

ARTIGO CIENTÍFICO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO



**CIÊNCIA E
TECNOLOGIA**

IMPLEMENTAÇÃO DE SMART GRID NO BRASIL: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES

ANDRÉ RICARDO SILVA VIEIRA DOS SANTOS
Graduado em Engenharia Elétrica-Eletrônica

RESUMO: O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO ESTÁ EM CONSTANTE MUDANÇA E EM IMINÊNCIA DE GRANDES TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS EM LARGA ESCALA. ESTA TRANSIÇÃO TECNOLÓGICA CARACTERIZA-SE NA MODERNIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS APLICADAS À ENERGIA ELÉTRICA NA GERAÇÃO, TRANSMISSÃO, DISTRIBUIÇÃO, VISANDO MELHORAR O APROVEITAMENTO DOS RECURSOS DA PRÓPRIA REDE ELÉTRICA COM A POSSIBILIDADE DE PROPORCIONAR AO USUÁRIO FINAL MAIOR PARTICIPAÇÃO NO PLANEJAMENTO E OPERAÇÃO DO SISTEMA. ESSA NOVA CONCEPÇÃO TECNOLÓGICA É CONHECIDA COMO REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES OU *SMART GRID*. MESMO A MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA SENDO RENOVÁVEL, COM CERCA DE 90% DA ENERGIA GERADA ORIUNDA DE FONTES RENOVÁVEIS E INTERLIGADA, CONTEMPLANDO GERAÇÃO E TRANSMISSÃO COM DIMENSÕES GIGANTESCAS, OBSERVA-SE QUE GRANDE PARTE DESSA ENERGIA GERADA E TRANSMITIDA É TECNICAMENTE PERDIDA ANTES DE CHEGAR AO DESTINO FINAL. COM O OBJETIVO DE EVITAR ESSAS PERDAS TÉCNICAS E ALCANÇAR DE FORMA SATISFATÓRIA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, DESDE 2011 VEM SENDO ESTUDADO A IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA *SMART GRID* NO BRASIL. ISSO TEM MOTIVADO CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA, EMPRESAS PÚBLICAS E PRIVADAS PARA QUE ESSA TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA SEJA UMA REALIDADE O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL. ESSA TECNOLOGIA ENVOLVE DIVERSOS SETORES TECNOLÓGICOS, COMO POR EXEMPLO: INTERNET DAS COISAS E MEDIDORES INTELIGENTES OU *SMART METERS*. A IMPLANTAÇÃO DE *SMART GRID* PODERÁ TRAZER FACILIDADES PARA CONTROLE DOS CONSUMIDORES, IDENTIFICAÇÃO E RESOLUÇÃO DE DEFEITOS REMOTAMENTE, BEM COMO PODERÁ FAVORECER A SOCIEDADE MEDIANTE BENEFÍCIOS TAIS COMO: UMA EDUCAÇÃO MAIS AVANÇADA COM RELAÇÃO À ECONOMIA DE ENERGIA E PROFISSIONALIZAÇÃO DE PARCELA DOS SEUS INTEGRANTES. SENDO ASSIM, ESTE TRABALHO FOI ELABORADO ATRAVÉS DE LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE *SMART GRID* COM OBJETIVO DE APRESENTAR AS PRINCIPAIS VANTAGENS, DESVANTAGENS, VIABILIDADE E DIFICULDADES PARA A INSERÇÃO DE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES NO CENÁRIO NACIONAL.

PALAVRAS-CHAVE: PERDAS TÉCNICAS, REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, MEDIDORES INTELIGENTES.

INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro está em constante mudança e em iminência de grandes transformações tecnológicas em larga escala. Esta transição tecnológica caracteriza-se na modernização das tecnologias aplicadas na energia elétrica na geração, transmissão, distribuição, visando melhorar o aproveitamento dos recursos da própria rede elétrica com a possibilidade de proporcionar ao usuário final maior participação no planejamento e operação do sistema. Essa nova concepção tecnológica é conhecida como *Smart Grid* (FALCÃO, 2009).

Tendo em vista os novos desafios e as necessidades por qualidade, segurança, flexibilidade e sustentabilidade, as Smart Grid constituem-se em uma revolução tecnológica na indústria de energia elétrica. As tecnologias envolvidas nas áreas de eletrônica, de telecomunicação e de tecnologia da informação são

aplicadas para a automação e a melhoria dos serviços de energia elétrica.

