

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS

ENGENHARIA ELÉTRICA

KÊNIA APARECIDA DE FIGUEIREDO

**ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA CORREÇÃO DE
SOBREGARGA E QUEDA DE TENSÃO EM TRECHO DE REDE DE
DISTRIBUIÇÃO URBANA**

Varginha

2018

KÊNIA APARECIDA DE FIGUEIREDO

**ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA CORREÇÃO DE
SOBREGARGA E QUEDA DE TENSÃO EM TRECHO DE REDE DE
DISTRIBUIÇÃO URBANA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação da Prof. Adilson Amaro da Silva e coorientação do engenheiro eletricitista Clayton Roberto VallimFurtunato.

Varginha
2018

KÊNIA APARECIDA DE FIGUEIREDO

**ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA CORREÇÃO DE
SOBREGARGA E QUEDA DE TENSÃO EM TRECHO DE REDE DE
DISTRIBUIÇÃO URBANA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Orientador: Prof. Adilson Amaro da Silva

Aprovada em / /

Prof. Adilson Amaro da Silva

Prof. Msc. Josué Alexandre Aquino

Prof. Silvio Bottrel

OBS.:

Dedico este trabalho principalmente à Deus a meus pais em especial minha mãe por sempre estar comigo, meu irmão a todo companheirismo e motivação fornecidos ao longo do período cursado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e me manter firme se não fosse por Ele eu não teria chegado até aqui.

À minha família, principalmente: meus pais (Maria e Benjamim) em especial minha mãe por todo empenho, desgaste, paciência e estímulo para que o sonho de me graduar Engenheira eletricista se tornasse real, sem o total apoio e dedicação dela nada disso seria possível. Ao meu irmão Frances que esteve comigo nos momentos em que mais precisei e não permitiu que eu me entregasse.

Aos meus amigos por estarem comigo nesses anos, escutarem meus desabafos, e rirem comigo do que me fazia querer chorar, em especial Silvinei que teve toda a paciência possível comigo, Pâmela, por sempre me ouvir, Lidiane e Ana Claudia a minha namorada Bruna Florindo pelo apoio incondicional todos vocês fazem parte desta conquista.

A todos os professores do Grupo UNIS-MG, em especial ao meu orientador Adilson Amaro da Silva e meu coorientador Clayton Roberto Vallim Furtunato, que contribuíram para minha formação acadêmica, orientando e cooperando para a conquista deste grande objetivo de minha vida.

O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará. Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque tu estás comigo”

Salmo 23

RESUMO

A rede de distribuição de energia elétrica é um setor de extrema importância da engenharia elétrica, porém atualmente existe um déficit de profissionais especializados na área e diariamente novos consumidores são ligados às redes de distribuição de energia elétrica. Com o tempo a ligação desses novos consumidores pode ocasionar distúrbios no fornecimento, como baixa qualidade no fornecimento da energia, sobrecarga do circuito de distribuição, queda de tensão na chegada de energia para o consumidor. Em função disto é importante que, quando encontrada uma situação de sobrecarga ou queda de tensão, sejam tomadas atitudes para corrigi-la. Através do sistema GEMINI utilizado pela concessionária CEMIG foi localizado um trecho da rede de distribuição que apresenta esses distúrbios e dentre as diversas formas de sanar tais condições irregulares, este trabalho apresenta duas propostas de projetos elaboradas através do software AutoCad que serão eficazes para a correção destes problemas e ao final, após análise e simulação dos resultados nas planilhas utilizadas pela concessionária CEMIG identificar qual a melhor solução, em questão de custos e planejamentos futuros, visando melhorias para o circuito e inclusão de novos clientes, assim gerando uma economia e melhora na qualidade do serviço prestado ao qual é monitorado pela ANEEL agência responsável pelo controle de qualidade e normas que devem ser seguidas pelas concessionárias de energia

Palavras-chave: Distribuição. Projetos. Qualidade. Sobrecarga. Queda de Tensão.

ABSTRACT

The electricity distribution network is an extremely important sector of electrical engineering, but currently there is a shortage of professionals specialized in the area and daily new consumers are connected to the electricity distribution networks. Over time the connection of these new consumers can cause disruptions in the supply, such as low quality in the supply of energy, overload of the distribution circuit, voltage drop in the arrival of energy for the consumer. Because of this, it is important that, when an overload or voltage drop situation is encountered, steps are taken to correct it. Through the GEMINI system used by the CEMIG concessionaire was located a section of the distribution network that presents these disturbances and among the various ways to remedy such irregular conditions, this work presents two proposals of projects elaborated through the software AutoCad that will be effective for the correction of these problems and finally, after analysis and simulation of the results in the worksheets used by CEMIG concessionaire to identify the best solution, in terms of costs and future planning, aiming at improvements to the circuit and inclusion of new customers, thus generating an economy and improvement in quality of the service provided to which is monitored by the ANEEL agency responsible for quality control and standards that must be followed by the energy concessionaires

Keywords: *Distribution. Projects. Quality. Overload. Voltage Drop.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Rede Aérea Convencional	16
Figura 2: Rede Aérea Compacta.....	22
Figura 3: Rede Aérea Isolada	24
Figura 4: Rede de Distribuição Subterrânea.....	26
Figura 5: Simulação da Inserção de Carga ao Circuito.....	34
Figura 6: Fotos do Local.....	36
Figura 7: Levantamento de Campo do Circuito.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor de unitarias por cabo.....	38
Tabela 2 – Calculo de queda de tensão do circuito existente.....	39
Tabela 3 – Calculo de queda de tensão projeto de reforma.....	41
Tabela 4 – Lista de materiais projeto de reforma.....	42
Tabela 5 – Materiais retirados projeto de reforma.....	43
Tabela 6 – Materiais Instalados projeto de reforma.....	44
Tabela 7 – Serviços Contratados projeto de reforma.....	44
Tabela 8 – Valor total da obra projeto de reforma.....	45
Tabela 9 – Circuito redividido 1 projeto de reforço.....	46
Tabela 10 – Circuito redividido 2 projeto de reforço.....	47
Tabela 11 – Lista de material projeto de reforço.....	48
Tabela 12 - Materiais retirados projeto de reforço.....	48
Tabela 13 - Materiais instalados projeto de reforço.....	49
Tabela 14 – Serviços contratados projeto de reforço.....	50
Tabela 15 – Valor total da obra projeto de reforço.....	50
Tabela 16 – Valor total da obra projeto de reforço.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
GEMINI	Sistema de Geogerenciamento
MT	Media Tensão
RDR	Rede de Distribuição Rural
RDU	Rede de Distribuição Urbana

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Sistemas de Distribuição	13
2.2 Redes de Distribuição de Energia Elétrica	14
2.3 Tipos de Redes	15
2.3.1 Aérea Convencional	16
2.3.3 Aéreas isoladas	19
2.3.4 Redes Subterrâneas	21
2.4 Continuidade e Qualidade	23
2.5 Sobrecargas e Queda De Tensão	24
2.5.1 Sobrecargas.....	24
2.5.2 Queda de Tensão	25
2.6 Estudo da Viabilidade Econômica da Rede de Distribuição	25
2.6.1 Investimento Inicial	25
2.7 Projeto de Redes de distribuição elétrica	26
2.7.1. Processos para elaboração de Projetos	27
2.7.2. Tipos de Projetos	28
2.7.2.1 Projetos de expansão	28
2.7.2.2 Projetos de reforma.....	28
2.7.2.3 Projetos de Reforço	28
2.8 Elaboração de Projeto de Rede de Distribuição Elétrica.....	29
2.8.1 Obtenção de dados preliminares.....	29
2.8.2 Levantamento de cargas e determinação de demandas	30
2.8.3 Locação dos postes	30
2.8.4 Dimensionamento Elétrico	31
2.8.5 Dimensionamento mecânico.....	31
2.8.6 Relação de material e orçamento.....	31
2.8.7 Apresentação do projeto	32
3 METODOLOGIA	33
3.1 Análise da solicitação	33
3.2 Projeto.....	34
4 ESTUDO DE CASO.....	35
4.1 Circuito Existente	35
4.2 Levantamento do circuito	36
4.2.1 Projeção do circuito existente.....	38
4.3 Projetos para correção do circuito	41

4.4 Projeto de reforma da rede de distribuição	41
4.4.1 Lista de materiais projeto de reforma	42
4.4.2 Orçamento projeto de reforma	43
4.5 Projeto de reforço da rede de distribuição	45
4.5.1 Lista de materiais projeto de reforma	47
4.5.2 Orçamento projeto de reforço	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54
ANEXO I – Legenda para projetos	56
APÊNDICE A – Projeto circuito existente.....	64
APÊNDICE B – Projeto circuito de reforma.....	65
APÊNDICE C – Projeto circuito de reforço.....	66

1 INTRODUÇÃO

A Energia elétrica presente nas residências, comércios e indústrias exige um complexo sistema de instalação, tendo início na geração passando pela transmissão e chegando a distribuição.

Existem várias formas de se gerar energia elétrica. No Brasil a mais usual é a hidroelétrica devido aos recursos disponíveis no País. Os geradores ficam localizados distantes de centros urbanos e parques industriais, no Brasil a energia gerada é elevada a tensões de 138,230,345,440,500 ou 700 kV em circuitos de corrente alternada, essas tensões elevadas se fazem necessárias pelo fato das grandes distâncias percorridas pelas linhas de transmissões, elas transportam energia até as subestações onde são abaixadas para tensões de 13,8 ou 25 kV para serem distribuídas através das redes de distribuições.

As linhas de distribuição estão presentes nas zonas urbanas e rurais sendo elas aéreas ou subterrâneas. Essas linhas alimentam os transformadores existentes na rede, que no caso abaixam a tensão para tensões de 127 e 220 V, para atender os consumidores residenciais, rurais e industriais (ARAUJO, 2005).

O sistema de distribuição de energia consiste em um sistema complexo, sendo assim torna-se impossível que o mesmo não sofra perturbações, defeitos e falhas diversas. Onde há ocorrência destas anomalias resulta na interrupção do fornecimento de energia elétrica, podendo ainda causar danos pessoais e materiais aos componentes que constituem o sistema (MAMEDE, 2011).

Diariamente novos consumidores são ligados a rede de distribuição e, com o passar do tempo, somado a inclusão dos mesmos, as redes apresentam a necessidade de modificações, conforme a necessidade apresentada pelo sistema. Para estas modificações e necessário a elaboração de projetos, que devem ser realizados por etapas e obedecendo as normas estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), junto às normas da concessionária responsável pela região (AGÊNCIA BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

O objetivo deste trabalho é, por meio do sistema GEMINI utilizado na Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), identificar um trecho do sistema de distribuição que apresente sobrecarga e queda de tensão. Perante esta situação será realizada uma análise para definir qual a melhor solução a ser projetada para sanar a condição irregular, levando em consideração a topografia do local, quantidade de clientes ligados à rede, quantidade de carga instalada no circuito e necessidade específica da rede de distribuição.

Não são muitos os trabalhos existentes apontados para esta área de pesquisa e os profissionais qualificados para atuar na área de projetos elétricos de distribuição ainda são poucos, apesar de ser uma importante vertente da engenharia elétrica. Em função disto este trabalho é uma oportunidade de apresentar a importância e a necessidade do estudo e a apresentação deste setor que atualmente carece de profissionais especializados.

Ao final do trabalho apresenta-se, por meio de cálculos e da utilização da ferramenta GEMINI utilizado como banco de dados, a identificação de um trecho que apresenta situação de necessidade de melhoria. Para isso, será utilizado das planilhas disponíveis para cálculo de queda de tensão onde serão simulados e apresentados os dados e, com embasamento das normas, utilizando o AutoCad, serão apresentados tipos diferentes de projetos para corrigir a situação irregular. Será feita uma análise destes projetos, apresentando custos e planejamento futuro afim de indicar qual o melhor tipo de rede a ser utilizada para a situação apresentada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para projetar modificações ou expansão do sistema elétrico de distribuição é fundamental seguir uma série de passos e estudos aderindo a sugestões de autores renomados mantendo sempre as questões normativas. Um projeto de Rede de Distribuição Urbana (RDU) deve obedecer ao máximo as normas técnicas estabelecidas, e sempre visando oferecer qualidade e segurança aos seus usuários com o melhor custo possível para sua implantação.

