



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Curso Técnico em Eletrotécnica
REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES
SMART GRIDS

VITOR AZEVEDO DA SILVA¹

Resumo: O conceito de redes elétricas inteligentes representa uma evolução na forma como a energia elétrica é gerenciada, caracterizando-se mais como um conceito de uma transformação sistêmica do que como uma simples inovação tecnológica. Atender as demandas de energia elétrica do sistema elétrico brasileiro, pensando em maior agilidade, eficiência e cuidados com o meio ambiente, visando a fase da transição energética em que o país se encontra, se tornou um grande desafio, já que, muitas das vezes, os métodos de geração, transmissão, distribuição e armazenamento de energia elétrica se tornam cada vez mais obsoletos perante o avanço das tecnologias ao redor, e, para que se alcance o aperfeiçoamento e eficiência do setor elétrico brasileiro, é necessário compreender as limitações dos métodos tradicionais, sobretudo diante da crescente demanda e do avanço das tecnologias. A partir da adoção de soluções baseadas em automação, comunicação em tempo real e análise de dados, essas redes inteligentes buscam aumentar a eficiência operacional, promover a integração de novas fontes de energia, a geração distribuída e proporcionar maior participação do consumidor na gestão energética. A pesquisa desenvolvida neste trabalho é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, voltada para o estudo das redes elétricas inteligentes e sua influência na distribuição de energia no Brasil. O caráter qualitativo foi utilizado para analisar conceitos, relatórios e documentos técnicos, enquanto o quantitativo permitiu avaliar dados e indicadores de desempenho fornecidos por órgãos e empresas do setor elétrico. Este trabalho apresenta uma análise das principais tecnologias habilitadoras, como medidores inteligentes, redes de comunicação bidirecional e sistemas integrados. Além disso, serão apresentados alguns assuntos técnicos para interoperabilidade e os requisitos de capacitação profissional e pesquisa aplicada para a viabilização plena dessas redes.

Palavras Chave: automação; redes elétricas inteligentes; análise; eficiência operacional; gestão energética.

Abstract: The concept of smart electrical grids represents an evolution in the management of electric energy and is understood primarily as a systemic transformation rather than a mere technological innovation. Meeting the electricity demands of the Brazilian power system—while ensuring greater agility, efficiency, and environmental responsibility within the context of the country’s ongoing energy transition—has become increasingly challenging. This occurs because traditional methods of power generation, transmission, distribution, and storage are gradually becoming outdated in comparison with rapidly advancing technologies. Consequently,

¹ Técnico em Eletromecânica pela Instituição SENAI, Ourinhos-SP - vitor.silva1300@etec.sp.gov.br



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

understanding the limitations of conventional approaches is essential for improving the efficiency and performance of the Brazilian electricity sector, especially in light of growing demand and technological development. Through the implementation of automation-based solutions, real-time communication, and data analytics, smart grids aim to increase operational efficiency, enable the integration of new energy sources, expand distributed generation, and enhance consumer participation in energy management. The research presented in this study is applied in nature and employs both qualitative and quantitative approaches to examine smart electrical grids and their influence on power distribution in Brazil. The qualitative component involves the analysis of concepts, reports, and technical documents, whereas the quantitative component focuses on the assessment of data and performance indicators provided by governmental institutions and companies within the electricity sector. This study also presents an examination of the main enabling technologies, including smart meters, bidirectional communication networks, and integrated systems. In addition, it discusses technical aspects related to interoperability, as well as the professional training requirements and applied research needed to support the effective implementation of smart grids in the Brazilian context.

Keywords: automation; smart grids; analysis; operational efficiency; energy management.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Levando em consideração o crescente índice populacional brasileiro, atender as demandas de energia elétrica do sistema elétrico brasileiro, pensando em maior agilidade, eficiência e cuidados com o meio ambiente, visando a fase da transição energética em que o país está passando, se tornou um grande desafio, já que, muitas das vezes, os métodos de geração, transmissão, distribuição e armazenamento de energia elétrica se tornam cada vez mais obsoletos perante o avanço das tecnologias ao redor, e, para que se alcance o aperfeiçoamento e eficiência do setor elétrico brasileiro, é necessário compreender as limitações dos métodos tradicionais, sobretudo diante da crescente demanda e do avanço das tecnologias.