Essa revolução no setor elétrico brasileiro, em especial no segmento de distribuição, permite uma série de possibilidades: participação mais ativa dos consumidores, disponibilização de mais informações, prestação de novos serviços, aperfeiçoamento da gestão de ativos, eficiência energética, melhoria da qualidade da energia e o combate de alguns problemas vivenciados no Brasil como as perdas não técnicas.

Os benefícios das Smart Grid espalham-se por toda a sociedade e abrangem tanto as empresas distribuidoras quanto os consumidores, além de possibilitar ganhos fora do setor elétrico. No Brasil, a implantação é objeto de análise tanto pelas distribuidoras quanto pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que regula as Diretrizes do Sistema Elétrico Brasileiro (LAMIN, 2013).



Com o objetivo de apresentar as principais vantagens, desvantagens, viabilidade e dificuldades para a implantação de Redes Elétricas Inteligentes, este estudo foi elaborado através de levantamento bibliográfico acerca do referido assunto.

Os critérios de inclusão foram os estudos baseados no Plano Nacional de Energia Elétrica (PNE), além de artigos, periódicos de congressos e capítulos de livros, publicados entre 1992 e 2017, que versem sobre *Smart Grid* ou Redes Elétricas Inteligentes. Estudos publicados anteriormente ao ano de 1992 foram utilizados como critério de exclusão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CONCEITO DE SMART GRID

O conceito *Smart Grid* possui sentido amplo e deve ser compreendido como uma inovação tecnológica do que simplesmente um medidor ou equipamento específico. Baseia-se na utilização intensiva de tecnologia de automação, computação e comunicações para monitoração e controle da rede elétrica, as quais permitirão a implantação de estratégias de controle e melhoria da rede de forma muito mais eficiente que as atualmente em uso (FALCÃO, 2009).

O que caracteriza uma rede elétrica como “inteligente” é a capacidade de integrar as ações de todos agentes a ela conectados, sejam geradores de energia, consumidores ou os chamados “*prosumers*” (do inglês “*producer and consumer*”) (BONALDO et al., 2013).

As redes elétricas inteligentes (REI) proporcionam de forma eficaz a produção, distribuição e consumo de energia, facilitando a concorrência e inclusão de equipamentos ou consumidores nas redes, com melhorias relevantes em monitoramento, administração de forma geral, automação e qualidade da energia disponibilizada, por meio de uma rede elétrica caracterizada pelo uso intensivo das tecnolo-

gias de informação e comunicação (TIC).

O conceito de *Smart Grid* (SG), ou simplesmente redes elétricas inteligentes (REI), que foi embasado em Amin e Wollenberg (2005), apresenta um novo modelo do setor elétrico brasileiro, considerando a necessidade de tornar o sistema de fornecimento de energia mais dinâmico e interativo, por razões específicas em cada país ou região.

O principal motivo que justifica esse sistema baseado em um modelo interativo, dinâmico e inteligente ser adotado em qualquer lugar do mundo é a necessidade de que o consumidor final possa escolher um tipo de energia, alternativa e sustentável, que esteja ao seu alcance e que possua característica descentralizada e intermitente, além de possibilitar que o próprio cliente consiga obter informações e possa inserir novos equipamentos e eletrodomésticos inteligentes que se comuniquem com esse sistema. Dessa forma, haveria comunicação e cooperação entre si, de modo que ocorreria uma autoconfiguração ou autocorreção caso fosse adicionado um novo elemento ou componente (*plug and play*) na rede. (AMIN E WOLLENBERG, 2005).

A implantação das *Smart Grid* pode ser compreendida em três dimensões complementares e independentes (BANDEIRA, 2012):

a) A consolidação da inteligência ao sistema de geração, transmissão e distribuição, será realizada nas primeiras intervenções, consequentemente trazendo robustez, segurança e velocidade na rede;

b) Substituição dos medidores electromecânicos por medidores eletrônicos inteligentes com várias funções embutidas trazendo facilidades para o consumidor como transparência e uma educação para que uso da energia elétrica fique mais racional;

c) inteligência nos consumidores, caracterizada por residências com eletrodomésticos inteligentes submetidos aos medidores, melhor administração do consumo energético, comunicação bidirecional de energia, por meio da geração distribuída com fonte de geradora solar, eólica ou biomassa.

A extensão do mercado e os ganhos previstos com a implantação das REI podem

ser alcançados para outros serviços públicos, desenvolvendo o conceito de cidades inteligentes (*Smart Cities*), onde a infraestrutura de informação e automação existente permitirá o uso ideal dos recursos, como concessionárias de energia, água, gás, segurança, trânsito etc. e por consequência a melhoria na qualidade desses outros serviços oferecidos a população.

