

## MEDIDORES INTELIGENTES DE ENERGIA ELÉTRICA: DESAFIOS E APLICAÇÕES EM REDES ELÉTRICAS MODERNAS

Thamara Stella Diniz Campos<sup>1</sup>, Frederico Silva Moreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil  
(thamara.stella30@gmail.com)

**Resumo:** Este artigo aborda o tema dos medidores inteligentes (*Smart Meters*), com ênfase em sua evolução tecnológica, princípios de funcionamento, aplicações, benefícios e desafios de implementação. Por meio de uma revisão bibliográfica, evidencia-se a relevância desses dispositivos no contexto das Redes Elétricas Inteligentes (*Smart Grids*), bem como o panorama de sua implantação no Brasil e no cenário internacional

**Palavras-chave:** *Smart Meter*; Distribuidora de Energia; Medidores Inteligentes; Redes Elétricas Inteligentes; Sistema Elétrico

### INTRODUÇÃO

O número de consumidores conectados ao sistema elétrico de potência cresce a cada ano no país. Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em dezembro de 2025, considerando todas as classes de consumo (residenciais, industriais, comerciais, rurais e outros), o Brasil possuía 95.501.796 unidades consumidoras, o que representa um aumento de 79,07% em relação a 2005, quando esse número era de 53.331.470 (EPE, 2026).

Com o crescimento no número de consumidores, tornou-se necessário o crescimento do sistema elétrico de potência. De acordo com dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2026), em dezembro de 2015 o Sistema Interligado Nacional (SIN) possuía 119.642,73 km de linhas de transmissão. Em dezembro de 2025 esse número chegou a 181.781,74 km, um crescimento de 51,93% (EPE, 2026).

O Sistema Interligado Nacional é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte. A interconexão desses sistemas, por meio da malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas, permitindo a obtenção de ganhos sinérgicos operacionais.

Com o crescimento do Sistema Interligado Nacional, foi imprescindível realizar a modernização do sistema, utilizando a digitalização, a automação de subestações, sensores inteligentes, medidores inteligentes, monitoramento em tempo real, além de reforços estruturais para aumentar a segurança e eficiência, diminuindo as chances de interrupção no fornecimento de energia no país.

Porém, quando se analisa a escala da distribuição, normalmente até 138 kV, nota-se que ainda existem muitos desafios para a modernização das redes. De forma geral, grande parte das redes de distribuição ainda apresenta baixo nível de digitalização, o que limita o monitoramento remoto contínuo, a automação dos sistemas de proteção e controle e a integração com sistemas de medição inteligentes (*Smart Meters*).

Este artigo visa explorar os aspectos relacionados à precisão, aos desafios e às aplicações dos medidores inteligentes no contexto das redes elétricas modernas. Assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre essas tecnologias, analisando os fatores que influenciam seu desempenho e aplicação.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido através de uma abordagem qualitativa, baseada em revisão narrativa da literatura. Foram realizadas a leitura de livros, artigos, revistas e documentos técnicos, sem definição de amostra quantitativa, priorizando-se a seleção de publicações com relevância, atualidade e contribuição para o tema proposto.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde a descoberta da energia elétrica, viu-se a necessidade de realizar a medição do consumo de energia elétrica. Ao longo da história, foram inventados diversos medidores.

Em 1888, Oliver Shallenberger desenvolveu um medidor baseado no princípio da indução, produzindo um medidor eletromecânico de corrente alternada (Figura 1). Ele utilizou um disco de indução, cuja rotação era proporcional à potência

medida. O modelo em questão era um medidor de ampere-hora, ou seja, media a corrente elétrica consumida em um determinado período.

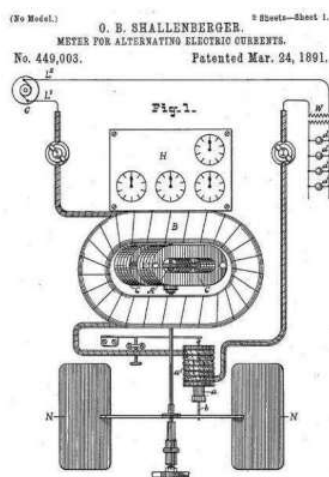


Figura 1. Patente esboçando o diagrama elétrico do medidor de Oliver B. Shallenberger.

Em 1889, foi patenteado por Ottó Bláthy o primeiro medidor watt-hora de corrente alternada, chamado de medidor de Bláthy, em homenagem ao seu criador.

Esse modelo de medidor também utilizava o princípio de funcionamento por indução eletromagnética, com um disco rotativo de alumínio submetido à ação de campos magnéticos produzidos pelas bobinas de corrente e tensão.

A interação desses campos eletromagnéticos provoca a rotação do disco, que é diretamente proporcional à potência ativa consumida, possibilitando, assim, a medição da energia elétrica consumida em watt-hora.

Também em 1889, Elihu Thomson, criou um medidor de watt com registro baseado em um motor comutador sem o núcleo de ferro, que funcionava em corrente contínua e corrente alternada, porém esse modelo não foi muito difundido (Hammond, 1988).

Outros medidores foram inventados, como os eletrolíticos e pêndulo diferencial, porém ambos se mostraram inviáveis para produção em escala comercial.

Dos medidores citados acima, os de indução, desenvolvidos por Bláthy e Shallenberger, se tornaram o padrão mundial.

