JOSÉ MARIA ALVES MONTEL

PROTEÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE GRUPOS DE AJUSTES NO ALIMENTADOR 2 DA SUBESTAÇÃO DE MIRANORTE- TO

Palmas -TO

2022

JOSÉ MARIA ALVES MONTEL

PROTEÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE GRUPOS DE AJUSTES NO ALIMENTADOR 2 DA SUBESTAÇÃO DE MIRANORTE- TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Católica do Tocantins- UniCatólica.

Orientador: Professor Msc. Paulo Roberto Nunes Ferreira

Palmas -TO

2022

JOSÉ MARIA ALVES MONTEL

PROTEÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE GRUPOS DE AJUSTES NO ALIMENTADOR 2 DA SUBESTAÇÃO DE MIRANORTETO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Católica do Tocantins- UniCatólica.

Palmas,____de_____de_____

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Me. Paulo Roberto Nunes Ferreira - Orientador

Centro Universitário Católica do Tocantins - UniCatólica

_____

Prof. Me. João Carlos Sarri Júnior - Membro da Banca

Centro Universitário Católica do Tocantins - UniCatólica

_____

Prof. Esp. Murilo Batista Lopes - Membro da Banca

Centro Universitário Católica do Tocantins - UniCatólica

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, pois sem ele não teriamos chegado até aqui. Gostaria de agradecer a minha família que me deram apoio e força para seguir ao longo de toda essa caminhada. Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos que partilharam de momentos bons e ruins nas aulas de faculdade. Por fim, mas não menos importante gostariamos de deixar meu mais sincero carinho e agradecimento ao professor e orientador Paulo Roberto Nunes Ferreira, que me ajudou e apoiou para o desenvolvimento desta pesquisa. Só tenho a agradecer a tudo e a todos, pois no final deu tudo certo.

RESUMO

O SEP é um dos maiores e mais complexos sistemas existente. O qual exige estudos aprofundados e técnicas avançadas para construção manutenção e operação, já que como tal, exigem técnicas e estudos aprofundados e avançados cada vez mais, e refinados para construí-los, mantê-los e operá-los, por isso debate-se um sistema de proteção deve ser capaz de detectar condições problemas e anormais de operação. Trata-se de uma pesquisa aplicada quanto ao estudo dos métodos de implantação e utilização de grupos de ajustes de proteção em rede de distribuição no alimentador, onde será utilizado o conhecimento da pesquisa básica para resolver problemas relacionados a aplicações concretas na rede de distribuição. Ao fim desta pesquisa nota-se que durante os períodos chuvosos é muito comum que haja problemas com a rede elétrica. Então foi criado em toda a linha os grupos de ajustes para trazer estas melhorias, e foi visto muitos benefícios e mudanças em quando ainda não tinham sido instalados esses grupos de ajustes para o período em que já estava sendo utilizado, onde os problemas com a falta de energia elétrica foram minimizados, agilizando o trabalho de toda a equipe, e evitando que surgisse problemas com os aparelhos dos usuários, principalmente em períodos chuvosos que isso ocorria com constância. O proposito desta pesquisa é a melhoria no desempenho do fornecimento de rede elétrica ao longo de todo o trecho que foi estudado de Miranorte- TO a Dois Irmãos- TO, potencializando assim o fornecimento de energia, com o intuito de garantir a confiabilidade e o controle nos equipamentos.

Palavras-chaves: Eletricidade; Subestação; Religadores.

ABSTRACT

The SEP is one of the largest and most complex systems in existence. Which requires in-depth studies and advanced techniques for construction, maintenance and operation, since as such, they require more and more in-depth and advanced techniques and studies, and refined to build, maintain and operate them. , so it is debated a protection system must be able to detect problems and abnormal operating conditions. This is an applied research regarding the study of the methods of implementation and use of groups of protection adjustments in the distribution network in the feeder, where the knowledge of the basic research will be used to solve problems related to concrete applications in the distribution network. At the end of this research, it is noted that during the rainy season it is very common that there are problems with the electrical network. So, adjustments groups were created across the board to bring these improvements, and many benefits and changes were seen in when these adjustment groups had not yet been installed for the period in which they were already being used, where the problems with the fall of the electrical network was minimized, streamlining the work of the entire team, and preventing problems with the users' devices, especially in rainy periods, when this occurred frequently. The purpose of this research is to improve the performance of the electrical network supply along the entire stretch that was studied from Miranorte-TO to Dois Irmãos-TO, thus enhancing the energy supply, in order to guarantee reliability and control. in the equipment.

Keywords: Electricity; Substation; reclosers.

.

LISTA DE IMAGEM

IMAGEM 1 - Subsistema da LD de Miranorte a Dois Irmãos.....23

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Planilha de Comparação de antes e depois da Implantação 24
GRÁFICO 2 - Implantação do Grupo de Ajustes.....26
GRÁFICO 3 - Elemento Por Religador 1.....27
GRÁFICO 4 - Elemento Por Religador 2.....28
GRÁFICO 5 - Elemento Por Religador 2.....29
GRÁFICO 6 - Elemento Por Religador 3.....29
GRÁFICO 7 - Elemento Por Religador 3.....30
GRÁFICO 8 - Elemento Por Religador 4.....31
GRÁFICO 9 - Elemento Por Religador 4.....31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Planilha de Comparação de antes e depois da Implantação 24
TABELA 2 - Implantação do Grupo de Ajustes.....26
TABELA 3 - Elemento Por Religador 1.....27
TABELA 4 - Elemento Por Religador 2.....28
TABELA 5 - Elemento Por Religador 2.....28
TABELA 6 - Elemento Por Religador 3.....29
TABELA 7 - Elemento Por Religador 3.....30
TABELA 8 - Elemento Por Religador 4.....30
TABELA 9 - Elemento Por Religador 4.....31

LISTA DE ABREVIAÇÕES

COI - Centro de Operação Integrado;

RINDAT - Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas;

SEP - Sistema Elétrico de Potência;

IDEC - Índice de Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora-DEC;

IFEC - Índice de Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora- FEC;

DIC - Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão;

FIC - Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora por Ponto de Conexão.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....12

1.1 METODOLOGIA.....14

2. REFERENCIAL TEÓRICO.....16

2.1 Distribuição de Energia Elétrica.....16

2.2 Indicadores ANEEL.....17

2.3 Estudos dos Fenômenos do sistema de Proteção.....20

2.4 Religadores.....22

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....23

4.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....34

REFERÊNCIAS.....35

1. INTRODUÇÃO

O SEP é um dos maiores e mais complexos sistemas existente. O qual exige estudos aprofundados e técnicas avançadas para construção manutenção e operação, já que como tal, exigem técnicas e estudos aprofundados e avançados cada vez mais, e refinados para construí-los, mantê-los e operá-los, por isso debate-se um sistema de proteção deve ser capaz de detectar condições problemas e anormais de operação (SPECHT, 2018).

Nesse sentido, há o sistema elétrico de potência e inicia-se uma ação de desconexão da porção defeituosa tão rapidamente quanto possível. Outro fator que também pode ser considerado A atuação de um sistema de proteção deve ser automático, rápido e de modo a restringir ao mínimo a porção do sistema ser desligado.

O Brasil é o quinto maior país em extensão territorial, com 8.547.403 km², já o estado do Tocantins é um estado com 277.621 km² com uma população aproximada de 1.5 milhões de habitantes. É importante ressaltar que 89% da rede de média tensão estão na zona rural o que representa 20% dos clientes da Energisa responsável por distribuir energia no estado, mas, em cima disso, tamanho total da rede de alta tensão no estado é de 2735 km e de média e baixa tensão são 95958 km. (CEMIG, 2017).

Ora, em tese, é importante então, dar destaque para o consumo de energia elétrica está atrelado ao grau de crescimento econômico de um país, visto a importância do assunto relacionado à proteção da rede elétrica para evitar o desabastecimento do setor. É importante considerar que dentro desse contexto, o sistema de energia elétrica composto por infra instrutoras avançadas de geração, transmissão e distribuição, seja porque surge como elemento responsável pelo suprimento seguro e confiável de energia aos consumidores finais.