2.1 Sistemas de Distribuição

O Objetivo de um Sistema Elétrico de Potência (SEP) é gerar, transmitir e distribuir energia elétrica atendendo a determinados padrões de confiabilidade, disponibilidade, qualidade, segurança e custos, com o mínimo impacto ambiental e o máximo de segurança pessoal (PROCEDIMENTO NACIONAL DE ENERGIA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL, 2012).

O sistema atual de energia elétrica baseia-se em grandes usinas de geração que transmitem a energia através dos sistemas de transmissão de alta tensão. Essas tensões elevadas se fazem necessárias devido as grandes distancias que esta energia precisa percorrer até chegar as subestações (ARAUJO, 2005).

Ao chegar as subestações essa energia passa por transformadores abaixadores de tensão onde se inicia a distribuição de energia em média tensão que pode ser de 13,8 kV ou 25 kV, o sistema de distribuição e o responsável por trazer energia as residências, comércios e industrias, este sistema e muito complexo em função disto se faz necessário um rigoroso acompanhamento de planejamento e coordenação, onde se inicia o sistema de proteção da rede de distribuição elétrica (ARAUJO, 2005).

No Brasil o sistema de distribuição e regulamentado pela ANEEL, normas estabelecidas e aprovadas pelo congresso nacional e pelo executivo federal.

Através das normas elaboradas pelo (Procedimento de distribuição de energia no sistema elétrico nacional) PRODIST a ANEEL realiza o acompanhamento dos serviços prestados pelas distribuidoras através de indicadores de qualidade, sendo eles: DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC (PROCEDIMENTO NACIONAL DE ENERGIA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL, 2012).

- a) DEC: Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, que aponta o intervalo de tempo em média, em que ocorreu descontinuidade da prestação de serviço em cada unidade consumidora do conjunto apurado, considerado em horas;
- a) FEC: Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, que aponta o número de vezes em média, que ocorreu descontinuidade do serviço prestado em cada unidade consumidora do conjunto apurado.
- b) DIC: Duração de interrupção individual por unidade consumidora ou ponto de conexão de instalações dos demais acessantes;
- c) FIC: Frequência de interrupção individual por unidade consumidora e ponto de conexão de instalações dos demais acessantes, que aponta o número de vezes em média, que ocorreu descontinuidade do serviço prestado em cada unidade consumidora do conjunto apurado;
- d) DMIC: Duração máxima de interrupção individual por unidade consumidora ou ponto de conexão de instalações dos demais acessantes, que indica o intervalo máximo em que ocorreu descontinuidade da prestação de serviço em uma unidade ou instalação, no período apurado.

As concessionárias devem manter esses indicativos dentro dos limites impostos pela ANEEL, para que assim possam evitar multas e o ressarcimento aos clientes devido às falhas nesses indicadores. A frequência nessas falhas pode levar a perda da concessão da concessionária. Em função disso, se faz tão importante o cuidado para fornecer a melhor qualidade possível no atendimento.

2.2 Redes de Distribuição de Energia Elétrica

Estudar a viabilidade técnica e econômica de uma rede de distribuição em uma dada região é importante para a concessionária de energia elétrica. Isso auxilia na definição do tipo de rede a investir e nas estratégias a serem planejadas para se obter maior qualidade no fornecimento de energia elétrica e, conseqüentemente, maior satisfação dos consumidores.

O sistema de distribuição é a parte dos sistemas de potência que está mais próximo da unidade consumidora, sendo encarregado de rebaixar o nível de tensão e distribuir a energia da transmissão para o consumidor individualizado residências, indústrias ou comércios (ALDABÓ, 2001).

Nas subestações de distribuição, a tensão é abaixada da transmissão para a tensão de distribuição primária ou média tensão. As redes de distribuição primárias, por sua vez, suprem

os transformadores de distribuição, dos quais se deriva a rede de distribuição secundária ou rede de baixa tensão, cujo nível de tensão é designado de tensão secundária ou baixa tensão.

O desempenho de um sistema de distribuição está intimamente relacionado a sua concepção, a Construção, a qualidade dos materiais e equipamentos empregados, às condições ambientais, aos danos causados por terceiros e aos serviços de manutenção (KAGAN, 2005). Porém, há de se considerar que os consumidores se tornam cada vez mais exigentes quanto ao fornecimento de energia elétrica, em função da utilização de equipamentos vulneráveis a interrupções e oscilações no fornecimento de energia (ELETROBRAS, 2016).

A qualidade na prestação dos serviços de distribuição de energia elétrica, basicamente entendida como a continuidade e confiabilidade de fornecimento, baseia-se no número de interrupções e oscilações presentes no sistema elétrico, provocadas por falhas no sistema e por atividades de manutenção programada, em função de serviços necessários a serem realizados (KAGAN, 2005).

Os contratos de concessão das empresas prestadoras dos serviços de distribuição de energia estabelecem regras sobre a tarifa, a regularidade, a continuidade, a segurança e a qualidade dos serviços, bem como sobre o atendimento prestado aos consumidores e usuários. E, da mesma forma, definem penalidades para possíveis irregularidades (ANEEL, 2005).

Para cumprir esse objetivo, é conveniente que as concessionárias não só passem a avaliar o desempenho do sistema, como também venham a atuar no sentido de aprimorar os critérios de planejamento, projeto, construção e manutenção de equipamentos e das redes, buscando, além disso, a melhoria da qualidade dos componentes utilizados (ANEEL, 2005).

2.3 Tipos de Redes

Existem diversos tipos de redes de distribuição de energia elétrica. Muitas vezes, estes se encontram em circuitos mistos, acarretando algumas combinações entre redes de baixa e de média tensão, variando principalmente com as concessionárias de energia elétrica e com as necessidades e condições locais.

Em geral, as redes de distribuição de energia elétrica podem ser aéreas ou subterrâneas. Sendo as aéreas as de maior empregabilidade no Brasil, podem ser divididas em convencionais, compactas ou isoladas.

Vale ressaltar, que o tipo de rede de distribuição de energia elétrica a ser adotado em uma dada região depende principalmente das características climáticas e de arborização, além da segurança e da confiabilidade desejada. (VELASCO, 2003).

2.3.1. Aérea Convencional

A rede convencional como mostra a figura 1. É caracterizada por condutores nus, apoiados sobre isoladores de vidro ou de porcelana, fixados horizontalmente sobre cruzetas de madeira, nos circuitos de média tensão e, verticalmente, nos de baixa tensão. Trata-se de rede que fica totalmente desprotegida contra as influências do meio ambiente, além de apresentar alta taxa de falhas e exigir a realização de podas nas árvores com uma maior frequência. Por essa razão, possui baixo nível de confiabilidade quando utilizada em áreas com maior densidade populacional (SARDETO, 2005).

Figura 1 – Rede Aérea Convencional



Fonte: O autor

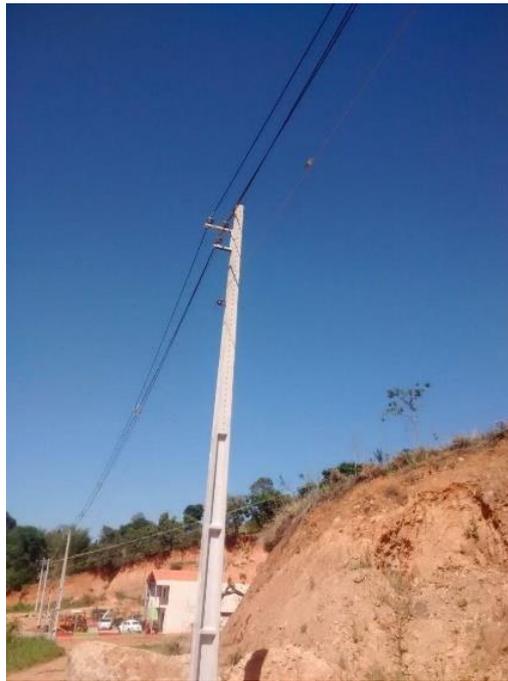
Esse sistema foi desenvolvido há aproximadamente cinquenta anos. Pelo fato de os condutores não serem isolados. Sua convivência em um meio onde existe arborização torna-se difícil, pois o simples contato de um galho com o condutor nu pode provocar o desligamento da rede. Além disso existe o risco da proximidade deste tipo de rede com marquises, painéis, sacadas e andaimes facilitando o contato acidental de pessoas com os condutores nus, podendo vir a ocasionar acidente graves ou até mesmo fatais (SARDETO, 2005).

Pelo fato de os cabos ficarem expostos, as intervenções para consertos também são frequentes. Os danos são causados por acidentes com veículos que atingem postes, por descargas atmosféricas, chuvas, fontes de contaminação ambiental como poluição e salinidade, ventos e pássaros. Se, por um lado, a instalação das redes aéreas é mais barata, por outro, seu custo de manutenção e de operação é elevado (SARDETO, 2005).

2.3.2. Aérea compacta

As redes compactas como mostra a figura 2 são caracterizadas basicamente por utilizar condutores cobertos com uma camada de material isolante. Essas redes, quando primárias, são ditas protegidas, pois, apesar de possuírem cobertura, os cabos são protegidos e não isolados, não sendo permitido tocar o cabo com a rede energizada. Quando secundárias, são ditas isoladas, pois a cobertura presente nos cabos garante a sua isolação (SARDETO, 2005).

Figura 2 – Rede Aérea Compacta



Fonte: O autor.

A rede primária é constituída de três condutores cobertos por uma camada de polietileno reticulado – XLPE, sustentado por um cabo mensageiro de aço, que, por sua vez, sustenta espaçadores plásticos, para amarração dos condutores e do mensageiro. Esses espaçadores são instalados em intervalos de 8 a 10 metros apoiando os condutores que ficam dispostos em um arranjo triangular compacto. O cabo mensageiro de sustentação é, por sua vez, fixado aos postes, por meio de ferragem metálica (SARDETO, 2005).

Os estudos e a construção das primeiras redes compactas brasileiras ocorreram no Estado de Minas Gerais, realizados pela CEMIG, em 1991 (ROCHA, 2002).

A rede secundária utiliza cabos multiplexados ou pré-reunidos, autossustentados, constituídos por condutores de alumínio com isolamento sólida de XLPE nas fases, dispostos helicoidalmente em torno de um condutor neutro de alumínio ou liga de alumínio (SARDETO, 2005).

As redes aéreas compactas oferecem maior confiabilidade e qualidade no fornecimento de energia. São mais seguras para o público e convivem de forma mais harmônica com as árvores quando comparadas às redes aéreas convencionais (VELASCO, 2003).

A sua aplicação resulta em vários benefícios, alguns dos quais imediatos (ROCHA, 2002), como:

- a) Alta redução da taxa de falhas com consequente redução das intervenções das equipes de manutenção;
- b) Minimização de manutenção corretiva, liberando as turmas para outros serviços;
- c) Redução substancial na frequência das interrupções;
- d) Minimização de poda de árvores;
- e) Melhoria da imagem da empresa, refletindo em uma melhor relação com a sociedade, com a defesa do meio ambiente e o público em geral.

Outras grandes vantagens oferecidas são a redução do espaço físico ocupado e a melhoria na estética da rede. Além disso, contribuem para o combate à prática do furto de energia e até mesmo de condutores.

A aplicação da rede aérea compacta na distribuição de energia elétrica se destaca em regiões arborizadas ou em locais que exigem maior segurança e confiabilidade. Em geral, são indicadas nas seguintes situações (CECCHETTI, 2000):

- a) Locais com desligamento provocados por interferência de arborização com a rede;
- b) Locais com desligamentos provocados por descargas atmosféricas;
- c) Locais com frequentes ocorrências de objetos lançados à rede;
- d) Congestionamento de estruturas;
- e) Saída de alimentadores de subestações;
- f) Alimentador expresso (exclusivo) atendendo a consumidores especiais.