A possibilidade de implantação das *Smart Grid* e *Smart Cities*, está extremamente ligada aos avanços tecnológicos da eletrônica, e armazenamento de dados, como também do desenvolvimento nos sistemas de controle. Esse fenômeno possibilitará não somente a implantação de cidades inteligentes, mas também de ambientes onde todos os objetos podem ser unicamente reconhecidos e identificados, localizados e endereçados, o que vem sendo chamado de Internet of Things (IoT), ou Internet das Coisas, de sensoriamento. (BANDEIRA, 2012).

3.2 VISÃO DA IMPLANTAÇÃO DO CONCEITO DE SMART GRID NO BRASIL

A matriz energética brasileira é renovável, com cerca de 90% da energia gerada de fontes renováveis, e interligada por meio de um complexo sistema que está conectado a todo país tanto as subestações geradoras como as subestações de transmissão.

O consumo de energia per capita no país é significativamente inferior a 2.200 kWh/habitante, contra, por exemplo, 12.884 kWh/habitante nos Estados Unidos, segundo International Energy Agency (IEA).

O potencial de recursos renováveis e não renováveis não explorados é alto e as tarifas de energia estão entre as mais altas do mundo. Consequentemente, no Brasil, a formulação de política energética concentra esforços nos objetivos associados à garantia de suprimento com moderação nas tarifas, sobrepondo-se os objetivos de política industrial e tecnológica (ANEEL, 2010).

A abundância no Brasil de recursos renováveis competitivos (como a geração hidrelétrica e eólica) impede o estímulo a tecnologias inovadoras, relacionadas à geração distribuída e ao desenvolvimento das REI, como ocorre no Hemisfério Norte para o caso de energia solar.

A implantação das REI no Brasil teria como principais motivadores: a busca das eficiências comercial e energética, o aumento da confiabilidade do sistema elétrico em geral, a segurança operacional e sistêmica e sustentabilidade econômica e ambiental (ANEEL, 2010).

Eficiência comercial e energética seriam obtidas por meio da redução de perdas técnicas e comerciais, melhoria na qualidade da energia disponibilizada ao consumidor e gestão do horário de consumo de energia pelo consumidor.

A confiabilidade do sistema elétrico aumentaria com a interoperabilidade entre os diversos componentes da rede e as subestações, gestão de ativos e do planejamento da capacidade de geração, transmissão e distribuição de energia.

A segurança operacional e sistêmica seria atingida por meio do controle de acesso dos usuários de rede, da redução de energia não distribuída e das perdas por fraudes, bem como viabilizaria a geração distribuída e a gestão para contingências e autorrecomposição.

Além dos motivadores expostos, de acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030, está previsto a redução do consumo final de energia elétrica em pelo menos 10% em 2030 por meio de medidas sólidas de eficiência energética (MME, 2010).

O nível de perdas não técnicas e técnicas são elevados, sobretudo em áreas urbanas. Segundo Bloomberg (2012), cerca de US\$ 5 bilhões são perdidos anualmente em furtos, erros de faturamento e medição, e 16% da energia produzida não é vendida por razões técnicas e não técnicas.



A atenuação de perdas tem sido fator orientador de investimentos para concessionárias. Algumas concessionárias têm desenvolvido experiências de REI em regiões que representam até 1% de suas bases instaladas. Haveria, ainda, a possibilidade de fluxo bidirecional de energia para o uso mais intensivo da microgeração distribuída.

O Regime Especial de Tributação do Programa Nacional de Banda Larga para a implantação de redes de telecomunicações (REPNBL-Redes) é considerado um estímulo para antecipação de investimentos em REI no Brasil. Nesse sentido, basta as empresas interessadas submeterem os projetos de implantação incluindo os medidores de energia eletrônicos inteligentes, com capacidade de telecomunicação e de fornecimento de comunicação de dados em banda larga. (BLOOMBERG, 2012).

3.3 POPULARIZAÇÃO DAS SMART GRID

A sincronização com as políticas energética e regulatória conduzidas pelo Ministério de Minas e Energia e ANEEL é de fundamental importância. Essa sincronização estipulará o ritmo de substituição de medidores e como será feito o abatimento destes, a intensidade do uso da geração distribuída que são abastecidos pela rede, além da possibilidade de conduzir o comportamento do consumidor para inclusão e acesso às novas tecnologias.

Essas políticas, em conjunto com instrumentos do uso do Poder de Compra do Estado, além do entendimento aprofundado da resposta dos consumidores finais à implantação das REI, são decisivas para determinar o ritmo o crescimento da demanda e, em última instância, dos investimentos e difusão das tecnologias e produtos desenvolvidos (ANEEL, 2010).