É interessante, aliás, ressaltar que as condições que devem ser satisfeitas por qualquer fornecimento de religadores automáticos tripolares de 13,8 kV e 34,5 kV, mas há um fato que explica a instalação externa na rede de distribuição, montagem em poste, compostos de mecanismo de abertura e fechamento baseado em atuador magnético, mecanismo de interrupção a vácuo. É importante considerar que o sistema de proteção em geral não evita

danos aos equipamentos, seja nesse caso ela opera após a ocorrência de algum tipo de distúrbio que já pode ter provocado algum dano (DIRETORIA DE PESQUISA ENERGETICA, 2019).

Para entender a importância que o processo do sistema de proteção de rede, atribui-se a segurança das pessoas e os equipamentos do sistema elétrico de potência contra condição de operação anormal e danos com certa razão, já que serão abordados o princípio operativo e a característica construtiva dos disjuntores de potência e dos transformadores de instrumentação. Justifica-se nesse sentido, podemos orientar e destacar os Operadores do COI (Centro de Operação Integrado) sobre a operação dos religadores de distribuição que operam com 4 grupos de ajustes de proteção visando aprimorar e flexibilizar. Outro fator que também pode ser considerado são a composição e desempenho do sistema de proteção conforme necessidades ou limitações do sistema elétrico (PINA, 2022).

Os sistemas de proteção surgem como elementos-chave afim de garantir a continuidade do fornecimento de energia. Uma das formas de fazer isso é obter-se um número de chaves desarmadas por defeito transitório, pior em caso de chuva da situação pode-se propor métodos que possam amenizar o sofrimento da população na zona rural que em grande parte utiliza da energia elétrica (MASMANN; SILVA JUNIOR, 2021). Portanto, é importante estimular suas atividades do dia a dia, para o conforto e bem-estar de seus familiares. A explicação para isso, portanto é a necessidade de continuidade do fornecimento de energia elétrica, mas sim servem, no entanto, diante ao grande distúrbio no sistema elétrico devido às intempéries do período chuvoso com um elevado número de descargas atmosféricas dispersas no estado do Tocantins, muitos clientes ficam sem energia elétrica por perturbações transitórias.

Diante disto, faz-se o seguinte questionamento: Como aprimorar as funcionalidades dos religadores, de modo a flexibilizar o esquema de proteção em um Alimentador da subestação de Miranorte - TO?

Esta pesquisa tem por objetivo geral analisar e aprimorar as funcionalidades dos religadores, de modo a flexibilizar o esquema de proteção em um alimentador da subestação de Miranorte – TO. Na qual irá ainda identificar o sistema de proteção para oferecer o máximo de continuidade dos serviços aos seus clientes com simplicidade e economia; determinar estratégia

de esquema de proteção dos religadores de distribuição, junto à operação em tempo real; apresentar possíveis melhorias no decorrer do processo e os ganhos alcançados após a implantação em um alimentador da subestação de Miranorte – TO.

1.1 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada quanto ao estudo dos métodos de implantação e utilização de grupos de ajustes de proteção em rede de distribuição no alimentador, onde será utilizado o conhecimento da pesquisa básica para resolver problemas relacionados a aplicações concretas na rede de distribuição, mas o fato é que isso não parece fazer sentido, afinal tem-se o intuito de cumprir com o objetivo específico será realizado pesquisas com foco nos processos de estudos e entendimentos dos sistemas de proteção apresentados na proposta de projeto, com abrangência de literaturas e pesquisas de arquivos e documentos da energisa Tocantins Distribuidora de Energia Elétrica do Tocantins.

De acordo com BATISTA & KUMADA (2021), a pesquisa bibliográfica é definida como um procedimento racional e sistemático proporcionando respostas aos problemas que são propostos, e atualização de conhecimentos científicos disponíveis sobre o estudo dos métodos de implantação e utilização de grupos de ajustes de proteção em rede de distribuição no alimentador 2.

É possível ter a definição de acordo com BATISTA & KUMADA (2021), durante o desenvolvimento da Pesquisa Descritiva os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados. Isso está simplificado porque se deve considerar ainda em que haja interferência e através do uso de técnica padronizada de coleta de dados como a aplicação de questionários e pela observação sistemática das propriedades e local estudado, mas isso é só um detalhe, pois o entendimento da para ser feito com essa visão.

Como procedimento, podemos citar a necessidade de pesquisa Bibliográfica, isso porque faremos uso de material já publicado, constituído principalmente de livros, também entendemos como um procedimento importante da pesquisa documental como procedimento técnico. A matriz de amarração é muito importante, pois, por meio dela o leitor pode compreender

claramente o conteúdo que será demonstrado no projeto auxiliando assim no seu entendimento.

A coleta de dados será realizada através dos documentos para o estudo dos métodos de implantação e utilização de grupos de ajustes de proteção em rede de distribuição no alimentador da subestação de Miranorte -TO. Para essa abordagem consiste em um argumento lógico e a essa constatação que isso já está errado por muitos fatores. É importante então, dar destaque para a qualidade dos serviços prestados compreende a avaliação das interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Partindo da ideia de que ora tal finalidade, destacam-se os indicadores de continuidade coletivos (DEC e FEC) e os indicadores de continuidade individuais (DIC, FIC, DMIC e DICRI), todos definidos no Módulo dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST). Os dados são armazenados na nuvem onde o Engenheiro de Proteção Irlley José Araújo Castelo Branco, desenvolveu um aplicativo que pode ser tanto utilizado em Smartphones e PC de mesa, podendo ser utilizado por eletricistas, técnicos e engenheiros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Distribuição de Energia Elétrica

A utilização de energia elétrica que está presente em residências, comércios e indústrias, exige um complexo sistema de instalação, onde ela é iniciada na geração, passando pela transmissão e chegando na distribuição. Na qual a energia elétrica pode ser gerada de diversas formas, no Brasil predomina a hidroelétrica, pelo fato da sua grande quantidade de recursos hídricos disponíveis operação (SPECHT, 2018).

Como os geradores na grande maioria das vezes estão localizados distantes dos centros urbanos e parques industriais, a energia elétrica ao sair dos geradores tem suas tensões elevadas, nas quais partem de 138,230,345,440,500 e 750 kV em circuitos de corrente alternada e mais ou mesmo de 600 kV em circuitos de corrente contínua, estas tensões altas, tem o objetivo de minimizar as perdas de energia elétrica nas linhas de transmissão, as quais transportam a energia até as subestações, onde estão presentes vários tipos de equipamentos para reduzir as tenções ao nível de (13,8 kV, 25kV, 69kV, 138 kV e etc.), com o intuito de que sejam distribuídas por meios das redes de distribuições (DIRETORIA DE PESQUISA ENERGETICA, 2019).

A melhor maneira de compreender esse processo é considerar o sistema de segurança é assegurar a desconexão da rede de distribuição ou parte dela, quando é submetida a qualquer anormalidade que a faça operar fora dos limites previstos. Não se trata de somente disso, o sistema de proteção tem a função de fornecer as informações necessárias aos responsáveis por sua operação, de modo a facilitar a identificação dos defeitos e a sua consequente recuperação, seja porque condição muito importante para atingir os propósitos citados acima é a coordenação de dispositivos de proteção contra sobrecorrente, seja porque um sistema coordenado a atuação imprópria de alguns equipamentos de proteção é evitado. Julgo pertinente trazer à tona estabelecendo a seletividade do sistema e isolando o problema de toda a rede. (MASMANN; SILVA JUNIOR, 2021).