Em 14 de novembro de 2023, o Brasil registrou recorde de demanda instantânea de eletricidade de 101.475 MW devido a uma onda de calor que atingiu o país. Essa marca foi ultrapassada em 15 de março de 2024, quando a demanda de eletricidade atingiu 102.478 MW, também em função da onda de calor, e a carga média também chegou a uma nova marca de 91.338 MW_{méd}, atendida 92,5% por fontes renováveis. Novamente esses recordes foram batidos e o Sistema Interligado Nacional (SIN) registrou um novo recorde de demanda instantânea de energia elétrica no país, atingindo 106.532 MW no dia 26 de fevereiro de 2025, sendo o sétimo recorde consecutivo de demanda deste ano e também em razão das altas temperaturas e pela retomada da atividade econômica no país, segundo o GOV em parceria com o ONS.

A adoção das redes inteligentes se apresenta como um passo essencial na busca por um sistema elétrico mais seguro, confiável e preparado para lidar com a variabilidade das operações, bem como para atender à crescente demanda energética do país, apresentada acima, através de perspectivas de consumo da rede. Fica notório observar que, tomando como base o atual cenário das redes elétricas, onde os métodos se tornam cada vez mais ultrapassados e defasados em relação às necessidades de avanço para lidar com os novos tipos de consumidores e suas necessidades, é essencial que aconteçam melhorias nas redes e projetos que



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

modifiquem a forma atual para um cenário mais tecnológico e avançado, atingindo assim, patamares nunca alcançados ou fora de cogitação pensando nos métodos atuais de geração, distribuição e consumo.

Dessa forma, compreender os desafios técnicos, econômicos e regulatórios envolvidos nessa transição é fundamental para que a integração das redes inteligentes se torne uma realidade em todas as regiões do país e traga consigo inúmeros benefícios no que diz respeito ao avanço das redes elétricas e, principalmente, ao desenvolvimento humano.

2. REDES INTELIGENTES

Em resumo, é um tipo de rede elétrica que utiliza a tecnologia digital para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade de todas as fontes de geração para atender às demandas variáveis de energia elétrica dos usuários finais. Essas redes são capazes de coordenar as necessidades e capacidades de todos os geradores, operadores de redes, usuários finais e partes interessadas no mercado da eletricidade, com o objetivo de otimizar a utilização e operação dos ativos e minimizar os custos e impactos ambientais, mantendo ao mesmo tempo a confiabilidade, resiliência e estabilidade do sistema. (IEA, 2011)

Algumas tecnologias são fundamentais para o avanço das redes inteligentes, especialmente a conectividade de dispositivos capazes de enviar e receber dados em tempo real. Além disso, o crescimento da Internet das Coisas (IoT) e da Inteligência Artificial (IA) amplia significativamente as possibilidades de instalação de sensores para troca de informações entre os diversos equipamentos conectados à rede elétrica, tornando a gestão do sistema mais eficiente e integrada. (SIMPLE, 2024)

2.1 Características e benefícios das redes inteligentes

As redes inteligentes, por se tratarem de redes integradas a um grande grupo de tecnologias de automação e gerenciamento, têm como característica permitir uma gestão mais eficiente da energia, reduzindo perdas nos processos e problemas causados pelo mau funcionamento e, segundo FALCÃO (2010), as redes inteligentes



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

possuem capacidade de automaticamente detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede; habilidade de incluir os equipamentos e comportamento dos consumidores nos processos de planejamento e operação da rede; capacidade de mitigar e resistir a ataques físicos e ciberataques; prover energia com a qualidade exigida pela sociedade digital; capacidade de integrar de forma transparente (plug and play) uma variedade de fontes de energia de várias dimensões e tecnologia; reduzir o impacto ambiental do sistema produtor de eletricidade, reduzindo perdas e utilizando fontes de baixo impacto ambiental; resposta da demanda mediante a atuação remota em dispositivos dos consumidores e por fim, viabilizar e beneficiar-se de mercados competitivos de energia, favorecendo o mercado varejista e a microgeração.

