Eficiência Operacional nos sistemas de Distribuição e Transmissão de Energia Elétrica – "Smart Grid"

Jaine de Lima Dutra, Lucas Marques, Thiago Aires Mendes
Faculdade UNA de Catalão
Mariana Nalesso Gonçalves, Professor Orientador, Curso de Engenharia Elétrica
jainedutra10@gmail.com[1], lucas_marques321@hotmail.com[2],
thiagoaires@hotmail.com[3]

Resumo

As redes elétricas inteligentes, ou "Smart Grid", podem ser compreendidas como a automação inteligente das redes elétricas, que têm como objetivo a utilização de mecanismos digitais nas redes de transporte de energia, para facilitar a comunicação, coleta e análise de dados utilizados no controle e manutenção do sistema como um todo. Dessa maneira, impulsiona de forma direta, o desenvolvimento da energia, gerando alterações evidentes no modelo usado atualmente, o que representa avanços para as empresas distribuidoras e, também, para os consumidores. Partindo dessas informações, o objetivo desse trabalho é evidenciar as contribuições do "smart grid" para a otimização da distribuição de energia elétrica e consumo. Como objetivos específicos tem-se: apresentar os conceitos e a importância da inovação tecnológica para o sucesso no cenário econômico atual; descrever aspectos gerais sobre o sistema elétrico brasileiro; abordar a respeito da importância da aplicação da tecnologia do smart grid (rede inteligente). Para sua elaboração, adotou-se como metodologia a revisão bibliográfica, com publicações a respeito do tema. Conclui-se que o "smart grid" significa transformação tecnológica no setor elétrico, que traz eficiência energética e satisfação do consumidor, mas também apresenta alguns desafios, os quais necessitam ser superados.

Palavras-chave: *Smart Grid*, automação, otimização, consumidores

Abstract

Intelligent electrical networks, or "Smart Grid", can be understood as intelligent automation in electrical networks, with the objective of using digital mechanisms in energy transport networks, thus facilitating the communication, collection and analysis of data that are used in control and maintenance of the system as a whole. Thus, it directly drives the development of energy, generating an evident change in the model currently used, which represents a drastic change in the model that is currently used. Based on this information, the objective of this work is to demonstrate the optimization of the distribution of electricity and consumption, so that the distributors have real-time management of their networks, with the possibility of the participation of new suppliers and consumers, providing improvements in the quality of electricity energy offered, arising from the use of information and communication technologies.
Keyword: Smart Grid, automation, optimization, consumers

1. INTRODUÇÃO

As inovações são consideradas mudanças que surgem de modo a tornar o trabalho cada vez mais prático. E o que se assiste nas últimas décadas é que as inovações, especialmente nas áreas tecnológicas, têm acontecido de maneira acelerada, onde a adaptação já deixou de ser uma opção, mas se tornou uma obrigatoriedade para que o empresário se mantenha no mercado competitivo. Desse modo, é possível afirmar que competitividade está diretamente associada à inovação e à produção de conhecimento (GODÓI-DE-SOUSA; LOPES, 2016). Entretanto, segundo Correia (2018), o setor de redes elétricas não acompanhou essa evolução de forma generalizada, e o que se observa é que os conceitos utilizados estão vinculados à eletromecânica.

Quando aconteceu a descoberta da energia, sua distribuição e demanda eram menores, fazendo com que as redes ficassem situadas ao redor das comunidades. Com a ascensão das tecnologias, o consumo energético também despontou, gerando a necessidade de modificar o pensamento a respeito da maneira com que a geração, distribuição, transmissão e consumo acontecem para que seja mais eficiente (ABOBOREIRA, 2016). E, nesse sentido, é que torna essencial o *smart grid* ou redes elétricas inteligentes, que tem seu foco voltado para a utilização de mecanismos digitais associados às redes de transporte de energia, facilitando assim a comunicação, coleta e análise dos dados que são utilizados no controle e manutenção do sistema como um todo.

A automação inteligente nas redes elétricas está impulsionando de forma direta o desenvolvimento da energia, o que representa alterações no modelo que se utiliza atualmente. O *smart grid* se enquadra enquanto tendência para este novo modelo de sistema energético (BARRETO, 2018).

Contudo, é um sistema que requer altos investimentos, sendo, dessa forma, a disponibilidade de recursos considerada um dos empecilhos para que se alavanque a automação das redes, uma vez que os equipamentos utilizados representam altos custos de aquisição. Com isso, mesmo considerando que o setor elétrico brasileiro tem passado por constantes modificações, tendendo a adaptações por parte das concessionárias, torna-se evidente que esse desenvolvimento acontece de forma morosa, devido aos custos elevados (ABOBOREIRA, 2016).

A implementação de novas tecnologias nas redes elétricas contribui para que as perdas técnicas sejam evitadas, bem como garante maior eficiência energética, obtendo melhor controle dos consumidores, auxiliando na identificação e resolução de defeitos em tempo real e de maneira remota, o que favorece a sociedade, além de trazer confiabilidade e qualidade dos serviços oferecidos pela concessionaria prestadora de serviços (CORREIA, 2018).

Vale enfatizar que é prioridade das concessionárias a alta performance como garantia de qualidade e eficiência neste mercado competitivo e desafiador, o foco nos seus clientes. Nesse sentido, a atualização profissional torna-se necessária para enfrentar esse novo mercado. Para tal, os profissionais devem buscar uma melhoria contínua, se preparando para atender às demandas do setor elétrico e contribuir para implementação das novas tecnologias (BARRETO, 2018).

Diante do exposto, questiona-se: Qual a contribuição do "Smart Grid" para melhoria da eficiência operacional nos sistemas de distribuição e transmissão de energia elétrica?

Com o intuito de responder ao questionamento anterior, este trabalho tem por objetivo geral evidenciar as contribuições do *smart grid* para a otimização da distribuição de energia elétrica e consumo. E tem como objetivos específicos apresentar os conceitos

e a importância da inovação tecnológica para o sucesso no cenário econômico atual; descrever aspectos gerais sobre o sistema elétrico brasileiro; e dissertar a respeito da importância da aplicação da tecnologia das redes inteligentes.

Desse modo, para sua concretização utiliza-se como recurso metodológico a revisão bibliográfica, em que se busca trabalhos já publicados e documentos a respeito da referida tecnologia, frisando a importância da sua aplicação para os consumidores e concessionárias. Para evidenciar a realidade empírica, são apresentadas fotos tiradas pelos próprios autores, mostrando equipamentos utilizados pela rede inteligente.

2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

De acordo com Schumpter (1997), a inovação é parte fundamental para o desenvolvimento econômico e para o sucesso das empresas. Portanto, para o autor, o empreendedor de sucesso na atualidade, é aquele capaz de fazer novas combinações, sempre buscando inovações que lhe possibilite a realização de negócios rentáveis, tornando-o cada vez mais competitivo. E nesse aspecto é importante salientar a relevância das novas tecnologias, especialmente da internet, que representou uma revolução na vida das pessoas, com novas possibilidades de interação entre as mesmas, bem como apresentando novas oportunidades mercadológicas e de negócios.

Conforme ressalta Heinzmann (2004), ao se utilizar das inovações tecnológicas da atualidade, as empresas têm melhores condições de ganhar mercado e ocupar posições importantes na economia. E, de forma elucidativa, Dosi (1988) enfatiza que esse processo de inovar se refere à busca, à experimentação, à descoberta, à imitação, ao desenvolvimento e à adoção de novos produtos, novos processos e novos formatos organizacionais. Ainda de acordo com o autor, as inovações tecnológicas se originam da insatisfação dos conhecimentos existentes, julgando-os insuficientes para a solução dos problemas.

Esse processo de busca da solução, está pautado na descoberta da causa raiz e na criação do projeto, via P&D (pesquisa e desenvolvimento). As respostas para o problema estão centradas no uso das tecnologias, embasadas em informações coletadas previamente e derivadas de um conhecimento formal, assim como as habilidades específicas e de fácil compreensão por parte dos criadores (DOSI, 1988).

