UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS CURVAS DE PROTEÇÃO DE DISJUNTORES

MAIN FEATURES OF CIRCUIT-BREAKER PROTECTION CURVES

Welber Dantas[1]
Cristiano Minotti[2]

https://doi.org/10.47820/recima21.v2i10.969

RESUMO

A eletricidade é essencial no cotidiano atual. O uso da energia elétrica está vinculado a evolução humana. Este trabalho demonstra a importância do equipamento destinado a manter a continuidade do serviço de distribuição da energia no circuito elétrico, peça fundamental e fator estratégico: trata-se do disjuntor e suas curvas de proteção, indispensáveis na proteção de sistemas elétricos em geral e manobras de energia, para impedir panes que possam causar incêndios e de interrupção no fornecimento da eletricidade. O estudo demonstra o funcionamento do disjuntor e dos tipos de curvas que dispõe para proteção do circuito, com atuação específica para cada tipo de carga, o que depende da maneira correta de seu dimensionamento.

Palavras-chave: Curva de Proteção de Disjuntores. Disjuntores. Proteção de sistemas elétricos de potência.

ABSTRACT

Electricity is essential in today's daily life. The use of electrical energy is linked to human evolution. This work demonstrates the importance of the equipment designed to maintain the continuity of the energy distribution service in the electrical circuit, a fundamental part and a strategic factor: it is the circuit breaker and its protection curves, indispensable in the protection of electrical systems in general and in electrical maneuvers, power, to prevent breakdowns that can cause fires and interruptions in the supply of electricity. The study demonstrates the operation of the circuit breaker and the types of curves in has for circuit protection, with specific action for each load, which depends on the correct way of dimensioning.

Keywords: Circuit breaker protection curve. Circuit breakers. Protection of electrical power systems.

[1] Graduando no Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: welber@uniara.edu.br

[2] Orientador. Docente Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: cminotti@uniara.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A eletricidade é cada vez mais essencial para as sociedades humanas, pois é utilizada quase a totalidade das atividades desenvolvidas pelo homem. Trata-se de um conjunto de fenômenos naturais resultantes da existência de cargas elétricas, é fornecida por meio de um sistema interligado, organizado em rede, que alcança uma região ligando suas edificações, sejam elas de caráter residencial, comercial ou industrial.

A falha num ponto da rede de fornecimento como o curto-circuito ou sobrecarga, pode colocar os circuitos elétricos em risco, prejudicando todo o sistema. Uma das opções para evitar o problema é a colocação na rede elétrica, de forma estratégica, elementos de proteção que são os disjuntores, pois através de suas curvas de proteção diminuem essa ameaça.

Com objetivo de aprofundar o conhecimento teórico sobre os disjuntores para o presente trabalho, principalmente em relação as curvas de proteção, desenvolveu-se estudo detalhado em literatura específica. Sabe-se que independentemente do tipo de edificação a ser construída, ela estará ligada ao sistema para fornecimento de eletricidade.

De acordo com Niskier (2013, p. 164) “disjuntores são equipamentos de proteção e manobra, capazes de conduzir e interromper corrente elétrica em condições normais e ou em condições anormais”. As panes em eletricidade, por dimensionamento inadequado podem gerar incêndios e outras consequências. Por essa razão, dimensionar um disjuntor e escolher corretamente sua localização num sistema em rede requer cuidado e critérios. Além de verificar qual a corrente do equipamento, circuito ou instalação a ser protegida, é preciso identificar qual tipo de carga será utilizada no local.

> O primeiro passo para dimensionar o disjuntor geral do quadro de distribuição de uma instalação, é ter as potências instaladas em cada circuito e quais os tipos de cargas. É importante que as cargas estejam divididas em circuitos, e que as cargas que possuam uma corrente nominal maior que 10A estejam em circuitos separados, como solicita a NBR5410 – Instalações elétricas de baixa tensão. (MATTEDE, 2006, p.1, 2021)

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em ampla pesquisa e consulta bibliográfica em obras sobre o tema, para aprofundamento e maior compreensão sobre os disjuntores e suas características, especificamente nas curvas de atuação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE ENERGIA ELÉTRICA

Para dar maior fundamentação à definição inicial de eletricidade, de que se trata do conjunto de fenômenos naturais que envolvem a existência de cargas elétricas estacionárias ou em movimento, tem-se que entre tais fenômenos físicos, químicos e biológicos onde ocorre a interação entre cargas, incluem-se desde os relâmpagos até correntes elétricas em fios elétricos.

Todas as fontes de energia elétrica são obtidas através da conversão de outros tipos de energia, como por exemplo energia mecânica, química, térmica, entre outros tipos de energia. Estão entre as principais formas de geração de energia elétrica, a energia termoelétrica, energia hidrelétrica, energia fotovoltaica, energia nuclear e energia eólica (MATTEDE, 2006, p.1, 2021).

Entre a produção da energia elétrica nas usinas geradoras, independente de se tratar de hidroelétrica, termoelétrica ou nuclear, e a chegada ao consumidor final nas residências, escolas, indústrias etc., existe um longo trajeto construído pela engenhosidade do homem.

Segundo Modesto (2011), a única maneira de manusear a energia é pela transformação de outra forma onde ela já está criada na natureza: calor do sol, quedas d'água, vento, "um processo que ocorre em duas etapas".

> Na primeira etapa, uma máquina primária transforma qualquer tipo de energia, normalmente hidráulica ou térmica, em energia cinética de rotação. Em uma segunda etapa, um gerador elétrico acoplado à máquina primária transforma a energia cinética de rotação em energia elétrica (MODESTO, 2011, p.10, 2021).

Essa energia passa por um complexo e dinâmico sistema elétrico composto por transformadores, linhas de transmissão, subestações, linhas de distribuição, sendo transportada através de cabos aéreos fixados em grandes torres, a chamada rede de distribuição de energia elétrica, composta por linhas de alta, média e baixa tensão, de acordo com o propósito a ser utilizada em seu destino final.