Conforme verificado por Masmann; Silva Junior (2021), trata-se inegavelmente a fim de estabelecer a coordenação religador-religador algumas questões de segurança devem ser observadas para ter um resultado satisfatório, seria um erro, porém, atribuir sendo aplicada no desenvolvimento

de esquemas de proteção, cujo objetivo é garantir que operem com confiabilidade e segurança necessárias. Assim, reveste--se de particular importância o sistema de transmissão, a coordenação exige um conhecimento prévio das zonas primárias, sob essa ótica, ganha particular relevância que demarcam a área de atuação dos esquemas de proteção.

2.2 Indicadores ANEEL

Com o objetivo de mensurar a eficiência das distribuidoras, a ANEEL estabelece dois principais indicadores que são: indicadores de continuidade e indicadores de conformidade. Na qual estes indicadores têm o intuito de controlar a qualidade do serviço prestado pelas concessionárias e a qualidade do produto entregue aos consumidores respectivamente (ANEEL, 2019).

Visto que o conceito de interrupção conceituado pela ANEEL acaba considerando que uma interrupção como descontinuidade parcial ou total do fornecimento da energia elétrica a uma unidade consumidora, provocada por uma falha do dimensionamento ou falhas nos componentes do sistema. Portanto esta interrupção quando a tensão de fornecimento for igual ou inferior a 70% da tensão nominal.

ANEEL (2019) afirma que dentro do conceito de interrupção segmenta os o Módulo do PRODIST nos seguintes tipos de interrupções:

- Interrupção momentânea de tensão: toda interrupção no SEP com duração menor ou igual a 3 (três) segundos.
- Interrupção temporária de tensão: toda interrupção no SEP superior a 3 (três) segundos e inferior a 3 (três) minutos.
- Interrupção de Longa Duração: toda interrupção no SEP com duração maior ou igual a 3 (três) minutos.
- Interrupção de Emergência: desligamento manual de equipamentos ou nas linhas quando não há tempo hábil para comunicação com o Centro de Operação de Distribuição (COD), realizado para evitar danos aos sistemas, equipamentos e risco para a integridade física de pessoas, para as instalações ou para o meio ambiente.
- Interrupção de Fornecimento de Caráter Sistêmico: Interrupção de fornecimento de energia elétrica que cause elevada concentração de chamadas junto à central de teleatendimento da

distribuidora e que caracterize o respectivo dia ou período como atípico.

Visto ainda que estes mesmos autores apresentam ainda mais formas de interrupções:

- Interrupção de Fornecimento: desligamento temporário da energia elétrica para conservação e manutenção da rede elétrica e em situações de casos fortuitos ou de força maior.
- Interrupção em Situação de Emergência: interrupção motivada por caso fortuito ou de força maior, a ser comprovada documentalmente pela distribuidora.
- Interrupção não programada: interrupção do fornecimento de energia elétrica aos consumidores motivada por desligamentos não programados de componente do sistema elétrico.
- Interrupção Programada: interrupção antecedida de aviso prévio, por tempo preestabelecido, para fins de intervenção no sistema elétrico da distribuidora ou transmissora. A apuração dos indicadores de continuidade individuais deve considerar, obrigatoriamente, as interrupções de longa duração registradas pelo sistema de medição ininterrupta.

De acordo com a ANEEL (2019, p.23): Para garantir este equilíbrio e editar limites de continuidade, tendo em vista manter a qualidade do serviço de distribuição, a ANEEL adotou uma série de indicadores de continuidade. Dentre estes indicadores podemos citar a Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora - DEC e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora – FEC. Os indicadores são apurados pelas distribuidoras e enviados periodicamente à ANEEL para verificação da continuidade do serviço prestado, representando, respectivamente, o tempo e o número de vezes que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica para o período considerado (mês, trimestre ou ano), o que permite a Agência avaliar a continuidade da energia oferecida à população.

A ANEEL deixa claro na normativa, que equilíbrio e editar limites de continuidade são interessantes, aliás, através dos dados históricos do DEC e FEC e atributos físicos e elétricos das distribuidoras, mas há um fato que se sobrepõe e são estabelecidas as metas de cada consumidor. Mesmo assim,

não parece haver razão para que as distribuidoras não respeitem as metas delimitadas. É sinal de que há, enfim, que deverão ressarcir as unidades consumidoras afetadas (AGÊNCIA NACIONAL DE ELETRECIDADE- ANEEL, 2019).

Como bem nos assegura DIRETORIA DE DISTRIBUIÇÃO E COMERCIO (2017), pode-se dizer que ao apresentar um esquema de proteção adaptativa das funções de sobrecorrente para mudanças no sistema de alimentação. Neste contexto, ficam claro que o esquema de proteção de sobrecorrente se adapta às mudanças de topologia do sistema de alimentação, adequando os ajustes dos relés em função do fluxo de potência, de modo a atender os requisitos operacionais e de proteção. Dessa maneira, essa situação afirma que os dados da RINDAT (Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas), dentre todos esses tipos de descargas, a entre nuvens são as que ocorrem com mais frequências, globalmente cerca de 70%.

A justificativa do autor segue na seguinte linha são os números totais de descargas intra-nuvem, por consequência da capacidade isolante do ar em diminuir de acordo com a altura em função do diminuto. E isso é um fato já explicado inúmeras vezes por outros autores. Então na visão desse autor a densidade do ar é outro motivo em que as cargas opostas das regiões opostas dentro das nuvens estão próximas dos relâmpagos.

Como bem nos assegura FRAZÃO (2019), pode-se dizer que o SEP (Sistema Elétrico de Potência) tradicionalmente dividido em três componentes. Neste contexto, fica claro que os componentes básicos, onde os níveis de tensão são maiores ou igual a 230 kV. O mais preocupante, contudo, é constatar como mostrado na Figura 01: sistema de geração, sistema de transmissão e sistema de distribuição, cada um deles interligados por subestações. Mesmo assim, há razão para que normalmente caracterizem um-sistema de transmissão. É sinal de que há, enfim, são analisados por meio da programação linear inteira em função da carga. Pode-se dizer que o sistema de subtransmissão é a continuidade do sistema de transmissão.

Neste contexto, para PINA (2022) fica claro que a finalidade de transmitir energia às pequenas cidades ou agrupamentos de cidades, ao interior de grandes centros urbanos e a consumidores industriais de grande porte. Cabe apontar que, apesar desse sistema reparte espacialmente, entre

as subestações de distribuição, grandes volumes de energia são recebidos de subestações de transmissão.

É preciso, porém, ir mais além, pois, a maioria dos desligamentos acidentais no sistema elétrico de potência são provocados por descarga atmosférica seja direta ou indiretamente. É exatamente o caso em que se pode ocasionar a danificação dos equipamentos e estrutura da rede de distribuição. Por todas essas razões, os estragos deixados por esse fenômeno natural são vários tais como: desligamento total ou parcial de um alimentador, queima de transformadores, é notório que isso resulta em danos em para-raios, rompimento de condutores de alta e baixa tensão, isoladores ou banco de capacitores danificados. (OLIVEIRA, 2013).

A melhor maneira de compreender esse processo é considerar a importância dos métodos de implantação e utilização de grupos de ajustes de proteção em rede de distribuição. É importante ressaltar que segundo a ABNT (NBR 5460, 1992), afirma que falta é uma ocorrência acidental e súbita em um elemento de um sistema elétrico, que pode resultar em falha do próprio elemento e/ou de outros elementos associados, nesse sentido, enquanto falha é o término da aptidão de um elemento do sistema elétrico de desempenhar a função dele exigida.

2.3 Estudos dos Fenômenos do sistema de Proteção

O SEP é formado por vários dispositivos de proteção nas redes de distribuição, onde em sua grande maioria, ele é formado por redes aéreas, estas são mais suscetíveis a falhas e que podem ter origem através de:

- Abalroamento de veículos em postes;
- Descargas atmosféricas;
- Galhos de árvores tocando em condutores;
- Incidência de pipas;
- Instabilidade sistêmica;
- Outros.

Estes dispositivos têm como função básica a de desenvolver a proteção dos equipamentos instalados no sistema elétrico, que possui alto valor agregado. Visto ainda que a confiabilidade exigida e as consequências no caso de uma anomalia ou interrupção no fornecimento de energia evidencia a relevância de se mantes o sistema operando o maior tempo possível (CEMIG, 2017).