Segundo Barbieri (1990, p.43), a inovação tecnológica tem uma implementação vista como novidade pelas empresas, o produto ou até mesmo o processo. Para ser inovador, é preciso que seja inédito ou que represente a melhoria de algo que já exista. O requisito geralmente se baseia na viabilidade econômica, tendo no investimento um retorno financeiro satisfatório.

A fonte de beneficiamento econômico das inovações tecnológicas é totalmente dependente da estrutura organizacional da empresa, mas também da utilização de tecnologias, como computadores, que reduzem o número de profissionais devido à versatilidade e flexibilidade. Mas, para atingir esses indicadores, faz-se necessário o investimento em treinamentos, possibilitando o desenvolvimento de novas habilidades, especialmente no que tange às tecnologias da informação, que, segundo Walton (1995):

> [...]abrange uma gama de produtos de hardware e software que proliferam rapidamente com a capacidade de coletar, armazenar, processar e acessar

> números e imagens, para o controle dos equipamentos e processos de trabalho, e para conectar pessoas, funções e escritórios tanto dentro quanto entre as organizações. (WALTON 1995, p. 23).

Para que o sistema consiga funcionar de forma eficaz e confiável, há a necessidade de interação entre a tecnologia e o usuário, deixando clara a importância de instrução para os usuários, de maneira a promover uma tecnologia inteligente, automatizada e informatizada.

No que se refere à automatização, essa vem para contribuir maximizando a eficiência, ampliando a capacidade produtiva com redução dos gastos energéticos e de matérias-primas, além de oferecer mais segurança, seja material ou das informações referentes ao processo, contribui com o meio ambiente, reduzindo a emissão de resíduos, assim como diminui a mão-de-obra humana. Para que isso ocorra faz-se necessário o uso de tecnologias e técnicas voltadas especificamente para aquela máquina ou processo. O conceito de automação varia com o ambiente e experiência da pessoa envolvida (REIS, 2009).

Já a informatização, por meio do uso da tecnologia da informação, se refere ao processo de captura, transmissão, armazenamento, recuperação, manipulação, aplicação da tecnologia que faz com que eventos, processos e objetos sejam traduzidos em dados e informações e, posteriormente, sejam expostos a seu destino final. De maneira sintética, a informação é transformada em conhecimento e incorporada à organização (MÓRAN, 2015).

De acordo com Walton (1994), existe uma tendência de que a capacidade informativa evolua concomitante à ocorrência da otimização da automação.

Isto posto, a instalação e utilização das tecnologias da informação tornou-se um diferencial. No entanto, faz-se necessário que os operadores obtenham mais conhecimentos e informações, de forma a melhorar o processo de decisão de produção de bens e serviços. Para tal, cabe ao técnico da informação fornecer dados de informática, gerando motivação, aptidão e competência, com adoção de políticas e recursos humanos que gerem comprometimento, envolvimento e desenvolvimento das habilidades, como garantia de autonomia para aqueles que forem operar o sistema.

E, diante das inovações tecnológicas que podem ser visualizadas nos diferentes setores da sociedade, é que se encontra o sistema elétrico brasileiro, no qual elas têm influenciado, como pode ser visualizado na sequência.

2.1 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

A energia elétrica tornou-se indispensável nos dias atuais, uma vez que contribui para que o ser humano tenha mais praticidade, bem-estar, conforto, qualidade de vida, tanto em sua vida particular, quanto no aspecto profissional, gerando mais produtividade e ampliando as possibilidades de desenvolver produtos e serviços, através da otimização da qualidade do serviço e do produto (CORREIA, 2018).

Cabe à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) controlar e regular o sistema de uma maneira geral, a partir de suas competências legais. A responsabilidade pela oferta de energia elétrica, por intermédio do serviço público, é das prestadoras de serviços, as quais só podem realizar suas atividades a partir da concessão ou autorização do poder público. Segundo Flarys (2005), o sistema elétrico brasileiro encontra-se dividido em três segmentos: Geração, Transmissão e Distribuição, como pode ser observado na Figura 1.

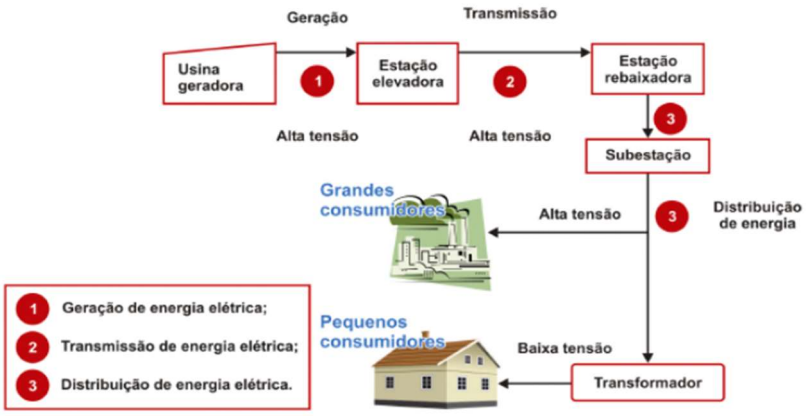


Figura 1- Divisão do sistema elétrico brasileiro (Fonte: ABRADEE, 2021)

Visualiza-se na Figura 1 o processo para que a energia elétrica chegue aos consumidores, em que ressalta-se a necessidade de uma estrutura adequada, que permita o cumprimento dos critérios de modo que se dê a geração, transmissão e distribuição da energia elétrica cumprindo as exigências do consumidor. Sendo assim, as prestadoras devem se pautar em oferecer serviços e produtos com confiabilidade, disponibilidade, qualidade e segurança, assim como causando o menor impacto possível ao meio ambiente e a garantir a máxima segurança dos trabalhadores (FLARYS, 2005).

2.1.1 Geração

Conforme ABRADEE (2021), quando se refere à geração, trata-se do segmento em que se utiliza, principalmente, das grandes usinas hidrelétricas, interligadas às redes de transmissão, para a produção, a partir da força hídrica, da energia elétrica.

Relativamente a este tipo de fonte geradora, Correia (2018) enfatiza que a forma utilizada para geração de energia acontece através da construção de uma barragem, que gerará um potencial gravitacional, que poderá ser convertida em energia cinética. A movimentação da água gira as turbinas dos geradores, os quais convertem a energia mecânica em energia elétrica, que é injetada na rede e transportada aos centros consumidores.

Vale destacar que, no setor energético brasileiro existem outras fontes de energia, tais como as termoelétricas, usinas nucleares e usinas eólicas (LEME, 2017).

2.1.2 Transmissão

O papel da transmissão é fazer o transporte da energia elétrica das fontes geradoras até às distribuidoras responsáveis pela entrega aos clientes (ABRADEE, 2021).

Em outras palavras, o transporte da energia que sai das usinas e chega até as subestações é feito pelas redes de linhas de transmissão, as quais têm como maior forma de transporte as linhas áreas sustentadas por torres. Faz-se necessário enfatizar que:

> [...]as tensões usuais de transmissão adotadas no Brasil, em corrente alternada, podem variar de 138 kV até 765 kV incluindo neste intervalo as tensões de 230 kV, 345 kV, 440 kV e 500 kV. Os sistemas ditos de subtransmissão contam com níveis mais baixos de tensão, tais como 34,5 kV, 69 kV ou 88 kV e 138 kV e alimentam subestações de distribuição, cujos alimentadores primários de saída operam usualmente em níveis de 13,8 kV. Junto aos pequenos consumidores existe uma

> outra redução do nível de tensão para valores entre 110 V e 440 V, na qual operam os alimentadores secundários (LEÃO, 2020, p. 25).

A necessidade de modificação dos níveis de tensão e corrente se dá pelo fato de que no nível de tensão que é entregue pelas usinas geradoras, o nível de corrente é relativamente elevado e provoca perdas nos condutores que inviabilizam a transmissão da energia.

Desse modo, faz-se necessário a elevação do nível de tensão, utilizando transformadores de potência, para que se reduza a corrente, e, consequentemente, as perdas de potência durante a transmissão. “Com a elevação da tensão, a potência gerada nas usinas (que é função do produto da tensão pela corrente) pode ser transmitida com correntes inferiores às de geração, o que viabiliza a transmissão” (LEÃO, 2020, p. 26).