> Segundo a Abradee (Instituto Abradee da Energia), as redes de distribuição são compostas por linhas de alta, média e baixa tensão. As linhas de distribuição de média e baixa tensão são também chamadas de redes primária e secundária, respectivamente. As linhas de média tensão são aquelas com tensão elétrica entre 2,3 kV e 44 kV, e são muito fáceis de serem vistas em ruas e avenidas das grandes cidades, frequentemente compostas

> por três fios condutores aéreos sustentados por cruzetas de madeira em postes de concreto. As redes de baixa tensão, com tensão elétrica que pode variar entre 110 e 440 V, são aquelas que, também afixadas nos mesmos postes de concreto que sustentam as redes de média tensão, localizam-se a uma altura inferior. As redes de baixa tensão levam energia elétrica até às residências e pequenos comércios/indústrias por meio dos chamados ramais de ligação. Os supermercados, comércios e indústrias de médio porte adquirem energia elétrica diretamente das redes de média tensão, devendo transformá-la internamente para níveis de tensão menores, sob sua responsabilidade (PERUZZO, 2016, p. 72, 2021).

3. O DISJUNTOR APLICADO À GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Na execução de um projeto elétrico, seja para construção, reforma ou extensão de linha, são obedecidas normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que determinam a disposição de cabos, proteção do circuito, quantidade mínima de tomadas e localização ideal, assim como de interruptor, lâmpadas, secção de cabos, eletrodutos e das proteções, que são os disjuntores.

O disjuntor é um dispositivo de proteção eletromecânico de ação termomagnética utilizado nas instalações elétricas, cujas características funcionais permitem também a manobra de cargas elétricas, sendo usado como controle para ligar e desligar circuitos. Também são usados em subestações de energia, conforme frisa Muzzy 2012:

> Os disjuntores são os principais equipamentos de segurança da subestação, além de serem os mais eficientes dispositivos de manobra em uso nas redes elétricas. São capazes de conduzir, interromper e estabelecer correntes normais e anormais especificadas dos sistemas. São usados para controlar circuitos, ligando e desligando em qualquer condição, conduzindo corrente de carga e proporcionando uma supervisão automática das condições do sistema e sua operação. (MUZY, 2012, p.42, 2021)

Esses dispositivos de proteção devem estar preparados para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos, antes da ocorrência de acidentes por aquecimento.

Na prática, os disjuntores substituíram aos fusíveis que em caso de aumento da carga elétrica queimavam e tinham que ser descartados, encarecendo a obra e prejudicando o sistema.

Os disjuntores, ao contrário dos fusíveis, não são descartáveis, pois possuem a característica de apenas desarmarem-se quando a corrente excede seu limite, podendo ser reutilizados após serem novamente armados de forma manual.

Segundo Mamede Filho (2005, p. 403),

> o disjuntor é um dispositivo de proteção quando acompanhado da aplicação dos relés respectivos, que são os elementos responsáveis pela detecção das correntes elétricas do circuito que, após analisadas por sensores previamente ajustados, podem enviar ou não a ordem de comando para sua abertura.

Embora os disjuntores possam trabalhar com corrente bem acima dos 30 miliAmpères (mA), não são consideradas correntes de fuga.

No dimensionamento automático, de proteção contracorrente de sobrecarga, a corrente nominal deve ser maior que a mínima configurada, cujo padrão é 10A. O comum no manuseio dos disjuntores de um circuito elétrico é já ficar definida a corrente máxima suportável, o que gera a interrupção da passagem de corrente elétrica no circuito sempre que o limite máximo é ultrapassado.

3.1. FUNÇÕES E FINALIDADE DO DISJUNTOR

Basicamente, a função do disjuntor é desligar automaticamente a entrada de energia em um local ou imóvel na ocorrência de dois tipos de fenômenos elétricos: sobrecarga e curto-circuito, além de permitir o fluxo normal e ininterrupto da corrente, garantindo a segurança das instalações e de seus usuários. Essa primeira função impede danos ao próprio circuito e aos aparelhos, máquinas ou eletrônicos que a essa rede estejam conectados.

A atuação do disjuntor segue de acordo com os níveis da corrente elétrica que atravessa o sistema e na ocorrência de alguma alteração que resulte em sobrecarga ele se desarma e com isso interrompe o funcionamento de toda uma rede.

Essencialmente, portanto, a função do disjuntor é a proteção do circuito e seus componentes contra a ocorrência de alguma alteração que resulte em sobrecarga e curto-circuito. Quando acontece um pico na corrente elétrica e ela ultrapassa o dimensionamento programado, ele se desarma e interrompe o fornecimento de energia para as cargas desse circuito.

Essencialmente, portanto, a função do disjuntor é a proteção do circuito e seus componentes contra a ocorrência de alguma alteração que resulte em sobrecarga e curto-circuito. Quando acontece um pico na corrente elétrica e ela ultrapassa o dimensionamento programado, ele se desarma e interrompe o fornecimento de energia para as cargas desse circuito.