A partir do aumento do controle e da inserção da eletrônica, um resultado de destaque é o avanço na medição e no faturamento,

propiciando a redução de perdas não técnicas, como fraudes dos próprios consumidores ou de terceiros. Outra possibilidade é aprimorar o uso da energia elétrica (eficiência energética).

No Brasil, os três principais motivadores para a popularização das *Smart Grid* são: atenuação e eliminação de perdas não técnicas ocasionadas por fraudes; constância da continuidade; e eficiência energética. No contexto global, podem ser encontrados outros motivadores, dentre eles: o aumento da competitividade e ampliação do mercado livre; diminuição de custos operativos; diminuição do impacto ambiental; prestação de novos serviços; e gerenciamento de ativos. (LAMIN, 2013).

Para Falcão (2009), algumas das características geralmente atribuídas à *Smart Grid* que favorecem sua popularização são:

- a) Autorestabelecimento;
- b) Autodiagnóstico, autorecuperação de falhas na rede;
- c) Autonomia dos Consumidores: inclusão de equipamentos e comportamento dos consumidores nos processos de planejamento e operação da rede;
- d) Transigênciam a Ataques Externos: capacidade de mitigar e resistir a ataques físicos e cyber-ataques;
- e) Qualidade de Energia;
- f) Capacidade de acomodação de uma grande variedade de fontes e demandas.
- f) Flexibilidade para acesso a uma variedade de fontes de energia de várias dimensões e tecnologia;
- g) Garantia da sustentabilidade, reduzindo perdas técnica e utilizando fontes sustentáveis;
- h) Resposta instantânea da demanda conforme a atuação remota em dispositivos instalados nos consumidores; e
- i) Estímulo à concorrência de produtos e serviços no mercado de energia.

Dentre as várias tecnologias que propiciam a inserção de uma *Smart Grid*, pode-se citar:

- a) Geração Distribuída e Microgeração. Aplicada mediante necessidade dos consumidores e com o objetivo de atender a sustenta-

bilidade. Energia solar e eólica são exemplos de aplicação de geração distribuída;

b) Infra-Estrutura Automática de Medição (AMI). Consiste em sistemas autônomos de coleta de dados através de medidores inteligentes, permitindo análises e respostas imediatas a respeito de demandas, sem intervenção humana e sim através da atuação em dispositivos nas instalações dos consumidores. Utilizam-se os chamados *Smart Meters*, os quais são medidores eletrônicos com funcionalidade ampliada e capacidade de comunicação bidirecionais.

c) Equipamentos Prediais e Eletrodomésticos Inteligentes. São equipamentos elétricos para uso em residências e estabelecimentos comerciais que estão sendo equipados com recursos de controle capazes de alterar sua demanda em função de sinais de preço ou relacionados com a confiabilidade do sistema elétrico.

O Sistema Elétrico de Energia (SEE) é dividido em três segmentos físicos: geração, transmissão e distribuição. É um segmento virtualizado, mas com grande relevância econômica, a comercialização de energia. As tecnologias que compõem a *Smart Grid* permeiam todos os segmentos do setor elétrico embora esteja evoluindo com diferentes velocidades em cada um deles. (FALCÃO, 2009).

De acordo com Falcão (2009), para os consumidores finais, com a introdução do conceito de *Smart Grid*, particularmente devido à introdução dos *Smart Meters* e da microgeração (geração de pequeno porte instalada em residências e pequenos edifícios), as tarefas antes passivas agora sendo ativas e podendo ser de forma instantânea e dinâmica, as principais modificações virão de:

a) Equipamentos Prediais e Eletrodomésticos Inteligentes: permitirão o controle da demanda dos consumidores mediante o envio de sinais através dos sistemas de comunicações bidirecional;

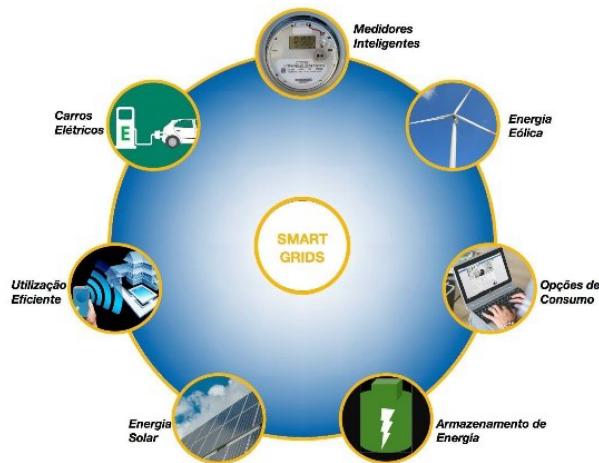
b) Microgeração: disponibilização de geração de pequeno porte e médio porte, através do uso de painéis solares, microgeradores eólicos, células a combustível etc., capazes de produzir energia para subsistência e compensação para a concessionária; e

c) Sistemas Prediais de Gerenciamento de Energia: sistemas para monitoramento e potencialização da demanda de residências e edifícios de forma isolada ou através da Internet.