2.1.3 Distribuição

A distribuição se constitui no processo em que a energia é entregue ao consumidor final (BARRETO, 2018).

Conforme ABRADEE (2021), existem na fase de distribuição os monopólios empresariais, aspecto que faz com se torne inviável qualquer tipo de competição, diferentemente dos casos anteriores (geração e transmissão) que possuem competitividade, “dada a existência de muitos agentes e também pelo fato do produto, a energia elétrica, ser homogêneo, como uma *commodity*”.

Como visto anteriormente as redes de transmissão levam a energia até as proximidades dos centros de carga, onde, então, são conectadas a subestações para que novamente a tensão e a corrente sejam remanejadas para valores compatíveis com os níveis de subtransmissão e distribuição, que chegam no máximo a 69kV.

3. METODOLOGIA

O presente estudo teve, inicialmente, caráter de uma pesquisa do tipo revisão metodológica narrativa, que se trata de uma pesquisa de revisão bibliográfica, com o objetivo de se utilizar das referências teóricas já publicadas para explicar um problema (CERVO & BERVIAN, 1983, p. 10), permitindo uma maior proximidade com o tema. Assim foram utilizados como fonte de pesquisa estudos realizados, que foram considerados relevantes sobre o tema, obtidos em livros, artigos já publicados, sites da internet com produções científicas em periódicos nacionais, para estabelecer conceitos a respeito das contribuições do *smart grid* para a otimização da distribuição de energia elétrica e consumo.

Trata-se de uma pesquisa descritiva, que, de acordo com Gil (2010, p. 27), tem por finalidade descrever as características de determinado fenômeno, que, no caso específico desse trabalho é o sistema de energia elétrica brasileiro e o *smart grid*.

Para o estudo de caso, foram levantadas informações publicadas na internet, a partir das quais foram coletados os dados mais importantes, e partiu-se para a interpretação e análise qualitativa desses. Desse modo, foram realizadas extração de informações, feitas por meio de leituras e releituras, investigando, examinando, analisando e fazendo anotações que foram analisadas posteriormente, para que, no final, chegasse às conclusões.

De modo a validar as informações, são apresentadas fotos, tiradas pelos próprios autores, de equipamentos utilizados no processo de automação da rede de energia elétrica, de modo a gerar uma aproximação com a realidade empírica do tema.

Dessa maneira, a trajetória metodológica da pesquisa envolveu, além de revisão de literatura referente à temática em questão, levantamento, análise e apresentação de dados e informações de fontes primárias e secundárias.

4. SMART GRID

Quando se fala em Smart Grid, esta refere-se a automação e a uma rede que conta com uma estrutura de informação de alta tecnologia, envolvendo em suas atividades as técnicas usadas nos mais variados ramos da engenharia, as quais tem por finalidade: "(1) instalação de sensores nas linhas da rede de energia elétrica, (2) o estabelecimento de um sistema de comunicação confiável em duas vias com ampla cobertura com os diversos dispositivos e (3) automação dos ativos" (FRACARI; SANTOS; SANCHEZ, 2015). A partir dessa técnica, há uma maior efetivação no que se refere à utilização dos recursos tecnológicos, em que faz uso de compartilhamento de rede como Ethernet e IP para tráfego de informação, de supervisão e controle (ABOBOREIRA, 2016).

A partir do Smart Grid a transmissão de energia acontece de maneira bidirecional, ou seja, no sentido consumidores e fornecedores, utilizando do sistema de comunicação SCADA e sistema de medição e sensoriamento baseados no medidor inteligente.

A função do sistema Scada (Supervisory Control and Data Aquisition), apresentado na Figura 2, é monitorar e rastrear informações de um processo produtivo ou de instalações físicas, o que é feito por de um equipamento que armazena esses dados para que, na sequência tais informações sejam manipuladas, analisadas, armazenadas e finalmente, apresentadas ao usuário (GIANINI LIMA MOSTI, 2017).

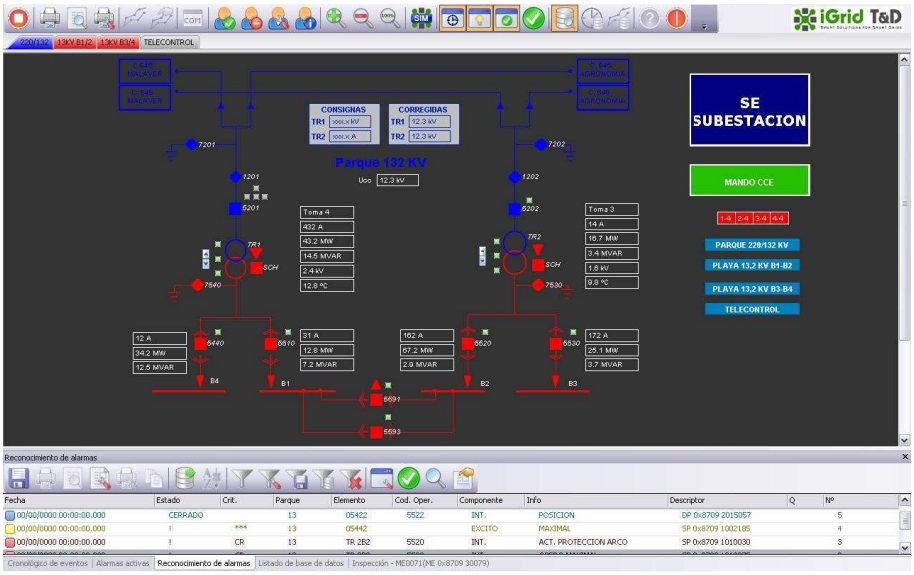


Figura 2- Tela de terminal SCADA em tempo real (Fonte: Captura de tela feito pelos autores)

Esse sistema é capaz, de forma independente, de fazer a verificação de sinais e como os dispositivos relacionados ao sistema, de modo a manter o controle sobre sensores e atuadores, e, a partir daí as informações são distribuídas entre as estações por meio de

uma central que faz o controle, apresentado desempenho e segurança (ABOBOREIRA, 2016).

A comunicação para o canal bidirecional faz uso das tecnologias de maior destaque, dentre as quais destacam-se GPRS (General Packet Radio Service) e 3G/4G (Third Generation Network/Fourth Generation Network), que se utiliza da infra-estrutura do sistema de telefonia móvel GSM (Global System for Mobile Communications) que possibilita o envio de dados (VINHAL, 2020). Como a rede celular é comercial, existe a limitação da área de cobertura fornecida pela prestadora de serviço de telecomunicação móvel. Além disso, os valores podem variar de acordo com a prestadora de celular e plano a ser contratado para a empresa que deseja realizar a implementação do *smart grid*.

Produzir informações úteis, tanto para o fornecedor como para o consumidor, tendo em vista a grande quantidade de dados que possui, constitui-se um desafio na utilização da rede *smart grid* (BARRETO, 2018). Em busca de resolver tal questão, são disponibilizados pelos *softwares* o controle dos dados coletados, conhecidos como Gerenciadores de Dados da Medição (MDM – Metering Data Management), que gerenciam as informações obtidas dos sistemas físicos de medição.

Também conta-se com o sistema MDM, que tem por objetivo simplificar a aplicação da arquitetura da rede *smart grid* e facilitar o relacionamento com outros sistemas da distribuidora, tais como: “Sistema de Gerenciamento da Distribuição (DMS – Distribution Management System), Sistema de informações Georreferenciadas – GIS (Georeference Information System), Sistema de Gestão de Faltas de Energia (OMS – Outage Management System), etc.” (FRACARI; SANTOS; SANCHEZ, 2015).

Algumas funcionalidades que esse sistema deve possuir são destacadas a seguir:

- Armazenamento dos dados de medição;
- Mapeamento de ativos e do estado dos equipamentos monitorados;
- Escalabilidade;
- Integração com sistemas legados;
- Monitoração de processos;
- Capacidade de previsão de falhas em equipamentos (transformadores, medidores, interfaces de comunicação, etc);
- Capacidade para processar, analisar e padronizar as informações recebidas;
- Parametrização de sistemas e equipamentos de medição (LIMA et al., 2017, p. 45).