Vários países, como Brasil, Estados Unidos, Itália, Rússia, China, dentre outros, realizam também estudos sobre linhas de transmissão compactas. Essas linhas apresentam amplas vantagens em áreas urbanas, com destaque para a redução drástica do espaço ocupado e dos impactos visuais. O projeto, a construção e a operação desse tipo de linha têm sido um sucesso (CHAI; LIANG; ZENG, 2006).

2.3.3. Aéreas isoladas

Rede isolada multiplexada, é constituída por três cabos fases isoladas, que são dispostos em trifólio em volta de um cabo mensageiro de liga de alumínio, como mostra a figura 3. Esta rede é blindada e não tem oriunda de descarga atmosféricas, tensões induzidas e toques eventuais (CELESC, 2011).

Figura 3 – Rede Aérea Isolada



Fonte: O autor.

A rede aérea isolada na tensão de 13,8 kV deve ser projetada em locais onde não seja possível a utilização de rede protegida e deve obedecer aos critérios para aplicação dessa modalidade de rede definidos.

É indicada a instalação de redes isoladas com cabos pré-reunidos de alta tensão (AT) em locais onde são constantes os desligamentos causados por contatos entre a rede e objetos estranhos à rede e, em locais onde se necessitam melhores índices de confiabilidade e de segurança, (CELESC, 2011) como:

- a) Saídas de subestações;
- b) Circuitos múltiplos na mesma posteação;
- c) Zonas de alta agressividade poluidora;
- d) Áreas densamente arborizadas;
- e) Locais com restrições de espaço físico;
- f) Áreas onde se deseja preservar o aspecto ecológico e estético visual;
- g) Travessias sob pontes, viadutos etc;

2.3.4. Redes Subterrâneas

O sistema subterrâneo de distribuição de energia elétrica sem dúvida, na sua concepção, operação e manutenção é mais complexo que o correspondente sistema aéreo. A utilização desse varia de região para região e é o método mais indicado para a arborização urbana e a fiação elétrica.

Nos Estados Unidos, mais de 70% das áreas residenciais utilizam tal sistema e seu custo varia de 1,2 a 1,5 vezes maiores que o custo do sistema aéreo. No Brasil por ser pouco utilizado, tais custos são duas a três vezes maiores que o sistema convencionalmente usado. Outro ponto no encarecimento do sistema é sua projeção para uma vida útil de cinquenta anos, enquanto que para um sistema aéreo a projeção é para trinta anos.

Várias situações justificam o uso das redes subterrâneas, tais como áreas de grande densidade de carga; locais onde há um congestionamento de equipamentos aéreos (com conseqüente valorização do solo); áreas onde os fatores estéticos-ambientais o requeiram; em cidades históricas, turísticas; bairros típicos; loteamentos e bairros de alto poder aquisitivo. (PALERMO, 2001).

As redes elétricas subterrâneas apresentam uma série de benefícios (BOCCUZZI, 1997):

- a) Redução significativa das interrupções, pela diminuição da exposição dos circuitos aos agentes externos, incrementando, assim, a confiabilidade do sistema;
- b) Eliminação dos circuitos aéreo, o que melhora consideravelmente a aparência do sistema e, sobretudo, ajuda a preservar as árvores, contribuindo, conseqüentemente, para o embelezamento das cidades e conservação do meio ambiente;
- c) Aumento do fator segurança para a população, com a eliminação do risco de acidentes por ruptura de condutores e contatos acidentais;
- d) Redução dos custos de manutenção, como podas de árvores e deslocamento de turmas de emergência.

É sempre reconhecido que, em comparação ao sistema aéreo convencional, os custos de implantação de redes subterrâneas são maiores. Mas quando considerados no conjunto dos investimentos previstos no empreendimento, podem ser aceitáveis, diante dos resultados estéticos, de não agressão às soluções paisagísticas e de confiabilidade no serviço de distribuição de energia elétrica (COSTA, 1999).

Para reduzir os custos de implantação da rede subterrânea, foram desenvolvidos os primeiros cabos chamados de air bag. Esses cabos são compostos por uma camada especial de material plástico protetor, que lhe confere uma altíssima resistência a impactos, permitindo, assim, que os cabos sejam instalados diretamente no solo e não mais em banco de dutos, o que reduz significativamente os custos de sua instalação. Dessa forma, esses cabos contribuem para a substituição progressiva das redes de energia aéreas, que proporcionam menor confiabilidade, e requerem, com maior frequência, intervenções para manutenção (PIRELLI 2001).

Figura 4 – Rede de Distribuição Subterrânea



Fonte: INFRAESTRUTURA URBANA, (2018)

2.4 Continuidade e Qualidade

O desempenho de uma rede de distribuição pode ser avaliado por meio do histórico de interrupções, sobrecarga do circuito e da queda de tensão na rede. O estudo do histórico de interrupções e quedas possibilita avaliar a continuidade do fornecimento de energia elétrica, enquanto que a análise da queda de tensão na rede possibilita verificar os níveis de tensão nos pontos de entrega.

No Brasil, compete à Agência Nacional de Energia Elétrica regular os serviços de energia elétrica, estimular a melhoria do serviço prestado e zelar, direta ou indiretamente, pela sua boa qualidade (ANEEL, 2000).

Com relação à continuidade da distribuição e à conformidade dos níveis de tensão, duas resoluções são seguidas (ANEEL, 2000):

- a) A resolução ANEEL nº 24, 27 de janeiro de 2000, que estabelece as disposições relativas a continuidade da distribuição de energia elétrica as unidades consumidoras
- b) A Resolução ANEEL nº 505, 26 de novembro de 2001, que dispõe, de forma atualizada e consolidada, sobre as questões relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente.

Define-se interrupção como a descontinuidade da tensão disponível em qualquer uma das fases ou a falta do neutro em um circuito elétrico que atende uma unidade consumidora (ANEEL, 2000).

As informações acerca das interrupções são fundamentais para a transformação destas em indicadores (duração e frequência das interrupções, por exemplo), sendo indispensáveis os seguintes dados (CAMINHA, 1999).

- a) Fator gerador;
- b) Data, hora e centésimo de minutos do início e do reestabelecimento da interrupção;
- c) Número de unidades consumidoras atingidas em cada interrupção.

O perfeito conhecimento dos parâmetros técnicos, topológicos e operacionais associados a rede e a carga, além das características climáticas e geográficas de cada região, é determinante na validação do fato gerador da interrupção ou queda de tensão (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2005).

Um cadastro adequado é fundamental na determinação de quais unidades, e conseqüentemente, quantas unidades consumidoras foram atingidas em uma dada interrupção ou variação de tensão. O mapeamento do sistema facilita o tratamento das interrupções até a transformação dos seus dados em indicadores (BRASIL, 2005).

2.5 Sobrecargas e Queda De Tensão

Diariamente novos consumidores são ligados à rede de distribuição, e com o passar do tempo, essas novas inserções de consumidores a rede podem vir a ocasionar distúrbios no fornecimento de energia da mesma. Em função disto a análise e o planejamento no momento em que se projeta uma rede de distribuição é tão importante (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

2.5.1. Sobrecargas

Os circuitos de rede de distribuição são projetados para sanar a necessidade do local naquele determinado tempo, porém a unidade consumidora vem crescendo a cada dia mais, e sem um planejamento adequado ocorrerão as sobrecargas nos circuitos de distribuição (KADEC, 2003).

O sistema de distribuição deve ser projetado na seguinte estrutura: transformadores que atendam à necessidade de carga do circuito, fios condutores respectivos as cargas instaladas distribuição (KADEC, 2003).

A concessionária CEMIG trabalha com uma margem permitida dentro dos critérios da ANEEL de um carregamento do circuito de Baixa Tensão (BT) existentes, o carregamento máximo admitido para os transformadores MT/BT para a liberação de carga deve ser 120% da capacidade nominal para os transformadores convencionais e 90% da capacidade nominal para os transformadores auto protegidos. O carregamento máximo deve ser verificado no horário de ponta de carga do transformador. Ultrapassado esse limite o circuito caracteriza-se com sobrecarga, pois fere os limites de qualidade mínimos exigidos (ANEEL, 2000).

Em circuitos novos de BT, planejados ou projetados para permitir a ligação de novas cargas, reequilibrar circuitos, regularizar níveis de tensão e carregamento, etc, o carregamento máximo inicial admitido para os transformadores MT/BT deve estar entre 80 e 100% da capacidade nominal do equipamento para os transformadores convencionais e entre 70 e 80% da capacidade nominal para os transformadores auto protegidos. O carregamento máximo deve ser verificado no horário de ponta de carga do transformador (CEMIG, 2014).

2.5.2 Queda de Tensão

O dimensionamento elétrico de um circuito de distribuição em baixa tensão é feito verificando-se a queda de tensão e o limite térmico dos cabos. Devido ao fato de que os limites de queda de tensão estabelecida são suficientes para limitá-las em níveis aceitáveis, não são feitas restrições quanto às perdas técnicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A queda de tensão máxima permissível a ser considerada nos circuitos de BT está limitada a 5% nos municípios que não possuem subestações de Alta tensão /Média Tensão (AT/MT) e 7% para aqueles que já possuem tais instalações. Esses valores consideram a queda de tensão interna no transformador e queda de tensão no cabo da rede secundária (CEMIG, 2014).

A ANEEL, por meio da resolução nº 505, dispõe que, para as unidades consumidoras atendidas em tensão nominal de operação igual ou inferior a 1 kV, a tensão a ser contratada da concessionária deve ser a tensão nominal do sistema no ponto de entrega (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

2.6 Estudo da Viabilidade Econômica da Rede de Distribuição

O estudo econômico de uma rede de distribuição determina valores que possibilitam estabelecer comparações entre os diferentes tipos de rede quanto aos seus custos.

Os custos totais são determinados admitindo-se a incidência periódica dos seguintes eventos geradores de custo, ao longo da vida útil esperada para as redes (SOARES, 1996):

- a) Necessidade de investimento inicial diferenciado;
- b) Aplicação de manutenção periódicas corretivas e preventivas;
- c) Lucro cessante.

2.6.1 Investimento Inicial

O investimento inicial ou custo de implantação da rede considera os materiais necessários, mão de obra, que inclui o serviço de topografia, projeto e execução, e as despesas administrativas.

Também devem ser levados em consideração os custos operacionais, que podem ser decompostos em duas parcelas (SOARES, 1996):

- a) Manutenção preventiva: para manter um fornecimento contínuo de energia elétrica aos clientes, atendendo as legislações vigentes;
- b) Manutenção corretiva: necessária para restabelecer o sistema em caso de interrupções acidentais.

2.7 Projeto de Redes de distribuição elétrica

Projetar redes de distribuição é tarefa que exige a reunião de diversas habilidades e conhecimentos que, para resultar em um projeto final, precisa fazer uso de normas técnicas, procedimentos empíricos, julgamento, bom senso, cálculos e uma quantidade considerável de dados. Por esta razão, esta é uma tarefa complexa e demorada. Iniciando pelas normas técnicas, observa-se que é por meio delas que se estabelecem os procedimentos técnicos e critérios básicos para assegurar as condições técnicas necessárias ao funcionamento do sistema de distribuição e adequar a qualidade de fornecimento exigida pelos órgãos reguladores e de fiscalização. Além disso, elas estabelecem os níveis de segurança compatíveis com as necessidades operacionais da rede. Além das normas técnicas específicas, existem várias outras que complementam ou detalham assuntos pertinentes ao projeto, somando grande quantidade de informação a ser usada, estudada e interpretada (CPFL, 2016).

Os procedimentos e critérios são aplicados em projetos de construção de alimentadores, extensões de rede primária e secundária, ou ainda, em reformas ou melhorias das redes de distribuição. São também utilizados em ligações novas, aumentos de carga, instalações de iluminação pública e ligações provisórias, assim como, na construção de redes novas em núcleos habitacionais e loteamentos (CPFL, 2016).