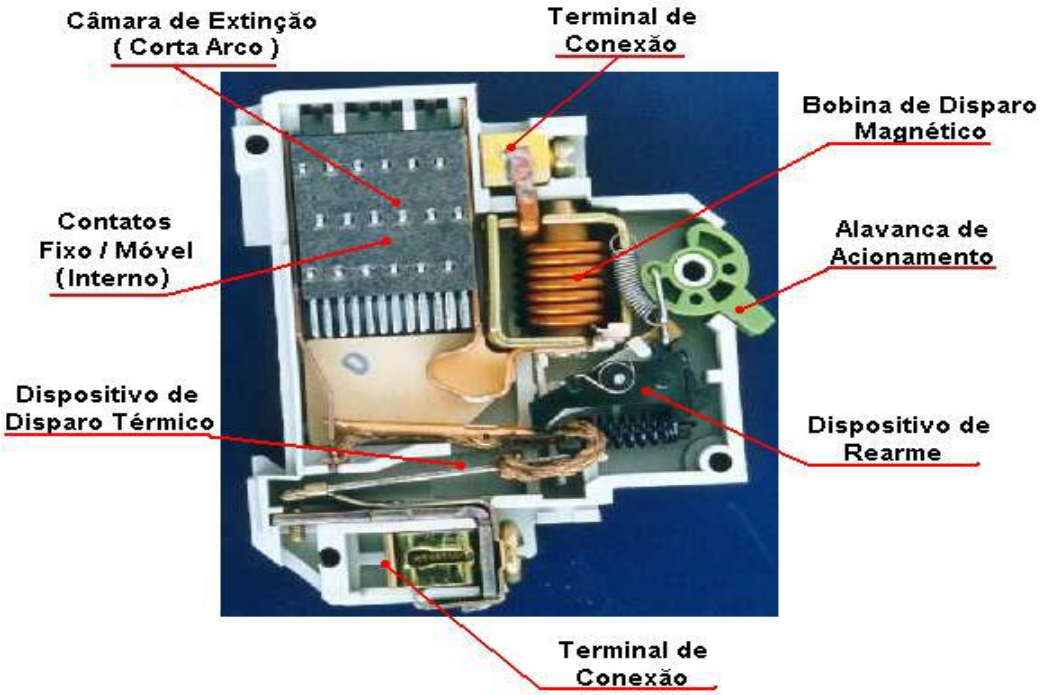

Figura 1. Partes internas de um disjuntor
Fonte: (EBAH, 2021).

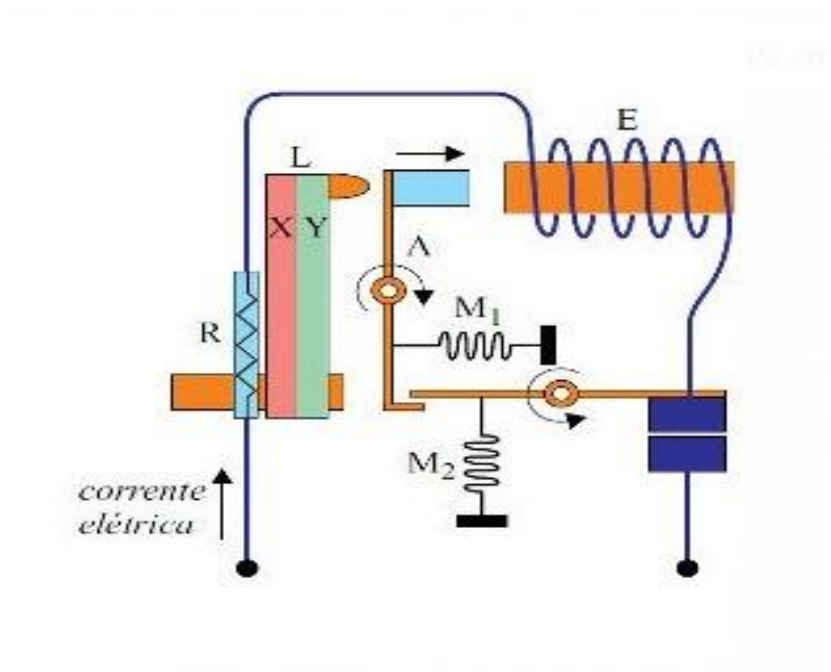

Figura 2. Partes internas de um disjuntor
Fonte: (BRASILESCOLA, 2021)

Como mostra a fig 1 os disjuntores possuem dois modos de disparos, um trata-se de uma bobina na qual abre os contatos do disjuntor quando houver um curto-circuito, o outro método e disparado através de uma lâmina bi-metálica que ao sofrer uma sobrecarga irá se dilatar mais que o normal e

> abrirá o circuito de acordo com o cálculo i^2t. (Cotrin, 2013, p 205 *apud* SILVEIRA e DIAS, 2018, p. 5).

Segundo Muzy, (2012, p. 43) “o disjuntor opera continuamente, sobtensão e corrente de carga, muitas vezes em ambientes de condições severas de temperatura, umidade e poeira”.

No entender de Ferreira, (2010, p.2, 2021):

> Os distúrbios elétricos, causadores de baixa qualidade de energia elétrica, independente da sua causa, podem gerar perdas consideráveis aos consumidores de energia, sendo as indústrias as mais afetadas, uma vez que tais distúrbios podem causar o funcionamento incorreto ou até mesmo a queima dos equipamentos conectados à rede elétrica e, consequentemente, interromper um processo de produção. Quando a energia elétrica gerada possui uma carga elevada de distúrbios, várias anomalias são geradas no sistema ou em equipamentos que recebam essa energia, ocasionando desde a interrupção do fornecimento, passando por um mau funcionamento e uma possível destruição dos equipamentos.

Para entender sobre as funções e características técnicas do disjuntor é preciso conhecer o significado e emprego da expressão termomagnético, uma junção das palavras “térmica” e “magnética”, que são comuns no método de funcionamento dos disjuntores no Brasil.

No entender de Mamede Filho (2012. p.345, 2021):

> A primeira maneira, a térmica, consiste na aplicação da “integral de Joule” e nos estudos de dilatação térmica e transferência de calor, entre materiais metálicos. No segundo método de atuação tem como origem as “Equações de Maxwell” em relação ao campo magnético.

Em qualquer uma delas a atuação do disjuntor consiste em uma relação direta com a corrente elétrica. Usa-se defini-la como a carga necessária para elevar a temperatura de operação em serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito. A sobrecarga é quando a intensidade de corrente ultrapassa o valor da intensidade nominal do disjuntor do circuito elétrico.

Na sugestão de Mamede Filho na primeira opção, tem-se a integral de Joule, uma lei da física sobre “a relação entre o calor gerado e a corrente elétrica que está percorrendo o condutor”. A dilatação térmica e transferência de calor entre materiais metálicos.