No *smart grid,* os sensores inteligentes utilizam vários meios de comunicação, conectados em uma rede, e podem indicar de forma precisa o local da falha, bem como tem a capacidade de compilar entre seccionadoras, chaves de fusíveis e, também tem a capacidade de acionar religadoras que possibilitam a reativação da energia de forma remota. (HOSS, 2018). Além disso, conforme apresenta Lima et al. (2020, p. 33), as grandezas que podem ser medidas por esses sensores são:

- Corrente na faixa de 0-10.000 A
- Tensão de 0- 46.000 V
- Fator de Potência e Ângulo das fases
- Harmônicas e Formas de Onda
- Temperatura dos cabos
- Falhas e curto circuitos.

4.1 TELECONTROLE

Observa-se, a partir do exposto anteriormente, a necessidade de equipar o sistema com dispositivos de automação local, como o *Trip Saver*, os religadores e/ou as chaves telecomandadas (Fig. 3), os quais contribuem para a redução do número de consumidores afetados em caso de contingências, promovendo uma melhoria nos indicadores de continuidade (CORREIA, 2018), minimizando desligamentos e fornecendo dados úteis para a manutenção, atividade que antes era desempenhada manualmente por operadores.

Conforme Hoss (2018), telecomandar e automatizar a rede de média tensão resulta na redução do tempo de localização da falha e seu restabelecimento, reduzindo os níveis de DEC[1] e FEC[2]. O escopo do projeto é a implementação de um sistema de operação por telecontrole para a gestão das redes de média tensão, a fim de melhorar a qualidade e o desempenho da rede.

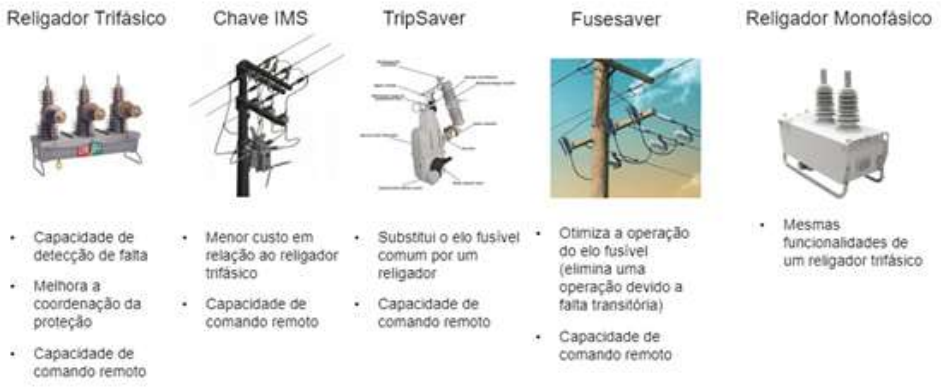


Figura 3- Equipamentos para telecontrole (montagem a partir de Manual siemens – disponível em equipamentos-para-telecontrole-para-a-sua-rede-de-distribuiao-de-media-tensao.pdf)

4.1.1 Religador

A Figura 4 mostra um religador, que é um equipamento automatizado cujas finalidades são proteger e manobrar circuitos em redes de distribuição com classes de tensão de 13,8 a 38 KV. Contudo, devido à sua eficácia e agilidade no restabelecimento de interrupções no fornecimento de energia, eles também são muito utilizados nas subestações de Distribuição, onde operam em coordenação com uma seccionadora automática ou um disjuntor, sendo integrado aos sistemas de automação e controle remoto, utilizando as funcionalidades de comunicação inseridas no equipamento (LIMA et al., 2020).

[1] DEC – Duração Equivalente de Interrupção da Unidade Consumidora: Durante o período da apuração este é o intervalo de tempo que em média, cada UC (unidade consumidora) do conjunto que teve relevância durante a descontinuidade da distribuição da energia elétrica (BARRETO, 2018).

[2] FEC – Frequência Equivalente por Unidade Consumidora: Total de números de interrupções ocorridas, em média, no prazo de apuração, cada UC do montante considerado (CORREIA, 2018).

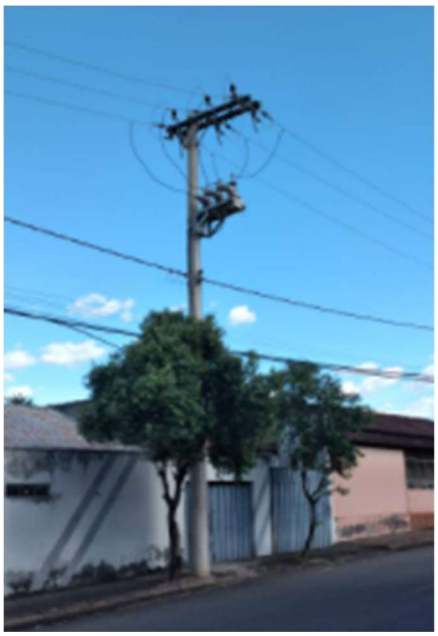


Figura 4 - Religador - Rua Ricardo Paranhos / Vila Liberdade – Catalão / 26/03/2021 (Fonte: Foto tirada pelos autores, 2021).

O religador é um equipamento que pode ser usado tanto em sistema de comunicação como sem comunicação. Na primeira opção ele tem a função de diminuir o tempo em que acontece a interrupção de energia, o que possibilita um maior ganho para a rede elétrica (CORREIA, 2018).

O princípio de funcionamento de um religador fundamenta-se na detecção automática de anomalias na rede, e a partir daí, ocorre a interrupção do fornecimento de energia elétrica de forma temporária ou permanente, a depender da característica do defeito detectado, para que isso venha acontecer, são utilizados interruptores a vácuo, dentro de polos isolados em dielétrico sólido abrigados em tanque de aço inox com capacidade de extinção de arco de falta, com isso é possível a ampliação do período de utilização do equipamento, bem como uma maior durabilidade, que permite uma maior confiabilidade com sistema (HOSS, 2018).

De acordo com a programação do equipamento, pode haver duas tentativas rápidas de religamento e duas tentativas retardadas, ou uma rápida e três retardadas, ou outras programações conforme a necessidade do circuito onde o religador estiver instalado (CORREIA, 2018)

Ainda de acordo com Correia (2018), após um tempo pré-determinado, o religador restabelecerá de forma automática o fornecimento de energia elétrica analisando se persiste ou não alguma falha. No caso desta persistir, o equipamento desligará novamente o circuito, com a possibilidade de realizar o religamento por até quatro vezes. Por fim se o defeito permanecer, e a abertura permanente do circuito acontecer, uma equipe de manutenção será acionada para a localidade afim de detectar a anomalia e colocar o equipamento e o circuito em condições de trabalho novamente.

O religador é aplicado num circuito visando aumentar a confiabilidade do sistema, promover seu rápido restabelecimento nos casos em que há uma falha temporária, ou ainda, utilizar a função bloqueio no intuito de impedir uma reenergização acidental nas atividades de manutenção do sistema com rede energizada, procedimento este que deve ser realizado por equipes de linha viva habilitadas. O religador também funcionará como

uma seccionadora quando houver a necessidade de desenergizar a rede para as equipes de linha morta realizarem as manutenções que cada caso exigir (LIMA et al., 2020).

O tanque em que constitui o religador é fabricado em aço inox, na cor cinza devido a pintura eletrostática recebida. No que se refere ao monitoramento, esse é feito através de uma cabine de controle de comunicação, que possui em sua composição relés que tem como função a proteção, registro de dados e comunicação, que são essenciais na redução do tempo de interrupção, bem como possibilita uma ampliação da renda do sistema elétrico.

Pelo fato de que se constitui enquanto um importante recurso de segurança, confiabilidade e que garante maior vida útil em condições ambientais severas, bem como por ser o único equipamento com isolação em dielétrico sólido, o religador vem sendo amplamente testado, visto que garante uma exaustão controlada de arco de falta e as certificações independentes fornecem as verificações deste importante recurso de segurança (HOSS, 2018).