Os medidores eletromecânicos de indução se tornaram o modelo usado em grande escala nas unidades consumidoras residenciais, comerciais e industriais, em virtude da simplicidade construtiva e baixo custo de manutenção.

Os medidores eletromecânicos de indução funcionam com base no princípio da indução eletromagnética,

no qual a interação entre os fluxos magnéticos gerados pelas bobinas de corrente e de tensão produz um torque sobre um disco metálico condutor. A velocidade de rotação desse disco é proporcional à potência consumida pela carga, permitindo o registro da energia elétrica ao longo do tempo (Mamede Filho, 2017).

Ao longo das décadas, os medidores de indução eletromagnética (Figura 2) utilizaram os mesmos princípios de funcionamento do medidor patenteado por Ottó Bláthy. No entanto, esses equipamentos passaram por diversas evoluções, com melhorias na precisão e redução do tamanho construtivo. Além disso, passaram a contar com padronizações e homologações técnicas, possibilitando sua aplicação em larga escala para a medição do consumo de energia elétrica, sendo instalados diretamente nas unidades consumidoras atendidas por concessionárias no Brasil e no mundo.



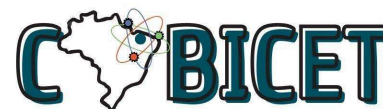
Figura 2. Medidor de indução.

Em meados de 1970, surgiram os primeiros transdutores eletrônicos. De acordo com EEI (2014), os medidores com transdutores eletrônicos apresentavam uma saída analógica de tensão ou corrente contínua, proporcional à potência medida. A energia também podia ser medida por meio de uma saída de pulsos. Nessa época, o custo de aquisição e instalação desses equipamentos ainda era elevado; porém, devido ao ganho em estabilidade e precisão, passaram a ser aplicados em situações especiais, como medição de fronteiras e consumo de grandes clientes industriais.

Também nos anos setenta, com o avanço da eletrônica e dos sistemas computacionais, bem como a aplicação de semicondutores e circuitos integrados, começaram a surgir os primeiros medidores digitais.

Porém, a tecnologia foi difundida de maneira comercial, apenas nos anos 1980 e sua utilização em massa começou a partir dos anos 2000.

Os medidores de energia eletrônicos digitais trouxeram novas funções e parâmetros para os equipamentos, passando a realizar cálculos de forma



digital, armazenar dados e realizar comunicações de dados.

Diferentemente dos medidores eletromecânicos de indução, os medidores eletrônicos digitais utilizam circuitos eletrônicos e processamento digital dos sinais elétricos de tensão e corrente.

Os medidores eletrônicos de energia elétrica utilizam técnicas digitais de aquisição e processamento de sinais para medir o consumo e outros parâmetros da rede elétrica, proporcionando maior precisão, capacidade de armazenamento de dados, comunicação remota e integração com sistemas avançados de gerenciamento da rede elétrica (IEA, 2023).

Com o avanço das tecnologias, houve a modernização da rede elétrica de energia, e cada vez mais têm sido utilizadas tecnologias digitais para sensoramento e comunicação em tempo real, dando origem às redes inteligentes (*Smart Grids*).

Por volta dos anos 2000, juntamente com a digitalização das redes, os medidores também passaram por modernização, passando a incorporar recursos avançados de comunicação, monitoramento remoto e integração com sistemas automatizados. Esses novos medidores ficaram conhecidos como *Smart Meters*, ou em português como medidores inteligentes.

Enquanto os medidores eletrônicos tradicionais realizam as medições e armazenam os resultados em sua memória, os medidores inteligentes transmitem, em tempo real e de forma automática, as informações medidas. Eles substituem a leitura manual, promovendo maior eficiência na rede de distribuição de energia.

Desta forma, os medidores inteligentes passaram a ser equipamentos essenciais para a modernização e digitalização das redes inteligentes, contribuindo de forma direta para a eficiência operacional e redução de custos das concessionárias, além de proporcionar maior transparência e autonomia de consumo para o consumidor final de energia.

### Funcionamento Medidores Inteligentes

Os medidores inteligentes são medidores avançados de energia que medem o consumo de energia elétrica fornecendo informações adicionais em comparação com um medidor convencional.

Segundo IBM (2025b), os *Smart Meters* são dispositivos digitais que medem e registram o consumo de eletricidade, gás ou água em tempo real e transmitem as informações para as empresas de serviços públicos.

O medidor inteligente é um medidor digital com diversas capacidades de aplicação, sendo a comunicação dos medidores com o CCM (Centro de Controle de Medição) das concessionárias de energia elétrica fundamental para que haja a consolidação de dados (CGEE, 2012).

A capacidade de se comunicar em tempo real é a principal melhoria dos medidores inteligentes, quando comparados com medidores digitais tradicionais.

O conceito de medição inteligente está dentro da arquitetura AMI (*Advanced Metering Infrastructure*), ou simplesmente Infraestrutura de Medição Avançada, que possibilita o fluxo bidirecional de informações entre concessionárias e clientes. (MOHASSEL *et al.*, 2014).

Os medidores inteligentes são constituídos por sistemas eletrônicos embarcados que, internamente, são compostos por sensores e conversores analógico-digitais. A operação inicia-se com sensores de corrente e de tensão, que medem os valores das grandezas da rede elétrica e transmitem os sinais medidos para conversores analógico-digitais (ADC), os quais convertem os sinais elétricos em dados digitais, para que possam ser processados e manipulados computacionalmente.