Um sistema de proteção tem o intuito de isolar a menos parcela possível do sistema submetido à intercorrências que o faça operar fora dos limites preestabelecidos. Onde de forma simultânea o mesmo deve fornecer informações importantes para o operador do sistema, com o objetivo de facilitar a identificação de defeitos e falhas.

A premissa da proteção dos sistemas é constituída na técnica de selecionar, aplicar, coordenar e ajustar os vários equipamentos e dispositivos protetores de um sistema elétrico, na qual, quando há o surgimento de uma anomalia no circuito, essa por sua vez, venha ser isolada, sem que os outros sejam afetados. Portanto nota-se que o principal foco é desconectar a parcela mínima do sistema quando da ocorrência de alguma falha, em que um tempo ínfimo com o proposito de diminuir os danos aos condutores, população e equipamentos (PINA, 2022).

Normalmente os dispositivos de proteção mais utilizados nos sistemas de proteção são: chaves fusíveis, chaves fusíveis repetidoras, religadores eletromecânicos e digitais, e seccionalizadores. Todos os estes possuem características próprias para aplicação, operação e ajustes.

Contudo, um ajuste feito de forma correta torna-se indispensável para manter a segurança do sistema e dos equipamentos submetidos às correntes de curto-circuito. Visto que quanto mais rápida a atuação da proteção, menores serão os danos causados aos equipamentos instalados nos sistemas. Os relés, os fusíveis incorporados aos disjuntores e religadores, em sua grande maioria, são os componentes responsáveis por desconectar o circuito defeituoso da fonte que está sendo alimentada que compõem os circuitos de proteção (SPECHT, 2018).

2.4 Religadores

Ao longo dos últimos anos, as concessionárias de energia elétrica têm intensificado a instalação de religadores, equipamento de automação com alto valor agregado, mas que fornecem diversos recursos de proteção, medição e controle. Sua aplicação pode ser utilizada com intuito de proteger a saída de alimentadores, como também para proteção de linhas, ao longo do alimentador (FRAZÃO, 2019).

Visto ainda que as instalações destes equipamentos causam a diminuição das interrupções de energia em função de defeitos transitórios, uma vez que é possível parametrizar o equipamento com intervalo de tempo entre os três ciclos de religamento automático de forma que o circuito permaneça ligado após o defeito transitório. Seu princípio está associado diretamente com as correntes de falta, tendo seu comportamento de atuação descrito pelas curvas de atuação do equipamento.

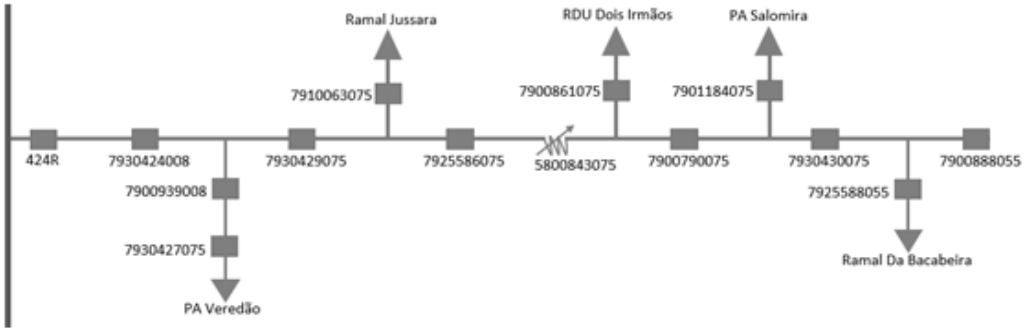
De acordo com FARIAS (2017) os religadores possuem um sistema temporizado, o qual permite que o equipamento seja ajustado conforme a necessidade do circuito:

- Operação Lenta: ajuste que possui maior tempo para extinguir defeitos permanentes, queimando elos fusíveis entre o local do defeito e o relifador.
- Operações Rápidas: ajustes que diminui a possibilidade de danificar o sistema protegido e ao mesmo tempo evita a queima de elos fusíveis a jusante do equipamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Imagem 1 a seguir trata-se do esquema unifilar da subestação, equivalente a interligação de Miranorte a Dois irmãos, demonstrando o processo que leva toda a linha percorrida.

Imagem 1- Subsistema da LD de Miranorte a Dois Irmãos



Fonte: Adaptado da Energisa – TO.

Na demonstração da imagem 1, pode notar-se a linha unifilar de seguimento do alimentador em que foi analisado a pesquisa, onde ela segue de Miranorte - TO a Dois Irmãos - TO, para obtenção de informações. Com o intuito de verificar quais meios que pudessem trazer melhorias para esta subestação.

O intuito desta pesquisa foi analisar possíveis reparos que poderia ser realizado nestas linhas de subestação para obter melhorias em quedas de energia e qualidade de serviço. Portanto pode se afirmar que os religadores são equipamentos de proteção, onde são telecomandados, onde estes equipamentos são instalados em alguns dos potes ao longo do trecho da linha.

Visto que pela necessidade foi criado grupos de ajustes para proteção, sobre carga/descarga atmosférica ou em algum possível dano que possa surgir nos cabos.

Antes de serem implementados os grupos de reparos, havia muitas quedas de cabos, principalmente em períodos chuvosos, desarmando a rede elétrica. Portanto o grupo de ajustes foi criado principalmente para estes

períodos chuvosos, devido com descarga atmosférica provocar o desarmamento com um período curto, onde o grupo de ajustes permite que esta curva ou período de rompimento de abertura seja mais rápido, onde ocorre a abertura fazendo o religamento e mantendo estes religadores fechados.

No tabela 1 e Gráfico 1 a seguir, pode ser visto a demonstração de 4 religadores que tiveram problemas no período do estudo, demonstrando o índice de DEC e FEC deste período.

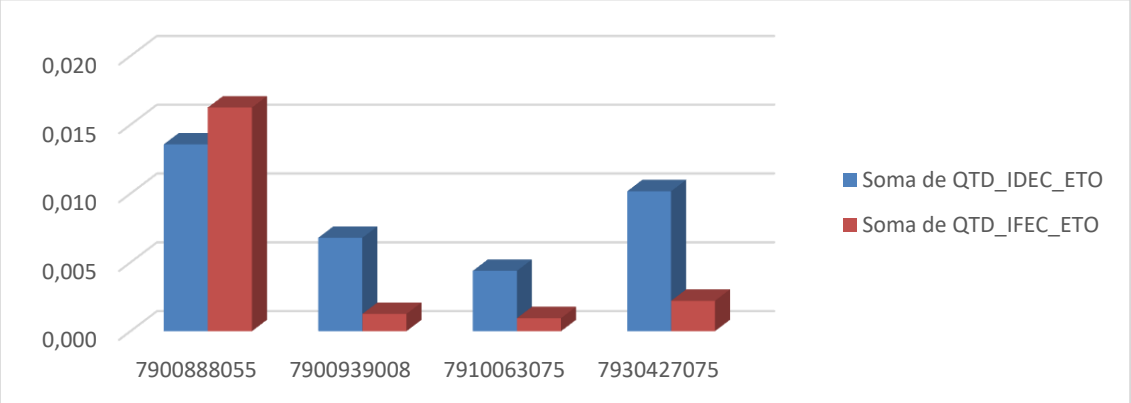
Onde será demonstrado ainda ao longo destes gráficos que virão a seguir a comparação do período em que ainda não havia o grupo de ajustes juntamente com o período que houve a implementação deste sistema.