Os projetos de rede devem observar o planejamento básico para atender ao crescimento de carga de cada local, ou região. Devem também considerar aspectos estéticos, ecológicos e sociais sem, no entanto, comprometerem a qualidade do fornecimento de energia elétrica. Todos esses fatores, com maior ou menor grau, competem entre si, exigindo uma complexa busca por soluções de compromisso (CPFL, 2016).

O processo para elaboração do projeto de rede de distribuição inicia pela classificação do tipo de projeto a ser realizado, considerando as características próprias de cada um deles. O tipo de projeto definido, é executado o levantamento de campo. Este levantamento tem o

objetivo de legitimar os dados registrados em mapas e cadastrados em sistemas de informação; verificar as condições físicas dos elementos das redes primárias e secundárias; avaliar os tipos de carga e as condições físicas existente do local do projeto. O projetista, de posse destes dados, planeja as ações que devem ser executadas e obtém uma alternativa de engenharia para o projeto. Essa alternativa pode ou não ser aceita ou não. No caso de rejeição, o processo é reiniciado na etapa de planejamento ou o projeto é abortado (CPFL, 2016).

A solução de engenharia consiste no detalhamento construtivo dos elementos da rede de distribuição como postes, cruzetas, amarrações, fixações, estais, transformadores, chaves, cabos, banco capacitores, entre outros. Todos estes elementos devem ser inseridos no projeto respeitando as restrições mecânicas, para obter-se uma rede de distribuição que atenda aos requisitos do projeto e seja estruturalmente estável (CPFL, 2016).

A elaboração do projeto mesmo considerando, rigorosamente, os padrões de construção de redes de distribuição, as soluções de engenharia obtidas variam, dependendo do projetista que elaborou. Esta variação deve-se a experiência do projetista, do bom senso, do conhecimento técnico, que são empregados (CPFL, 2016).

2.7.1. Processos para elaboração de Projetos

As etapas do processo de elaboração de projetos de rede de distribuição podem ser resumidas em duas fases classificação do projeto e especificação do projeto. Estas fases são conduzidas independente da complexidade do projeto, desde a simples ligação de um consumidor até a elaboração da rede elétrica numa expansão do sistema.

A fase classificação do projeto distingue os vários tipos de projetos a serem especificados. Estes tipos são definidos considerando as características básicas do projeto, resultados de projetos anteriormente elaborados.

A fase seguinte, especificação do projeto, compreende a execução dos procedimentos adequados a cada tipo de projeto. Os procedimentos resumem-se no encadeamento das atividades de projetar, construir e implementar, com o objetivo de definir alternativas de soluções de engenharia e, posteriormente, indicar da solução que melhor se adequada aos requisitos do projeto (CPFL, 2016).

2.7.2. Tipos de Projetos

Os tipos de projetos são baseados no motivo principal da sua realização, seja para adequar tecnicamente as redes ou para expandi-las com o objetivo de atender à solicitação de clientes e do crescimento do mercado. São eles: expansão, reforma ou reforço (CEMIG, 2014).

2.7.2.1 Projetos de expansão

O padrão mínimo de atendimento urbano, estabelecido pela distribuição, é o de redes de distribuição compacta, trifásicas ou monofásicas.

As ligações de clientes incluem todas as ligações isoladas dos diversos tipos de clientes. Há uma subdivisão bem própria: ligação de novos clientes e mudança de local do consumidor existente, com ou sem aumento de carga. No primeiro caso pode incluir a extensão da rede primária para atendimento de consumidores comerciais e industriais que requeiram fornecimento em média tensão, além das ligações de edificações coletivas. Clientes residenciais ou alguns tipos de consumidores comerciais pode requerer a extensão da rede secundária (CEMIG, 2014).

2.7.2.2 Projetos de reforma

São considerados projetos de reforma projetos para atender questões de segurança, melhorias do circuito como recondutoramento, são considerados como projetos de reforma os seguintes exemplos (CEMIG, 2014);

- a) Afastamento de rede;
- b) Flexibilidade operativa como interligação de alimentadores e by-pass de localidades;
- c) Redução de interrupções como por exemplo substituição de rede nua para rede compacta em local com algum tipo de interferência na rede como, por exemplo, arborização;
- d) Substituição de condutores;
- e) Recuperação física da rede como a troca de postes danificados.

2.7.2.3 Projetos de Reforço

Projetos de melhoramento nas redes de distribuição são para modificar a rede significativamente, alterando sua configuração física e/ou elétrica para atender o crescimento de carga na área, eliminando deficiências técnicas e mantendo os níveis de qualidade, os seguintes projetos são considerados como reforço (CEMIG, 2014);

- a) Alterações vinculadas à alta tensão ou subestações como por exemplo o aumento do número de alimentadores;
- b) Correção de sobrecarga e queda de tensão;
- c) Substituição de transformador de distribuição em sobrecarga, por um de maior capacidade;
- d) Atendimento a mercado, em casos de instalação ou aumento de carga solicitada pelos clientes e que, por consequência, causem a necessidade do aumento de seção de condutores ou conversão das redes existentes de media tensão de monofásico para trifásico.

2.8 Elaboração de Projeto de Rede de Distribuição Elétrica

Para a elaboração de um projeto de rede de distribuição existem alguns passos que devem ser seguidos para o melhor desenvolvimento do mesmo (CEMIG, 2014).

2.8.1. Obtenção de dados preliminares

Antes de se iniciar a elaboração do projeto alguns dados preliminares devem ser levantados para a obtenção de diretrizes em relação ao qual o tipo de projeto deverá ser elaborado e seu objetivo, sendo elas (CEMIG, 2014):

- a) Objetivo do projeto a ser elaborado, consiste em determinar o tipo de projeto a ser elaborado, sua finalidade, e qual seu tipo, se seu objetivo é para expansão, reforma, reforço. Devem ser determinadas as principais necessidades do projeto, ou seja, se ele é relativo à correção dos níveis de tensão, melhoria de confiabilidade, melhoria da iluminação pública ou atendimento a uma nova área.
- b) Obtenção da planta da área, com arruamento fornecido pela prefeitura ou organização responsável, devem ser verificadas as características do circuito, arruamento, edificações como edifícios públicos, igrejas, estádios, áreas ambientais, travessias e interferências da área a ser atendida, quando necessário deve ser realizado o levantamento de campo.

- c) Estudo básico da área, para novas áreas, deve ser feito um estudo básico considerando as condições do local, o grau e tipo de urbanização, tipo de arborização, dimensões dos lotes e características da área a ser atendida, O projeto deve abranger uma expansão futura do atendimento identificado pelo planejamento, de forma compatível com as características de urbanização da região.
- d) Planos e projetos previamente existentes para área, devem ser levantados prováveis projetos anteriormente elaborados para a área abrangida, ainda não construídos ou em construção, e que possam ser considerados no projeto em elaboração.

2.8.2. Levantamento de cargas e determinação de demandas

Trata-se na determinação das demandas dos consumidores já ligados à rede e a previsão de demanda de novos consumidores, de modo a possibilitar o dimensionamento dos transformadores, da rede secundária (BT) e primária (MT) (CEMIG, 2014).

2.8.3. Locação dos postes

Consiste na locação física dos postes, observando-se os requisitos de espaçamento, de segurança, de iluminação pública desejável. O projetista deve estar atento ao melhor traçado da rede, sob o aspecto técnico econômico, de modo que seja possível o atendimento a novas cargas com o mínimo de alteração, a locação deve ser escolhida levando-se em conta os seguintes aspectos (CEMIG, 2014):

- a) Evitar desmate de arvores e demais formas de vegetação em áreas de preservação permanente, conforme instruções contidas no Manual de Procedimentos (IS 19);
- b) Procurar local, sempre que possível, na divisa dos lotes e manter os vãos da quadra equidistantes. Na impossibilidade de atender as duas premissas, deve-se priorizar a instalação com vãos equidistantes;
- c) Procurar local prevendo futuras extensões da rede, para evitar remoções desnecessárias, mantendo os postes em rua do mesmo lado;
- d) Evitar locação de postes em frente a portas, janelas, sacadas, marquises, anúncios luminosos, etc. Não local em frente a garagens.

2.8.4. Dimensionamento Elétrico

Refere-se à definição da configuração do circuito, carregamento e seção transversal dos condutores da rede primária e secundária, localização e dimensionamento de transformadores e proteção contra sobretensão (CEMIG,2014).

2.8.5. Dimensionamento mecânico

Refere-se ao dimensionamento de postes e tipos de estruturas. A Cemig tem padronizado postes de concreto seção circular, duplo T, madeira. Devem ser utilizados preferencialmente poste de concreto seção circular, observando também as determinações a seguir (CEMIG 2014):

- a) Em expansões de rede (novos loteamentos e condomínios), a área responsável pelo projeto deve ser previamente consultada para definir o tipo de poste a ser utilizado.
- b) Em casos de trocas de postes, projetar preferencialmente o mesmo tipo dos postes já instalados no local.
- c) Em locais de difícil acesso ou com alto índice de abalroamento, podem ser instalados postes em compósito (fibra de vidro) ou madeira.

2.8.6. Relação de material e orçamento

Trata-se em relacionar os materiais necessários à construção da rede e elaboração do orçamento correspondente. Os métodos de elaboração de orçamentos de projetos podem ser de dois tipos (CEMIG 2014):

- a) Convencional: utiliza-se a relação de materiais e de serviços contratados, que através de consulta à lista básica de materiais padronizados da distribuição na tabela para orçamento, são orçados manualmente.
- b) Sistema computacional: é um sistema que utiliza arranjos codificado (mnemônicos) para a rede de distribuição e que fornece a relação de materiais e mão de Obra.

Os orçamentos de projetos de obras da distribuição podem ser classificados nos seguintes tipos (CEMIG 2014):

- a) Orçamentos médios: são valores estimados, sendo que para atendimento a consumidores urbanos levam em consideração não apenas a extensão, mas também as possíveis modificações de retaguarda;
- b) Orçamentos específicos: são valores específicos para cada item do orçamento e são

Usados para cada orçamento separadamente.

Os orçamentos de obras de distribuição são compostos da seguinte forma (CEMIG, 2014):

- a) Custos de materiais e equipamentos;
- b) Custos de serviços de terceiros;
- c) Custos de mão de obra própria;
- d) Custos de serviços de administração.

2.8.7. Apresentação do projeto

Consiste do conjunto de desenhos, cálculos, formulários, que compõem o projeto e informações necessárias para atendimentos às exigências legais em vigor, incluindo critérios e procedimentos para elaboração de projetos de travessias e sinalização de rede, conforme normas específicas (CEMIG, 2014).

3 METODOLOGIA

Por meio do sistema GEMINI utilizado na concessionária de energia CEMIG, será analisado um trecho da rede de distribuição urbana que apresenta as condições de sobrecarga e queda de tensão, através de estudos serão definidos os pontos da rede de distribuição que deveram ser modificados.

Com base nas resoluções da ANEEL, e nas normas de distribuição 2.7, 2.9 e 3.1 fornecidas pela concessionária CEMIG, serão apresentados e comparados dois tipos de projetos elaborados no *software* AutoCAD para a solução dos problemas e apresentando um planejamento futuro que comporte o constante crescimento das unidades consumidoras sem a necessidade de persistentes modificações do circuito.

Utilizando da planilha de queda de tensão padrão da concessionaria serão lançados todos os dados relevantes para análise referente ao circuito, simulado e apresentados as condições iniciais do mesmo, após a projeção e a correção das condições do circuito novamente o mesmo será simulado apresentado as correções.

3.1 Análise da solicitação

Após a solicitação de ligação do cliente inicia-se os estudos para o atendimento do mesmo, primeiramente deve-se analisar qual o tipo de atendimento desejado em questão, e com embasamento nas resoluções da ANEEL citadas no referencial teórico deste trabalho, definir qual o tipo de atendimento será determinado para esta solicitação. Se o atendimento trata-se de uma alteração de carga, ou uma ligação nova, após essa definição usando do GEMINI utilizado pela concessionária CEMIG deverá ser simulado o valor da carga informada pelo cliente no ponto onde se deseja a ligação, essa simulação e feita através do disjuntor indicado pelo cliente com embasamento nas cargas instaladas do mesmo, feita a simulação e sendo constatado que a inserção da carga do cliente ultrapassa os limites estabelecidos de sobrecarga e ou queda de tensão, o pedido deste cliente e reprovado para ligação imediata e encaminhado para projeto, onde deverá ser feita a análise e planejamento para a melhor forma de atendimento.