3.4 DESAFIOS TECNOLÓGICOS

Um dos maiores desafios, para implementação de REI, consiste no envolvimento de várias disciplinas devido ao fato do sistema ter alto teor de complexidade, além de depender do contexto no qual a rede elétrica inteligente será implantada, ou seja, em redes de transmissão, distribuição ou microrredes. (BONALDO et al., 2013).

FIGURA 1 Integração com outros serviços.



Fonte: EESC-USP, 2019.

No caso de microrredes residenciais inteligentes, que representam a evolução da rede de distribuição de baixa tensão, pode-se colocar uma infinidade de recursos energéticos distribuídos (solar, eólica, baterias, células a combustível, microturbinas). Neste contexto, cada fonte de energia está ligada à rede de distribuição por um conversor de eletrônico de potência (CEP). O funcionamento da microrrede pode ser melhorado através de um controle sinérgico de tais processadores de energia.

Dessa forma, é necessário desenvolver uma arquitetura de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC) para o controle dos CEP distribuídos. Em uma abordagem *Plug & Play* de controle, cada CEP tem que identificar



a rede ao redor e se comunicar com os consumidores vizinhos para estabelecer uma regra de controle distribuído e próximo do ideal. Com esse procedimento, torna-se possível explorar amplamente todas as fontes de energia existentes, reduzir a perda local de distribuição e estabilizar as tensões da rede. (BONALDO et al., 2013).

3.5 SISTEMAS DE MEDIÇÃO E SENSIAMENTO DE GRANDEZAS ELÉTRICAS

Os chamados Medidores Inteligentes ou “Smart Meters” são equipamentos que podem atuar na operação e no planejamento do sistema de medição. São medidores de energia elétrica que utilizam comunicação bidirecional para atuação remota, para coleta de dados e para fornecimento de informações aos consumidores e distribuidoras são chamados de inteligentes (LAMIN, 2013).

FIGURA 2 Medidor inteligente.



Fonte: NXP Semiconductors Brasil, 2019.

Tais equipamentos possuem muitas aplicações em *Smart Grids*, tais como: tarifação dinâmica; resposta à demanda; conexão e desconexão remotas; gerenciamento de interrupções; e segurança de rede e redução de perdas não técnicas, dentre outras.

Um medidor inteligente deve conter no mínimo as funcionalidades a seguir:

- a) Medição de energia ativa e reativa;
- b) Capacidade de aplicação de tarifas horárias;
- c) Demanda programável;
- d) Possibilidade de faturamento em pré-pagamento ou pós-pagamento eletrônico;
- e) Inversão de fluxo (geração distribu-

ída);

- f) Registro de eventos e apuração de indicadores de continuidade e conformidade;
- g) Medição de neutro, sensor de abertura da tampa e alertas antifraude;
- h) Corte e religamento remoto;
- i) Mostrador LCD parametrizável e display com seis dígitos;
- j) Saídas ou entradas de pulsos (ou saída serial) e porta ótica de comunicação local; e
- k) Comunicação remota bidirecional.

No quesito comunicação, os medidores inteligentes possuem comunicação bidirecional, podendo receber e enviar dados. Várias tecnologias podem ser usadas para tal, como ZigBee, PLC, rede Mesh, GRPS, etc.

Seguindo uma tendência mundial, não existe no Brasil a previsão de fabricação de medidores eletromecânicos para o futuro. Atualmente, os preços de modelos básicos de medidores eletrônicos são inferiores aos preços dos eletromecânicos, devido ao avanço na eletrônica e à queda de preços de fabricação, além do aumento nos preços de componentes dos medidores eletromecânicos (ferro, alumínio e cobre). Sendo assim, é previsível que não existirão mais plantas fabris de medidores eletromecânicos no país (LAMIN, 2013).

3.5.1 Descarte dos Medidores Eletromecânicos

Segundo a ANEEL, fabricantes e distribuidoras manifestaram soluções simples e viáveis para a questão do descarte de equipamentos, de modo que essa “não seria uma etapa crítica” (Aneel, 2010).