Em seguida, um microcontrolador interno processa algoritmos para calcular a potência ativa, potência reativa, fator de potência e a energia consumida, dentre outras grandezas. De acordo com Momoh (2012), os medidores inteligentes integram funções de medição, monitoramento e comunicação, constituindo um dos principais elementos das redes elétricas inteligentes (*Smart Grids*).

Outro componente importante, é o módulo de comunicação, que facilita a comunicação bidirecional entre o consumidor e a concessionária de distribuição de energia elétrica através de tecnologia como PLC (*Power Line Communication*), radiofrequência e redes celulares. Dessa maneira, os medidores inteligentes permitem leitura remota, gerenciamento da demanda e automação dos sistemas elétricos de distribuição, conforme ilustra a Figura 3.

Na prática, os medidores inteligentes (*Smart Meters*) funcionam como dispositivos eletrônicos digitais, similares à estrutura de um computador.

Os medidores são preparados para medir e transmitir dados em tempo real grandezas elétricas como corrente, tensão, fator de potência, frequência elétrica, potências (ativa, reativa e aparente), demanda máxima, qualidade da energia (sobretensões, subtensões, interrupções, desequilíbrio de fases, afundamentos de tensões e distorções harmônicas), eventos de violação ou fraude, fluxo bidirecional de energia (energia consumida da rede e

energia injetada na rede).

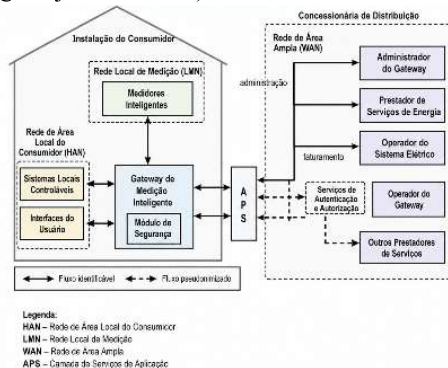


Figura 3. Arquitetura do sistema de medição inteligente.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Para que o medidor inteligente consiga se comunicar em tempo real é imprescindível que haja comunicação bidirecional entre o medidor de energia e a concessionária de distribuição de energia elétrica.

Desta forma, é importante que se estabeleça a melhor maneira de envio de dados entre o módulo de comunicação do medidor e a empresa de energia. Na Tabela 1, destacam-se as principais tecnologias de comunicação utilizadas em medidores inteligentes.

Tabela 1. Principais tecnologias de comunicação utilizadas em medidores inteligentes.

| Tecnologia de comunicação      | Características                                                                      | Vantagens                                             | Desvantagens                                                             |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Radiofrequência (RF)           | Utiliza sinais sem fio para transmissão de dados entre o medidor e a concessionária. | Baixo custo e comunicação de longo alcance.           | Suscetível a interferências e pode exigir repetidores ou gateways.       |
| Redes celulares (4G/5G)        | Utiliza infraestrutura de redes móveis existentes para transmissão dos dados.        | Ampla cobertura e maior resistência a interferências. | Pode gerar custos adicionais e depender da cobertura celular.            |
| Banda larga (DSL/Fibra óptica) | Utiliza conexões de internet banda larga para envio das informações.                 | Comunicação rápida e confiável.                       | Elevado custo de infraestrutura, principalmente em áreas rurais.         |
| PLC (Power Line Communication) | Transmite dados pelas próprias linhas de energia elétrica.                           | Dispensa infraestrutura adicional de comunicação.     | Pode sofrer influência de ruídos elétricos e da distância da subestação. |

Fonte: Adaptado de IBM (2025a).

Independentemente da tecnologia de comunicação de rede empregada pelas distribuidoras de energia, o

principal desafio das redes elétricas inteligentes é lidar com o grande volume de informações provenientes dos medidores inteligentes e transformá-las em dados úteis tanto para os consumidores quanto para as próprias distribuidoras.

De nada adianta dispor de uma grande quantidade de informações sobre a rede e os consumidores se não for possível gerenciá-las e utilizá-las de forma eficiente (MME, 2010).

Para atender a essa demanda, diversos *softwares* utilizam o sistema MDM (*Metering Data Management*), ou seja, Medição de Gerenciamento de Dados. Essa arquitetura MDM é responsável por padronizar informações recebidas, processá-las, analisá-las e gerenciá-las para um melhor funcionamento de toda a rede (MME, 2010).

A segurança da infraestrutura de comunicação é um dos pilares das redes elétricas inteligentes, uma vez que os dados coletados pelos medidores inteligentes devem ser protegidos contra acessos não autorizados, alterações indevidas e interrupções de serviço, garantindo a confidencialidade, a integridade e a disponibilidade das informações (NISTIR, 2014).

Dessa forma, é fundamental garantir que o transporte dessas informações ocorra de maneira segura, assegurando sua proteção em todas as etapas. Para isso, destaca-se a importância do uso da certificação digital, a fim de garantir a segurança, a autenticidade e a integridade das transações eletrônicas.

### Benefícios dos *Smart Meters*

e acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2012), a implementação das Redes Elétricas Inteligentes e da medição inteligente possui quatro objetivos principais: melhorar a confiabilidade e a segurança da rede elétrica; aumentar a eficiência operacional da infraestrutura de rede; equilibrar a oferta e a demanda de energia; e reduzir o impacto do sistema elétrico no meio ambiente.

Ainda segundo o relatório, a implementação de medidores inteligentes possibilita a realização remota da leitura do consumo de energia e o monitoramento da rede elétrica, contribuindo de forma direta para a melhoria da qualidade do produto (energia) entregue ao consumidor final.