Para Helerbrock (2020, p.1, 2021):

> O efeito Joule é um fenômeno físico que consiste na conversão de energia elétrica em calor. Esse fenômeno ocorre quando algum corpo é

> atravessado por uma corrente elétrica. As constantes colisões que ocorrem entre os elétrons e os átomos que compõem a estrutura cristalina do corpo fazem com que sua temperatura aumente, fazendo com que parte da energia elétrica contida nos portadores de carga seja convertida em calor.

A segunda forma de desarme dos disjuntores, (curto-circuito) indicada por Mamede Filho (2012), propõe o uso das “Equações de Maxwell” em relação ao campo magnético o que, necessariamente, requer o conhecimento sobre as referidas equações que consistem na unificação das Leis de Gauss para eletricidade e para o magnetismo; Lei de Ampere com correção proposta pelo próprio Maxwell e Lei de Faraday para indução eletromagnética.

Em caso de sobrecarga acontece a imediata proteção térmica promovida pelo disjuntor que consiste no aquecimento e deformação da sua lâmina interna devido ao calor excessivo. Essa lâmina tecnicamente subdivide-se em duas, por ser composta por dois metais de diferentes coeficientes de dilatação. Ao receber a sobrecarga as duas partes da lâmina se aquecem, acabam ficando deformadas pelo calor e adquirem diferentes formas, o que abre o contato mecânico e desliga o circuito.

No caso de haver um curto-circuito uma bobina abre os contatos do disjuntor. A proteção magnética evita curtos-circuitos, desarmando o dispositivo quando a corrente, em um espaço curto de tempo, atinge nível muito acima do especificado.

Os dois métodos de atuação dos disjuntores “consistem em uma relação direta com a corrente elétrica, que sofre alteração com todas as anomalias que porventura venham a ocorrer em um circuito elétrico”. (SILVEIRA e DIAS, 2018, p.4, 2021)

Para NODARI, sobrecarga é:

> Quando a corrente consumida pelas cargas aplicadas a um circuito elétrico excede ou ultrapassa o limite de corrente pré-determinado para o funcionamento correto e seguro do mesmo, ocasionando principalmente perdas por aquecimento. (2012, p.6)

Em instalações elétricas domésticas, a sobrecarga pode acontecer pelo acúmulo de equipamentos e aparelhos ligados ao mesmo disjuntor, ultrapassando a capacidade para a qual as instalações do imóvel foram projetadas.

Na sequência, o autor explica que a atuação do dispositivo seja de uso doméstico ou industrial, durante o fenômeno da sobrecarga é:

- Interromper as correntes de sobrecarga nos condutores dos circuitos e motores de modo a evitar o aquecimento da isolação dos fios e enrolamento dos motores;

- Dispositivos para proteção de motores não devem ser sensíveis a corrente de carga absorvida pelo mesmo.
- A proteção de motores deve ter características compatíveis com o regime de corrente de partida, tempo admissível com rotor bloqueado e tempo de aceleração do motor. (NODARI, 2012, p.6)

No caso em que a situação que requer a atuação do dispositivo de proteção tratar-se de um curto-circuito o autor define o fenômeno assim:

> Curto-circuito: quando em um determinado circuito elétrico, existe DDP, existe um caminho ou circuito fechado, com a resistência elétrica deste circuito que tende a zero e, por tanto, corrente elétrica que tende ao infinito ou até ao limite da fonte (NODARI, 2012, p.7).

Nessa situação a ação do dispositivo de proteção deve ser a seguinte:

- Os dispositivos de proteção devem ter sua capacidade de interrupção ou de ruptura igual ou superior ao valor da corrente de curto-circuito presumida (calculada) no ponto de sua Instalação.
- A energia que o dispositivo de proteção deve deixar passar não pode ser superior à energia máxima suportada pelos dispositivos e condutores situados a jusante.
- Os circuitos terminais que alimentam um só motor pode ser protegidos contra curtos circuitos utilizando se disjuntores magnéticos e ou fusíveis do tipo NH ou Diazed com retardo de tempo. (NODARI, 2012, p.7)

3.2. TIPOS DE DISJUNTOR

Existem diferentes tipos de modelos de disjuntores, mas na funcionalidade todos tem o mesmo princípio e finalidade, e qualquer que seja o tipo a destinação é a proteção de circuitos contra sobrecarga e curto-circuito. No entanto, para o exercício dessa função protetora a localização deles dentro do quadro de distribuição, deve apresentá-los separados por circuito.

Apesar da variedade de modelos à disposição na atualidade, os tipos de disjuntor são basicamente três: magnético, térmico e termomagnético.

> **Disjuntor magnético**
>
> Os disjuntores magnéticos possuem também a função que os dos demais disjuntores para que ocorra proteção contra curtos-circuitos e sobrecargas os equipamentos elétricos, possuindo uma maior precisão ao detectar o valor da corrente elétrica.
>
> **Disjuntor térmico**
>
> Sendo acionados de uma maneira diferente em relação aos demais componentes, esse modelo de disjuntor é muito utilizado para precaução de

incêndios, pois os disjuntores térmicos interrompem o circuito elétrico quando é detectado uma elevação da temperatura de forma anormal na rede elétrica.

Disjuntores termomagnéticos

Já os disjuntores termomagnéticos é basicamente a junção da proteção térmica e magnética, sendo instalados atualmente nas instalações residenciais e comerciais. Ele possui as vantagens de poder ser usado para manobras de ligar e desligar os circuitos, proteção contra aquecimentos, curtos-circuitos e sobrecargas.
O disjuntor monopolar é utilizado em instalações para circuitos de iluminação e tomadas em sistemas monofásicos fase/neutro, seja com fase 127V ou 220V.
O disjuntor bipolar é usado em circuitos ou instalações com duas fases, como circuitos com chuveiros, torneiras elétricas ou equipamentos de maior potência.
Já o disjuntor tripolar é indicado para instalações e circuitos com três fases, como circuitos com motores elétricos trifásicos.
Existem os disjuntores de alta tensão que são os indicados para grandes potências, que alcançam altos valores de corrente elétrica. (MATTEDE, 2006)



Figura 3. Polaridades Unipolar - Bipolar - Tripolar
Fonte: (DISJUNTOR, 2021)

Os diferentes tipos de disjuntor acompanham as necessidades da rede elétrica quer sejam nos circuitos, nas indústrias ou em residências. Particularmente nas residências, os equipamentos elétricos que normalmente requerem maior quantidade de energia, como geladeira e chuveiro, devem estar conectados em circuitos diferentes e com disjuntores específicos para o tipo de utensílio.