Tabela – 1- Planilha de Comparação de antes e depois da Implantação

Ano	2020/2021	
Mês	Setembro/Março	
Religador de Linha	**Soma de QTD_IDEC_ETO**	**Soma de QTD_IFEC_ETO**
7900888055	0,014	0,016
7900939008	0,007	0,001
7910063075	0,004	0,001
7930427075	0,010	0,002
Total Geral	**0,035**	**0,021**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico – 1: Planilha de Comparação de antes e depois da Implantação



Fonte: Autor

Antes de haver estes ajustes, principalmente em períodos chuvosos quando havia essas descargas atmosféricas, os religadores fazia todo este processo fazendo o religamento novamente, porém como a descarga permanecia, não fazia o processo de fechamento para que pudesse manter a rede elétrica funcionando, então era necessário que todas às vezes houvesse o desligamento de equipes para fazer este processo manualmente. Onde já neste processo implementado, ele faz o reconhecimento que a descarga foi mínima e permanece ligado não fazendo quedas contínuas de energia elétrica.

Portanto no gráfico 1 nota-se que houver muitas melhorias após a implementação dos grupos de ajustes, trazendo reparos nos religadores, onde houve praticidade e qualidade de serviço ao longo da linha analisada

Como pode ser visto no gráfico 1 a demonstração do DEC e FEC, sendo que o IDEC (Índice de Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora-DEC), que utiliza a seguinte equação (1):

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{NUC} DIC(i)}{NUC}$$

Equação 1 – Cálculo do DEC

O IFEC (Índice de Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora- FEC) utiliza a seguinte equação (2):

$$\mathrm{F}EC = \frac{\sum_{i=1}^{NUC} \mathrm{F}IC(i)}{NUC}$$

Equação 2 – Cálculo do FEC

Com base na equação vista pode ser conceituado como DIC (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão) e o FIC (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora por Ponto de Conexão).

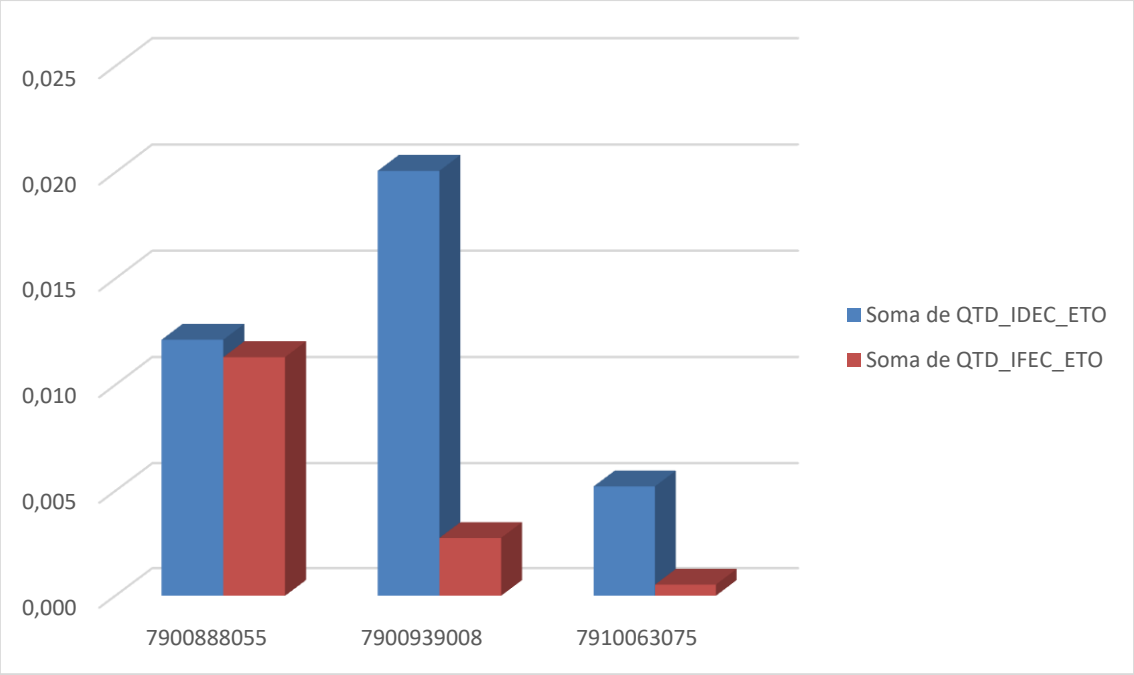
Na tabela 2 e Gráfico 2 a seguir, pode ser visualizado o período em que houve a implementação do grupo de ajustes nas linhas, onde no período da avaliação nota-se que do período de Setembro de 2020 a Março de 2021 não haviam sido implementados esses ajustes, sendo então implementado no período desta pesquisa.

Tabela – 2- Implantação do Grupo de Ajustes

Ano	2021/2022	
Mês	Setembro/Março	
Religador de Linha	**Soma de QTD_IDEC_ETO**	**Soma de QTD_IFEC_ETO**
7900888055	0,012	0,011
7900939008	0,020	0,003
7910063075	0,005	0,001
Total Geral	**0,037**	**0,015**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico – 2: Referente a tabela 2- Implantação do Grupo de Ajustes



Fonte: Autor

Portanto na tabela 2 e gráfico 2 foi utilizado para demonstração dados de Setembro de 2021 a Março de 2022, com o objetivo de analisar as melhorias deste grupo de ajuste no período chuvoso desta época, com a implementação de melhorias no funcionamento da sistema elétrico.

Nas tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 e seus respectivos gráficos, são demonstrados cada religador analisado nesta pesquisa, demonstrando o DEC e FEC a cada período analisado, nota se que no geral houve um aumento de 0,02 no DEC, porém uma redução de 0,06 no FEC, onde pode ser levado em conta que este aumento do DEC pode ter sido relacionado a alguma anomalia de danos a qual dispusesse de mais tempo para recuperação. Como por

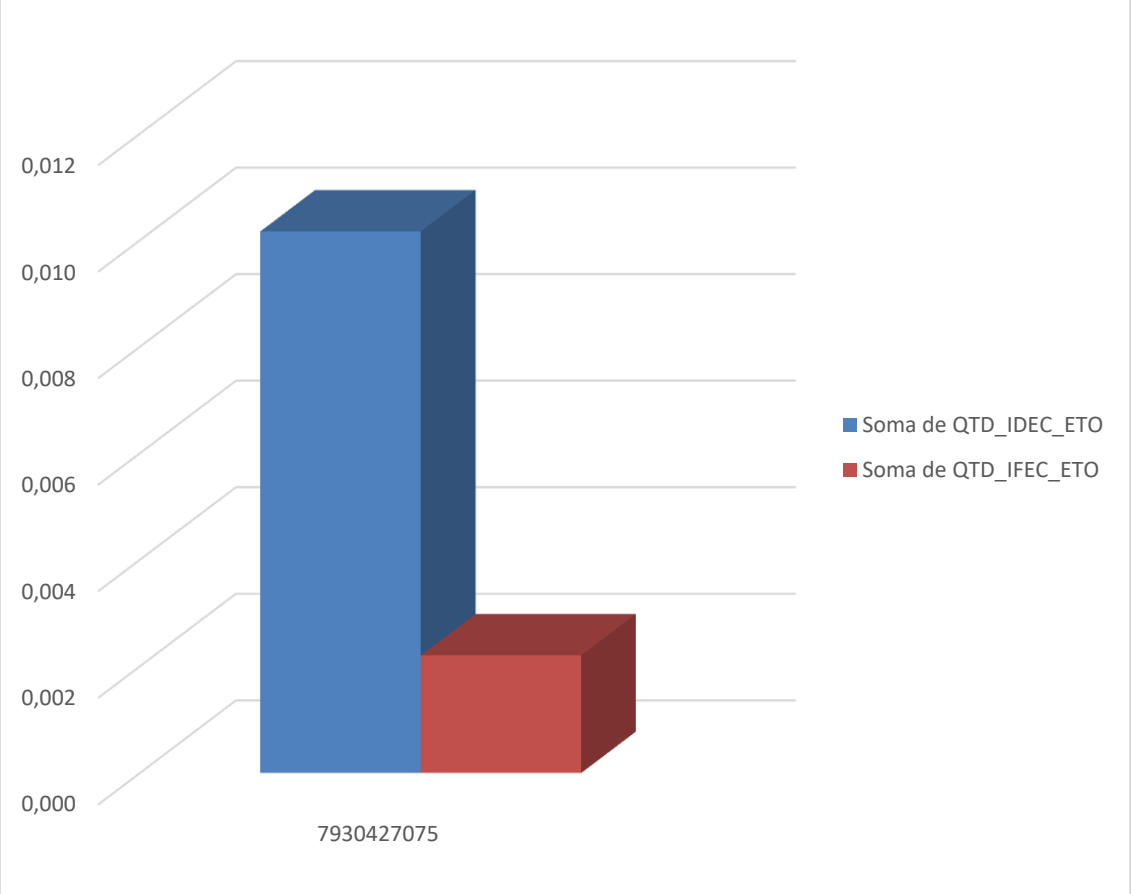
exemplo: Poste abalroado um até mesmo quebrado por arvore ou vento forte como é de costume essas tempestades na região.