3.2 Projeto

Quando o pedido é reprovado ele é encaminhado para a fase de projeto onde novamente a solicitação é analisada, usando das resoluções da ANEEL, primeiramente é feito o enquadramento do cliente em relação a participação financeira da solicitação, ela poderá ser enquadrada como universalizada onde o custo total da obra pertence a concessionária, não universalizada quando o custo total da obra é dividido entre as partes concessionária e cliente através do cálculo Encargos de Responsabilidade da Distribuidora (ERD) que leva em consideração a carga informada pelo cliente. Ou fora da universalização onde o custo total da obra fica a cargo do cliente.

Feito o enquadramento inicia-se o processo para elaboração do projeto, começando pelo levantamento de campo onde são levantadas a topografia do local, estruturas existentes, e clientes já ligados à rede, com esses dados levantados começa os estudos para definir qual o melhor tipo de projeto atenderá as necessidades do pedido levando em consideração os clientes já existentes ligados à rede.

4 ESTUDO DE CASO

Através da solicitação de uma ligação nova de um cliente, foi-se localizado um circuito que apresenta queda de tensão e após simulação da inserção da carga do cliente o mesmo passou a apresentar também sobrecarga no transformador do circuito.

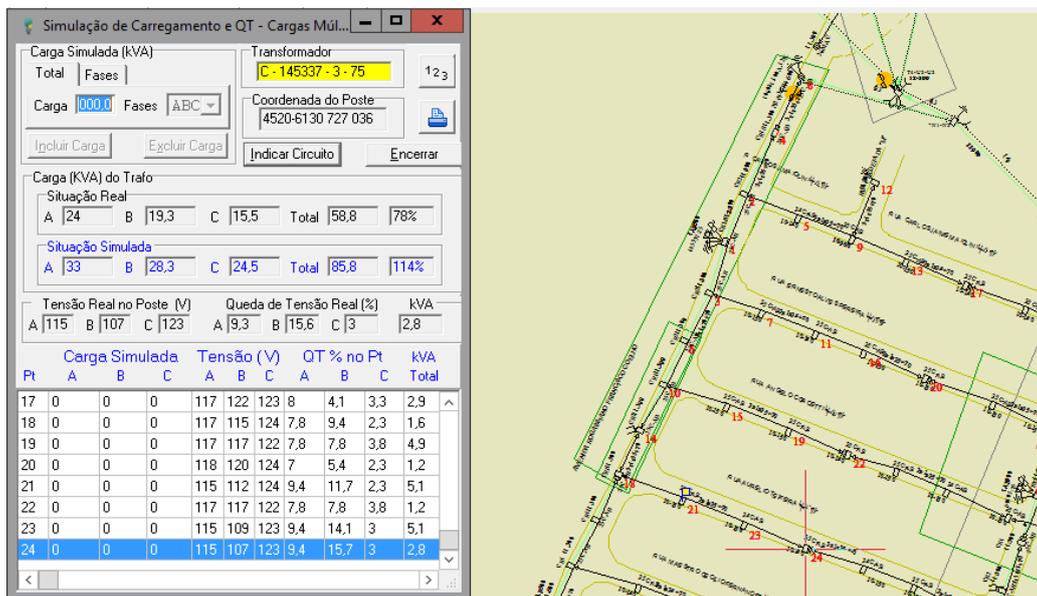
A solicitação trata-se de uma ligação nova de um disjuntor trifásico de 70 Amperes que de acordo com a ND 5.1 - tabela 2 da distribuidora CEMIG o disjuntor solicitado encontra-se em uma faixa de atendimento que varia de 23,1 kVA a 27 kVA de demanda instalada.

O circuito de distribuição que apresenta essas falhas pertence a cidade de varginha está localizado na avenida Rogassiano Francisco Coelho, no Bairro Parque Urupês.

4.1 Circuito Existente

Através do sistema GEMINI utilizado pela concessionária Cemig foi realizada a simulação da inserção da carga solicitada pelo cliente como mostra a figura 5. De acordo com a solicitação o disjuntor a ser instalado no circuito será um trifásico de 70 ampères que tem sua faixa de demanda que varia de 23,1 kVA a 27 kVA, é orientado pela concessionária ao fazer a simulação da carga utilizar do valor máximo da faixa do disjuntor, neste caso foi simulado ao circuito a inclusão de uma carga no valor de 27 kVA.

Figura 5 – Simulação da inserção de carga ao circuito



Fonte: GEMINI sistema CEMIG (2018).

De acordo com a ANEEL os valores máximos permissíveis para queda de tensão e sobrecargas em circuitos já existentes são respectivamente 7% para cidades que possuem subestação, e 90% para transformadores auto protegidos e 120% para transformadores convencionais.

Para se chega ao valor da queda de tensão nos pontos de atendimento do circuito faz-se o balanceamento de carga por fase. Em um circuito trifásico soma-se a queda de tensão em cada fase do circuito e se divide o resultado por três chegando assim ao valor final da queda de tensão.

Já para se calcular o valor de carga total do circuito soma-se o valor da carga em kVA de todos os pontos do mesmo, para saber se o circuito está apresentando queda de tensão usa-se de base o transformador instalado, a soma das cargas não pode ultrapassar o valor máximo da porcentagem permitida pela ANEEL que como já mencionado no referencial teórico e de 90% para transformadores auto protegidos e de 120% para transformadores convencionais.

Ao simular a carga no circuito o mesmo apresentou 9,36% de queda de tensão em seu ponto mais crítico, e carregamento de 114% no transformador, impossibilitando assim a ligação imediata da solicitação a rede, sendo necessário a modificação da rede para ligação.

4.2 Levantamento do circuito

Para se iniciar a fase de projeto antes e necessário que se faça o levantamento de campo do local.

Em visita ao local foi feito o levantamento necessário para o projeto e foram tiradas fotos das estruturas da rede de distribuição existente e a atual situação topográfica como mostra a figura 6, também foi desenhado o croqui de campo com a indicação das estruturas e rede existente e o levantamento dos ramais dos clientes próximos já ligados como mostra a figura7.

Figura 6 –Fotos do local

a) Estrutura da rede existente



b) Estrutura da Rede Existente



c) Transformador do Circuito

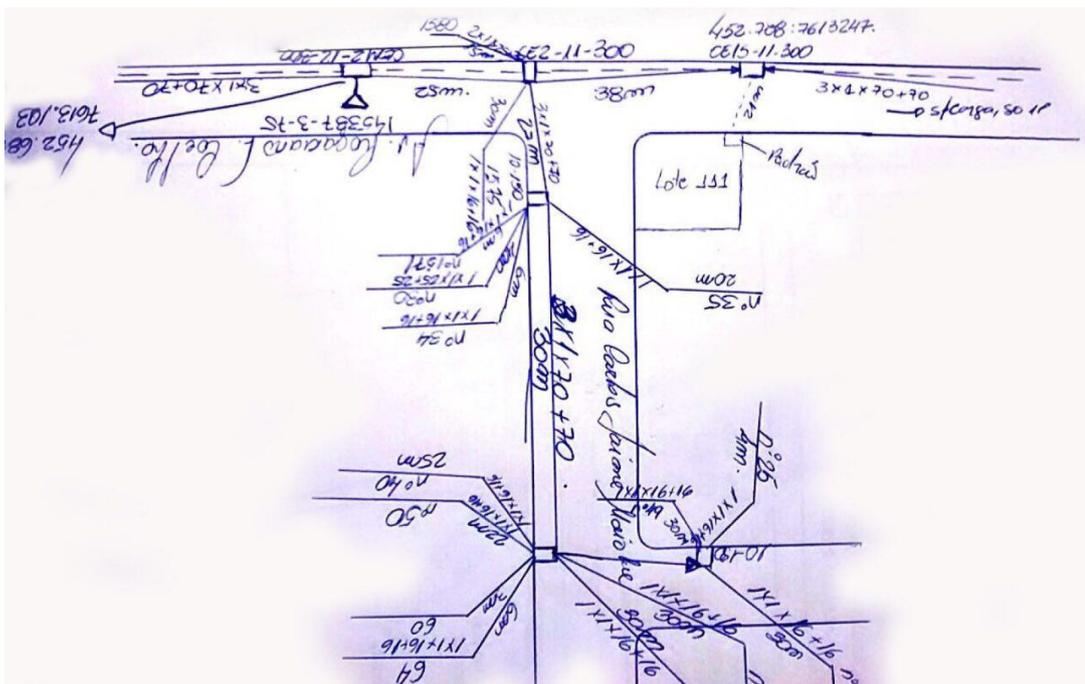


d) Local do ponto de carga



Fonte: O autor.

Figura7– Levantamento de Campo do Circuito



Fonte: O autor.

Esse levantamento é extremamente necessário para a construção do projeto, pois é através dele que são tomadas diretrizes para a projeção a solução do problema existente.

4.2.1 Projeção do circuito existente

Em posse do levantamento de campo inicia-se a fase de projeção da rede onde são lançados todos os pontos do circuito e a carga instalada em cada ponto.

Cada concessionária possui sua legenda para projetos, a legenda da concessionária CEMIG encontra-se disponível na ND – 3.1 página 104 a página 110. A legenda utilizada para elaboração dos projetos apresentados neste trabalho encontra-se no anexo I.

No apêndice A encontra-se o circuito projetado através do *software* AutoCad, onde foram lançados todos os pontos do circuito, suas estruturas, cabos condutores e seu transformador. Esses pontos do circuito são chamados de pontos cheque, estes pontos cheques são onde existem o encabeçamento dos condutores do circuito, esses encabeçamentos estão sendo sinalizados através de letras, cada encabeçamento ou ponto cheque como é chamado, está sendo indicado através de uma letra, facilitando sua visualização.

Usando do GEMINI como bancos de dados foram indicados no projeto o valor em kVA de todos os pontos de carga do circuito.

Através da planilha para cálculo de queda de tensão padrão utilizada pela CEMIG, foi-se lançado os dados para a comprovação da atual situação do circuito. Como mostra a tabela 2.

O cálculo realizado por esta tabela é feito através dos pontos cheques indicados no circuito, como citado acima cada ponto cheque trata-se de um encabeçamento do circuito, também visto como trecho, o ponto base de cálculos da planilha é o transformador do circuito e a partir dele que se iniciam os trechos.

Para o cálculo da planilha é necessário que sejam fornecidas as seguintes informações após a definição dos pontos cheques;

- a) A distância em metros de cada trecho;
- b) A soma da potência em kVA das cargas distribuídas entre os pontos do trecho;
- c) A potência em kVA de todos os pontos após o último ponto do trecho;
- d) O tipo de cabo existente no trecho.

Cada tipo de cabo possui sua própria unitária, a unitária trata-se de um dos valores utilizados para o cálculo da queda de tensão presentes no circuito, essas unitárias são fornecidas na ND 2.7 da concessionária CEMIG, o resultado do valor destas unitárias é

encontrado utilizando-se dos valores de peso de cada metro do condutor e sua bitola, a tabela 1 abaixo apresenta os valores de unitárias de cada condutor.

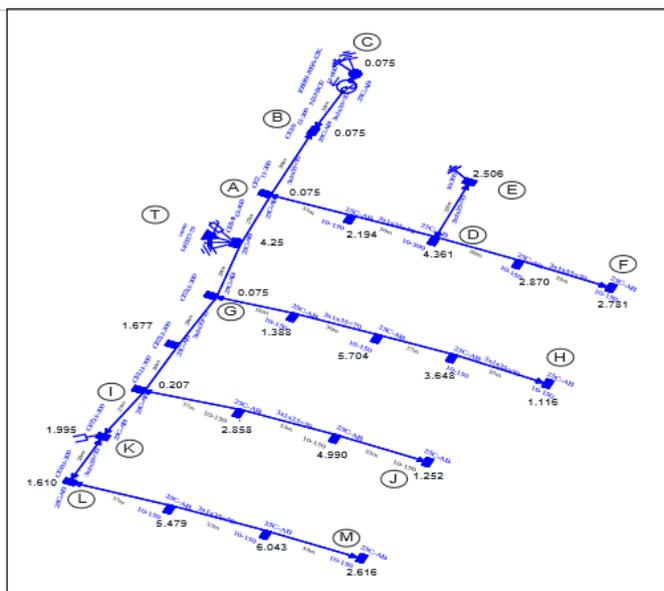
Tabela 1 – Valor de unitárias por cabo.