As grandezas elétricas como tensão e corrente são medidas nas buchas e nas fases através dos transformadores de potencial e corrente respectivamente (CORREIA, 2018).

Em se tratando do religador trifásico, é composto por um conjunto de três atuadores magnéticos que operam seccionando as três fases do circuito ao mesmo tempo. Estes atuadores são interligados mecanicamente com o objetivo de garantir a operação correta do equipamento que é bloqueado na posição fechado por travas magnéticas.

O religador automático monofásico, apresentado na Fig. 5, possui uma cabine microprocessada, que possibilita proteção, registro de dados e comunicações exigidas nas aplicações de Smart Grid. O mesmo é utilizado para subestações de distribuição em todas as classes de tensão até 38kV, em que é usado em linhas aéreas de distribuição monofásicas (CORREIA, 2018).

Figura 5- Religador automático monofásico (Fonte: https://www.nojapower.com.br/press/2012/lancamento-de-novo-produto-religador-automatico-monofasico.html)

É possível afirmar que esse dispositivo foi elaborado para que, isolado, apresente facilidade para ser integrado à automação da distribuição e sistemas de controle remoto através das suas flexíveis capacidades de comunicação embutidas.

4.1.2 Chaves IMS: “Interruttore di Manovra Sezionatore” - Chaves Seccionadoras Telecomandadas

As chaves IMS podem ser disjuntores manuais ou motorizados capazes de ligar ou desligar uma linha de média tensão (MT) energizada, com as mesmas exigências de isolamento de um secionador na posição aberta (ENEL, 2021).

Essas chaves seccionadoras são instaladas à jusante dos religadores. As chaves telecomandas tem como função permitir a manobra ou manejo de cargas de um para outro circuito de modo automático. Para que a transferência de cargas seja realizada, há de se considerar a validação e viabilidade técnica de manobras, que são feitas em tempo real utilizando sistemas adequados a esta finalidade (HOSS, 2018).

Quando ocorrem imprevistos nas redes, há uma preocupação por parte da concessionária de que a falha seja encontrada e o sistema restabelecido de maneira rápida e de modo a reduzir e ou minimizar as perdas. Sendo assim, as chaves telecomandas, apresentadas na Figura 6, representam um grande avanço pois permitem modificar o fluxo das potências por meio da alteração na configuração dos circuitos, viabilizando a transferência das cargas entre alimentadores limítrofes.

Figura 6- Chaves IMS: “Interruttore di Manovra Sezionatore” - Chaves Seccionadoras Telecomandadas – Praça Duque de Caxias – Catalão / 26/03/2021
(Fonte: Foto tirada pelos autores)

A reconfiguração de redes é necessária quando o sistema é afetado por alguma falta que gera a interrupção total ou parcial de cargas, e deve seguir alguns princípios, tais como restaurar a maior quantidade de cargas possível sem violar quaisquer tipos de restrições operacionais, verificação e validação de sequência possível de operações que podem ser realizadas com segurança para alcançar a configuração final, e garantir o balanceamento de cargas (NOGUEIRA, 2016).

Ainda de acordo com Nogueira (2016), estas manobras de reconfiguração necessitam ser executadas no menor tempo possível e devem manter a estrutura radial da rede com o objetivo facilitar a localização de falhas, isolamento e coordenação dos dispositivos de proteção. A reconfiguração do circuito é feita com a abertura e fechamento

das seccionadoras que se encontram instaladas ao longo das redes, e, segundo Pfitscher (2013), ocorre em três situações distintas:

> 1) Casos de contingências, quando a topologia da rede muda para isolar faltas e restabelecer a energia para os consumidores afetados que não se encontram na região com defeito;
> 2) Casos de manutenção programada, quando a topologia muda para isolar uma determinada região que precisa ser desligada e transferir parte dos consumidores para outra rede;
> 3) Condições normais de operação, quando a topologia muda para melhorar parâmetros de desempenho da rede, como carregamento de alimentadores e níveis de tensão, por exemplo (RUPPENTHAL, 2019, p. 45).

Para Pramo (2014), a análise do fluxo de potência é essencial e deve ser verificada na metodologia de recomposição automática da rede, com o objetivo de assegurar a viabilidade técnica da transferência de carga. Para isso, consideram-se as cargas antes da ocorrência de uma falta e depois uma simulação do fluxo resultante no circuito após a reconfiguração, como é possível observar nas figuras 7, 8 e 9, que ilustram duas Subestações de Energia (SE) e dois ramais com as chaves fechadas/abertas.

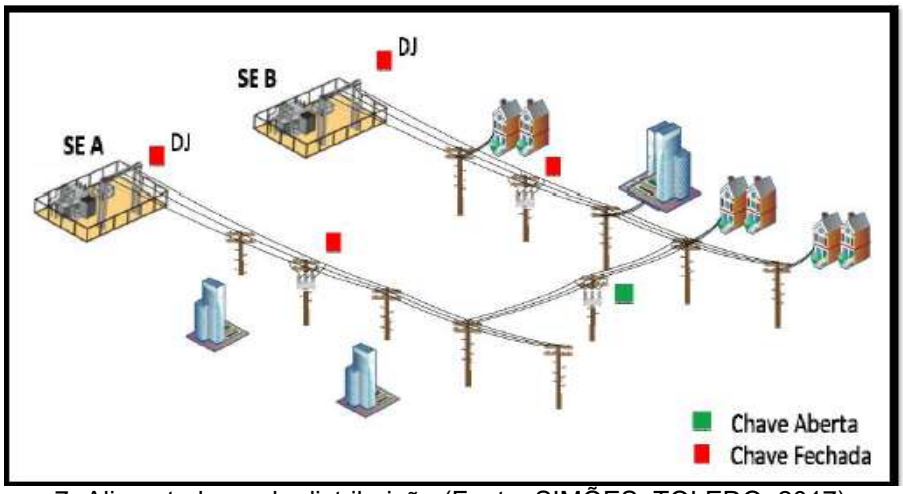


Figura 7- Alimentadores de distribuição (Fonte: SIMÕES; TOLEDO, 2017)

A Figura 7 apresenta dois circuitos independentes e interligados por uma chave seccionadora normalmente aberta. Observa-se que na ocorrência de um defeito na rede, o equipamento de proteção atua (abre) interrompendo o fornecimento de todos os consumidores localizados após esse dispositivo de proteção. No caso em análise, com um defeito permanente logo na saída do alimentador de distribuição, todos os consumidores do circuito são afetados devido à abertura do disjuntor da saída da subestação B (SIMÕES; TOLEDO, 2017).

As chaves fechadas indicam que a corrente flui por aquela linha, assim o sistema identifica se a falha está a montante ou jusante da seccionadora. Se a chave indicar os valores da corrente de curto-circuito, conclui-se que a interrupção estará a jusante, se não, estará a montante.

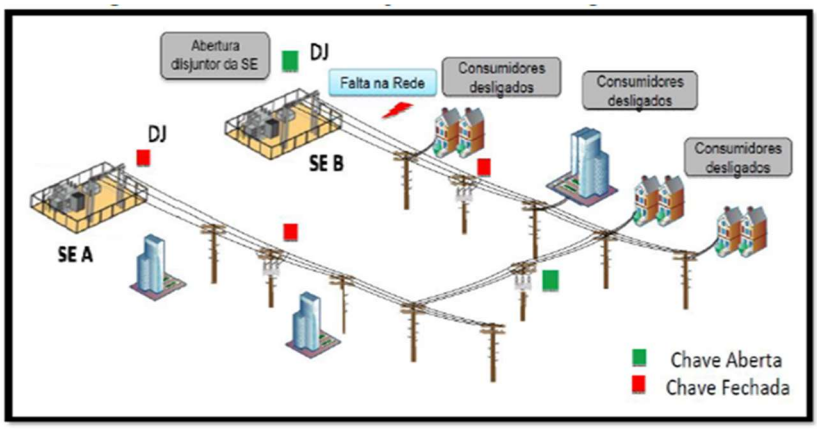


Figura 8 - Falha no sistema (Fonte: SIMÕES; TOLEDO, 2017).