Por vezes, os disjuntores são instalados num mesmo circuito, colocados em série. Nesse caso, é comum acontecer de ter um disjuntor diferencial residual, popularmente chamado de “cabeça”, que fica localizado na entrada do circuito. O que não modifica a regra, pois se houver sobrecarga o residual cai e toda a série de disjuntores também é derrubada.

> O diferencial residual (DR) é um dispositivo de proteção utilizado dentro das instalações elétricas, ele funciona como um interruptor automático, que permite desenergizar o circuito sempre que houver uma fuga de corrente superior ao que o DR é capaz de detectar. Por perceber essa fuga de corrente elétrica o dispositivo também contribui para evitar o aumento no valor da conta de energia elétrica, pois ele não permite gasto desnecessário de energia por fuga de corrente elétrica. Sendo assim, o seu principal objetivo é a proteção dos usuários contrachoques elétricos, pois ele desarma imediatamente após detectar a fuga de corrente para o corpo do indivíduo, porque dessa maneira ele minimiza de forma significativa as graves consequências dos choques elétricos (MATTEDE, 2006).

Os disjuntores térmico, magnético e o termomagnético**,** uma união dos dois primeiros, são considerados os principais tipos desse dispositivo e todos com funcionamentos semelhantes, que se baseia em bobinas que atraem contatos e contatos que se dilatam com o calor.

> A função principal de um disjuntor é interromper as correntes de falta de um determinado circuito durante o menor intervalo de tempo possível, porém, são também solicitados a interromper corrente de circuitos operando a plena carga, a vazio e ainda religar os mesmos circuitos em condições de operação normal ou em falta.
> Os disjuntores são instalados em conjunto com os respectivos relés, que são os elementos responsáveis pela detecção das correntes elétricas do circuito, que depois de comparadas com valores previamente ajustados, podem enviar ou não a ordem de comando para o desligamento do circuito. O relé atribui ao disjuntor a característica de proteção, sem a qual e fica reduzido apenas a uma excelente chave de manobra.
> Os tipos construtivos dos disjuntores dependem dos meios utilizados para a extinção do arco.
> Existe no mercado grande quantidade de marcas bem como diferentes tipos de disjuntores, atendendo às mais diversas especificações técnicas, para todos os tipos de particularidades das possíveis aplicações. Independentemente das demais características os disjuntores podem ser classificados quanto às formas construtivas do sistema de interrupção e extinção do arco elétrico (MAMEDE, 2004, p. 19-20).

No entanto, o fator diferenciador existe e está nas curvas que cada disjuntor apresenta e onde ele será aplicado. As diferenças também acontecem de acordo com número de fases que protegerão, que podem ser unipolares, bipolares ou tripolares. As diferenças aparecem na classificação de acordo com seu funcionamento, tempo de resposta e corrente de trabalho e são determinadas de acordo com a carga e

circuitos a quem o disjuntor estará ligado que podem tratar-se de motores, máquinas elétricas, aparelho de ar condicionado, redes de transporte de energia ou outros, inclusive em relação ao circuito que pode ser monofásico, bifásico ou trifásico.

Embora existam diversos tipos e modelos de disjuntores e todos servirem a mesma causa, que é a proteção de circuitos contra sobrecorrente e curto-circuito, seguindo o mesmo princípio de funcionamento, eles são distintos. O fator diferenciador são as suas curvas características e a localização que irão ter para aplicação da sua finalidade.

Cada disjuntor tem uma curva de atuação de acordo com o comportamento que deverá ter o equipamento, em função dos níveis da corrente a qual está conectado. Em síntese, apresenta sua especificação de acordo com a necessidade que representa na corrente do circuito.

Em termos de normas técnicas, elas são diferentes e existem conforme os graus de aplicação, pois, por exemplo, a ABNT NBR IEC 60947 trata da colocação desse equipamento nas indústrias. Enquanto a ABNT NBR IEC 60898 rege a colocação de disjuntores em instalações domésticas e similares. Neste último caso, apresentam dois sistemas de proteção, sendo um térmico e outro magnético.

Segundo o engenheiro Antonio Souza, (2021, p.1) da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. (SOUZA, 2021)

> Quando a corrente elétrica se mantem acima do nível ideal por período longo de tempo, os circuitos se desarmam para assim evitar danos na fiação como o derretimento dos fios, esse sistema funciona por meio de um bimetal que desliga os contatos dos disjuntores assim evitando a sobrecarga nos circuitos pela proteção térmica. No caso da proteção magnética, ela desarma o dispositivo afim de evitar o curto-circuito. Atualmente os dispositivos comercializados são os que oferecem as duas proteções chamado de sistema termomagnéticos. (SOUZA, 2021)

Para Mattede (2006), “tudo é determinado de acordo com a carga e circuitos que estão sendo alimentados como, por exemplo, se são motores, ar condicionado, máquinas elétricas, disjuntores gerais”.

3.3. CURVAS DO DISJUNTOR

Considera-se primordial a segurança na instalação de disjuntores, pois quando mal dimensionados por distração ou incompetência do profissional que os esteja operando, podem dar origem a sérios problemas. O dimensionamento da curva de ruptura consiste em acertar o tempo que o disjuntor vai suportar uma corrente que ultrapasse a normalidade prevista para ela.