Tabela 3- Elemento por Religador 1

Ano	2020/2021	
Mês	Setembro/Março	
Religador de Linha	**Soma de QTD_IDEC_ETO**	**Soma de QTD_IFEC_ETO**
7930427075	0,010	0,002
Total Geral	**0,010**	**0,002**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico 3- Elemento por Religador 1



Fonte: Autor

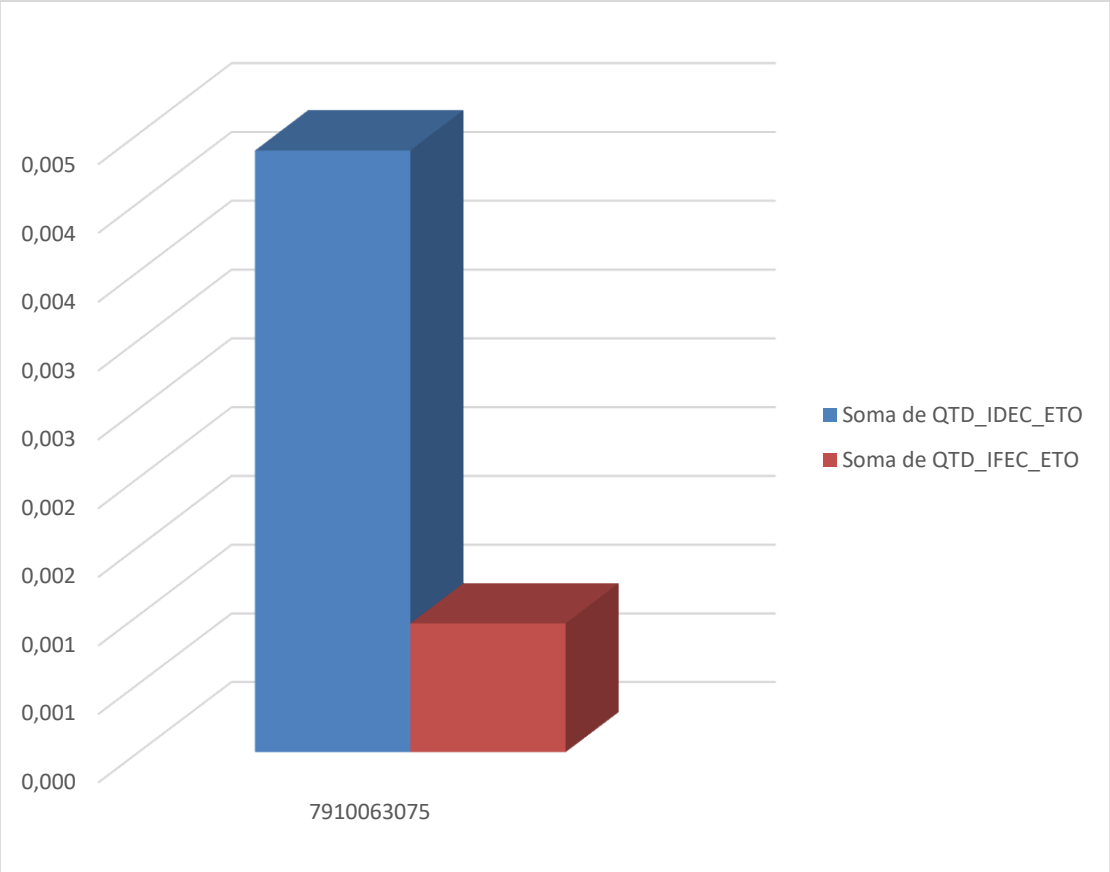
Como não houve indicador no período de Setembro de 2021 a Março de 2022 no RL 7930427075 então não haverá tabela e gráfico referente ao mesmo. Portanto isto significa que houve uma porcentagem de ganho quanto à implantação deste grupo de ajuste.

Tabela 4- Elemento por Religador 2

Ano	2020/2021	
Mês/Ano	Setembro/Março	
Religador de Linha	**Soma de QTD_IDEC_ETO**	**Soma de QTD_IFEC_ETO**
7910063075	0,004	0,001
Total Geral	**0,004**	**0,001**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico 4: Elemento por Religador 2



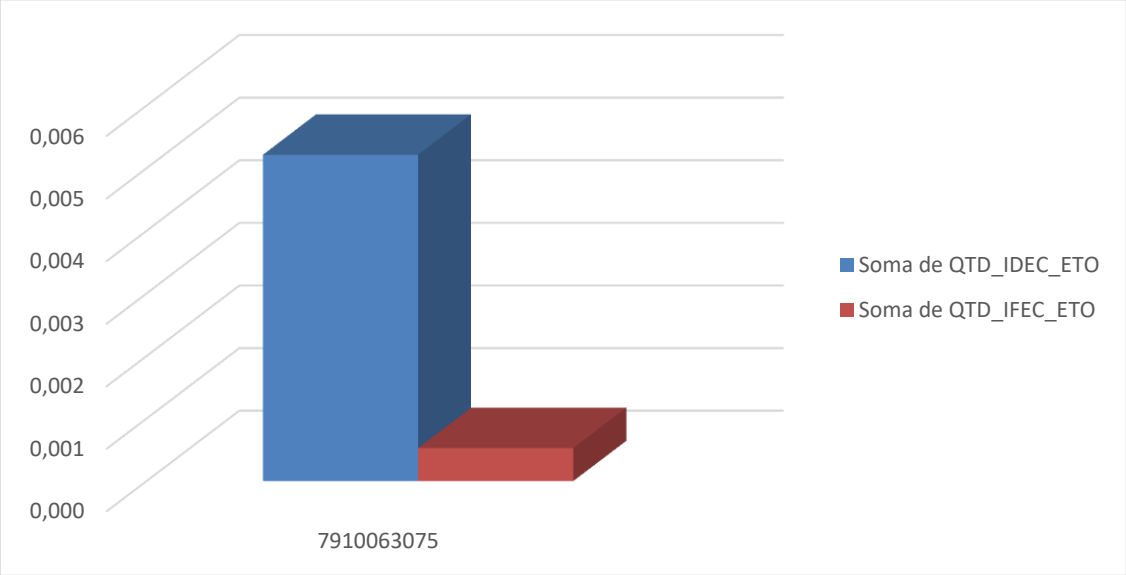
Fonte: Autor

Tabela 5- Elemento por Religador 2

Ano	2021/2022	
Mês	Setembro/Março	
Religador de Linha	**Soma de QTD_IDEC_ETO**	**Soma de QTD_IFEC_ETO**
7910063075	0,005	0,001
Total Geral	**0,005**	**0,001**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico 5- Elemento por Religador 2



