

## REDES INTELIGENTES NA DISTRIBUIÇÃO DE ELETRICIDADE NO BRASIL: VANTAGENS E POTENCIALIDADES

### *INTELLIGENT NETWORKS IN THE DISTRIBUTION OF ELECTRICITY IN BRAZIL: ADVANTAGES AND POTENTIALITIES*

Gerson Yuri Cagnani Conte<sup>1</sup> e Geraldo Jose Ferraresi de Araujo<sup>2</sup>

#### RESUMO

Energia é um dos principais insumos da sociedade moderna, uma vez que sua disponibilidade, preço e qualidade são determinantes fundamentais para o desenvolvimento econômico e social das nações. Nesse sentido, as economias mais competitivas do mundo estão realizando reformas em suas respectivas políticas energéticas com o objetivo de torná-las competitivas em custo, atrativas no investimento, renováveis e menos dependentes de combustíveis fósseis. Com base nesse cenário emerge a importância das redes de distribuição de eletricidade inteligentes, também conhecidas como *smart grids*. Existem uma série de definições para redes inteligentes, as quais convergem para a utilização de instrumentos digitais e de comunicações nas redes que transportam eletricidade. Objetivo do presente artigo é dissertar sobre a rede de distribuição de energia elétrica inteligente e apresentar o atual panorama do mercado de distribuição de eletricidade no Brasil, desafios do setor, conceitualizar as *smart grids*, vantagens e o seu potencial de aplicação. A metodologia utilizada foi a pesquisa qualitativa, revisão da literatura sob análise de conteúdo. Pode, a partir do método, concluir que a materialização das *smart grids* no Brasil serão necessários investimentos de até 91 bilhões de reais até 2030, em pesquisa e desenvolvimento em novas tecnologias, com ganhos esperados em auto-recuperação, resistência a ataques e estabilidade no fornecimento de energia elétrica.

**Palavras-chave:** *Smart grids*; Rede de distribuição de eletricidade; Ganhos em potencial.

#### ABSTRACT

*Energy is one of the main inputs of modern society, since its availability, price and quality are fundamental determinants for the economic and social development of nations. In this sense, the most competitive economies in the world are carrying out reforms in their respective energy policies with the objective of making them competitive in cost, attractive in investment, renewable and less dependent on fossil fuels. Based on this scenario, the importance of smart electricity distribution networks, also known as smart grids, emerges, according to Petenel (2014). networks carrying electricity. Objective of this article is to talk about the smart electricity distribution network and present the current panorama of the electricity distribution market in Brazil, challenges of the sector, conceptualize smart grids, advantages and their application potential. The methodology used was qualitative research, review of the literature under content analysis. It can, from the method, conclude that the materialization of smart grids in Brazil will require investments of up to 91 billion real until 2030 in research and development in new technologies, with expected gains in self-recovery; resistance to attacks and stability in the supply of electricity.*

**Keywords:** *Smart grids; Electricity distribution network; Potential earnings*

1 Engenheiro. Controle e automação. Escola de Engenharia Mauá. Marinha do Brasil. São Paulo. Brasil. E-mail: gerson.cagnani@gmail.com

2 Mestre em Administração. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil. E-mail: geraldoferraresi@usp.br

## INTRODUÇÃO

A energia é uns dos recursos estratégicos para o desenvolvimento sustentável e competitivo das nações. No mundo contemporâneo é dependente de energia, não sendo possível planejar, seja uma empresa ou um país, sem eletricidade e sem as relações que regem a geração, transmissão, distribuição e consumo de eletricidade (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Para Trigoso (2004), há uma forte relação entre consumo de energia e desenvolvimento social. Logo, dispor de uma matriz energética diversificada, limpa, de custo baixo e estruturada é de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e social de um país em respeito ao meio ambiente. Nesse sentido, as nações necessitam de mecanismos que possibilitem o incremento dos níveis de sustentabilidade, um dos principais desafios do século XXI.