Somando-se a isso, os sistemas de medição inteligente viabilizam a atuação em falhas do sistema com maior agilidade, pois permitem identificar pontos de falha e interrupções de maneira remota, direcionando as equipes para uma atuação mais assertiva.

Conforme Sausen *et al.* (2016), a comunicação bidirecional dos smart meters permite o acompanhamento em tempo real das condições



operacionais da rede elétrica, favorecendo ações mais rápidas de manutenção e de recomposição do sistema.

Outro benefício do uso dos medidores inteligentes é a integração da geração distribuída às redes inteligentes. No país, o número de unidades consumidoras com geração distribuída cresce a cada ano.

Segundo a ANEEL (2025), o Brasil contava, até 31 de julho de 2025, com 3,77 milhões de sistemas conectados à rede de distribuição de energia elétrica, reunindo uma potência instalada próxima de 42,28 GW. A implementação de redes e medidores inteligentes permite a medição bidirecional da energia elétrica, possibilitando o gerenciamento tanto da energia consumida quanto da energia injetada na rede por consumidores com microgeração distribuída, como sistemas fotovoltaicos (MOHASSEL, 2014).

Adicionalmente aos benefícios para as concessionárias, os medidores inteligentes também proporcionam vantagens aos clientes das concessionárias de energia.

Conforme a IBM (2025b), os *smart meters* permitem um faturamento mais preciso, uma vez que os dados de consumo são transmitidos automaticamente às concessionárias, reduzindo erros de leitura e estimativas incorretas.

Além disso, esses medidores possibilitam ao cliente o acompanhamento em tempo real do consumo, permitindo a análise de seus hábitos de utilização da energia elétrica, como ilustra a Figura 4. Esse monitoramento viabiliza o controle do consumo pelo usuário, contribuindo para a eficiência energética e a redução de desperdícios.



Figura 4. Acompanhamento de Medição.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Conforme a IBM (2025b), a integração dos *smart meters* com tecnologias de automação residencial, sistemas de gerenciamento de energia e fontes renováveis contribui para uma maior estabilidade e eficiência das redes elétricas.

Ademais, além dos benefícios operacionais mencionados anteriormente, os medidores

inteligentes também auxiliam na redução de perdas elétricas não técnicas (como furto e fraude de energia). Isso é possível por meio de medições contínuas, que permitem a detecção de irregularidades e de alterações abruptas no perfil de consumo dos clientes.

A instalação de medidores inteligentes fortalece a digitalização e a modernização do sistema elétrico de potência, promovendo maior transparência das informações entre as concessionárias de energia e os consumidores.

Por fim, é importante destacar que os *smart meters* são um dos principais dispositivos responsáveis por viabilizar as redes elétricas inteligentes (*smart grids*). Esses equipamentos serão fundamentais para auxiliar o sistema elétrico na integração com novas tecnologias, como geração distribuída, veículos elétricos, automação residencial e Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT).

#### Desafios de Implementação dos *Smart Meters*

São diversos os benefícios proporcionados pelo uso dos medidores inteligentes; no entanto, ainda existem importantes desafios para a sua implementação em grande escala no Brasil e no mundo. O principal empecilho é o elevado investimento necessário para a modernização das infraestruturas elétricas das concessionárias de energia.

Outro ponto desafiador, também relacionado ao custo, é a instalação da infraestrutura de rede necessária para o funcionamento dos sistemas AMI (*Advanced Metering Infrastructure*). Segundo Depuru *et al.* (2011), a implementação em larga escala dos *smart meters* demanda investimentos significativos em equipamentos de medição, sistemas de comunicação, armazenamento de dados e automação da rede elétrica.

A cibersegurança também é um dos principais desafios enfrentados na ampliação das redes inteligentes. Os medidores inteligentes possuem comunicação bidirecional e realizam a transmissão e o armazenamento de dados em tempo real. Dessa forma, é essencial a adoção de sistemas de segurança robustos para evitar ataques cibernéticos, acessos não autorizados e a manipulação indevida das informações.

Segundo Cleveland (2008), a infraestrutura avançada de medição (AMI) necessita de mecanismos robustos de segurança digital para garantir a integridade, a confidencialidade e a disponibilidade dos dados transmitidos entre consumidores e concessionárias.

Também é importante abordar questões relacionadas à segurança dos dados dos clientes das concessionárias, uma vez que os medidores inteligentes são capazes de coletar informações

detalhadas sobre os hábitos de consumo de energia elétrica. Torna-se, portanto, essencial garantir o sigilo e a privacidade do consumidor ao longo de todo o ciclo de vida dos dados fornecidos pelos equipamentos.

Conforme o CGEE (2012), a ausência de padronização tecnológica pode dificultar a interoperabilidade entre dispositivos e comprometer a eficiência operacional das redes inteligentes. Dessa forma, outro desafio relevante é a necessidade de regulamentação adequada do uso de sistemas inteligentes, para que, no futuro, quando amplamente utilizados, os equipamentos possam integrar-se de forma eficiente às redes elétricas inteligentes.

Os *smart meters* representam uma significativa evolução tecnológica para o setor elétrico de distribuição de energia; entretanto, sua implementação em larga escala está condicionada à superação dos desafios citados, principalmente no que se refere ao custo de investimento em infraestrutura de comunicação e à segurança cibernética dos consumidores conectados ao sistema elétrico de potência.