> As cargas elétricas podem ter comportamento do tipo resistivo ou indutivo. Durante o dimensionamento, essa é a característica a ser levada em conta, pois a corrente instantânea, pode sobrecarregar o circuito. Esta corrente define a curva ideal do disjuntor a ser dimensionado. Lembrando que estas características de curvas instantâneas variam no exato momento em que o circuito é energizado, isso pode sobrecarregar e aquecer os cabos, os barramentos, os equipamentos e assim por diante (TAKAFASHI, 2018, p.1).

É importante ter real conhecimento sobre as características que levam um disjuntor a funcionar. Saber onde devem ficar localizados e para cumprimento de qual finalidade. Justamente no correto dimensionamento dele está o essencial para que o dispositivo possa cumprir sua tarefa de proteção. Por isso se diz que cada tipo de carga tem sua curva de ruptura ideal.

Não são apenas os três tipos de disjuntor magnético, térmico e termomagnético que distinguem o dispositivo. Eles ainda se dividem em três categorias, de acordo com a curva característica de cada um dos modelos:

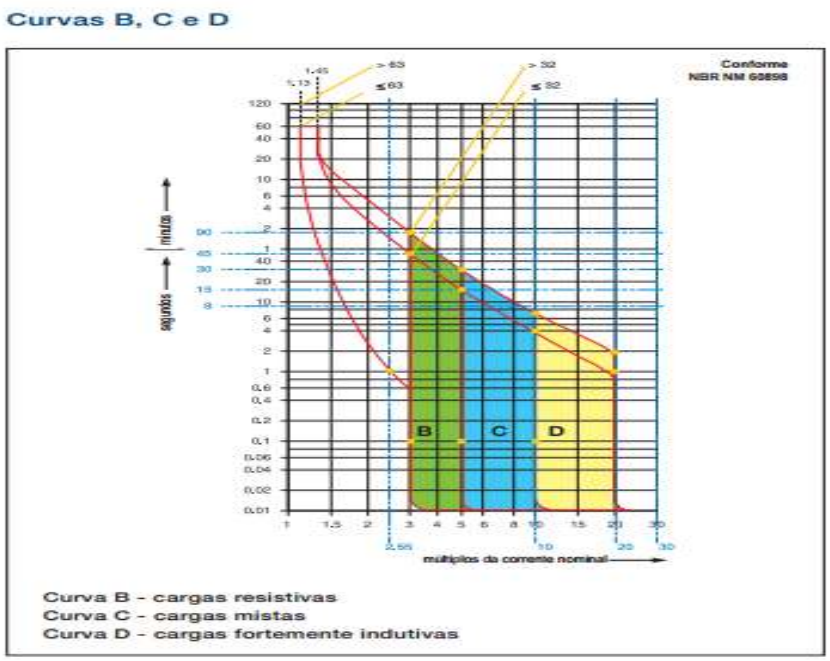

Figura 4. Curvas B, C, D
Fonte: (MENDONÇA, 2021).

Especificando cada uma delas, a começar pela Curva de Ruptura, temos o seguinte, segundo ensinamento de Mattede:

> A **curva de ruptura** mostra a corrente em relação ao tempo no componente após ele ultrapassar a sua corrente nominal. Assim, a curva mostra como o disjuntor se comporta após ultrapassar a sua corrente nominal, mostrando quando ele vai atuar. Dessa forma, o componente se divide em categorias com diferentes curvas, que são usadas em diferentes aplicações. A corrente de ruptura é a corrente que causa a atuação do disjuntor, isto é, faz com que ele abra o circuito.
>
> **Disjuntor curva B**
> Um disjuntor de curva B atua em uma corrente de ruptura 3 a 5 vezes maior que a corrente nominal do disjuntor. Portanto, um disjuntor de 20A de corrente nominal e curva B vai atuar quando a corrente estiver entre 60A e 100A.
> São utilizados em locais que serão conectadas cargas resistivas, e que podem gerar um curto-circuito de baixas proporções. Assim, disjuntores de curva B são utilizados em tomadas de uso geral, em que geralmente não são conectados aparelhos com grandes correntes de partida.
>
> **Disjuntor curva C**
> Os disjuntores de curva C atuam para correntes de ruptura 5 a 10 vezes maiores que a corrente nominal do disjuntor. Portanto, um disjuntor com uma corrente nominal de 20A e curva C atuará quando a corrente for de 100A a 200A.
> São utilizados em locais que se espera cargas indutivas. Assim, acabam sendo utilizados em tomadas de uso específico, para atuar em ar-condicionado, motores elétricos de pequeno porte, sistemas de comando e circuitos de iluminação.
>
> **Disjuntor curva D**
> Disjuntores com curva de ruptura D atuam quando a corrente de ruptura for de 10 a 20 vezes maior que a corrente nominal do componente. Assim, um disjuntor com 20A de corrente nominal e curva D atuará quando a corrente que passa por ele for de 200A a 400A.
> São utilizados em circuitos industriais, como motores de potência que se espera ter uma alta corrente de partida, ou transformadores e máquinas de solda (MATTEDE, 2006).

Na divisão exposta graficamente acima está a definição da aplicabilidade dos disjuntores exatamente pelas cargas em que estarão ligados. As chamadas curvas de disjuntores recebem a designação em letras, B, C e D, correspondendo ao tipo de carga elétrica que devem proteger e o tempo de duração possível para cumprimento da tarefa a que são destinadas.

Segundo Mattede, “devido à corrente elétrica ser dada em ampere (A), não existe curva característica com letra A, para não ter confusão” (2006).

Essas curvas e respectivos disjuntores são regulamentados pela ABNT NBR NM 60898. As cargas se ajustam as finalidades no caso de diferentes situações, por exemplo: em casos de equipamento com função delicada, para não danificá-lo, a

carga deve ser adequada para provocar a interrupção do circuito, quando a corrente ultrapassar o limite possível de ser aturado.

Em outro exemplo, ao contrário, na situação de partida em um equipamento, como um motor, para que ele saia do estado de inércia e possa trabalhar normalmente. Nesse caso, é preciso adequá-lo a uma grande corrente, até mesmo alta e de forma que ele aguente manter-se em total funcionamento pelo tempo necessário para conclusão do serviço.