Os fabricantes manifestaram interesse em montar uma logística reversa, com uma empresa especializada em receber os ativos e dar destinação final. A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) pontuou que os descartes são fáceis, já que todas as partes dos medidores eletromecânicos são recicláveis. Segundo a Associação, para o descarte dos medidores eletromecânicos “já

existe uma empresa de logística reversa (recolhimento e destinação final) contatada". Ressaltou ainda que "essa mesma empresa facilmente interessar-se-á pelo recolhimento dos medidores eletrônicos".

Complementarmente, existe a possibilidade de revenda dos equipamentos para países que permanecem utilizando a medição eletromecânica, ou ainda, a opção de que medidores descartados sejam sucateados e suas partes vendidas a uma empresa de reciclagem (ANEEL, 2010). Ou seja, o descarte de medidores eletromecânicos poderia ser considerado até mesmo um benefício, uma vez que poderia ser obtido algum valor monetário com a venda do equipamento retirado de campo. Apesar de terem considerado valor nulo, as análises conduzidas em Portugal (ERSE, 2012) e na Holanda (SENTER NOVEM, 2005) mencionam que pode existir algum valor residual dos medidores convencionais substituídos antes do final da sua vida útil.

3.5.2 Multi-Utility

Por meio da funcionalidade conhecida como AMM+MU (Automated Meter Management + Multi-utility), o medidor eletrônico de energia elétrica permite a interação com outros medidores de serviços públicos, como água e gás. Assim, o medidor está apto a receber dados de outros serviços e comunicá-los remotamente por meio do sistema de telecomunicações e da infraestrutura das empresas de distribuição de energia elétrica (LAMIN, 2013).

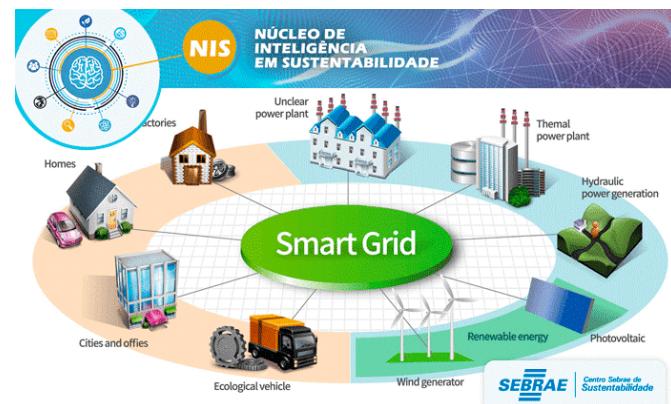
3.5.3 Sistemas de Comunicação

Existem basicamente 4 camadas na área de comunicação para Smart Grids: HAN – Home Area Network; LAN – Local Area Network; RAN – Regional Area Network; e WAN – Wide Area Network.

Atualmente a tecnologia ZigBee é mais atrativa para interconectar dispositivos em uma rede privada. Protocolos ZigBee são destinados a aplicações embarcadas que exigem baixas taxas de dados e baixo consumo de

energia. Tal tecnologia permite criar uma rede de sensores sem fio, como em uma rede de sensores doméstica (BONALDO et al., 2013). Tal conceito é ilustrado na figura 3.

FIGURA 3 Interconectividade da Smart Grid.



Fonte: SEBRAE, 2019.

Uma possível solução para a transmissão de dados é a tecnologia Power Line Communications (PLC), que é um canal de comunicação natural para redes elétricas. Nesse caso, a topologia de comunicação que corresponde exatamente à topologia da rede, não requer implantação de novos cabos.

Apesar de vários esforços de padronização para apoiar as redes inteligentes, ainda não foi encontrada uma solução definitiva, com as taxas de transmissão de dados necessária às estratégias de controle (BONALDO et al., 2013).

CONCLUSÃO

Diante do exposto, pode-se afirmar que o que caracteriza uma rede elétrica como "inteligente" é a capacidade de integrar as ações de todos agentes a ela conectados, sejam geradores de energia ou consumidores e atuarem de forma autônoma ou ainda remotamente.

Sendo assim, duas características inerentes ao setor elétrico brasileiro podem favorecer e acelerar a implantação das *Smart Grid* no Brasil. A primeira característica refere-se ao crescente aumento da demanda, que causa um risco maior de falta de energia (apagões). A segunda característica diz respeito à necessidade de criação de mecanismos que impossibilitem



o roubo de energia, conhecido popularmente como “gato”. Entretanto, a sua implantação demanda altos investimentos e, no caso do Brasil, ainda falta regulamentação da ANEEL. Ainda assim, as empresas brasileiras apostam na tecnologia, pois é uma tendência mundial.