De acordo com Silva, Garrafa, Navarenho, Gado, Yoshima (2005), a infra-estrutura em eletricidade é uma tipo de de investimento de longo prazo como por exemplo: expansão da oferta de energia, modalidade de fonte de energia, emissões de gases efeito estufa, custo de geração de eletricidade, investimento em linhas de transmissão e distribuição, intensidade e custo de mão de obra, disponibilidade de recursos financeiros para investimentos e tecnologias utilizadas na geração, transmissão e distribuição.

Para Araujo (2017), o papel da política e do planejamento em energia elétrica deve ser capaz de traduzir as escolhas estratégicas para o desenvolvimento sustentável, oferecendo as diretrizes necessárias para direcionar os investimentos e a alocação de recursos. Deve, portanto, refletir a política estratégica de Estado imune às mudanças governamentais e que garanta segurança aos investidores, empresários e consumidores.

Nesse sentido, as economias mais competitivas do mundo estão realizando reformas em suas respectivas políticas energéticas com o objetivo de torná-las competitivas em custo, atrativas no investimento, renováveis e menos dependentes de combustíveis fósseis.

No que se refere particularmente à transmissão, para Moreira (2012), um quinto da energia gerada no país é desperdiçada durante a transmissão até os centros de consumo. Para Oliveira (2008), além de demonstrar um cenário de desperdício, torna questionável a política estratégica em eletricidade do país, no qual não leva em consideração as significativas perdas nas linhas de transmissão, construção de grandes unidades geradores, de substancial impacto social e ambiental longe dos centros urbanos. Segundo o Augusto (2011), em 2008, as perdas em transmissão e distribuição no Brasil somaram 16% do total produzido pelo sistema de geração do país

Com base nesse cenário emerge a importância das redes de distribuição de eletricidade inteligentes, também conhecidas como *smart grids*. O conceito de *smart grid* apresenta uma mudança no

paradigma do setor elétrico, levando em conta a necessidade de tornar o sistema de entrega de energia mais interativo por razões que diferem em cada país ou região.

As necessidades de incorporar diferentes fontes de energia na rede em especial fontes geradoras descentralizadas, renováveis e intermitentes, tempo de introduzir novos consumidores como veículos elétricos, as perdas substanciais ocorridas no processo de distribuição elétrica e melhorar a eficiência e o próprio dimensionamento da rede justifica-se um estudo sobre automação na rede de distribuição de energia elétrica no Brasil, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2019) as perdas técnicas referentes a eletricidade no país em 2018 foi 7,5%, com destaque para os estados do Piauí e do Maranhão, no qual as perdas chegam respectivamente em 12,2% e 11,9%. De acordo com Pinto (2020) a economia obtida com as *Smart Grid* pode chegar até 25% . Ante ao supracitado o objetivo geral do presente artigo é dissertar sobre a rede de distribuição de eletricidade inteligente, também conhecida como *smart grid*, como objetivos específicos, apresentar o atual panorama brasileiro do mercado de distribuição de energia elétrica , destacando os principais desafios do setor, conceitualizando *smart grid*, suas vantagens e potencial de aplicação.

## **METODOLOGIA**

Para a consecução do tanto objetivo geral quanto dos específicos a metodologia utilizada foi a pesquisa descritiva, segundo Selltiz, Wrightman e Cook (1965), busca descrever uma situação em detalhe, especialmente o que está ocorrendo, permitindo abranger, com exatidão, as características de um grupo ou eventos, nesse caso as redes elétrica inteligentes no Brasil.

Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, considerada uma fonte de coleta de dados secundária, pode ser definida como: contribuições culturais ou científicas realizadas no passado sobre um determinado assunto, tema ou problema que possa ser estudado (LAKATOS; MARCONI, 2001; CERVO; BERVIAN, 2002).

Como também uma pesquisa documental, que ainda de acordo com Lakatos e Marconi (2001), é a coleta de dados em fontes primárias, como documentos escritos ou não, pertencentes a arquivos públicos, particulares de instituições e domicílios, e fontes estatísticas.

No que tange a análise das informações, o instrumental utilizado foi a análise de conteúdo, de acordo com Bardin (1977), é um conjunto de técnicas de análise de comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo de mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens.