CABOS	UNITÁRIAS
2x1+35+70	0,3356
2x1x70+70	0,1792
2#4	0,748
2#2	0,573
2#1/0	0,395
1#4	1,786
1#2	1,43
1#1/0	0,94
3x1x35+70	0,2207
3x1x70+70	0,1165
3x1x120+70	0,0721
3#4	0,337
3#2	0,221
3#1/0	0,148
3#3/0	0,101
3#4/0	0,085
3#240	0,39
3#120	0,67
3#70	1,09
3#50	1,32
3#25	2,49
3#16	3,7
3#10	6,86
3#336,4	0,061

Fonte: CEMIG ND – 2.7 (2018).

Tabela 2–Cálculo de queda de tensão do circuito existente.

SERVIÇO: Circuito Varginha PROJETO: _____
 NÚMERO(Transformador 145337-3-75) PRIM 13,8 /SEC 127/240V



TRECHO		CARGA			CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO		
DESIGNAÇÃO	COMPRIMENTO	DISTRIB NO TRECHO	ACUMUL NO FIM DO TRECHO	TOTAL		UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL
A PRIMÁRIA	B Km	C MVA	D MVA	(C/2+D)B=E MVA x Km	F TIPO	G %	E x G = H %	I %
SECUNDÁRIA	100m	kVA	kVA	kVA x 100m				
T - A	0,27	0,00	14,94	4,03	3x1x70+70	0,1181	0,48	0,48
A - B	0,36	0,00	0,08	0,03	3x1x70+70	0,1181	0,00	0,48
B - C	0,33	0,00	0,08	0,02	3x1x35+70	0,2305	0,01	0,49
A - D	0,63	2,19	12,52	8,58	3x1x35+70	0,2305	1,98	2,46
D - E	0,32	0,00	2,51	0,80	3x1x35+70	0,2305	0,18	2,65
D - F	0,63	2,87	2,78	2,66	3x1x35+70	0,2305	0,61	3,26
T - G	0,29	0,00	40,58	11,77	3x1x70+70	0,1181	1,39	4,65
G - H	1,28	10,74	1,12	8,30	3x1x35+70	0,2305	1,91	6,56
G - I	0,54	1,68	26,84	14,95	3x1x70+70	0,1181	1,77	8,33
I - J	1,05	7,85	1,25	5,43	3x1x35+70	0,2305	1,25	9,58
I - K	0,27	0,00	17,74	4,79	3x1x70+70	0,1181	0,57	10,15
K - L	0,26	0,00	15,75	4,09	3x1x70+70	0,1181	0,48	10,63
L - M	1,06	11,52	2,62	8,88	3x1x35+70	0,2305	2,05	12,68

Fonte: O autor (2018).

Conforme o resultado da planilha após alimentação com os dados colhidos o circuito apresenta 12,68% de queda de tensão em seu ponto mais crítico, e como já mencionado acima 114 % de carga, em função do transformador do circuito se tratar de um auto protegido, o seu limite máximo de carga e 90% do seu valor nominal, acusando assim a sobrecarga do circuito, mostrando a necessidade da alteração do mesmo para o atendimento a solicitação da entrada de uma nova carga.

4.3 Projetos para correção do circuito

Havendo sido comprovado a necessidade da modificação do circuito existente para possibilitar a ligação de novos clientes, e com o levantamento de campo realizado inicia-se a elaboração do projeto para a correção das condições irregulares apresentadas pelo circuito.

Em vista da atual situação do local foram desenvolvidos dois tipos de projetos para a correção do circuito que serão apresentados logo abaixo. Projeto de reforma da rede e projeto de reforço da rede.

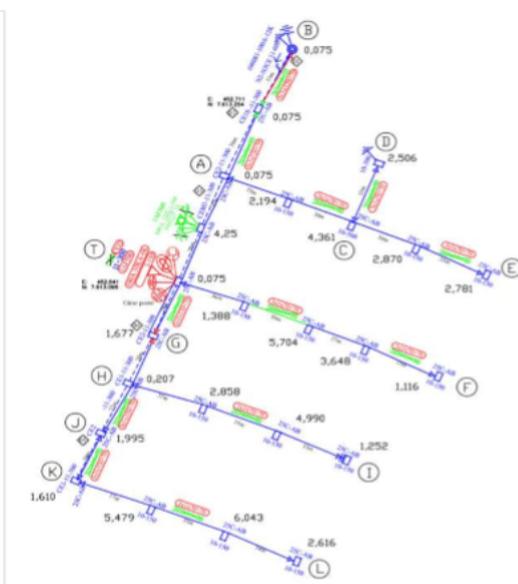
4.4 Projeto de reforma da rede de distribuição

Embasado nas condições apresentadas pelo circuito existente foi desenvolvido o projeto de reforma da rede como mostra o apêndice B, neste projeto houve a alteração do centro de carga do circuito, realocando o transformador para um ponto estratégico para melhor distribuição do fornecimento de energia das cargas, também foi realizado a substituição do transformador de 75 kVA auto protegido existente por um de 150 kVA convencional ao fazer essa substituição a capacidade em KVA do Trafo dobra fazendo assim o nível de carregamento do circuito cair pela metade desta forma corrigindo a condição de sobrecarga do circuito.

Foi projetado a substituição dos condutores de baixa tensão existentes no troco do circuito 3x1x37+70 por condutores com uma bitola superior obedecendo a ND – 3.1, tabela 4 projetado para o tronco do circuito onde foi instalado o transformador de 150 kVA o cabo 3x1x120x70 e para a derivação do circuito o cabo 3x1x70x70 corrigindo assim a condição da queda de tensão como mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Calculo de queda de tensão projeto de reforma.

SERVIÇO: Circuito Varginha PROJETO: _____
 NÚMERO(Transformador 145337-3-75) PRIM 13,8 /SEC 127/240V



DESIGNAÇÃO	TRECHO		CARGA			CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO		
	COMPRIMENTO	DISTRIB NO TRECHO	ACUMUL. NO FIM DO TRECHO	TOTAL	UNITÁRIA		NO TRECHO	TOTAL	
	B	C	D	(C/2+D)B=E	F	G	E x G = H	I	
PRIMÁRIA	Km	MVA	MVA	MVA x Km	TIPO	%	%	%	
SECUNDARIA	100m	kVA	kVA	kVA x 100m					
T - A	0,56	4,25	14,94	9,56	3x1x120+70 ▼	0,0706	0,67	0,67	
A - B	0,69	0,08	0,08	0,08	3x1x120+70 ▼	0,0706	0,01	0,68	
A - C	0,63	6,56	12,52	9,95	3x1x70+70 ▼	0,1181	1,18	1,86	
C - D	0,32	0,00	2,51	0,80	3x1x70+70 ▼	0,1181	0,09	1,95	
C - E	0,63	2,87	2,78	2,66	3x1x70+70 ▼	0,1181	0,31	2,26	
T - F	1,28	10,74	1,12	8,30	3x1x70+70 ▼	0,1181	0,98	0,98	
T - G	0,28	0,00	28,73	8,04	3x1x120+70 ▼	0,0706	0,57	1,55	
G - H	0,26	0,00	27,05	7,03	3x1x120+70 ▼	0,0706	0,50	2,04	
H - I	1,05	7,85	1,25	5,43	3x1x70+70 ▼	0,1181	0,64	2,69	
H - J	0,27	0,00	17,74	4,79	3x1x120+70 ▼	0,0706	0,34	3,02	
J - K	0,26	0,00	15,75	4,09	3x1x120+70 ▼	0,0706	0,29	3,31	
K - L	1,06	11,52	2,62	8,88	3x1x70+70 ▼	0,1181	1,05	4,36	

Fonte: O autor (2018).

Conforme mostrado na tabela 3, a solução apresentada no projeto de reforma da rede sana a condição irregular existente.

4.4.1 Lista de materiais projeto de reforma

Concluindo o projeto e necessário que se faça a relação das matérias que serão retirados e instalados para a obtenção do valor do orçamento. A tabela 4 fornecida pela concessionária CEMIG a seguir foi utilizada para relacionar as matérias retirados e instalados ao projeto.

A planilha deve ser alimentada com as seguintes informações;

- a) Código do item: todo item possui um código de identificação;
- b) Quantidade: a quantidade instalada ou retirada que pode ser dada por unidade ou metro;
- c) Aplicação: N significa material novo a ser instalado, U material usado que pode vir a ser reutilizado em outra obra;
- d) Viabilidade: se o material se encontra disponível no estoque;
- e) Tipo: os tipos podem ser K de kit onde todo os mnemônicos que são os itens menores vem relacionados ao item, ou I de individual onde apenas o item e contabilizado;
- f) Descrição: trata-se descrição completa do item relacionado.

Tabela 4 – Lista de materiais projeto de reforma.

CÓDIGO	QUANTIDADE	PONTO	APLICAÇÃO	VIABILIDADE	TIPO	DESCRIÇÃO	OBRA
PD11300	-1,0000	1	U	SIM	K	POSTE CONCRETO DT 11M-300DAN	
PC11600	1,0000	1	N	SIM	K	POSTE CONCRETO CIR 11M-600DAN	
TR375D300	-1,0000	1	U	SIM	K	TRANSFORMADOR 3F 75KVA DT 300	
TR3150APC600	1,0000	1	N	SIM	K	TRANSFORMADOR 3F 150KVA AP CC 600	
AMALCA70	13,0000	1	N	SIM	K	AMARRAÇÃO ALÇA PRÉ FORMADA CA CAL 70MM'	
CTR3150	1,0000	1	N	SIM	K	CONEXÃO SECUNDÁRIA TRANSFORMADOR 3F 150KVA	
CQP70	-199,0000	1	U	SIM	K	CABO QUADRIplex 3 X 70 MM' + 1 X 70 MM'	
CQP120	232,0000	1	N	SIM	K	CABO QUADRIplex 3 X 120 MM' + 1 X 70 MM'	
CQP70	494,0000	1	N	SIM	K	CABO QUADRIplex 3 X 70 MM' + 1 X 70 MM'	
CQP35	-527,0000	1	U	SIM	K	CABO QUADRIplex 3 X 35 MM' + 1 X 70 MM'	
USPROJ	39,0000	1	N	SIM	K	MÃO-DE-OBRA BÁSICO PROJETO RDA	
USRDA	10,9000	1	N	SIM	K	MÃO-DE-OBRA BÁSICO CONSTRUÇÃO RDA	
SI11D300	1,0000	1	N	SIM	K	ESTRUTURA SECUNDÁRIA S11SOLADA NV1 DT 300	
SI41D300	-1,0000	1	U	SIM	K	ESTRUTURA SECUNDÁRIA S4 ISOLADA NV1 DT 300	

Fonte: O autor (2018).

4.4.2 Orçamento projeto de reforma

Após a elaboração do projeto e da lista de matérias chega-se ao orçamento onde será calculado o valor total para a construção da obra que foi projetada.

Para esses orçamentos a concessionária CEMIG pede que se utilize os preços catalogados pela mesma através da ferramenta PROORC, nesta ferramenta o alimentamos com cada item da lista de material onde estes já se encontram registrado e com seu valor. Abaixo tabelas com os itens e preços catalogados pela concessionária CEMIG.

Para o se chega ao valor final do orçamento seus valores são separados das seguintes formas.

Materiais retirados, primeiro contabiliza-se todos os materiais que serão removidos do local, em função de estarem sendo retirados estes itens não apresentam custos a obra conforme mostra a tabela 5.