Tendo em vista as grandes transformações no setor elétrico e o consequente surgimento de inovações que buscam evitar perdas energéticas na distribuição de energia elétrica entre o consumidor final e a concessionária, foram apresentadas, nesse trabalho, as vantagens, desvantagens, viabilidades e dificuldades, para a implantação desse sistema inteligente.

Mediante tal implantação, a extensão do mercado e os incentivos previstos com a implantação das REI podem ser estendidos para outros serviços públicos e privados, caracterizando o conceito de cidades inteligentes (*Smart Cities*). Os medidores inteligentes também podem ser integrados a outros serviços públicos e privados de medição, como por exemplo serviços de gás, água, eletrodomésticos, trânsito entre muitas outras funcionalidades.

No Brasil, a redução de perdas não técnicas, a melhoria da continuidade e da eficiência energética, levam empresas e concessionárias de energia elétrica a realizarem estudos com o objetivo de melhorar a qualidade da prestação de serviço utilizando o conceito de *Smart Grid*. Nesse sentido é possível citar a Companhia Energética de Minas Gerais-CEMIG, que está com projeto piloto na cidade de Sete Lagoas - MG, que fica a 70km de Belo Horizonte - MG, cidade escolhida por ter uma diversidade econômica. A concessionária de energia AES Eletropaulo tem investido nas tecnologias que usam *Smart Grid*, tanto que foi a primeira a ter *Smart Meter* ou medidores inteligentes homologados pelo INMETRO, nas cidades que participam do projeto: Vinhedo – SP, Santos – SP, e Barueri – SP. Além de participarem desse projeto de implantação do Conceito de *Smart Grid*, também caminham para o conceito de Smart City as seguintes ci-

dades: Tubarão – SC, Lajeado – RS, Laguna – CE e Aparecida de Goiânia – GO, que possuem grandes projetos de *Smart City* que, consequentemente, utilizarão *Smart Grid*.

Cabe a observação de que os conceitos apresentados nesse trabalho, causam grandes transformações de conduta à sociedade na qual se insere: melhora-se a educação, mediante a capacitação de novos profissionais especializados; gera-se rendas diretas e indiretas; e há diminuição de perdas técnicas e aumento da eficiência energética. Tudo colaborando para um impacto nacional positivo.

Um fato importante a ser enfatizado quanto à implantação da *Smart Grid* é a necessidade de controle do descarte correto dos medidores eletromecânicos e destinação final dos mesmos, uma vez que, quando começarem a serem substituídos, será gerada uma grande quantidade de lixo. Tal necessidade está alinhada com o pensamento de que toda inovação tecnológica deve ser acompanhada de sustentabilidade, ou seja, de atitudes que mantenham o meio ambiente saudável.

Como sugestão para futuros trabalhos, buscando-se a continuidade desse estudo sugere-se que sejam apresentadas formas eficientes de proteção da rede lógica da *Smart Grid*, uma vez que a tecnologia pode usar sinal de radiofrequência e também a internet das coisas (IOT), visando que nem as concessionárias, nem os consumidores, sejam vítimas de ataques cibernéticos.

SMART GRID DEPLOYMENT IN BRAZIL: POSSIBILITIES AND LIMITATIONS

ABSTRACT: THE BRAZILIAN ELECTRICAL SECTOR IS CONSTANTLY CHANGING AND IMMINENT TECHNOLOGICAL TRANSFORMATIONS ON A LARGE SCALE. THIS TECHNOLOGICAL TRANSITION IS CHARACTERIZED BY THE MODERNIZATION OF THE TECHNOLOGIES APPLIED TO THE GENERATION, TRANSMISSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRIC ENERGY, AIMING AT IMPROVING THE USE OF THE RESOURCES OF THE ELECTRIC GRID ITSELF, WITH THE POSSIBILITY OF PROVIDING THE FINAL USER WITH GREATER PARTICIPATION IN THE PLANNING AND OPERATION OF THE SYSTEM. THIS NEW TECHNOLOGICAL