Fonte: Autor

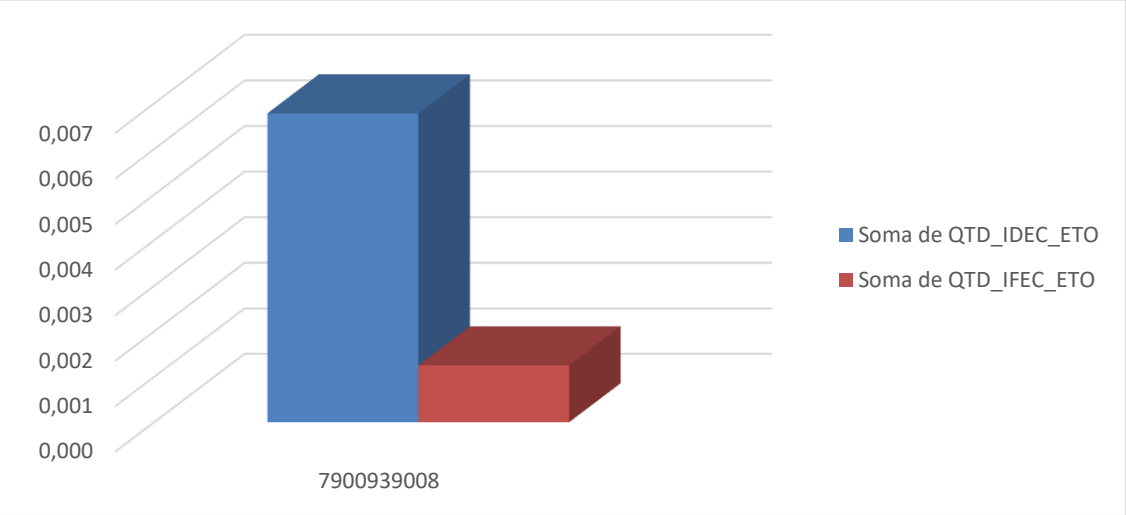
Tabela 6- Elemento por Religador 3

Ano	2020/2021
Mês	Setembro/Março

Religador de Linha	**Soma de QTD_IDEC_ETO**	**Soma de QTD_IFEC_ETO**
7900939008	0,007	0,001
Total Geral	**0,007**	**0,001**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico 6- Elemento por Religador 3



Fonte: Autor

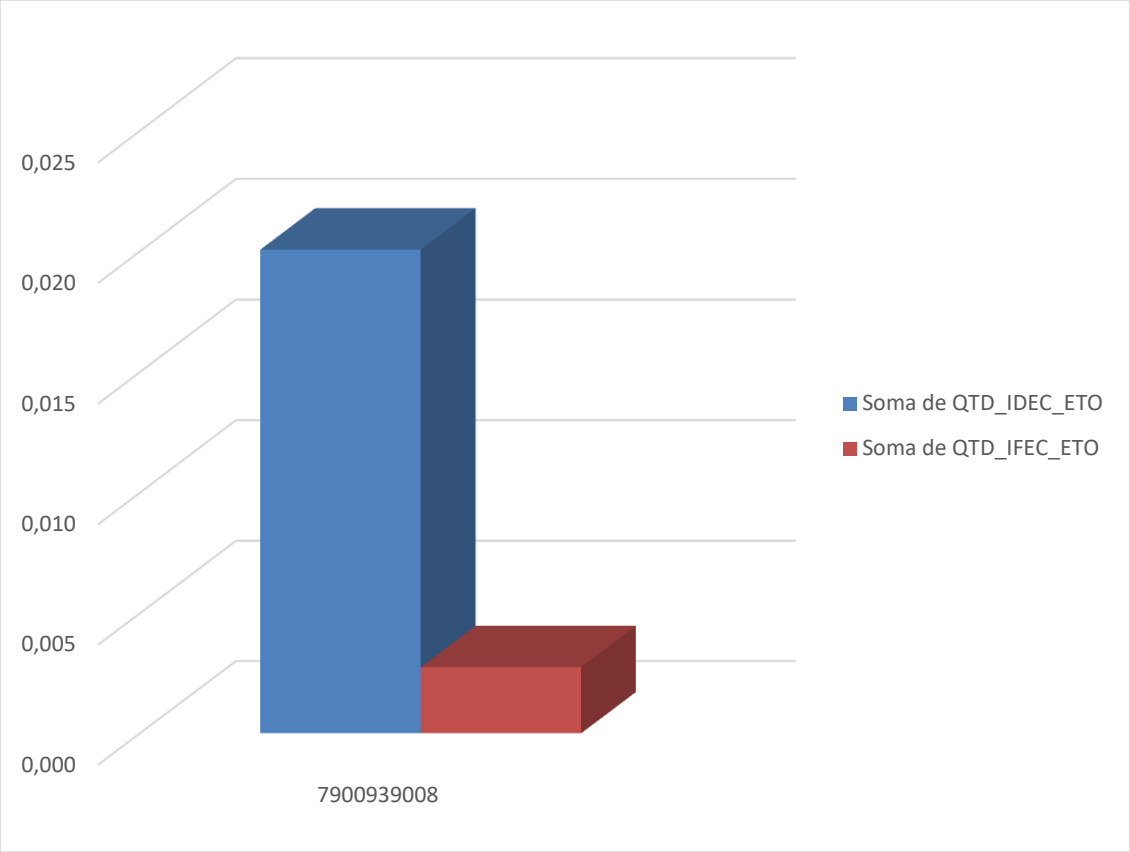
Tabela 7- Elemento por Religador 3

Ano	2021/2022
Mês	Setembro/Março

Religador de Linha	Soma de QTD_IDEC_ETO	Soma de QTD_IFEC_ETO
7900939008	0,020	0,003
Total Geral	**0,020**	**0,003**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico 7- Elemento por Religador 3



Fonte: Autor

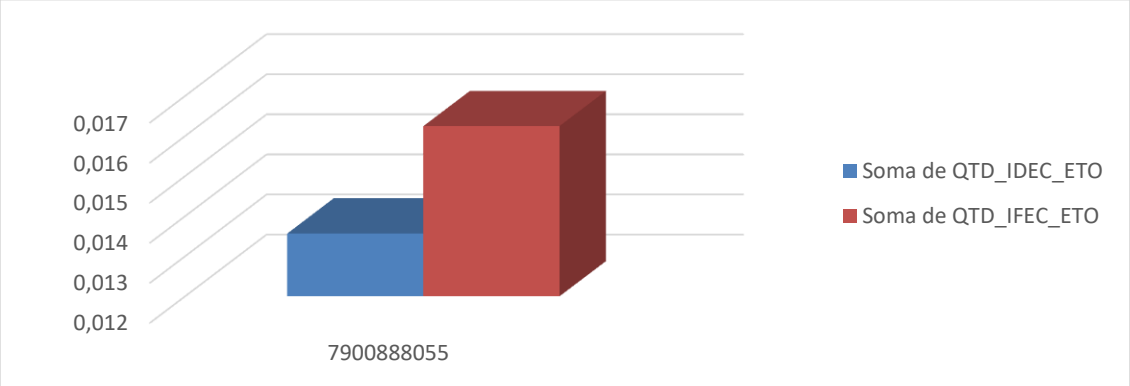
Tabela 8: Elemento por Religador 4

Ano	2020/2021
Mês	Setembro/Março

Religador de Linha	Soma de QTD_IDEC_ETO	Soma de QTD_IFEC_ETO
7900888055	0,014	0,016
Total Geral	**0,014**	**0,016**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico 8: Elemento por Religador 4