## REVISÃO DA LITERATURA

### PANORAMA DO MERCADO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL, OS PRINCIPAIS DESAFIOS DO SETOR

De acordo com Brasil (2014), o sistema de distribuição de energia elétrica no Brasil é regulado por resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que por sua vez se orienta de acordo com a Lei Nº 9.427 de 26 de dezembro de 1996.

Para a Agência Nacional de Energia Elétrica (2010), a partir do documento intitulado Procedimentos de Distribuição - PRODIST, disciplina formas, condições, responsabilidades e penalidades relativas à conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica e estabelecendo critérios e indicadores de qualidade.

O segmento de distribuição, de acordo com Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica (2018), é o segmento que recebe a eletricidade do sistema de transmissão e a distribui para consumidores médios e pequenos, seja indústria, comércio, serviços e residências. No Brasil, a rede de distribuição de eletricidade é composta por 64 empresas, dentre as quais 9 estão na região Norte, 11 na região Nordeste, 5 na região Centro-Oeste, 22 na região Sudeste e 17 na região Sul, as quais são responsáveis pela administração, manutenção e operação de linhas de distribuição, com tensão abaixo de 230 mil Volts, aonde o setor privado é responsável por 67% das organizações do setor.

O sistema de distribuição de energia elétrica é aquela rede que se ramifica ao longo de ruas e avenidas para conectar fisicamente o sistema de transmissão, ou mesmo unidades geradoras de médio e pequeno porte, aos consumidores finais, majoritariamente residências (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELETRICA, 2018).

Os sistemas de distribuição, ainda de acordo com a Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica (2018), como ocorre com o sistema de transmissão também são composta por fios condutores, transformadores e equipamentos de medição, controle e proteção das redes de eletricidade, utilizados para corrigir anomalias na rede, as quais podem prejudicar a própria rede elétrica ou mesmo os equipamentos dos consumidores. Porém, a rede de distribuição é muito mais extensa e ramificada. De acordo com Spatti, Silva, Usida e Flauzino (2011), na medida em que as redes de baixa tensão levam energia elétrica até as residências e pequenos comércios/indústrias por meio dos chamados ramais de ligação deve transformá-la internamente para níveis de tensão menores, sob sua responsabilidade. Nas redes de distribuição de média tensão também são, frequentemente, encontrados equipamentos auxiliares, como capacitores e reguladores de tensão.

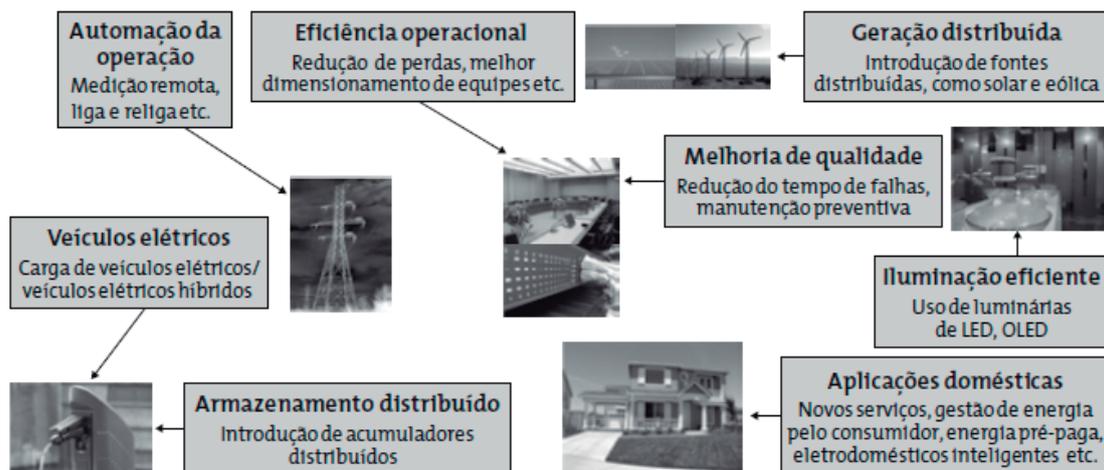
Existem quatro tipos de redes de distribuição de energia elétrica, sendo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018):