DESIGN IS KNOWN AS SMART GRID OR SMART GRID. EVEN BRAZIL'S RENEWABLE ENERGY MATRIX, WITH AROUND 90% OF THE ENERGY GENERATED FROM RENEWABLE AND INTERCONNECTED SOURCES, CONTEMPLATING GENERATION AND TRANSMISSION WITH GIGANTIC DIMENSIONS, IT IS OBSERVED THAT MUCH OF THIS ENERGY GENERATED AND TRANSMITTED IS TECHNICALLY LOST BEFORE REACH THE DESTINATION. WITH THE OBJECTIVE OF AVOIDING THESE TECHNICAL LOSSES AND ACHIEVING A SATISFACTORY ENERGY EFFICIENCY, SINCE 2011 THE IMPLEMENTATION OF SMART GRID TECHNOLOGY IN BRAZIL HAS BEEN STUDIED. THIS MOTIVATED ELECTRIC UTILITIES, PUBLIC AND PRIVATE COMPANIES, TO MAKE THIS TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION A REALITY AS FAST AS POSSIBLE. THIS TECHNOLOGY INVOLVES SEVERAL TECHNOLOGY SECTORS, SUCH AS THE INTERNET OF THINGS AND SMART METERS OR SMART METERS. THE IMPLEMENTATION OF THE SMART GRID CAN PROVIDE FACILITIES FOR CONSUMER CONTROL, IDENTIFICATION AND RESOLUTION OF DEFECTS REMOTELY, AS WELL AS FAVORING SOCIETY THROUGH BENEFITS SUCH AS: MORE ADVANCED TRAINING IN ENERGY SAVING AND PROFESSIONALIZATION ON THE PART OF ITS MEMBERS. THUS, THIS WORK WAS ELABORATED THROUGH A BIBLIOGRAPHIC SURVEY ABOUT SMART GRID WITH THE OBJECTIVE OF PRESENTING THE MAIN ADVANTAGES, DISADVANTAGES, FEASIBILITY AND DIFFICULTIES FOR THE INSERTION OF INTELLIGENT ELECTRIC GRIDS IN THE NATIONAL SCENARIO.

KEY WORDS: TECHNICAL LOSSES, SMARTS GRIDS, ENERGY EFFICIENCY, SMART METERS.

REFERÊNCIAS

AMIN, S. M.; Wollenberg, B. F. Toward a smart grid. IEEE Power and Energy Magazine, v. 3, n. 5, p. 34-38, sep.-oct. 2005.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Manual-PeD_REN-504-2012.pdf>. Acesso em: maio. 2018.

BANDEIRA, F. P. M. Redes de energia elétrica inteligentes (smart grids). Nota técnica. Consultoria Legislativa, 2012. Disponível em: <http://www.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/2012_7872.pdf>. Acesso em: maio. 2018.

BLOOMBERG. Energy Smart Technologies – Digital Energy – Research Note. New Energy Finance. 2012.

BONALDO J. P., F. N. Braga, J. A. Pomilio, "Single-phase Multifunctional Grid Interface Converter without Grid Synchronization", IEEE 4th International Conference on Clean Electrical Power Renewable Energy Resources

Impact, Alghero, Italy, 11-13 June 2013, pp. 330-336.

BRASIL – Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Eficiência Energética. Premissas e diretrizes básicas na elaboração do plano. 2010. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNEf_Premissas_e_Dir_Basicas.pdf>. Acesso em: maio. 2018.

CENTRO SEBRAE DE SUSTENTABILIDADE. Disponível em: <<http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Estudos%20e%20Pesquisas/Imagens/NIS%20-%20smart%20grid.png>>. Acessado em: 28/06/2019.

ERSE (2012). Contadores Inteligentes de Eletricidade e de Gás Natural. Documento de Consulta Pública. Lisboa, Portugal.

FALCÃO, M Djalma, Smart Grids e Microredes: O Futuro já é Presente. VIII Simpase, Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, Programa de Engenharia Elétrica, COPPE, UFRJ, 2013.

LAMIN, HUGO. (2013). Análise de Impacto Regulatório da implantação de redes inteligentes no Brasil. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.TD-076/13, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 300p.

NXP Semiconductors Brasil. Disponível em: <<https://blog.nxp.com/internet-of-things-2/is-2017-the-year-of-the-smart-meter>>. Acessado em: 28/06/2019.

RICHTER GRUPPE EMPREENDIMENTOS E PARTICIPAÇÕES. Disponível em: <<http://richtergruppe.com.br/cidades-brasileiras-investindo-em-smart-cities-veja-quais-sao/>>. Acessado em: 26/06/2019

RIVERA, Ricardo; Esposito, Alexandre Siciliano; TEIXEIRA, Ingrid. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 40, p. 43-83, dez. 2013

SENTERNOVEM (2005). Implementing smart metering infrastructure at small-scale customers. Recommendation. FAS nº 1-2893 (SenterNovem: 4150). Utrecht, Holanda.

O autor é Graduado em Engenharia Elétrica/ Eletrônica pela Universidade Paulista-UNIP. Pós graduando em Sistema de Energia pela Universidade Paulista-UNIP e pode ser contatado pelo e-mail: andrericardo.santos@eb.mil.br.