2.2. Perspectivas de consumo

De acordo com a EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2020) em colaboração com o Ministério de Minas e Energia, destaca por meio do trabalho denominado PDE-2030, projeta-se uma variação de consumo total estimada em 3,8% ao ano para os consumidores residenciais, 3,1% a.a.. para consumidores industriais e 4,3% a.a.. para consumidores comerciais e demais classes, até o ano de 2030. Isso ocorrerá devido ao crescente número populacional brasileiro que, atualmente, supera a margem dos 203 mi de pessoas, segundo dados do IBGE (2022). O consumo total pode crescer **3,7% ao ano**, indicando necessidade urgente de infraestrutura mais eficiente e preparada para altos fluxos energéticos.

2.3 Modernização do sistema elétrico

Segundo a SIMPLE (2024) e a IEA (2023), as redes tradicionais enfrentam lentidão na detecção e correção de falhas, altos custos operacionais e limitações estruturais. A modernização envolve a automação de equipamentos (religadores, chaves, sensores); comunicação avançada; digitalização de processos e uso de IA, drones, gêmeos digitais e sistemas de gestão energética (EMS, DSM, SCADA, WAMPAC), por exemplo. Essas ferramentas possibilitam resposta mais rápida às falhas, redução de perdas e maior confiabilidade da operação.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

2.3.1 Segurança

Com maior digitalização, cresce a necessidade de autenticação multifator e criptografia; segmentação de rede; protocolos e políticas robustos de segurança e cibersegurança; avaliações periódicas de vulnerabilidade e, colaboração entre governo, distribuidoras e provedores de tecnologia.

2.3.2 Geração

A integração de microgerações renováveis (solar e eólica de pequeno porte) tornam o sistema mais flexível e sustentável, essas permitem operação conectada ou isolada, utilizando eletrônica de potência, medição avançada e controle digital para integrar cargas, armazenamento e pequenas fontes. Segundo CHOWDHURY (2009) e FALCÃO (2010), são redes de fornecimento de cogeração simultâneo de calor e eletricidade útil de baixa tensão (BT-CHP) de pequena escala, projetadas para fornecer cargas elétricas e térmicas para uma pequena parcela dos consumidores residenciais, pequenos comércios e indústrias, com tensões nominais de até 1.000 volts na tensão de distribuição, constituindo uma mini-SEE que pode operar de forma semi-autônoma, conectado ao sistema da concessionária ou isolado, utilizando dispositivos conversores, tecnologia avançada de medição eletrônica e sendo equipadas com interfaces eletrônicas de potência (PEIs) e controles para fornecer a flexibilidade necessária a fim de manter a qualidade e a produção de energia.

2.3.3 Transmissão

A transmissão moderna utilizará por exemplo, sistemas integrados de monitoramento IoT, estimação de estado distribuída, controle e proteção e unidades de medição fasorial para uma gestão energética eficaz. Com a velocidade de resposta e características avançadas do uso da IoT nos sistemas de monitoramento, YAO (2022) destaca que a aplicação dessas tecnologias nos sistemas de monitoramento, não só aumenta a eficiência operacional, mas também facilita a rápida identificação e resposta aos problemas, reduzindo tempos de inatividade e custos de manutenção; agregado a isso, TABOSA (2024) ressalta o uso de tecnologia LoRa, por sua



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

eficiência em transmitir dados a longas distâncias independente da região ou dos dispositivos operantes.