3.4. COMBINAÇÃO DAS CURVAS PARA PRODUZIR SELETIVIDADE E PROTEÇÃO

O manuseio das curvas dos disjuntores tem que ser feito com responsabilidade, privilegiando as práticas de coordenação e seletividade dos sistemas de proteção, como garantia da redução de danos financeiros para o usuário da energia em caso de ocorrer alguma falha elétrica que interrompa o fornecimento de energia.

É comprovado que a coordenação e seletividade das curvas aumentam a disponibilidade da energia nas instalações residenciais, prediais, industriais, entre outras.

Para os autores MARTINS, ROSA Jr. e TRESTINI NETO, (2014, p. 1) "o*s* dispositivos de proteção são amplamente empregados e obrigatórios nos projetos e nas instalações e já são utilizados para a função de proteção patrimonial, impedindo a destruição física dos componentes do circuito".

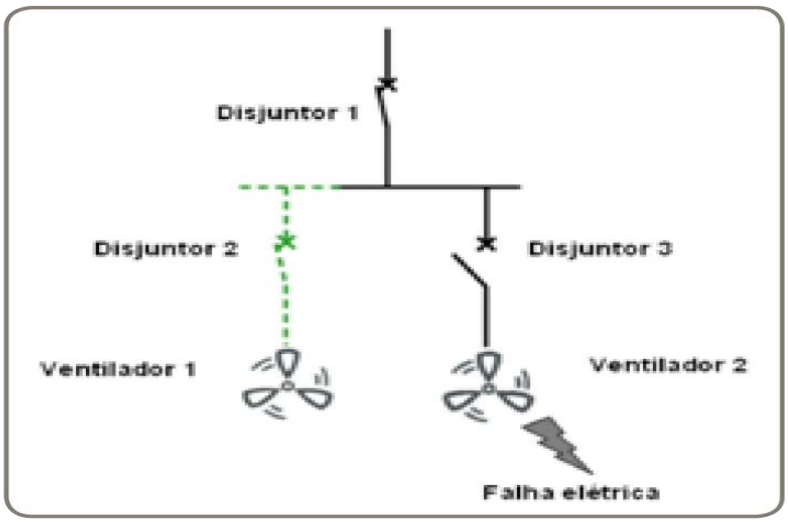

Figura 5 – Circuito seletivo
Fonte: (MARTINS, 2021).

É correto dizer que um disjuntor é coordenado seletivamente quando, em uma associação, aquele que estiver antes da falha (a montante) e somente ele interrompe a falha, mantendo os demais em funcionamento, com a mesma eficiência. Na figura 5 podemos observar um circuito provido de coordenação entre os dispositivos de proteção. Quando o ventilador número 2 tem uma falha, por exemplo pode ocorrer um curto-circuito, nesse caso o disjuntor 3 abre, para que ocorra o isolamento do trecho em falta. Assim o disjuntor 1 permanece fechado, garantindo o bom funcionamento restante do circuito. (MARTINS, 2021).

Continuando, os citados autores também usam de gráfico para explicar o que pode acontecer quando não for usada a seletividade nas curvas protetoras dos disjuntores.

Pode-se notar na figura abaixo onde se tem um exemplo de não seletividade de proteção, que devido não ser coordenada a proteção dos disjuntores 3 e 1, acaba sendo interrompida a alimentação para o ventilador 1, desta forma podendo acarretar perdas operacionais para as instalação, seja em um motor de uma linha de produção ou um motor para refrigeração. (MARTINS, 2021).

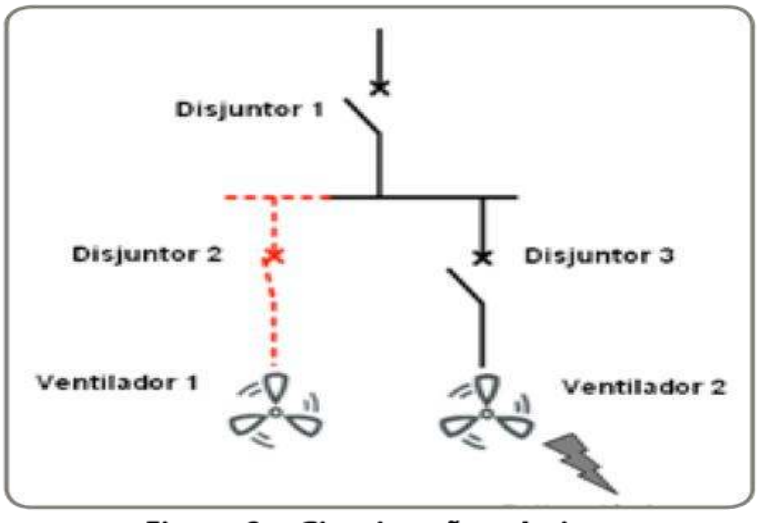

Figura 6 – Circuito não seletivo.
Fonte: (MARTINS, 2021).

Através das ilustrações expostas fica reforçado o entendimento sobre a responsabilidade no manuseio das cargas selecionadas para os disjuntores, independente das situações às quais estarão ajustados, pois dessa coordenação e seletividade resulta sua destinação de proteção do circuito.

CONCLUSÃO

Considerando que o objetivo deste trabalho consistia em aprofundar o conhecimento teórico sobre os disjuntores, principalmente em relação as suas curvas de proteção, o estudo detalhado desenvolvido através de literatura específica permitiu esse maior domínio sobre o assunto.

Em circuitos elétricos a disposição dos equipamentos é determinada pela ABNT NBR 5410:2004, incluindo os disjuntores, que em condições normais possuem a finalidade de proteger e facilitar manobras na condução da corrente elétrica, garantindo a segurança das instalações.

Como detentores da função de desligar automaticamente a entrada de energia durante fenômenos elétricos como sobrecarga e curto-circuito, o caso de panes em eletricidade pode ser pelo dimensionamento inadequado dos disjuntores, o que além de mostrar o descuido ou incompetência do profissional encarregado da ação, também pode gerar incêndios.