Na Figura 8 tem-se uma simulação de uma falha próxima à Subestação B, que promove a abertura do disjuntor da mesma. A princípio, todo o alimentador a jusante desta SE será, consequentemente, desenergizado.

Neste caso, uma solução possível é a abertura da chave que se encontra a jusante da SE B, e o fechamento da chave que é normalmente aberta entre os dois circuitos alimentadores. Deste modo, parte dos consumidores será reestabelecido, e apenas uma parcela permanecerá desligada até que a falha seja corrigida.

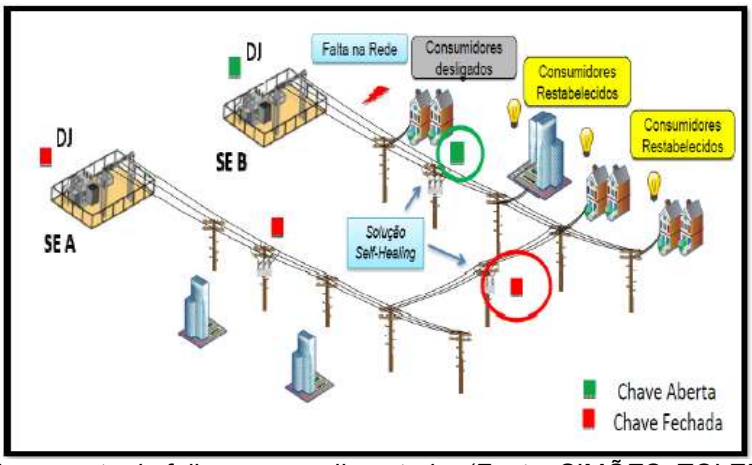


Figura 9 - Seccionamento da falha em um alimentador (Fonte: SIMÕES; TOLEDO, 2017).

A Figura 9 ilustra a manobra realizada, utilizando as chaves IMS telecomandas, de abertura (seccionamento) de um equipamento e fechamento do outro com intuito de minimizar a quantidade de consumidores afetados pela interrupção no fornecimento.

Nota-se então que o seccionamento automático da falha no alimentador de distribuição, permite o restabelecimento da energia elétrica no circuito de forma rápida e eficiente gerando a melhoria nos indicadores de continuidade, resultando em maiores benefícios para a empresa, como ganhos econômicos e de produtividade.

4.1.3 TripSaver

O *TripSaver* é um religador monofásico adaptado a uma chave fusível cuja função é proteger os equipamentos que constituem as redes de distribuição de energia elétrica tanto em áreas urbanas quanto rurais, proporcionando segurança aos agentes envolvidos direta ou indiretamente na operação e manutenção (BARRETO, 2018).

O TripSaver atua de modo a reduzir a descontinuidade do fornecimento de energia elétrica em situações decorrentes de faltas temporárias ou transitórias. Ele liga e desliga várias vezes no intuito de eliminar faltas temporárias. Quando detecta que a falha é permanente, o equipamento trava e desconecta o circuito como um fusível, evidenciando de forma aparente a abertura do cartucho (LIMA et al., 2020).

Quando ocorre a abertura permanente do circuito há a necessidade da reconexão do cartucho de forma manual.

As principais falhas no fornecimento são causadas por descargas atmosféricas, vegetação, fauna, abalroamento de postes, entre outros. Quando os TripSavers são instalados em pontos estratégicos, minimizam os impactos causados nos indicadores DEC e FEC, uma vez que, nesse caso, o sistema é restabelecido no menor tempo possível, evitando o deslocamento desnecessário das equipes de manutenção no campo, auferindo às concessionárias de energia um enorme ganho de tempo (GIANINI LIMA MOSTI, 2017). Essa agilidade em restabelecer o circuito elétrico será refletido na confiabilidade do sistema.

O TripSaver (Figura 10) é instalado a montante dos ramais e na ocorrência de uma falta, ele a detectará e eliminará o defeito a tempo de preservar o fusível, evitando que os consumidores localizados a montante sejam afetados pela interrupção do fornecimento.

Para tirar o TripSaver do estado de repouso e alimentá-lo, são necessárias correntes fluindo pela unidade do TripSaver de, no mínimo, 1 amperes para religadores de 40 A em regime permanente, 4 A em religadores de 100 A, e 8 A em religadores de 200 A em regime contínuo. Uma vez alimentado, o controle permanecerá ativo, a menos que a corrente seja reduzida a menos de 0,5, 1,5 e 3 A respectivamente para os religadores de 40, 100 e 200 A em regime permanente.

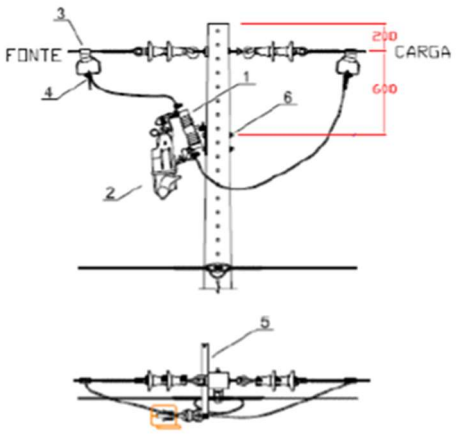
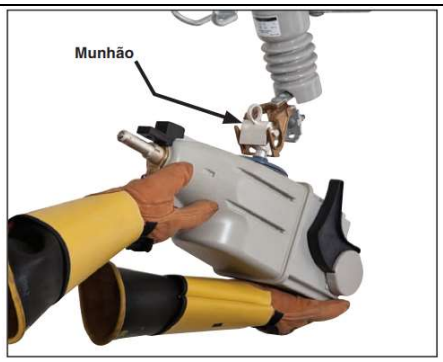


Figura 10 - TripSaver no poste (Instrução de Trabalho no. 380).

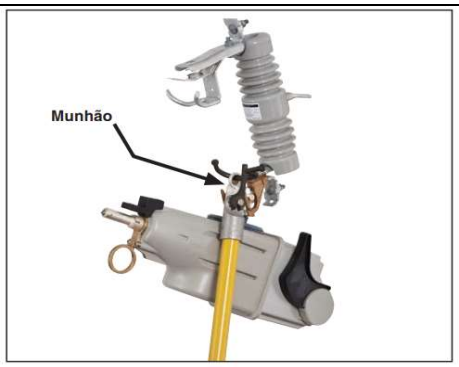
De acordo com Lima et al. (2020), em instalações onde a corrente de carga é menor que a corrente de permanência, a qual é a mínima de ativação, o religador TripSaver ainda pode dar uma resposta apropriada no caso de uma falta. No entanto para isso o controle

precisa de um tempo pequeno, para que seja adequadamente alimentado e emita um sinal de trip. Este tempo de energização afeta somente as curvas TCC - curvas Características de Tempo x Corrente - selecionadas para responder rapidamente em altos níveis de corrente e, mesmo encontrando-se no modo repouso, o TripSaver dispõe de condições de responder a uma ocorrência.

De acordo com Enel (2021), somente é permitida a instalação do equipamento Religador Monopolar TripSaver em chave fusível modelo S&C, conforme Figuras 11A e 11B.



A - Instalação manual



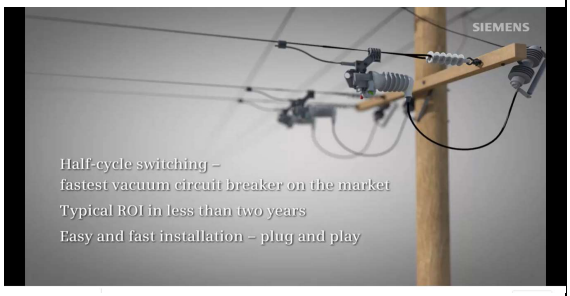
B - Instalação com vara de manobra

Figuras 11A e 11B- Instalação TripSaver em chave de fusível (Fonte: https://www.scelectric.biz/globalassets/sac-electric/documents/sharepoint/documents---all-documents/folha-de-instrucoes-461-502p.pdf?dt=637523208863049525)

É relevante salientar que na tela do equipamento há o símbolo X, que indica quando o dispositivo se encontra sobre o efeito de uma sobrecarga e permanece na posição caído / aberto. De acordo com ABRADEE (2021), o interruptor a vácuo é rearmado, o mesmo ocorrendo com o mecanismo de caído e aberto, restabelecendo as condições para que o operador feche o religador TripSaver II novamente na base. Este indicador permanecerá sendo mostrado na tela até que o próximo evento de falta ocorra.