- Rede de Distribuição Aérea Convencional: É o tipo de rede elétrica mais encontrada no Brasil, na qual os condutores não possui isolamento. Exatamente por isso, essas redes são mais susceptíveis à ocorrência curto-circuitos, principalmente quando há contato de galhos de árvores com os condutores elétricos;
- Rede de Distribuição Aérea Compacta: São muito mais protegidas que as redes convencionais, não somente porque os condutores tem uma camada de isolamento, mas porque a rede em si ocupa bem menos espaço, resultando em menor número de perturbações;
- Rede de Distribuição Aérea Isolada: Esse tipo de rede é bastante protegida, pois os condutores são encapados com isolamento suficiente para serem trançados. Geralmente mais cara, essa rede é utilizada em condições especiais;
- Rede de Distribuição Subterrânea: Proporciona o maior nível de confiabilidade e também o melhor resultado estético. No entanto, as redes subterrâneas são bem mais caras que as demais soluções, sendo comuns apenas em regiões muito densas ou onde há restrições para a instalação das redes aéreas.
- Além disso, as redes de distribuição usam duas topologias básicas, de acordo com Ribeiro (2017):
- Rede Radial: O princípio de operação é baseado em uma única fonte de suprimento. Isto significa que todas as unidades consumidoras são alimentadas a partir de um único alimentador;
- Rede em Anel Aberto: Nesta configuração são usadas várias linhas de alimentação.

Isto significa que dois possíveis caminhos elétricos podem suprir qualquer unidade consumidora, cada caminho é ativado a qualquer tempo, e a alimentação de retaguarda é dada pelo uso de outro anel.

## **SMART GRID: VANTAGENS E POTENCIAL DE APLICAÇÃO**

De acordo com Amin e Wollenberg (2005), *smart grip* é definida como uma infraestrutura de rede elétrica em larga escala caracterizada por segurança, agilidade e resiliência/robustez que enfrenta novas ameaças e condições não previstas. Os agentes que compõem a rede *Smart Grid* estarão conectados entre si e serão capazes de comunicar e cooperar de maneira a se autoconfigurar em determinados cenários ou na necessidade de determinadas correções (AMIN;WOLLENBERG, 2005). A figura 1 sintetiza a amplitude de impacto das *smart grids* na sociedade.

Figura 1 - Impacto das *smart grids* na sociedade.

Fonte: Riviera, Sposito e Teixeira (2013).

De acordo com Falcão (2010), *smart grid* deve ser compreendida mais como um conceito do que uma tecnologia ou equipamento específico. Baseia-se, portanto, na utilização intensiva de tecnologias relacionadas aos campos da automação, computação e comunicações para monitoração e controle da rede elétrica, no qual vai permitir a estratégias de controle e otimização da rede de forma mais depurada que a atual, são, portanto, uma nova arquitetura de distribuição de energia elétrica, mais segura e inteligente, que integra e possibilita ações a todos os usuários a ela conectados.

Já para Companhia Energética de Minas Gerais (2015):

As redes inteligentes de energia, ou do inglês *smart grid*, são uma nova arquitetura de distribuição de energia elétrica, mais segura e inteligente, que integra e possibilita ações a todos os usuários a ela conectados. Nesse conceito, o fluxo de energia elétrica e de informações se dá de forma bidirecional.

As *smart grids*, para Rivera, Sposito e Teixeira (2013) tem como pressuposto otimizar a geração, distribuição e consumo de eletricidade, permitindo a entrada de novos fornecedores e consumidores na rede elétrica, com substanciais melhorias no monitoramento, gestão, automação e qualidade da eletricidade disponível, por meio de uma rede elétrica caracterizada pelo uso intensivo das tecnologias de informação.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2015), as primeiras tentativas de se instalar inteligência na rede de distribuição de eletricidade adveio da medição eletrônica, usada para monitorar o comportamento da carga de grandes consumidores na década de oitenta, com a instalação de equipamentos de comunicação, esses medidores proporcionaram o monitoramento em tempo real do consumo de eletricidade. Hoje, inúmeros países já estão modernizando suas infraestruturas de rede. Os Estados Unidos lançaram um pacote de estímulos que aportará cerca de US\$ 4 bilhões, para financiar projetos de redes inteligentes.