Os pacotes de LoRa consistem em um preâmbulo de sincronização, cabeçalho, carga útil e trailer de verificação de integridade (CRC). O cabeçalho pode ser fixo ou dinâmico, dependendo da configuração de transmissão, enquanto a carga útil transporta os dados reais. Esses pacotes são projetados para maximizar a eficiência no uso do espectro e suportar longas distâncias, mas são limitados em termos de largura de banda e velocidade de transmissão, características que impactam a quantidade de dados que podem ser transmitidos em um determinado tempo (BRAGA, 2023). Para visualização dos dados disponibilizados por um dispositivo LoRa, um microcontrolador ESP32, por exemplo, poderá ser utilizado para expor esses dados como métricas no software Prometheus ou Grafana.

2.3.4 Distribuição

No sistema de distribuição de energia elétrica, se faz interessante a automação da distribuição através da aplicação de sistemas automatizados e tecnologias que mecanizam, controlam e gerenciam a rede de distribuição de forma mais eficiente e segura. Isso inclui, por exemplo, o uso de sensores, controladores lógicos programáveis (CLPs), relés inteligentes e outros dispositivos para monitorar e controlar o fluxo de energia.

2.3.5 Consumo final

Após os processos de GTD, se faz agradável o uso de sistemas automáticos de medição e gerenciamento de energia que envolvam, por exemplo, os medidores eletrônicos (smart meters) onde, de acordo com SIMPLE (2024), dão ao consumidor gerenciamento de forma mais ágil e eficiente; possibilitam a oferta de tarifas personalizadas e mais adequadas por parte das concessionárias de energia à cada perfil de usuários; resposta a demanda e, contribuem para a redução de custos operacionais, erros humanos e fraudes, a título de exemplo.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

2.4 Melhorias nos processos técnicos e regulatórios

Com a possibilidade da integração de novas formas de geração de energia elétrica e tecnologias, existem atualmente no Brasil, segundo o Ministério de Minas e Energia (2016), algumas portarias e decretos criados para implementação e regulamentação das novas redes como o PL 2932/2015 (aprovado em 2023 pela Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania da Câmara dos Deputados) proposto para se tornar a Lei do Plano Nacional de Redes Elétricas Inteligentes, a Lei nº 14.300/2022 (Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída), que estabelece regras para medidores inteligentes e a compensação de energia e o Decreto nº 12.068/2024. Ainda é necessária padronização nacional da comunicação, incentivo fiscal e programas de modernização acelerados.

2.5 Evolução do processo de implantação

Segundo FALCÃO (2010), a evolução do processo de implantação da Smart Grid deverá seguir alguns passos como a instalação de infra-estrutura de dispositivos inteligentes e de comunicações; integração e interoperabilidade; disponibilização de ferramentas analíticas e otimização operativa, por exemplo.

2.5.1 Instalação da infraestrutura de comunicação

Para uma troca, envio e recebimento de informações de forma mais ágil, redes 5G, fibra óptica, redes mesh, Wi-Fi 6/7, satélites, comunicação segura e bidirecional e sensores IoT alimentando centros de monitoramento baseados em IA, se fazem de extrema utilidade, a título de exemplo.

2.5.2 Integração e interoperabilidade

Se torna intrinsecamente indispensável se referir às redes inteligentes como um projeto que, para que tenha os resultados agradáveis e desejados, esteja amplamente interligado em todos os processos, pois, o sistema integrado e possuindo interoperabilidade nos processos, torna mais ágil o monitoramento e resposta á possíveis problemas ou situações que possam surgir ao decorrer do tempo que a rede



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

estiver ativa. Para isso, surgem as ferramentas analíticas como os softwares vinculados entre si, sistemas integrados de medição e controle, e até mesmo mecanismos físicos como sensores e atuadores inteligentes, por exemplo, fazendo parte como um todo de todas as etapas do fornecimento elétrico, sendo cada uma responsável por um tipo de monitoramento mas estando interligados um ao outro, fornecendo um enorme avanço no quesito da implementação e interoperabilidade das redes inteligentes.