Tabela 5 – Materiais retirados projeto de reforma.

DESCRIÇÃO	COMPLEMENTO	UNID.	COD SUCATA	UC/UAR	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (R\$)
PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X250MM		PC		-	1,00	
ARRUELA QUADRADA 38X18X3MM		PC		-	1,00	
POSTE CONCRETO DUPLO T 11M 300DAN		PC		SIM	1,00	
CABO AL 1X120MM² ISOLADO 1KV		M		MUT	6,00	
CABO CA 3X1X35+70MM² QUADRUPLEX 1KV		M		MUT	527,00	
CONETOR TERMINAL COMP CA/CAA 107MM²/120MM² COMPACT		PC		-	4,00	
CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 1F AÇO 6,4MM / 21MM²		PC		-	1,00	
SUPORTE TRANSFORMADOR POSTE MADEIRA E DT		PC		-	2,00	
OLHAL PARA PARAFUSO 50KN		PC		-	2,00	
SAPATILHA		PC		-	2,00	
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 75KVA		PC		SIM	1,00	
CHAVE FUSIVEL 15KV COM PORTA FUSIVEL 100A 7,1KA		PC		-	3,00	
ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 5H		PC		-	3,00	
CONECTOR TERMINAL P/ BUCHA,50 MM²,RETO,COMPRESSÃO		PC		-	6,00	

Fonte: PROOC CEMIG (2018).

Materiais Instalados, são todos os itens necessários a obra que serão utilizados na mesma, a tabela 6 vem relacionando todos os itens, suas quantidades, seu valor por unidade, e seu valor total.

Tabela 6 – Materiais Instalados projeto de reforma.

DESCRIÇÃO	COMPLEMENTO	UNID.	UC/UAR	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
BRAÇO COM GRAMPO SUSPENSÃO CABO CAL70MM²		CJ	-	1,00	14,19	14,19
CABO AL 1X240MM² ISOLADO 1KV		M	MUT	6,00	8,83	52,98
CABO CA 3X1X70+70MM² QUADRUPLEX 1KV		M	MUT	295,00	10,46	3.085,70
CABO CA 3X1X120+70MM² QUADRUPLEX 1KV		M	MUT	232,00	15,78	3.660,96
CONETOR TERMINAL COMP CAA 170MM² / 40MM² COMPAC		PC	-	4,00	7,33	29,32
CONETOR FORMATO H ITEM 7 CAA 107-241MM² / 13-67MM²		PC	-	1,00	4,10	4,10
CONETOR FORMATO H IT 6 CAA 107-201MM² / 107-201MM²		PC	-	3,00	6,54	19,62
SUPORTE 240MM TRANSFORMADOR POSTE CC		PC	-	2,00	44,36	88,72
PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 70MM		PC	-	4,00	1,39	5,56
ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 70MM²		PC	-	13,00	3,21	41,73
POSTE CONCRETO CIRCULAR 11M 600DAN		PC	SIM	1,00	976,64	976,64
FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV AP 150KVA		PC	SIM	1,00	12.213,52	12.213,52

Fonte: PROORC CEMIG (2018).

Serviços contratados, nesta parte do orçamento são levados em consideração o valor da mão de obra necessária para o projeto e execução da construção, como e demonstrado na tabela 7.

Tabela 7 – Serviços Contratados projeto de reforma.

DESCRIÇÃO	QUANT. SERV.	QUANT. US.	TOTAL US	CUSTO UNITÁRIO(R\$)	CUSTO TOTAL(R\$)
MÃO-DE-OBRA BÁSICO CONSTRUÇÃO RDA	10,9000	1,0000	10,9000	1.165,40	12.702,86
TOTAL			10,9000		12.702,86
MÃO-DE-OBRA BÁSICO PROJETO RDA	39,0000	1,0000	39,0000	77,31	3.015,09
TOTAL			39,0000		3.015,09
					15.717,95

Fonte: PROORC CEMIG (2018).

Valor total da Obra, e por fim o valor final da obra onde todos os itens anteriores são contabilizados e chegamos ao custo total da obra que engloba desde e o início do projeto a finalização da construção, como visto na tabela 8.

Tabela 8 – Valor total da obra projeto de reforma.

DESCRIÇÃO	TOTAL OBRA (R\$)
ADMINISTRAÇÃO	2.290,01
MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA	7.182,20
MATERIAIS REQUISITADOS	20.193,04
MATERIAIS SALVADOS	0,00
SERVIÇOS CONTRATADOS	15.717,95
TOTAL GERAL	45.383,20

Fonte: PROORC CEMIG (2018).

4.5 Projeto de reforço da rede de distribuição

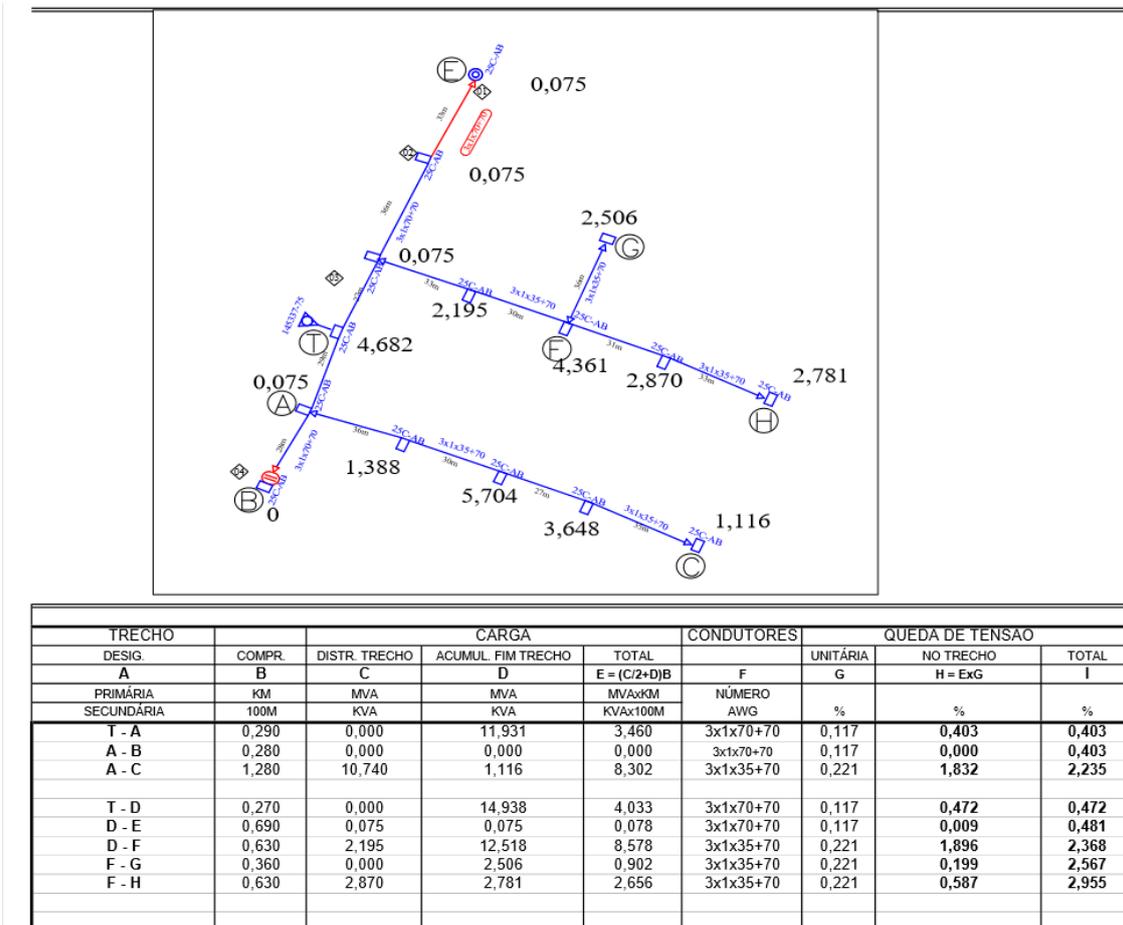
Outra opção para corrigir a condição apresentada pelo circuito e o projeto de reforço da rede que está sendo apresentado no Apêndice C.

Neste projeto temos a redivisão do circuito e a instalação de um novo transformador, o circuito está sendo seccionado em um ponto estratégico para equilíbrio das cargas, e para sanar a condição de sobrecarga um novo transformador trifásico de 75 kVA está sendo instalado ao instalar um novo transformador a carga do circuito e dividida corrigindo a

condição de sobrecarga. Em função das condições técnicas exigidas pela norma também houve a substituição de um trecho do circuito de baixa tensão, onde o cabo 3x1x35+70 está sendo substituído pelo cabo 3x1x70+70.

O circuito que anteriormente era único, agora passa a ser 2 circuitos distintos, corrigindo assim as condições de queda de tensão e sobrecarga antes apresentados, as tabelas 9 e 10 demonstram como ficaram os novos circuitos.

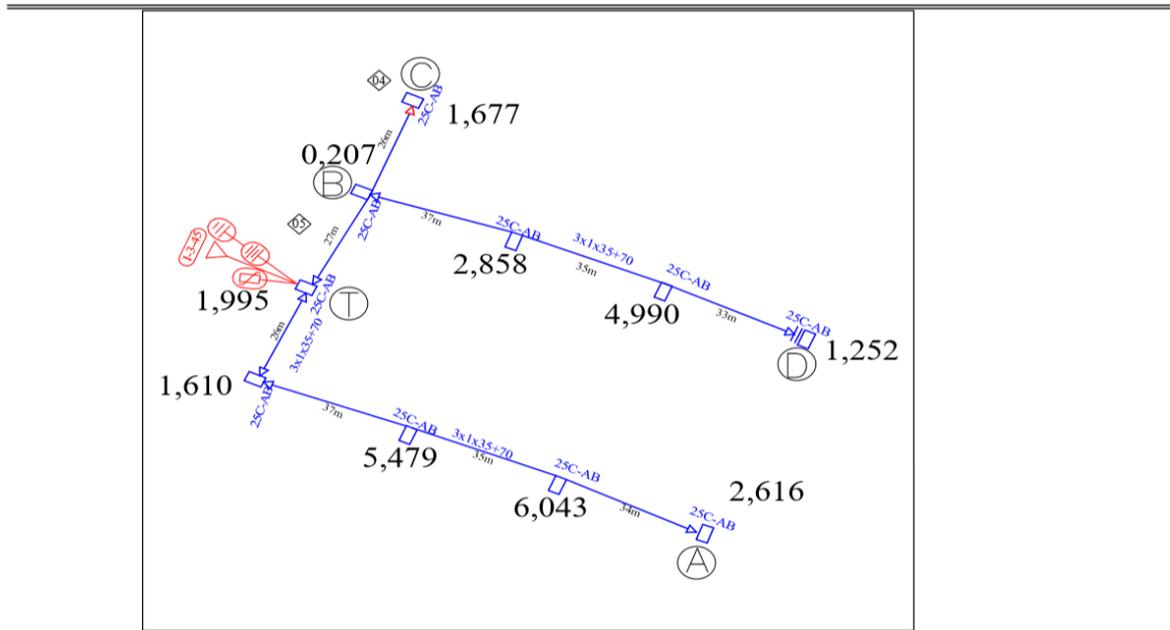
Tabela 9 – Circuito redividido 1 projeto de reforço.



Fonte: o autor

O circuito redividido 1, mostra a permanência do transformador existente e os pontos que o mesmo atenderá a partir de agora, também aponta onde será instalado o seccionamento redividindo assim as cargas.

Tabela 10 – Circuito redividido 2, projeto de reforço.



TRECHO		CARGA			CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO		
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL	F	UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL
A	B	C	D	$E = (C/2+D)B$		G	H = ExG	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO			
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	%
T - A	1,320	13,132	2,616	12,120	3x1x70+70	0,117	1,412	1,412
T - B	0,270	0,000	10,984	2,966	3x1x35+70	0,221	0,655	0,655
B - C	0,260	0,000	1,677	0,436	3x1x70+70	0,117	0,051	0,706
B - D	1,050	7,848	1,252	5,435	3x1x35+70	0,221	1,199	1,854

Fonte: o autor

O circuito redividido 2 apresenta o outro lado do circuito agora desmembrado, esse desmembramento como indicado na planilha resultou a na correção da queda de tensão nos pontos de carga, e a instalação de um novo transformador na correção da sobrecarga.