A literatura levantada neste artigo aponta várias razões para a realização dos vultuosos investimentos supracitados, um dos motivos para o desenvolvimento e a instalação das *smart grids* é o custo dos apagões, que causam grande impactos financeiros nas organizações e na economia do país. No Brasil, por exemplo, uma auditoria do Tribunal de Contas da União mostrou que os apagões de 2001 e 2002 causaram prejuízos de 45,2 bilhões de reais. Nos Estados Unidos, estima-se que o apagão de 2011 causou, somente na região de San Diego, um prejuízo de 97 a 118 milhões de dólares, incluído gastos com alimentos estragadas (12 a 18 milhões de dólares), horas extras governamentais (10 - 20 milhões de dólares) e perda de produtividade (70 milhões de dólares). A Universidade da Califórnia, em Berkeley afirma que cerca de 80 bilhões de dólares em perdas anuais nos EUA devido às interrupções no setor elétrico (LOPES *et al.*, 2012).

As atuais redes de transmissão e distribuição de eletricidade, contêm uma série de desafios a serem que deixam em vulnerabilidade tanto os consumidores quanto as empresas do setor, entre as principais pode-se citar:

- Não há possibilidade de o consumidor vender parte da energia produzida por ele, utilizando, por exemplo, com painéis solares;
- O controle do consumo de eletricidade é manual;
- Baixo nível de automação no controle dos dispositivos da rede;
- Baixa qualidade na energia entregue ao consumidor, devido a falhas nos sistemas de transmissão e de distribuição.

As *smart grids* vêm no sentido de fazer frente a esses desafios técnicos e econômicos, não somente em relação ao problema com apagões, mas também em outras importantes frentes técnicas, o quadro 1 sintetiza as diferenças entre as redes tradicionais e as *Smart Grids*:

**Quadro 1** - diferenças entre as redes tradicionais e *smart grids*.

Redes Tradicionais	<i>Smart Grids</i>
Não permite auto recuperação	Auto-recuperação
Vulnerável a ataques físicos e cibernéticos	Maior resistência a ataques físicos e cibernéticos
Incipiente no fornecimento de energia	Maior constância no fornecimento de energia
Não contempla a inserção da geração distribuída na rede	Permitir uma maior inserção da geração distribuída na rede
Não delimita áreas afetadas por problemas técnicos	Possibilita o isolamento das áreas afetadas por problemas técnicos
Não prevê, detecta e resolve problema no sistema	Permite antecipar, detectar e resolver problemas no sistema
Permite somente a venda de eletricidade pelas distribuidoras	Permite a compra e venda de eletricidade pelos consumidores

Fonte: Ministério de Minas e Energia (2015).

Além disso, essa tecnologia produzirá uma convergência acentuada entre a infra-estrutura de geração, transmissão e distribuição de eletricidade e a infra-estrutura de comunicações e processamento de dados. Esta última funcionará como uma Internet de Equipamentos, interligando e trocando informações e ações de controle entre os diversos segmentos da rede elétrica. Outrossim, algumas das características geralmente atribuídas à *smart grid*, de acordo com Falcão (2010):

- Auto-recuperação: capacidade de automaticamente detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede;
- Empoderamento dos Consumidores: habilidade de incluir os equipamentos e comportamento dos consumidores nos processos de planejamento e operação da rede;
- Qualidade de energia: prover energia com a qualidade exigida pela sociedade;
- Acomodar uma grande variedade de fontes e demandas: capacidade de integrar de forma transparente 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;
- Viabilizar e beneficiar-se de mercados competitivos de energia, favorecendo o mercado varejista e a micro-geração;
- *Advanced Metering Infrastructure*: permitirão a leitura automática da demanda de consumidores individuais, conexão e desconexão de consumidores, disponibilização de informações do preço da energia;
- Controle coordenado de tensão e fluxo de reativos.