Assim como todo equipamento provido de ajustes finos, estes devem ser definidos e aprovados por profissionais qualificados e familiarizados com os princípios de coordenação seletiva e proteção de sistemas.

4.1.4 FuseSaver



A

B

Figura 12A e 12B - FuseSaver (https://www.youtube.com/watch?v=QhSjyN7bwCM)

As Figuras 12A e 12B apresentam o equipamento Fusesaver, que se refere a um dispositivo de tecnologia inovadora e integrada a proteção, medição, monitoramento e controle, cuja simplicidade e facilidade de instalação e operação promove uma resposta rápida e de baixo custo para as concessionárias de energia elétrica, principalmente pelo fato deste tipo de equipamento ao ser instalado na zona rural, e permitir minimizar os custos com o tempo de restabelecimento do fornecimento de energia elétrica e mão de obra, pois reduz a quantidade e duração das faltas, além de limitar a quantidade de clientes atingidos.

Conforme ABRAPEE (2021), as faltas em sistemas de podem ser classificadas como transitórias ou como permanentes.

Quando identificado uma anomalia transitória o equipamento se mantém aberto por determinado período, chamado de tempo morto, após o qual, fecha-se novamente, permanecendo fechado. Os vários tipos de falta, causarão diferentes efeitos no alimentador, conforme é possível observar nas Figuras 13 e 14.

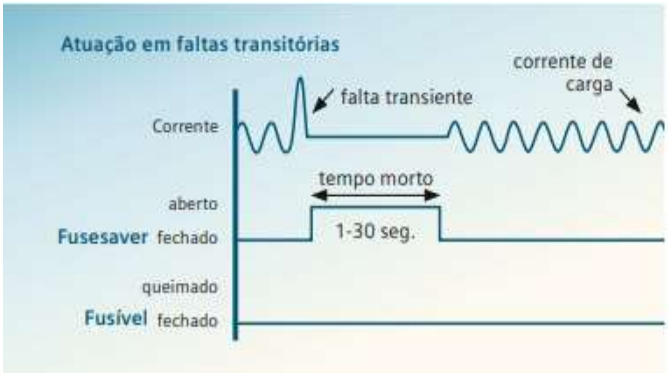


Figura 13- Atuação de faltas transitórias (Manual siemens – disponível em silo.tips_siemens-fusesaver-maior-disponibilidade-e-reduao-de-custos-para-a-sua-rede-de-distribuiao-de-media-tensao.pdf)

É possível observar na Figura 13, que a falta se dissipa durante o tempo morto, após o fechamento, a energia é restabelecida. O fusível não atuará, disponibilizando o FuseSaver para a próxima anomalia.

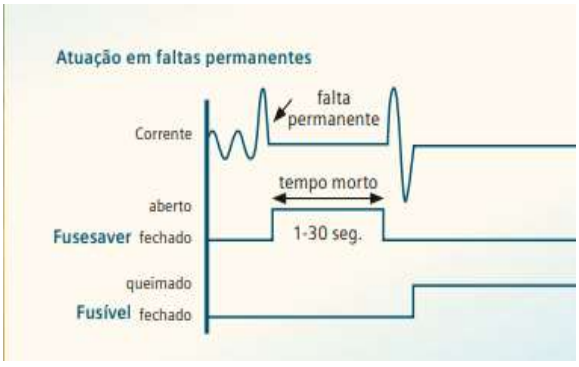


Figura 14- Atuação em faltas permanentes (Manual siemens – disponível em silo.tips_siemens-fusesaver-maior-disponibilidade-e-reduao-de-custos-para-a-sua-rede-de-distribuiao-de-media-tensao.pdf)

Quando o FuseSaver opera fechando os contatos após uma falta que persiste, verifica-se uma corrente de falta instantânea danificará o fusível e bloqueará o dispositivo, conforme observa-se na Figura 14.

Na Figura 15 é possível identificar as partes internas do FuseSaver.

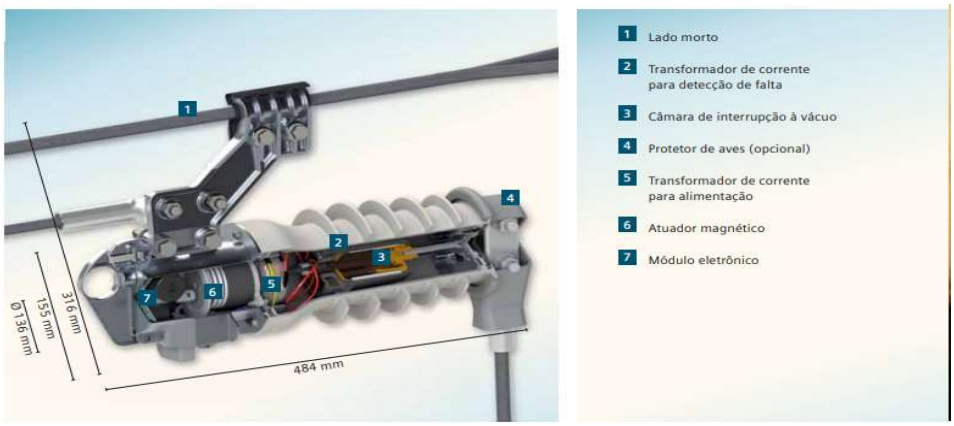


Figura 15- Parte interna do FuseSaver (Manual siemens – disponível em silo.tips_siemens-fusesaver-maior-disponibilidade-e-reduao-de-custos-para-a-sua-rede-de-distribuiao-de-media-tensao.pdf)

5. DISCUSSÃO

Nota-se a crescente demanda por energia elétrica, que tem sido buscada por consumidores residenciais e por indústrias, acompanhados, na maioria das vezes, por ineficácia operacional e um sistema defasado.

De maneira a modificar este cenário, surgem as redes inteligentes, ou *smart grid*, que além de buscar atender às expectativas dos consumidores, também procura estratégias que garantam interoperabilidade entre as distribuidoras e as tecnologias resultando em uma melhor comunicação entre consumidores e distribuidora pois oferecem maior confiabilidade e qualidade.

A partir do *smart grid*, há a transmissão e distribuição de energia elétrica inteligente, por meio de equipamentos dotados de alta tecnologia, que fazem uso de banda larga, sensores e computadores que trabalham interligados para oferecer mais eficiência, confiabilidade, transparência e segurança no fornecimento de energia, as quais acontecem a partir de um sistema de monitoramento que possibilita o acesso a eventuais problemas que possam acontecer, em tempo real, permitindo, a partir da sua detecção, que o mesmo possa ser resolvido de maneira remota, utilizando-se apenas do sistema automatizado que isola o ponto em que aconteceu o problema.

Com essa tecnologia, torna-se possível que a distribuidora aja com mais exatidão, competência e eficácia diante de situações inesperadas, assim, pode-se diminuir as interrupções de energia, bem como contribui para que a empresa gerencie melhor sua infraestrutura e seus consumidores.

A partir do estudo realizado, evidenciou-se que o *smart grid* representa o gerenciamento elétrico, permitindo que haja maior facilidade e agilidade, reduzindo os problemas ou resolvendo-os mais rápido, assim como, por meio de seus equipamentos: religadores automáticos, sensores e conexões com a internet, é possível minimizar os desperdícios, reduzir as quedas de energia, redução do tempo e da equipe para manutenção.

Sendo assim, nota-se que o *smart grid* apresenta pontos positivos quanto à distribuição de energia elétrica, tornando-se essencial, para que se dê sua verdadeira eficácia, que se tenha uma boa administração e a parceira com a população, que deve

atuar conjuntamente com as empresas, garantindo trocas de informações mais eficientes e produtivas.