2.5.3 Disponibilização de ferramentas analíticas

Em sistemas de monitoramento energético, a combinação dos softwares pode ser utilizada para monitorar a eficiência de máquinas e sistemas, analisar o consumo de energia ao longo do tempo e detectar anomalias. Essas ferramentas permitem que os gestores de energia não apenas reajam a problemas em tempo real, mas também planejem intervenções de manutenção e melhorias com base em dados históricos e tendências observadas (TABOSA, 2024). Temos ferramentas como os softwares Prometheus, InfluxDB, Grafana e Kibana, por exemplo, tecnologia de comunicação sem fio de longo alcance, LoRa (Long Range) e alguns processos e sistemas integrados na rede como os processos de proteção, controle, gestão e aquisição de dados aliados aos sistemas SCADA, WAMPAC, EMS e o DSM. Segundo a TECHTARGET (2025), tanto o SCADA quanto os sistemas de controle industrial se enquadram na categoria mais ampla de tecnologia operacional, e já o WAMPAC, de acordo com Terzija (2011), permite que as distribuidoras de energia elétrica executem aplicações com o conhecimento global da rede, como o monitoramento da diferença de ângulo de fase entre barramentos diferentes em tempo real, o registro dinâmico de eventos e a modelagem da rede em tempo real para adequar geração e demanda de energia. Trabalhando em conjunto, os dados coletados em tempo real das unidades de Medição fasorial são enviados ao centro de distribuição de energia de cada distribuidora e então enviados ao servidor de dados centralizado.

2.7 Projeto piloto na cidade de Ipiranga-SP



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

O projeto piloto de redes elétricas inteligentes, realizado pela Copel no município de Ipiranga (PR), é considerado um grande marco no desenvolvimento e implementação de tecnologias voltadas à modernização do setor elétrico brasileiro. Segundo Júlio Shigeaki Omori, diretor comercial da Copel Distribuição, a companhia dedicou cerca de 15 anos a estudos e pequenos projetos-pilotos antes de consolidar, em 2018, a primeira cidade brasileira totalmente contemplada pelo conceito de rede elétrica inteligente: Ipiranga, na época com cerca de 5.500 habitantes, foi escolhida por reunir características ideais de teste, como a divisão equilibrada entre consumidores urbanos e rurais e a viabilidade técnica de automação da rede elétrica local.

Figura 1 - Município de Ipiranga-PR

Fonte: <https://www.gazetadopovo.com.br/parana/ipiranga-no-parana-sera-cidade-do-futuro/>



Diferentemente de iniciativas que restringem redes inteligentes à medição automatizada, o projeto da Copel incorpora automação de equipamentos de rede, sensores, atuadores e sistemas de telecomunicação e controle, permitindo uma atuação bidirecional entre o consumidor e o centro de controle da distribuidora. Essa estrutura possibilita não só o monitoramento em tempo real, mas também ações preditivas e preventivas na operação da rede, aumentando a confiabilidade e a qualidade do fornecimento de energia, especialmente durante eventos climáticos severos.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

2.7.1 Análise de resultados

Entre os principais resultados e benefícios destacou-se a robustez na coleta e gestão de dados energéticos, com medições realizadas a cada 15 minutos, favorecendo o consumidor e promovendo a eficiência energética. Além disso, a Copel conseguiu reduzir perdas técnicas e não técnicas, melhorar a alocação de equipes de campo e realizar diagnósticos mais precisos do sistema elétrico. O projeto também se alinha com tendências globais, como a integração de recursos energéticos distribuídos (geração solar, veículos elétricos, eletrificação em geral), que exigem redes mais flexíveis e inteligentes.

O projeto em Ipiranga serviu como base para a expansão, passando a abranger aproximadamente 1,7 mi de consumidores e cerca de 150 municípios, dividido em três fases iniciadas em 2020. O diferencial, em comparação a outras iniciativas nacionais, reside no seu caráter multisserviços e inclusivo, abrangendo diversos tipos de consumidores. Vale ressaltar que a infraestrutura de comunicação de dados criada pode ser compartilhada com outros serviços urbanos, como iluminação pública inteligente, mobilidade elétrica, sensores de monitoramento urbano e medição de utilidades como água e gás. Assim, o projeto demonstrou a viabilidade técnica e econômica da transformação digital no setor elétrico e também, o seu papel central na construção de uma infraestrutura urbana inteligente, resiliente e sustentável.

3. METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida neste trabalho é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, voltada para o estudo das redes elétricas inteligentes e sua influência na distribuição de energia no Brasil, analisando conceitos, relatórios e documentos técnicos, e avaliando dados e indicadores de desempenho fornecidos por órgãos e empresas do setor elétrico.

Foram utilizados procedimentos de revisão bibliográfica e documental, análise de estudos de caso e interpretação dos resultados baseando-se em publicações da



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

ANEEL, EPE, ONS, além de relatórios de concessionárias como CEMIG, CPFL e COPEL, abordando o presente tema e seus relativos.

Foi apresentado uma análise de estudos de caso, onde o foco foi o projeto piloto de redes elétricas inteligentes na cidade de Ipiranga (PR), desenvolvido pela COPEL, considerado o primeiro do Brasil a integrar medidores inteligentes e comunicação bidirecional com os consumidores. Também foram analisadas iniciativas de outras distribuidoras, comparando dados de desempenho e redução de perdas. Esses indicadores foram avaliados de forma comparativa, identificando benefícios e desafios da adoção das redes inteligentes.

A interpretação dos resultados buscou relacionar os dados obtidos com as metas da ANEEL e estudos da EPE, destacando os ganhos em eficiência energética e confiabilidade, a importância dos projetos de redes inteligentes e suas perspectivas otimistas de avanço substancial para o setor elétrico brasileiro, bem como as limitações tecnológicas e regulatórias ainda existentes no país, dependência de dados secundários e a ausência de medições diretas em campo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou a importância das redes elétricas inteligentes para a modernização do setor elétrico brasileiro diante do aumento da demanda de energia, da variabilidade climática e da crescente digitalização. As smart grids mostraram-se essenciais por integrarem automação, sensores inteligentes, comunicação bidirecional, análise de dados e sistemas avançados de gestão, permitindo maior eficiência operacional, redução de perdas, resposta mais rápida a falhas e maior participação dos consumidores.

Foram observados avanços significativos na adoção de tecnologias como geração distribuída, microrredes, SCADA, EMS, DSM, WAMPAC, IoT, inteligência artificial, gêmeos digitais e sistemas de comunicação como LoRa. Embora essas inovações fortaleçam a segurança e a confiabilidade do sistema, também ampliam a necessidade de estratégias robustas de cibersegurança.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

No campo regulatório, verificou-se que o progresso das redes inteligentes depende da atualização de normas e políticas, como as iniciativas recentes voltadas à microgeração distribuída e ao Plano Nacional de Redes Elétricas Inteligentes. O estudo de caso de Ipiranga (PR) demonstrou a viabilidade técnica e econômica da implementação das smart grids, destacando ganhos como redução de perdas, automação avançada e maior engajamento dos consumidores, além de reforçar a possibilidade de expansão para outras regiões.

A pesquisa apontou ainda desafios, especialmente a carência de infraestrutura de comunicação em áreas remotas. Como proposta, sugere-se a criação de uma Arquitetura Nacional de Comunicação para Smart Grids, articulada entre governo, ANEEL, distribuidoras e empresas de telecomunicações.

Conclui-se que as redes elétricas inteligentes representam um caminho inevitável para tornar o sistema elétrico brasileiro mais eficiente, sustentável, seguro e resiliente. Apesar dos desafios, o país reúne condições favoráveis para avançar rumo a um modelo energético moderno e compatível com as necessidades contemporâneas.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