Fonte: Autor

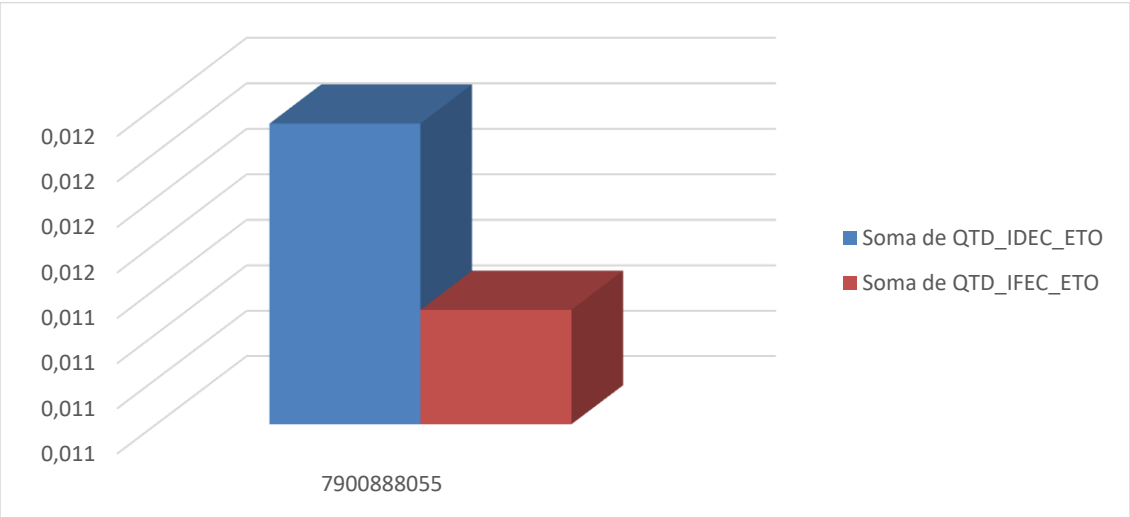
Tabela 9- Elemento por Religador 4

Ano	2021/2022
Mês	Setembro/Março

Religador de Linha	Soma de QTD_IDEC_ETO	Soma de QTD_IFEC_ETO
7900888055	0,012	0,011
Total Geral	**0,012**	**0,011**

Fonte: Adaptado da Energisa

Gráfico 9- Elemento por Religador 4



Fonte: Autor

O estudo das redes de distribuição para diminuir as frequências simples e as sustentadas é devido à alta incidência de curtos-circuitos na rede elétrica. Contudo as mesmas podem ser identificadas em várias partes do sistema de distribuição, sendo, transformadores com vazamento, isoladores com

pequenas trincas ou nos condutores com rompimento que resulta em uma alta circulação de corrente, ocasionando assim distúrbios de tensão com danos no sistema e em equipamentos.

Visto então a necessidade de elaboração de um sistema projetado com o intuito de atuar de forma seletiva e coordenada para as frequências e que em faltas, afete o menor número de clientes. De acordo com Farias (2017) as faltas são definias como:

- Simples ou Temporárias: Após a operação do equipamento, sendo ele o religador ou relé, a falta é eliminada e o circuito é restabelecido. Em algumas vezes, pelo simples fato de um contato com um galho de arvores, é detectado um falha e rapidamente essa falha é eliminada. As causas mais comuns de defeitos transitórios são: descargas atmosféricas, sobretensões de manobra, contatos momentâneos entre condutores, abertura de arco elétrico e materiais sem isolação correta.
- Permanentes ou Sustentadas: Ocorre quando há a falta temporária evolui para a falta tipo permanente, onde não houve o restabelecimento do circuito, devido a falta de operação correta do equipamento de proteção. Quando ocorrem estes casos, é preciso que haja uma intervenção das equipes de manutenção para a detecção e correção do defeito para corrigir o circuito, contudo pode citar ainda que as possíveis causas podem ser: acidentes de trânsito que envolva os potes de energia, descargas atmosféricas, quebras de isoladores e cruzetas, quedas de arvores ou de galhos sobre as redes e incidência de animais nas estruturas.

Portanto ao longo desta pesquisa nota-se que durante os períodos chuvosos é muito comum que haja problemas com a rede elétrica. Havendo assim quedas de energia, apagões e até curtos ocorrem com bastante frequência, caso não seja realizado o devido cuidado, isto pode acarretar grandes prejuízos, além de poder comprometer a segurança física. Portanto nota-se a importância de ser criado meios que possam trazer melhorias para a execução deste processo, trazendo benefícios tantos para as equipes que trabalham nesta área, quando para os usuários desta rede elétrica.

Por isso foi criado em todo a linha os grupos de ajustes para trazer estas melhorias, e foi visto muitos benefícios e mudanças em quando ainda não tinha sido instalado esse grupos de ajustes para o período em que já estava sendo

utilizado, onde os problemas com a queda da rede elétrica foi minimizado, agilizando o trabalho de toda a equipe, e evitando que surgisse problemas com os aparelhos do usuários ao longo dessas quedas, principalmente em períodos chuvosos que isso ocorria com constância.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O proposito desta pesquisa é a melhoria no desempenho do fornecimento de rede elétrica ao longo de todo o trecho que foi estudado de Miranorte- TO a Dois Irmãos- TO, potencializando assim o fornecimento de energia, com o intuito de garantir a continuidade, a confiabilidade e o controle nos equipamentos. Visto que vários das falhas que ocorrem, geralmente, em períodos chuvosos com cabos energizados, e em descargas atmosféricas longas.

Visto que estes eventos trazem sérios riscos à população, animais e funcionários que trabalham no setor elétrico. Portanto, esta pesquisa teve o intuito de viabilizar melhorias no resultado de desempenho, com atuação da rede de ajustes instalados no circuito, visando o reparo do trecho que apresentava falhas, fazendo com que estes episódios ocorram em menor quantidade.

Nota-se ainda que os indicadores são metas definidas pela ANEEL, logo o estudo das redes de proteção é possível observar propostas de melhorias nos indicadores de continuidade e qualidade do fornecimento de energia elétrica (DEC, FEC, DIC e FIC).

Por fim, espera-se que com a realização das implementações alcance assim melhorias no desempenho do circuito, minimizando os custos de manutenção e aumento de vida útil. Logo o estudo de proteção das redes de distribuição se faz de extrema relevância para trazer benefícios contínuos com relação à qualidade de energia fornecida, segurança e operação do sistema.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Banco de Informações da Geração.** 2019;

ANEEL. **Áreas de Concessão de Energia Elétrica**. Brasília, 2019;

BATISTA, L.S.; KUMADA, K.M.O. Análise metodológica sobre as diferentes configurações de pesquisa bibliográfica. **Rev. Bras. de Iniciação Científica**, Vol. 8, N. 1. São Paulo: 2021;

DIRETORIA DE DISTRIBUIÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO. **Norma de Distribuição Proteção de Sobrecorrentes do Sistema de Distribuição de Média Tensão da Cemig.** Minas Gerais: 2017. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2022/03/nd_4_15_000001p.pdf>;

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE**. Transmissão de Energia Elétrica**. 2019;

FRAZÃO, R.J.A. Proteção do Sistema Elétrico de Potência. **Editora e Distribuidora Educacional S.A.** Londrina: 2019. Disponível em: < http://cm-kls-content.s3.amazonaws.com/201901/INTERATIVAS_2_0/PROTECAO_DO_SISTEMA_ELETRICO_DE_POTENCIA/U1/LIVRO_UNICO.pdf>;

FARIAS, P. E.; COSTA, G. B.; MORAIS, A. P.; CARDOSO, G. Jr**. Revisão e análise das técnicas para localização de faltas em redes de distribuição de energia elétrica, International Conference on Electricity Distribution – CIDEL,** Argentina: 2017;

CEMIG DISTRIBUIÇÃO SA, Norma Técnica de Distribuição, ND 4.15. **Proteção de Sobrecorrentes do Sistema de Distribuição de Média Tensão da Cemig.** Belo Horizonte, 2017;

MASMANN, J.C.; SILVA JUNIOR, D.C. **Estudo de proteção em redes de distribuição para minimizar as frequências simples sustentadas.** São Paulo: 2021;

OLIVEIRA, L.A.A. **Tratamento de dados de curvas de carga via analise de agrupamentos e transformada wavelets.** Rio de Janeiro: 2013;

PINA, R.P. **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais.** Minas Gerais: 2022.

SPECHT, L.H. **Estudo de seletividade dos diapositivos de proteção do site de transmissão da RBS TV- Porto Alegre.** Porto Alegre: 2018. Dispositivo: < https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/179401/001069132.pdf?sequence=1>;