#### Avanço da Implementação dos Medidores Inteligentes no Mundo

A necessidade de modernização dos sistemas elétricos fez com que, nas últimas duas décadas, houvesse um crescimento exponencial das redes elétricas inteligentes em todo o mundo. De maneira geral, as concessionárias, ao utilizarem esse tipo de tecnologia, buscam solucionar questões relacionadas ao padrão atual das redes, melhorando a eficiência, a confiabilidade, a economia e a sustentabilidade dos serviços de eletricidade (Garcia; Duzzi Junior, 2012).

O estudo detalhado das redes inteligentes permite vislumbrar a preocupação mundial com o fornecimento de energia elétrica e com a reestruturação tecnológica do sistema elétrico de potência. A mudança do sistema, na qual o consumidor passa a gerar sua própria energia e contribuir com o balanço energético, aumentou a necessidade de investimentos em *smart grids*, bem como em medidores inteligentes.

Além disso, o investimento em *smart grids* está diretamente relacionado à redução das emissões de gases de efeito estufa, pois possibilita a integração segura de fontes de energia solar e eólica (fontes renováveis), reduzindo a necessidade de acionamento de termelétricas poluentes. De acordo com o CGEE (2010), existe um compromisso mundial de longo prazo no sentido da redução de 80% a 95% das emissões até 2050, aplicável à União Europeia e a outros países industrializados (EC, 2025).

Durante as décadas de 1990 e 2000, a União Europeia dependia fortemente de recursos não

renováveis. A transição em larga escala para fontes eólica e solar só começou a ganhar tração a partir de 2009, o que impulsionou a necessidade de investimentos em redes inteligentes e, consequentemente, em *smart grids* pelo mundo (Figura 5).

Pautada pela necessidade de transição energética, a União Europeia vem se destacando na implementação da medição inteligente (EC, 2025). O bloco estabeleceu metas para os países europeus incentivarem a adoção dos *smart meters*, considerando-os elementos fundamentais para a transição energética e para a integração de fontes renováveis de energia.

A partir de 2009, os Estados-membros foram incentivados a implementar sistemas de medição inteligente para pelo menos 80% dos consumidores de energia elétrica, desde que as análises de custo-benefício apresentassem resultados favoráveis (Vitiello *et al.*, 2022).

Em 2025, a Agência para a Cooperação dos Reguladores de Energia da União Europeia (ACER, 2025) constatou que cerca de metade dos países do bloco já havia instalado medidores inteligentes em mais de 80% das unidades consumidoras. Os países com maior destaque na implementação dos *smart meters* são Itália, Suécia, Finlândia, Holanda, Espanha e França, que já atingiram ou estão muito próximos de 100% de cobertura dos medidores de energia elétrica.



Figura 5. Projetos de redes inteligentes pelo mundo.

Fonte: Menezes (2020, p. 18).

Nos Estados Unidos, a instalação dos *smart meters* foi intensamente incentivada pelos investimentos realizados após a aprovação do *American Recovery and Reinvestment Act* (ARRA) de 2009. Segundo dados do Departamento de Energia dos Estados Unidos (*U.S. Department of Energy*, DOE (2022), o país ultrapassou a marca de 120 milhões de medidores inteligentes instalados, representando mais de 70% das unidades consumidoras de energia elétrica atendidas pelas distribuidoras.

A China, a Coreia do Sul e o Japão também se destacam na implementação dos medidores

inteligentes. A China é atualmente o maior mercado mundial de medidores inteligentes. O programa de implantação foi conduzido principalmente pelas concessionárias estatais State Grid Corporation of China (SGCC) e China Southern Power Grid (CSG). Segundo dados divulgados pela AET (2018), mais de 457 milhões de medidores inteligentes foram instalados em sua área de concessão, alcançando cobertura superior a 99% dos consumidores atendidos.

Em 2011, após o acidente nuclear de Fukushima, o Japão intensificou os investimentos em eficiência energética e modernização das redes elétricas. A distribuidora de energia elétrica Tokyo Electric Power Company (TEPCO, 2020) instalou aproximadamente 28,4 milhões de medidores inteligentes em seus consumidores até o final de 2020.

Na Coreia do Sul, a instalação dos medidores inteligentes faz parte da estratégia nacional de desenvolvimento das redes inteligentes. O programa é liderado pela concessionária de energia elétrica Korea Electric Power Corporation (KEPCO), que realizou testes em larga escala na Ilha de Jeju. Em 2024, a empresa já havia atendido cerca de 20 milhões de unidades consumidoras após quatorze anos de investimentos contínuos (KEPCO, 2026).

Constata-se que a implementação dos medidores inteligentes deixou de ser apenas uma promessa potencial e se tornou uma realidade consolidada em diversos países. Europa, Estados Unidos e países asiáticos têm realizado altos investimentos em suas redes elétricas, alcançando elevados índices de cobertura de smart meters. Esse cenário demonstra que a medição inteligente é um dos principais pilares das redes elétricas inteligentes, contribuindo para a digitalização do setor elétrico, a integração de fontes renováveis de energia, a melhoria da eficiência operacional das concessionárias e a possibilidade de os consumidores gerenciarem melhor seu consumo de energia elétrica.

### Avanço da Implementação dos Medidores Inteligentes no Brasil

No Brasil, a instalação dos medidores inteligentes ainda está em fase inicial, avançando de forma gradual. No entanto, espera-se que esse processo seja impulsionado nos próximos anos pela Lei nº 15.269/2025, que instituiu um novo marco regulatório no país, unificando regras para modernizar o setor elétrico e estabelecendo a obrigatoriedade de metas anuais para a instalação de medidores inteligentes pelas distribuidoras.