5. BIBLIOGRAFIA

- GOV (Brasil). IBGE. População: Crescimento populacional. *In*: Panorama do Censo 2022: Crescimento populacional. [S. l.]: IBGE, 28 maio 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 27 ago. 2025.
- GOV (Brasil). Demanda de energia: demanda instantânea de energia quebrou três recordes consecutivos. *In*: Demanda de energia bate novo recorde e sistema elétrico mantém estabilidade: Somente nesta semana, a demanda instantânea de energia quebrou três recordes consecutivos, atingindo o pico de 106.532 megawatts (MW) na última quarta-feira (26/02), de acordo com dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). [S. l.]: GOV, 28 fev. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/demanda-de-energia-bate-novo-recorde-e-sistema-eletrico-mantem-estabilidade>. Acesso em: 6 ago. 2025.
- GOV (Brasil). Demanda instantânea de energia: altas temperaturas influenciaram o resultado. *In*: Demanda instantânea de energia no SIN atinge novo recorde de 102.924 MW: As altas temperaturas registradas nos últimos dias na região Sudeste influenciaram o resultado, aponta o ONS. [S. l.]: GOV, 24 jan. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/demanda-instantanea-de-energia-no-sin-atinge-novo-recorde-de-102-924-mw>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (Brasil). Carga nacional: Pelo segundo dia consecutivo, carga do SIN supera patamar de 100 GW. *In*: Temperaturas elevadas aumentam a carga nacional em 16,8% na comparação com o início de novembro: Pelo segundo dia consecutivo, carga do SIN supera patamar de 100 GW. Brasil: Operador Nacional do Sistema Elétrico, 14 nov. 2023. Disponível em: <https://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/details.aspx?i=9734>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- FALCÃO, Djalma M. Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid. Smart Grid, [s. l.], 27 jan. 2010. Disponível em: http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/odilon/te339/artigo_SMART_GRID.PDF. Acesso em: 1 set. 2025.
- SMART Grids: a revolução no setor elétrico já começou!. [S. l.]: SIMPLE, 8 out. 2024. Disponível em: <https://simpleenergy.com.br/smart-grids-a-revolucao-no-setor-eletrico-ja-comecou/>. Acesso em: 17 set. 2025.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

- DRTL, Michael *et al.* In: Redes Inteligentes: Rastreamento de redes inteligentes. [S. l.], 11 jul. 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/electricity/smart-grids>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- IEA. CONCEITOS de redes inteligentes. [S. l.], 20 abr. 2011. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-smart-grids>. Acesso em: 26 ago. 2025.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030: Demanda de Eletricidade. Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, Rio de Janeiro, p. 2-14, 23 jul. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-522/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Eletricidade%20-%20PDE%202030%20%281%29.pdf>. Acesso em: 14 maio 2025.
- YAO, F. *et al.* INTERNET OF THINGS. A Survey on Evolved LoRa-Based Communication Technologies for Emerging Internet of Things Applications. 2022. Disponível em: <https://www.sciltp.com/journals/ijndi/article/download/112/52>. Acesso em: 10 ago. 2025
- BRAGA, Newton C. O que você precisa saber sobre LoRa e LoRaWAN. 2023. Disponível em: <https://www.newtonbraga.com.br/iot/18459-o-que-voce-precisa-saber-sobre-lora-elorawan-rev-1-tel271.html>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- CHOWDHURY, S. *et al.* MICROGRIDS. Microgrids and Active Distribution Networks, [S. l.], p. 15-38, 11 jun. 2009. Disponível em: <https://web.nit.ac.ir/~shahabi.m/M.Sc%20and%20PhD%20materials/DGs%20and%20MicroGrids%20Course/Books/Microgrids%20and%20Active%20Distribution%20Networks%20by%20Chowdhury/Microgrids%20and%20Active%20Distribution%20Networks%20by%20Chowdhury.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- GAZETA DO POVO (Brasil); FANTIN, Elvira. Cidade do PR de 15 mil habitantes testa tecnologias antes dos grandes centros: Smart city. [S. l.], 25 ago. 2021. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/parana/ipiranga-no-parana-sera-cidade-do-futuro/>. Acesso em: 14 ago. 2025.
- TERZIJA *et al.* (2011). Wide-area monitoring, protection, and control of future electric power networks. Proceedings of the IEEE, 99(1):80–93. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5549870>. Acesso em: 14 jul. 2025.