Conclui-se que sendo uma atuação de acordo com os níveis da corrente elétrica que atravessa o sistema, pois na sobrecarga o disjuntor se desarma e interrompe o circuito, cortando o fornecimento de energia quando o dimensionamento programado para ele e seus componentes for ultrapassado, é essencial saber dimensionar um disjuntor e escolher corretamente sua localização; identificar qual a corrente do equipamento, circuito ou instalação a ser protegida, e qual tipo de carga deve ser utilizada no local.

Embora todos os disjuntores tenham a mesma funcionalidade e princípio, existem diferentes tipos. O fator diferenciador está nas curvas que cada disjuntor apresenta e onde ele será aplicado, que segundo a carga e circuitos a quem está ligado podem ser motores, máquinas elétricas, aparelho de ar-condicionado, redes de transporte de energia ou outros, independente do circuito ser monofásico, bifásico ou trifásico.

Considerando que cada disjuntor apresenta sua especificação de acordo com a necessidade que representa na corrente do circuito, entende-se que a escolha do modelo correto para cada caso, depende da comparação entre a curva do mesmo conforme a curva de fios e cabos a serem utilizados.

Finalizando, conclui-se ter sido importante o conhecimento sobre as características que levam um disjuntor a funcionar e saber a localização ideal para

cumprimento de qual finalidade, visto que no correto dimensionamento do dispositivo está seu caráter essencial no cumprimento da tarefa de proteção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 5410 - Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410/view >Acesso em 17/08/2021.

ATHOS Electronics. Disjuntores - O que são, funcionamento e categorias. Disponível em: https://athoselectronics.com > disjuntores >Acesso em 22/08/2021.

DISJUNTOR – Figura 3 - Polaridades Unipolar - Bipolar – Tripolar. Disponível em: https://www.cetti.com.br/blog/como-funciona-o-disjuntor >Acesso em 22/08/2021.

EBAH - Figura 1 - Partes internas de um disjuntor. Disponível em: Ebah 2018 apud SILVEIRA e DIAS, 2018, p.5. >Acesso em 22/08/2021.

FERREIRA, D. Análise de Distúrbios Elétricos em Sistemas de Potência. 2010. 233 p. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica–COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2010. >Acesso em 22/08/2021.

HELERBROCK, Rafael - Efeito Joule. 2020. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/efeito-joule.htm. >Acesso em 29/10/2021.

MAMEDE, Juracy Pereira. Previsão da manutenção de disjuntores dos alimentadores de distribuição de energia elétrica pelo método de curto circuito probabilístico. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. 2004. >Acesso em 29/10/2021.

MAMEDE FILHO, João. Manual de Equipamentos Elétricos. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. >Acesso em 29/10/2021.

_____ Instalações Elétricas Industriais. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. >Acesso em 29/10/2021.

MATTEDE, Henrique. Como dimensionar o disjuntor geral. 2006. Disponível em: https://www.mundodaeletrica.com.br/como-dimensionar-o-disjuntor-geral/ >Acesso em 03/06/2021

MARTINS - Figura 5 – Circuito Seletivo - Figura 6 – Circuito não seletivo. Disponível: https://osetoreletrico.com.br/coordenacao-e-seletividade-uma-revisao-de-conceitos-e-os-beneficios-das-tecnicas-disponiveis/ >Acesso 30/10/2021.

MARTINS, Ed Carlos; ROSA Jr, Miguel e TRESTINI NETO, Vasco. Coordenação e Seletividade. Disponível: https://osetoreletrico.com.br/coordenacao-e-seletividade-

uma-revisao-de-conceitos-e-os-beneficios-das-tecnicas-disponiveis/ >Acesso 30/10/2021.

MENDONÇA - Figura 4. Curvas B, C, D. Disponível em: http://blog.murrelektronik.com.br/disjuntor-curva/disjuntor-curva/ > Acesso 30/10/2021

MENDONÇA, Lucas. 2016. Disjuntor: Curva. Disponível em: http://blog.murrelektronik.com.br/disjuntor-curva/disjuntor-curva/ > Acesso 30/10/2021

MODESTO, M. Geração Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, 2011. > Acesso em 17/08/2021.

MUZY, Gustavo Luiz C. Oliveira. Subestações Elétricas. UFRJ / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia Elétrica. 2012. Disponível em: http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005233.pdf > Acesso em 17/08/2021.

NODARI, Luís M. Engenharia Elétrica. Projeto de instalações elétricas II. Disjuntores Termomagnéticos. 2012. Disponível em: http://joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Aterramento%20el%C3%A9trico/317-dissertacao_josesaveriospozitojr.pdf >Acesso em 18/08/2021.

_____ NISKIER, Júlio. Manual de instalações elétricas. Rio de Janeiro: LTC, 2013. >Acesso em 18/08/2021.

PERUZZO, Lucile Cecília. Eletricidade, Indaial: UNIASSELVI, 2016. Disponível em: https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=22255 >Acesso em 22/08/2021.

SILVEIRA, Hudson F. Dias e DIAS, Mikaella P. Alves. Dimensionamento, especificações e aplicação de disjuntores elétrico sendo o equipamento de proteção e manobra mais viável e utilizado. 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_disjuntores.pdf >Acesso em: 02/ 06/2021.

SOUZA, Antonio Eduardo de. Disjuntor protege circuitos elétricos contra sobrecargas e curtos-circuitos. Disponível em: https://www.aecweb.com.br › revista › materias › disjunto.. >Acesso em 10/2021.

TAKAFASHI, Ênio. Curva dos Disjuntores: Principais Características. 2018. Disponível em: https://br.linkedin.com/in/%C3%AAnio-takafashi-92516026?trk=pulse-article_main-author-card >Acesso em 04/10/2021.

BRASILESCOLA - Figura 2. Partes internas de um disjuntor. Disponível em: https://exercicios.brasilescola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-dilatacao-laminas-bimetalicas.htm >Acesso em 04/10/2021.