Esse investimento é de suma importância para a abertura do mercado livre de energia para consumidores de baixa tensão (residenciais,

comerciais e rurais), prevista para ocorrer em 2028. Nesse modelo de mercado, os clientes poderão escolher seus fornecedores de energia, mesmo fora de sua área de concessão, diferentemente do modelo atual de monopólio natural regulado.

Os primeiros projetos de redes inteligentes no Brasil tiveram início em 2010, com projetos-piloto desenvolvidos por concessionárias de distribuição de energia elétrica em parceria com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), universidades e centros de pesquisa. Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2012), a modernização dos sistemas de medição é considerada um dos pilares para o desenvolvimento das smart grids no país, permitindo maior automação da rede elétrica, redução de perdas e melhoria da qualidade do fornecimento de energia.

De acordo com Fracari *et al.* (2015), o Brasil possuía cerca de 200 projetos de *smart grid*, com investimentos aproximados de R\$ 1,6 bilhão em pesquisa e desenvolvimento, envolvendo 450 instituições (Figura 5). Desse total, 126 centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação no país estão relacionados ao setor de energia, conforme dados apresentados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

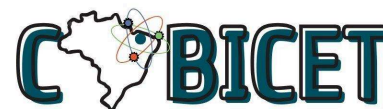


Figura 5. Projetos pilotos de Smart Grid no Brasil.

Fonte: Santin, Cavalcanti e Dall'Agnol (2020).

Nos últimos anos, muitas distribuidoras têm investido em projetos de modernização da infraestrutura de medição inteligente. Entre as principais, destaca-se a Companhia Paranaense de Energia (Copel), que conduz um dos maiores projetos de instalação de medidores inteligentes do país, com a meta de implantar 2 milhões de unidades no Paraná.





A Enel São Paulo já realizou a instalação de mais de 2 milhões de medidores inteligentes na Região Metropolitana de São Paulo, enquanto a Cemig também executou a substituição de mais de 2 milhões de equipamentos em Minas Gerais. A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) igualmente desenvolve projetos de modernização da rede elétrica de distribuição, com previsão de substituição de aproximadamente 1,6 milhão de medidores.

Diferentemente de alguns países europeus, onde a instalação dos smart meters está fortemente associada a metas de descarbonização e transição energética, no Brasil os investimentos estão mais relacionados à redução de perdas não técnicas (como furtos), ao aumento da eficiência operacional, à redução de custos para as distribuidoras e à expansão da geração distribuída.

Como citado anteriormente, os medidores inteligentes permitem a leitura remota, além da suspensão e religação do fornecimento de energia em tempo real. Além disso, possibilitam a identificação de furtos e fraudes, uma vez que a leitura contínua permite às concessionárias estabelecerem padrões de consumo mais precisos.

O crescimento da geração distribuída residencial também é um fator relevante para o aumento dos investimentos em redes inteligentes. O Brasil possui uma capacidade instalada superior a 42 GW de energia solar conectada à rede elétrica. Nesse contexto, os smart meters desempenham um papel importante ao viabilizar a medição bidirecional da energia elétrica, permitindo registrar tanto a energia consumida da rede quanto a energia injetada por sistemas fotovoltaicos. Dessa forma, os medidores inteligentes tornam-se equipamentos essenciais para o controle dos fluxos energéticos, para a correta compensação da energia gerada pelos consumidores e para a integração segura das fontes renováveis às redes elétricas.

### Perspectivas futuras

Em 2026, o cenário de smart grids no Brasil deixou de ser focado em projetos-piloto isolados e passou para uma fase de expansão estrutural e regulatória em larga escala. O mercado brasileiro de redes inteligentes atingiu a marca de US\$ 1,8 bilhão (Imarc, 2026).

A principal mudança nesse período é impulsionada pela Lei nº 15.269/2025, que modernizou o marco regulatório e acelerou a abertura do Mercado Livre de Energia para a baixa tensão, além de novas diretrizes do governo federal (Hein, 2026).

O panorama atual das redes inteligentes no país destaca-se por:

### 1. Novo marco regulatório e metas de medição inteligente

A penetração de medidores inteligentes no Brasil ainda está entre 5% e 6%, porém o ritmo de expansão foi significativamente alterado com a Portaria Normativa MME nº 126/2026, publicada pelo Ministério de Minas e Energia. A norma MME (2026) estabelece:

- Meta obrigatória: instalação incremental de 4% de medidores inteligentes em todas as concessões de energia do Brasil no prazo de 24 meses;
- Projeção de longo prazo: estudos do setor indicam que o país precisará instalar entre 60 e 70 milhões de medidores inteligentes nos próximos 8 a 10 anos, com potencial de investimentos de até R\$ 35 bilhões.

### 2. Expansão da geração distribuída (GD)

As redes inteligentes tornaram-se essenciais para lidar com a complexidade dos fluxos bidirecionais de energia. O Brasil já ultrapassou a marca de 43,5 GW de potência instalada em geração distribuída (principalmente energia solar em telhados e fachadas), com cerca de 3,87 milhões de sistemas conectados, o que exige digitalização em tempo real para evitar sobrecarga do sistema elétrico tradicional (Canalbioenergia, 2026).

