A rede italiana reduziu as variações de tensão e frequência graças aos sistemas de automação e controle, que permitem ajustes em tempo real. Outro projeto da E-distribuzione é o Network Digital Twin, uma réplica digital da rede que permite o monitoramento em tempo real e análise preditiva, e inclui a varredura de companhias aéreas com drones e cabines secundárias e primárias com lasers.

Na Espanha, a E-distribución também lidera o D&A com gêmeos digitais, drones para inspecionar e manipular elementos de rede e Smart5Grid, que implementa 5G para garantir a segurança dos operadores e otimizar a automação da infraestrutura. Outros projetos incluem o Resisto, que aumenta a resiliência a eventos climáticos, e o LEO Satellite, que permite o controle remoto da rede em áreas remotas. Além disso, a E-distribución está investigando a flexibilidade da rede por meio de projetos como Coordinet e BeFlexible, que buscam melhorar a estabilidade usando recursos subutilizados e mobilidade elétrica.



REINO UNIDO

Foi pioneira na criação de mercados de flexibilidade, onde consumidores e empresas podem ajustar a demanda e a geração para estabilizar a rede. Esses mercados foram possibilitados pela digitalização de redes e pela adoção de tecnologias, como AMI e plataformas de gerenciamento de demanda. A UK Power Networks implementou projetos-piloto em Londres para gerenciar a demanda de pico, reduzindo a necessidade de novas infraestruturas. A Scottish Power desenvolveu projetos de automação de subestações e usa inteligência artificial para otimizar o fluxo de energia renovável. O regulador Ofgem promoveu esses avanços por meio do modelo regulatório RIIO (Receita = Incentivos + Inovação + Resultados), que oferece incentivos às distribuidoras que adotam tecnologias para melhorar a eficiência

e a confiabilidade da rede. A inclusão de uma “cota” regulamentada para inovação tecnológica no RIIO 3 poderia servir de referência para a América Latina.



JAPÃO

Após o terremoto e o tsunami de 2011, o Japão fortaleceu sua infraestrutura elétrica com microrredes inteligentes em áreas propensas a desastres. A microrrede de Sendai opera de forma independente em caso de desconexão da rede principal, garantindo o fornecimento durante emergências. A integração de armazenamento e geração distribuída permite que o fornecimento seja gerenciado localmente, contribuindo para a resiliência do sistema. Empresas como a Tokyo Electric Power Company (TEPCO) adotaram sistemas ADMS para antecipar e gerenciar interrupções com mais eficiência. A Estratégia Nacional de Resiliência Energética estabeleceu metas claras para a digitalização e resiliência da rede, priorizando a automação e os sistemas distribuídos.



COREIA DO SUL

A Korea Electric Power Corporation (KEPCO) desenvolveu uma das redes mais avançadas do mundo, integrando as TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) em larga escala. A KEPCO implementou uma plataforma que conecta mais de 2 milhões de medidores inteligentes e dispositivos IoT, permitindo o monitoramento contínuo e o gerenciamento eficiente da oferta e da demanda. Além disso, é utilizado o aprendizado de máquina para prever a demanda, otimizar a carga da rede e realizar simulações. A plataforma ADMS também fortalece a segurança cibernética, detectando e respondendo a possíveis ameaças.

04

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O marco regulatório desempenha um papel central na promoção ou limitação do D&A das redes de distribuição. Os países que implementaram regulamentações claras e consistentes para incentivar o investimento em redes inteligentes e tecnologias avançadas fizeram progressos mais rápidos na modernização de suas redes. Por outro lado, nos países onde os marcos regulatórios são ambíguos ou não incluem incentivos específicos, os distribuidores têm sido mais relutantes em fazer os investimentos necessários. A transformação digital das redes de distribuição requer investimentos significativos, que muitas vezes excedem as capacidades financeiras das empresas de distribuição, especialmente em países em desenvolvimento ou países com economias em dificuldades. Por isso, propõem-se as seguintes recomendações para que a América Latina avance na digitalização e automação de suas redes de distribuição de energia elétrica.

PERMITIR A TRANSIÇÃO PARA UM DSO EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Transformar distribuidores em Operadores de Sistemas de Distribuição (DSOs) é essencial para avançar na digitalização das redes elétricas. Um DSO não apenas gerencia a infraestrutura, mas também facilita a integração de energias renováveis, armazenamento, veículos elétricos e sistemas de gerenciamento de demanda. Esse modelo oferece flexibilidade e eficiência, criando uma estrutura mais clara para os agentes que interagem com a rede. Essa estrutura operacional integrada maximiza os benefícios da digitalização, permitindo uma rede mais adaptável e responsiva.