A mudança da rede de energia elétrica tradicional para a *smart grid* deverá acontecer de forma paulatina: tecnologias de automação, computação e comunicações serão introduzidos em gradualmente na rede, formando bolsões de sub-redes com as características da *smart grid*, as quais conviverão de forma com rede tradicional, sendo gradualmente substituída (FALCÃO, 2010)

No país e no mundo, de acordo com Rivera, Sposito e Teixeira (2013), as *smart grids* encontram-se em inicial estágio de evolução, semelhante ao da internet no começo dos anos oitenta, consequentemente grandes oportunidades de negócios para as concessionárias de eletricidade, fornecedores de soluções tecnológicas, governos, consumidores.

Para a implantação das *smart grids* no Brasil necessitará de expressivos de investimentos para viabilizar o desenvolvimento de tecnologias e produção local em grande escala, permitindo encadeamentos produtivos e tecnológicos significativos (RIVERA; SPOSITOM; TEIXEIRA, 2013).

No Brasil, para Pacalicchio (2011), o potencial de substituição de cerca de 64 milhões de medidores de eletricidade com investimentos em infra estrutura, softwares de medição de consumo, automação do sistema, tecnologia da informação, telecomunicações e dispositivos de geração distribuída, sobretudo ligada as matrizes renováveis de energia podem chegar a casa dos R\$ 46 bilhões a R\$ 91 bilhões até 2030, dado ao lamentável fato do Brasil estar em primeiros no rankings globais de furtos de eletricidade.

Esse mercado em potencial vem atraindo a atenção de grandes multinacionais como a IBM, GE, Siemens, Silverspring, Fujitsu e Asea Brown Boveri e vêm reforçando sua atuação no país seja por aumentos de Market share ou por aquisições de empresas nacionais. O presente mercado de *smart grid* no Brasil e os ganhos potenciais previstos com a implantação a sua implantação podem ser estendidos

para outros serviços públicos, como cidades inteligente para gestão e uso eficiente dos recursos, como água, gás, segurança e trânsito (RIVERA; SPOSITOM; TEIXEIRA, 2013).

## CONCLUSÃO

As redes inteligentes de eletricidade, também conhecidas como *smart grid*, são uma inovação no sistema de distribuição de eletricidade, aonde a partir de uma série de tecnologias (automação, telecomunicação, tecnologia da informação e internet das coisas e etc) tornará a rede de distribuição mais segura e inteligente, que permitira a integração de todos os consumidores, aparelhos elétricos e concessionárias de energia no sistema.

As *smart grids* conseguem responder de maneira satisfatória demandas fundamentais da sociedade contemporânea, tanto no que se refere a infra estrutura elétrica, como também em relação ao desenvolvimento sustentável, no que se refere a geração distribuída, principalmente matrizes fotovoltaicas, eólicas e biomassa.

Uma maior eficiência no fluxo de eletricidade oferecido pelas *smart grids* proporcionará uma série de benefícios para consumidores, concessionárias de energia e para todos os *stakeholders* do sistema elétrico nacional, sendo, portanto, os principais benefícios: auto-recuperação; resistência a ataques; estabilidade no fornecimento de eletricidade; maior participação das matrizes renováveis; antecipar, detectar e resolver problemas no sistema; possibilitará o isolamento das áreas com problemas de fornecimento e permite o redirecionamento da eletricidade e a inserção dos consumidores na venda de eletricidade para as distribuidoras.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Perdas de Energia Elétrica na Distribuição**. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3nILLAg>. Acesso em: 10 jul. 2020.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST**. 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3u8rDda>. Acesso em: 17 ago. 2018.

AMIN,S. M; WOLLENBERG,B.F. **Toward a smart grid: Power delivery for the 21st century**. IEEE Power and Energy Magazine, v. 3, n. 5, p. 34-41, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/3t6W567>. Acesso em: 17 ago. 2018.