6. CONCLUSÃO

De acordo com o evidenciado no trabalho, a adoção de novas tecnologias representa benefícios em diferentes setores da sociedade, e as redes elétricas inteligentes ou *smart grid* se constituem como uma dessas inovações.

Autores como Fracari; Santos; Sanchez (2015), Ruppenthal (2019), Lima et al. (2020), dentre outros, ressaltam que aderir ao *smart grid* como um novo paradigma de estruturação energética, gera inúmeros benefícios, pois se trata de um sistema que se move de maneira bidirecional, que possui mais autonomia e pensante.

Trata-se de uma ferramenta que oferece melhor gerenciamento energético, não objetivando apenas os aspectos financeiros, mas também as questões socioambientais, com maior conservação da natureza.

A partir do *smart grid* é possível um monitoramento mais eficiente da rede elétrica, de maneira a controlar mais rapidamente, ou até mesmo reduzir significativamente os tempos de resposta às falhas e o danos que elas causam, o que se dá devido à presença de equipamentos que agem de maneira a reduzir o desperdício, evitar que ocorram blecautes, assim como permite que as equipes de manutenção trabalhem com mais agilidade, oferecendo mais qualidade ao produto e ao serviço que é oferecido, tudo isso acontece pelo fato de poder contar com equipamentos como religadores automáticos, sensores e conexões com a internet.

Contudo, esse processo de adequação do sistema elétrico tem acontecido de maneira lenta, uma vez que necessita de altos investimentos das empresas concessionárias e distribuidoras, e também porque existe a necessidade de adaptação humana, com capacitação das pessoas que lidam com os dados e informações produzidos. Além disso, o consumidor deve se integrar, atuando ativamente diante da interoperabilidade do *smart grid.*

De forma conclusiva, é possível afirmar que é relevante a aplicação do *smart grid*, pois gera melhores práticas em termos econômicos e ambientais, permitindo um melhor aproveitamento da infraestrutura existente e estimulando o aumento da eficiência em todos os setores de consumo.

7. REFERÊNCIAS

ABOBOREIRA, Felipe Luz. A importância do Smart Grid na rede elétrica de distribuição do Brasil. **XV SEPA** - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, UNIFACS, 2016. Disponível em: http://www.revistas.unifacs.br/index.php/sepa. Acesso em março de 2021.

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Setor elétrico**: visão geral do setor. 2021. Disponível em: https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor/. Acesso em abr. 2021.

AMÉRICO, I.; AZEVEDO, M. J. G.; SOUZA, A. de. **Trabalho automação na metalurgia manual X automatização**. 2011. Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAAekoAAJ/trabalho-automacao-na-metalurgia-manual-x-automatizado . Acesso em: maio de 2021.

BARBIERI, José Carlos. **Produção e Transferência de Tecnologia**. São Paulo: Editora Ática, 1990.

BARRETO, Eduardo Pacheco Bueno Muniz. **Smart Grid:** Eficiência Energética e a Geração Distribuída a Partir das Redes Inteligentes. Projeto de graduação. Engenharia Elétrica. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018. Disponível em: http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024546.pdf. Acesso em abr. 2021.

CORREIA, Lucas Camargo de Jesus. **Avaliação de eficiência energética residencial utilizando internet das coisas.** Monografia. Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12239. Acesso em: abr. 2021.

DOSI, G. et al. (Eds.) **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.

ENEL. **Normas Técnicas da Enel Distribuição Goiás**. 2021. Disponível em: https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/one-hub-brasil---2018/nomas-t%C3%A9cnicas-goi%C3%A1s/normas-t%C3%A9cnicas/NTC41.pdf. Acesso em maio de 2021.

FLARYS, Francisco. **Eletrotécnica Geral:** Teoria e Exercícios Resolvidos. São Paulo: Editora Manole, 2005.

GIANINI LIMA MOSTI, Lucas. **Desenvolvimento de um sistema supervisório scada para controle de processo de uma graxaria**. Monografia. Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9902/1/CT_COMET_2017_2_05.pdf. Acesso em abr. 2021.

GODÓI-DE-SOUSA, Edileusa; LOPES, José Eduardo Ferreira. Empreendedorismo tecnológico e startups: uma análise de cenários no contexto das universidades brasileiras. **IX EGEPE** – Encontro de estudos sobre empreendedorismo e gestão de pequenas empresas. Passo Fundo/RS, 2016. Disponível em: https://www.egepe.org.br/2016/artigos-egepe/154.pdf. Acesso em março de 2021.

HOSS, Maiara Pies. **Estudo da melhoria alcançada nos índices de continuidade com a aplicação de religadores automáticos em rede de distribuição.** Monografia. Engenharia Elétrica. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Santa Rosa, 2018. Disponível em: https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5311/Maiara%20Pies%20Hoss.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: abr. 2021.

LEAO, Ruth. Sistema elétrico. **Eletrotécnica geral.** PEA – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840834/59/SistemaEletrico1.pdf. Acesso em: junho de 2021.

LEME, Thaís Bredariol Grilo. **Prospecção tecnológica a médio e longo prazo do uso de fontes alternativas de geração de energia.** Dissertação. Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2017. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/331070/1/Leme_ThaisBredariolGrilo_M.pdf. Acesso em abr. 2021.

LIMA, Daniel Victor Teixeira et al. Otimização de Redes de Comunicação de Dados como Suporte à Implantação de Smart Grids.. **Anais...** Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH), v. 47, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.5753/semish.2020.11330. Acesso em abr. 2021.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. [Coleção Mídias Contemporâneas. SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofélia Elisa Torres (orgs.). **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania:** aproximações jovens. v. II. PG: Foca Foto-PROEX/UEPG, 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em mar. 2021.

NOGUEIRA, Carlos Eduardo Rodrigues. **Autorrestauração de redes de distribuição com foco na operação da distribuição** - ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Dissertação - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/RAOA-BBTNLR. Acesso em mar. 2021.

PFITSCHER, Luciano Lopes. **Reconfiguração automática das redes de distribuição de energia elétrica com monitoramento em tempo real**. Tese. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3684. Acesso em abr. 2021.

PRAMIO, Jeferson Turatti. **Estudo sobre self healing:** conceitos, metodologias e aplicações em redes de distribuição de energia elétrica. Monografia. Especialização em

Automação Industrial – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3650/1/CT_CEAUT_V_2014_14.pdf. Acesso em abr. 2021.

REIS, Dálcio Roberto et al. **Gestão da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Manole. 2004. Disponível em: http://portal.utfpr.edu.br/inovacao/propriedade-intelectual/downloads/01-gestao-da-inovacao.pdf/@@download/file/01-Gestao%20da%20Inovacao.pdf. Acesso em: mar. 2021.

RUPPENTHAL, Fernando André. **Aplicação de sistema self-healing em redes de distribuição de energia elétrica.** Monografia. Engenharia Elétrica. Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Santa Cruz do Sul – SC, 2019. Disponível em: https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/2592/1/Fernando%20Andr%C3%A9%20Ruppenthal.pdf. Acesso em mar. 2021.

SIMÕES, C.; TOLEDO, P. Implantação de sistemas self-healing em concessionárias de energia. **Anais do X Fórum Latino-Americano de Smart Grid**. São Paulo – SP, 2017. Disponível em: http://www.smartgrid.com.br/eventos/smartgrid2017/pericles_. Acesso em: mar. 2021.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico (1 ed., 1934). Tradução de Maria Sílvia Possas. Coleção Os Economistas. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

VINHAL, Mateus Padilha. **Evolução da telefonia móvel celular, cumprimento de leis e análise de modelos de propagação**. Monografia. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações. Universidade Federal de Uberlândia - campus Patos de Minas. Patos de Minas, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/29900/4/Evolu%C3%A7%C3%A3oTelefoniaM%C3%B3vel.pdf. Acesso em Mar. 2021.

WALTON, Richard E. **Tecnologia de Informação**: O uso de TI pelas empresas que obtém vantagem competitiva. Tradução Edson Luiz Riccio. São Paulo: Atlas, 1995.