REMUNERAÇÃO COM BASE NOS CUSTOS REAIS E CICLOS DE TAXAS REVISADOS

O atual esquema de empresa-modelo de alguns países limita o investimento em tecnologias de D&A, concentrando-se na eficiência operacional sem incentivar inovações tecnológicas. Um modelo de remuneração baseado em custos reais, que inclua incentivos à eficiência, reconheceria investimentos em modernização. A redução dos períodos de reconhecimento de investimentos pro-

porcionaria estabilidade aos distribuidores, incentivando os investimentos iniciais em tecnologias avançadas.

REGRAS DE USO DE DADOS E PRIVACIDADE DE INFORMAÇÕES

A digitalização das redes gera grandes volumes de dados, colocando desafios de privacidade e segurança cibernética. É essencial desenvolver regras que autorizem os DSOs a gerenciar esses dados, garantindo o consentimento do usuário e a segurança das informações. As regulações devem incluir protocolos de segurança cibernética para evitar ataques e proteger a rede e as informações do usuário.

COOPERAÇÃO PÚBLICO-PRIVADA E ACESSO AO FINANCIAMENTO

Os investimentos necessários para digitalizar as redes podem ser significativos, representando o risco de aumento das tarifas. A cooperação público-privada pode mobilizar financiamento preferencial e criar fundos específicos para projetos de D&A. Parcerias com bancos multilaterais e atores privados permitem o acesso ao capital em condições favoráveis. Além disso, os governos podem oferecer garantias, o que facilita o investimento, especialmente em áreas com infraestrutura limitada.

PROMOVER P+D+I

Fomentar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação (P+D+i) é crucial para adaptar as tecnologias emergentes aos contextos locais da América Latina. Incentivos governamentais e programas de colaboração entre empresas, universidades e centros de pesquisa são essenciais para testar e validar tecnologias antes de sua implementação generalizada. A criação de laboratórios de inovação e projetos-piloto permite a experimentação em ambientes controlados. Além disso, a colaboração com países que já avançaram em D&A facilita a transferência de conhecimento e acelera a adoção de tecnologias.

ADAPTAÇÃO ÀS MELHORES PRÁTICAS INTERNACIONAIS

A América Latina pode aprender com os líderes globais em digitalização, mas é essencial adaptar suas abordagens às particularidades de cada país. Governos e distribuidoras devem avaliar as melhores práticas e ajustar sua implementação. Além disso, projetos-piloto em áreas urbanas e rurais permitem que tecnologias sejam testadas e soluções sejam ajustadas, acumulando experiências que podem ser dimensionadas. Isso garante que a digitalização seja eficaz e responda às necessidades específicas de cada mercado.

ABORDAGEM DE GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS PARA D&A

D&A não é apenas sobre iniciativas de tecnologia; representam uma transformação estratégica que deve estar alinhada com a visão de longo prazo da empresa. A alta administração deve se comprometer a liderar essa mudança, pois ela afetará todas as áreas da organização, desde as operações até o atendimento ao cliente. A transição requer uma equipe multifuncional que inclua especialistas em tecnologia, operações e finanças, com análises que considerem eco-

nomias tangíveis e benefícios intangíveis, como resiliência e satisfação do cliente.

FORNECEDORES COMO PARCEIROS ESTRATÉGICOS

A colaboração estratégica com fornecedores é fundamental para adaptar as soluções às necessidades operacionais específicas, garantindo que sejam escaláveis e capazes de evoluir com a rede. Os fornecedores devem estar envolvidos desde o planejamento até a execução e manutenção, fornecendo treinamento e suporte contínuos. Isso garante uma implementação bem-sucedida e permite que o distribuidor acompanhe as inovações tecnológicas que surgirem no futuro.

A digitalização e a automação das redes de distribuição de eletricidade são passos críticos para que a América Latina alcance um futuro energético mais eficiente, resiliente e sustentável. Com um claro foco na criação de um ambiente regulatório favorável, acesso a financiamento, cooperação público-privada, capacitação técnica e inovação tecnológica, a América Latina tem a oportunidade de avançar na modernização de suas redes de distribuição e se posicionar como referência na transição para um sistema elétrico mais inteligente e sustentável.