ARAUJO, G. J. F. **Análise energética, ambiental, e econômica de biodigestores de circulação interna e concentradores de vinhaça para geração de eletricidade, fertilizantes e créditos de carbono**

**em diferentes cenários econômicos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3t7zCFV>. Acesso em: 05 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELETRICA. **Redes de Energia Elétrica**. 2018b. Disponível em: <https://bit.ly/3nMsdLr>. Acesso em: 17 jul. 2018.

AUGUSTO, A. **Perdas de transmissão e distribuição de energia elétrica**. 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3aOE0TR>. Acesso em: 17 ago. 2018.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. **Entenda como a energia elétrica chega à sua casa**. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3aS1ibG>. Acesso em: 17 jul. 2018.

CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

COMPANHIA ENERGETICA DE MINAS GERAIS. **O que são redes inteligentes de energia**. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3vqDH9M>. Acesso em: 17 jul. 2018.

FALCÃO, D. M. Integração de tecnologias para viabilização da *smart grid*. **III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos**, p. 1-5, 2010.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/336bKbj>. Acesso em: 17 jul. 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LOPES *et al.* **Smart Grid e IEC 61859: Novos Desafios em Redes e Telecomunicações para o Sistema Elétrico**. Minicurso para o XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações de 2012, Brasília.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Relatório Smart Grid**. 2015. Disponível em: <https://bit.ly/2PAOgry>. Acesso em: 18 jun. 2018.

MOREIRA, P. F. **O Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidade e Desafios**. Rios Internacionais, Brasília, ed. 2, 2012.

OLIVEIRA, A. M. F. **O papel da liderança na implementação do processo de Responsabilidade social empresarial**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento

PASCALICCHIO, A. C. **Perspectiva econômica e modelo de negócio da tecnologia de telecomunicação nas redes de distribuição de energia elétrica no Brasil**. 2011. Tese (Doutorado em Energia) - Programa Inter unidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3vy8py0>. Acesso em: 18 jul. 2018.

PETENEL, F. H. J. **Análise de problemas ligados às comunicações em redes elétricas inteligentes**. 2014. Tese (Doutorado em Energia) - Programa Inter unidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3tbSS53>. Acesso em: 18 jul. 2018.

PINTO, G. **América do Sul foca em projetos de *Smart Grid* para diminuir perda de energia**. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3h4ND59>. Acesso em: 10 jul. 2020.

RIBEIRO, L. V. **Estudo de caso: projeto de expansão e análise de viabilidade econômica de um sistema de distribuição de energia elétrica na cidade de arcos-MG**. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Instituto Federal de Minas Gerais, Formiga, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3uafFj7>. Acesso em: 18 jul. 2018.

RIVIERA, R.; SPOSITO, A.S.; TEIXEIRA, I. **Redes elétricas inteligentes (*smart grid*): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local**. Revista do BNDES, n. 40, p. 43-84, dez. 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3gTczMG>. Acesso em: 18 jun. 2018.

SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. **Métodos de pesquisa das relações sociais**. São Paulo: Herder, 1965.

SILVA, C. R. A. S.; GARRAFA, M. T. F.; NAVARENHO, P. L.; GADO, R.; YOSHIMA, S. A biomassa como energia alternativa para o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 25-36, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/3e3w2Zk>. Acesso em: 13 jan. 2015.

SPATTI, D. H.; SILVA, I. N.; USIDA, W. F.; FLAUZINO, R. A. Regulação automática de tensão em transformadores de subestação de distribuição usando implementação fuzzy. **Sba Controle e Auto-**

**mação**, v. 22, n. 2, p. 169-183, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3h4NuyD>. Acesso em: 18 jun. 2018.

TRIGOSO, F. B. M. **Demanda de Energia Elétrica e Desenvolvimento Socioeconômico**: o caso das comunidades rurais eletrificadas com sistemas fotovoltaicos. 2004. Tese (Doutorado em Energia) -Programa Inter unidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://bit.ly/3gSWs1M>. Acesso em: 18 jun. 2018.