### 3. Modernização regulatória e consultas públicas

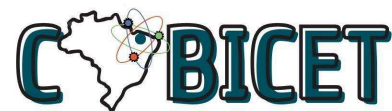
A ANEEL abriu, no início do ano, a Consulta Pública nº 001/2026. O objetivo é reunir subsídios técnicos para estruturar a transição energética e viabilizar a substituição em larga escala dos medidores convencionais por medidores inteligentes (ANEEL, 2026).

## CONCLUSÃO

A necessidade de modernização dos sistemas elétricos impulsionou a adoção de tecnologias capazes de tornar o sistema de distribuição de energia mais eficiente, confiável e sustentável. Nesse contexto, os medidores inteligentes tornam-se equipamentos indispensáveis para a digitalização das redes elétricas, pois permitem o processamento e a transmissão de dados em tempo real entre os consumidores e as concessionárias de energia.

Ao longo deste trabalho, verificou-se que os *smart meters* representam uma significativa evolução em relação aos medidores convencionais, uma vez que possibilitam a comunicação bidirecional, a automação de processos operacionais, o monitoramento da qualidade da energia elétrica e a integração de novas tecnologias ao sistema elétrico. Além disso, sua utilização proporciona benefícios tanto para as distribuidoras quanto para os consumidores, incluindo maior precisão no





faturamento, redução de perdas não técnicas, aumento da eficiência operacional, melhoria da confiabilidade do fornecimento de energia e incentivo ao uso racional dos recursos energéticos.

Concluiu-se também que os medidores inteligentes vêm sendo instalados em larga escala em diversos países da Europa, Ásia e América do Norte, pois são considerados elementos fundamentais para o cumprimento das metas de descarbonização e de transição energética estabelecidas para as próximas décadas. Sua ampla adoção tem contribuído para a modernização das redes elétricas, a integração de fontes renováveis de energia e o fortalecimento da sustentabilidade do setor elétrico.

No Brasil, a implantação de smart meters ainda avança de forma gradual devido aos elevados custos de investimento, à necessidade de expansão da infraestrutura de comunicação e aos desafios de segurança cibernética. Contudo, a modernização do marco regulatório e o crescimento da geração distribuída vêm impulsionando novos investimentos no setor.

Nesse contexto, os medidores inteligentes consolidam-se como tecnologias essenciais para a modernização do sistema elétrico brasileiro, contribuindo para a digitalização das redes, a redução de perdas, o aumento da eficiência operacional e a integração de fontes renováveis de energia.

#### AGRADECIMENTOS

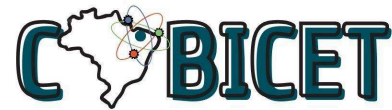
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001, e da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil.

#### REFERÊNCIAS

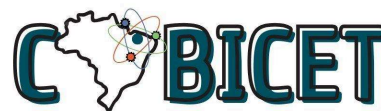
- AET. A taxa de cobertura de medidores inteligentes na área de serviço da State Grid atingiu 99,57%, mas o mercado em expansão está diminuindo gradualmente. China AET, 2018. Disponível em: <https://www.chinaaet.com/article/3000082380>. Acesso em: 9 jun. 2026.
- ANEEL. Crescimento da micro e minigeração distribuída supera os 5 GW em 2025. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2025/crescimento-da-micro-e-minigeracao-distribuida-supera-os-5-gw-em-2025>. Acesso em: 9 jun. 2026.
- ANEEL. ANEEL consulta sociedade sobre modernização dos Sistemas de Medição. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília, DF, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2026/aneel-consulta-sociedade-sobre-modernizacao-dos-sistemas-de-medicao>.

[026/aneel-consulta-sociedade-sobre-modernizacao-dos-sistemas-de-medicao](#). Acesso em: 11 jun. 2026.

- ACER. *Rewarding Flexibility: How retail contract choice can help unlock consumer flexibility*. European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER), Ljubljana, 2025. Disponível em: <https://www.investenergy.ro/wp-content/uploads/2025/12/ACER-CEER-2025-Retail-monitoring.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2026.
- CANALBIOENERGIA. Geração distribuída encerra 2025 com 43,5 GW e deve crescer 15% no próximo ano. Canal Jornal da Bioenergia, 2026. Disponível em: <https://canalbioenergia.com.br/geracao-distribuida-encerra-2025-com-435-gw-e-deve-crescer-15-no-proximo-ano/>. Acesso em: 10 jun. 2026.
- CGEE. Redes Elétricas Inteligentes: contexto nacional. Centro de gestão e estudos estratégicos (CGEE), Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/docs/redes-eletricas-inteligentes-contexto-nacional/7398875/>. Acesso em: 17 mai. 2026.
- CLEVELAND, Fred M. *Cyber Security Issues for Advanced Metering Infrastructure (AMI)*. IEEE Power and Energy Society General Meeting, Pittsburgh, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/224325456\\_Cyber\\_security\\_issues\\_for\\_Advanced\\_Metering\\_Infrastructure\\_AMI](https://www.researchgate.net/publication/224325456_Cyber_security_issues_for_Advanced_Metering_Infrastructure_AMI). Acesso em: 08 jun. 2026.
- DEPURU, S. S. S. R.; WANG, Lingfeng; DEVABHAKTUNI, Vijay. *Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 15, n. 6, p. 2736–2742, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111000876?via%3Dihub>. Acesso em: 04 jun. 2026.
- DOE. *2020 Smart Grid System Report*. United States Department of Energy (DOE), Washington, DC, 2022. Disponível em: [https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-05/2020%20Smart%20Grid%20System%20Report\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-05/2020%20Smart%20Grid%20System%20Report_0.pdf). Acesso em: 9 jun. 2026.
- EC. *Smart Grids and Meters*. European Commission (EC), Brussels, 2025. Disponível em: [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters_en). Acesso em: 9 jun. 2026.
- EEL. *Handbook for Electricity Metering*. 11th ed. Washington, DC: Edison Electric Institute, 2014.



- EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica. Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2026. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 13 mai. 2026.
- FRACARI, F.; SANCHEZ, G.; SANTOS, I. Smart Grid: uma nova forma de controle de energia elétrica, 2015. Disponível em: <https://seer.atitus.edu.br/index.php/revistasi/artic/e/download/917/741>. Acesso em: 02 jun. 2026.
- GARCIA, Douglas Alexandre de Andrade; DUZZI JUNIOR, Francisco Elio. Aspectos de evolução do *smart grid* nas redes de distribuição. O Setor Elétrico, v. 7, n. 75, p. 60-70, 2012. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002290312>. Acesso em: 10 mai. 2026.
- HAMMOND, P. V. *Electricity Meters: A History of Their Development and Use*. Stevenage: Peter Peregrinus Ltd., 1988.
- HEIN, Henrique. Brasil deve instalar ao menos 60 milhões de medidores inteligentes nos próximos dez anos, diz estudo. Canal Solar, 2026. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/brasil-medidores-inteligentes-proximos-dez-anos/>. Acesso em: 08/06/2026.
- IBM. O que é infraestrutura de medição avançada (AMI)?. IBM, 2025a. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/advanced-metering-infrastructure>. Acesso em: 28 mai. 2026.
- IBM. O que são medidores inteligentes (*Smart Meters*)?. IBM, 2025b. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/smart-meter>. Acesso em: 28 mai. 2026.
- IEA. *Empowering Consumers with Smart Metering*. International Energy Agency (IEA), Paris, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/empowering-consumers-with-smart-metering>. Acesso em: 17 mai. 2026.
- IMARC. Tamanho, participação, tendências e previsão do mercado de redes inteligentes do Brasil por componente, usuário final e região, 2026-2034. IMARC Group, 2026. Disponível em: <https://www.imarcgroup.com/report/pt-br/brazil-smart-grid-market>. Acesso em: 09/06/2026.
- KEPCO. *AMI and Smart Grid Development*. Korea Electric Power Corporation (KEPCO), 2026. Disponível em: <https://home.kepco.co.kr/kepco/indi/foreign/en/html/B/E/ENBEHP002.html>. Acesso em: 9 jun. 2026.
- MAMEDE FILHO, João. Instalações elétricas industriais. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- MENEZES, Wesley Rodrigues de. Medidores inteligentes e comunicação de dados em redes inteligentes. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/bitstream/riufcg/19140/1/WESLEY%20RODRIGUES%20DE%20MENEZES%20-%20TCC%20ENG.%20EL%C3%89TRICA%202020.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- MME. Portaria Normativa MME Nº 126, de 28 de Janeiro de 2026. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2026/portaria-normativa-mme-n-126-2026.pdf/view>. Acesso em: 05/06/2026.
- MOHASSEL, Ramyar Rashed; FUNG, Alan; MOHAMMADI, Farah; RAAHEMIFAR, Kaamran. *A survey on Advanced Metering Infrastructure*. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 63, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142061514003743>. Acesso em: 19 mai. 2026.
- MOMOH, James A. *Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.
- NISTIR. *Guidelines for Smart Grid Cybersecurity*. NIST Interagency Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology, 2014. Disponível em: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2014/NIST.IR.7628r1.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2026.
- ONS. Evolução da Capacidade instalada no SIN - Junho 2026/ Dezembro 2030. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), 2026. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 11 mai. 2026.
- SANTIN, Adierison; CAVALCANTI, Rafael Mancuso Paraíso; DALL'AGNOL, Bruno. *Smart Grids*. Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (COBICET), online, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/icobicet2020/258815-smart-grids/>. Acesso em: 01 jun. 2026.
- SAUSEN, Paulo S.; CAMPOS, Maurício de; SAUSEN, Airam TZR; SAUTHIER, Luís Fernando; OLIVEIRA, Alexandre C.; OLIVEIRA, Samuel C. de. Desenvolvimento de um Sistema Completo de *Smart Metering* Bidirecional para Aplicações em *Smart Grids*. *Eletrônica de Potência*, [S. l.], v. 2, pág. 148–157,



2016. Disponível em:  
<https://journal.sobraep.org.br/index.php/rep/article/view/214>. Acesso em: 5 jun. 2026.

TEPCO. *Smart Meter Project*. Tokyo Electric Power Company (TEPCO), 2020. Disponível em:  
<https://www.tepco.co.jp/en/pg/development/domestic/smartmeter-e.html>. Acesso em: 9 jun. 2026.

VITIELLO, Silvia; ANDREADOU, Nikoleta; ARDELEAN, Mircea; FULLI, Gianluca. *Smart Metering Roll-Out in Europe: Where Do We Stand? Cost Benefit Analyses in the Clean Energy Package and Research Trends in the Green Deal*. *Energies*, v. 15, n. 7, 2022. Disponível em:  
<https://www.mdpi.com/1996-1073/15/7/2340>. Acesso em: 4 jun. 2026.