4.5.1 Lista de materiais projeto de reforma

Na tabela 11 temos a lista de material necessária para a execução deste projeto.

Tabela 11 – Lista de material projeto de reforço.

CÓDIGO	QUANTIDADE	PONTO	APLICAÇÃO	VIABILIDADE	TIPO	DESCRIÇÃO	OBRA
CEJ21D300	1,0000	1	N	SIM	K	ESTRUTURA CEJ2 NV1 DT 300	
CE21C300	-1,0000	1	U	SIM	K	ESTRUTURA CE2 NV1 CC 300	
TR345D300	1,0000	1	N	SIM	K	TRANSFORMADOR 3F 45KVA DT 300	
PR3S	1,0000	1	N	SIM	K	PÁRA-RAIOS TRIFÁSICO SEM SUPORTE	
PRS3I	1,0000	1	N	SIM	K	PÁRA-RAIOS REDE SECUNDÁRIA ISOLADA 3F	
227850	1,0000	1	N	SIM	I	CONETOR CUNHA CU ITEM 1	
2931	0,4000	1	N	SIM	I	CABO DE AÇO MR 1/4P (6,4MM) 7 FIOS	
379679	2,0000	1	N	SIM	I	CONETOR DE PERFURAÇÃO 35-120MM/1,5MM'	
AMALCA70	3,0000	1	N	SIM	K	AMARRAÇÃO ALÇA PRÉ FORMADA CA CAL 70MM'	
AF500	1,0000	1	N	SIM	K	AFASTADOR 500MM C/ 16X45	
ATPROV50	2,0000	1	N	SIM	K	ATERRAMENTO PROVISÓRIO RDP 50MM'	
CTR345	1,0000	1	N	SIM	K	CONEXÃO SECUNDÁRIA TRANSFORMADOR 3F 45KVA	
ATEQ	1,0000	1	N	SIM	K	ATERRAMENTO EQUIPAMENTO URBANO	
CJ270	1,0000	1	N	SIM	K	CONEXÃO JAMPE 2 AWG X 70MM'	
CPRS3I70	1,0000	1	N	SIM	K	CONEXÃO PÁRA-RAIOS SECUNDÁRIA 3F CABO 70MM'	
CATN70	1,0000	1	N	SIM	K	CONEXÃO ATERRAMENTO NEUTRO CABO 70 MM'	
CCFS350	1,0000	1	N	SIM	K	CONEXÃO CHAVE FUSÍVEL 3F CABO 50 MM'	
CQP70	35,0000	1	N	SIM	K	CABO QUADRIplex 3 X 70 MM' + 1 X 70 MM'	
CQP35	-33,0000	1	U	SIM	K	CABO QUADRIplex 3 X 35 MM' + 1 X 70 MM'	
USPROJ	8,5000	1	N	SIM	K	MÃO-DE-OBRA BÁSICO PROJETO RDA	
USRDA	2,5700	1	N	SIM	K	MÃO-DE-OBRA BÁSICO CONSTRUÇÃO RDA	
SI11D300	1,0000	1	N	SIM	K	ESTRUTURA SECUNDÁRIA S11ISOLADA NV1 DT 300	
SI41D300	-1,0000	1	U	SIM	K	ESTRUTURA SECUNDÁRIA S4 ISOLADA NV1 DT 300	

Fonte: o autor

4.5.2 Orçamento projeto de reforço

As tabelas 12 ,13, 14, e 15 a seguir apresentam os preços do orçamento dos materiais retirados, instalados, serviços contratados e valor total da obra, respectivamente para o projeto de reforço da rede de distribuição.

Tabela 12 - Materiais retirados projeto de reforço.

DESCRIÇÃO	COMPLEMENTO	UNID.	COD SUCATA	UC/UAR	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (R\$)
PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 70MM		PC		-	8,00	
BRAÇO SUPORTE TIPO C RDP 15KV		PC		-	1,00	
CABO CA 3X1X35+70MM² QUADRIplex 1KV		M		MUT	33,00	
CINTA DE AÇO D 170MM		PC		-	1,00	
CINTA DE AÇO D 180MM		PC		-	1,00	
CINTA DE AÇO D 200MM		PC		-	1,00	
OLHAL PARA PARAFUSO 50KN		PC		-	2,00	
SAPATILHA		PC		-	2,00	

Fonte: PROORC CEMIG (2018).

Tabela 13 - Materiais instalados projeto de reforço.

DESCRIÇÃO	COMPLEMENTO	UNID.	UC/UAR	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
BRAÇO COM GRAMPO SUSPENSÃO CABO CAL70MM²		CJ	-	1,00	14,19	14,19
CABO AÇO SM 1/4" (6,4MM) 7 FIOS		KG	-	4,90	6,23	30,53
CABO AL 1X70MM² ISOLADO 1KV		M	MUT	6,00	2,83	16,98
CABO CA 3X1X70+70MM² QUADRUPLEX 1KV		M	MUT	35,00	10,46	366,10
CABO AL 1X50MM² PROTEGIDO 15KV		M	MUT	9,00	2,88	25,92
CABO AL 1X16MM² ISOLADO 1KV		M	MUT	3,00	0,93	2,79
CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 16MM²		PC	-	3,00	0,62	1,86
CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 1F 50MM²		PC	-	6,00	1,01	6,06
CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 1F AÇO 6,4MM / 21MM²		PC	-	7,00	0,70	4,90
CONETOR TERMINAL ATERRAMENTO TEMPORÁRIO DE CHAVE		PC	-	3,00	2,82	8,46
CONETOR TERMINAL COMP CA/CAA 54MM² / 70MM² COMPACT		PC	-	4,00	1,74	6,96
CONETOR FORMATO H ITEM 2 CAA 27-54MM² / 13-34MM²		PC	-	6,00	1,23	7,38
CONETOR DE PERFURAÇÃO 10-70MM²/6-35MM² 183A		PC	-	3,00	2,61	7,83
CONETOR FORMATO H ITEM 1 CAA 13-34MM² / 13-34MM²		PC	-	1,00	1,15	1,15
CONETOR CUNHA CU ITEM 6		PC	-	1,00	1,68	1,68
CONETOR CUNHA CU ITEM 7		PC	-	3,00	1,79	5,37
CONETOR CUNHA CU ITEM 1		PC	-	4,00	1,69	6,76
CONETOR CUNHA AL 50MM² COM ESTRIBO		PC	-	6,00	4,55	27,30
AFASTADOR ARMAÇÃO SECUNDÁRIA 500MM		PC	-	1,00	73,93	73,93
ARRUELA QUADRADA 38X18X3MM		PC	-	6,00	0,21	1,26
SUPORTE TRANSFORMADOR POSTE MADEIRA E DT		PC	-	2,00	12,32	24,64
PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA M12X 40MM		PC	-	8,00	6,33	50,64
PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X200MM		PC	-	1,00	2,37	2,37
PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X250MM		PC	-	5,00	2,90	14,50
PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 45MM		PC	-	5,00	1,10	5,50
HASTE ATERRAMENTO 2400MM		PC	-	3,00	20,87	62,61
BRAÇO SUPORTE TIPO J RDP 15KV A 36,2KV		PC	-	1,00	151,19	151,19
ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 70MM²		PC	-	3,00	3,21	9,63
PÁRA-RAIOS 12KV 10KA ZNO		PC	-	3,00	87,47	262,41
PÁRA-RAIOS REDE SECUNDÁRIA ISOLADA 280V 10KA		PC	-	3,00	39,42	118,26
CARTUCHO VERMELHO DE EXTRAÇÃO DE CONETOR DE CUNHA		PC	-	6,00	2,64	15,84
CHAVE FUSÍVEL 15KV COM PORTA FUSÍVEL 100A 7,1KA		PC	-	3,00	139,13	417,39
MANTA AUTO-ADESIVA PARA EMENDA CABO 15KV RDP		PC	-	2,00	32,88	65,76
ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 3H		PC	-	3,00	3,21	9,63
COBERTURA PROTETORA P/ BCH BT TRANSFORMADOR ITEM 1		PC	-	4,00	7,11	28,44
COBERTURA PROTETORA PARA BUCHA DE EQUIPAMENTO		PC	-	3,00	4,34	13,02
ALÇA P/ CONETOR ESTRIBO ABERTO 2AWG		PC	-	1,00	5,30	5,30
COBERTURA PROTETORA MT P/ CONETOR RDP 15 E 25KV		PC	-	3,00	5,96	17,88
CONECTOR TERMINAL P/ BUCHA, 50 MM², RETO, COMPRESSÃO		PC	-	6,00	4,90	29,40
CONETOR DE PERFURAÇÃO 35-120MM²/1,5-2,5MM² 25A		PC	-	2,00	1,91	3,82
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 45KVA		PC	SIM	1,00	5.104,49	5.104,49

Fonte: PROORC CEMIG (2018).

Tabela 14 – Serviços contratados projeto de reforço.

DESCRIÇÃO	QUANT. SERV.	QUANT. US.	TOTAL US	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL(R\$)
MÃO-DE-OBRA BÁSICO CONSTRUÇÃO RDA	2,5700	1,0000	2,5700	1.165,40	2.995,08
TOTAL			2,5700		2.995,08
MÃO-DE-OBRA BÁSICO PROJETO RDA	8,5000	1,0000	8,5000	77,31	657,14
TOTAL			8,5000		657,14
					3.652,21

Fonte: PROORC CEMIG (2018).

Tabela 15– Valor total da obra projeto de reforço.

DESCRIÇÃO	TOTAL OBRA (R\$)
ADMINISTRAÇÃO	578,87
MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA	2.136,47
MATERIAIS REQUISITADOS	7.030,13
MATERIAIS SALVADOS	0,00
SERVIÇOS CONTRATADOS	3.652,22
TOTAL GERAL	13.397,69

Fonte: PROORC CEMIG (2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise do pedido realizado e feito o levantamento de campo foi constatado que para o atendimento a solicitação com base nas normas da concessionária, os dois tipos de projetos possíveis para correção da situação apresentada são os projetos de reforma ou reforço.

De acordo com a resolução da ANEEL o tipo de atendimento do cliente se enquadra como universalizado, por se tratar de um atendimento urbano onde a ligação imediata não ocorreu em função da rede de distribuição não apresentar condições para tal. Sendo assim o custo total para a construção do projeto fica a cargo da concessionária.

Os dois projetos apresentados possuem características diferentes, mas foi comprovado no estudo de caso que os mesmos são eficazes para a solução dos problemas identificados.

No primeiro projeto apresentado, que propõem a reforma da rede, ele nos traz o recondutoramento do circuito de baixa tensão da rede sempre obedecendo as normas estabelecidas pela concessionária, este tipo de projeto apresenta um custo mais elevado em sua execução em função de haver a troca de seus condutores e transformador, itens que se apresentam mais caros em relação aos demais componentes do projeto. Essa solução de projeto não costuma ser muito utilizada pois como demonstrado o valor da mesma costuma não ser muito atrativo, porém é uma solução plausível as condições que podem ser apresentadas na rede de distribuição com o passar do tempo e a inserção de novos consumidores, e em casos onde a condição da rede existente não possibilita a apresentação de outra opção de projeto.

Na segunda opção de projeto se propõem o reforço da rede de distribuição, onde foram calculados pontos estratégicos para o seccionamento do circuito e instalação de um novo transformador, fazendo assim o circuito único passar a se torna dois circuitos distintos, essa redivisão soluciona a condições de sobrecarga e de queda de tensão do circuito fazendo desta opção também uma solução para a situação apresentada. Essa opção de projeto em locais onde se apresentam condições para tal tratativa, comumente e a mais utilizada em função do seu preço mais razoável em relação ao projeto de reforma.

A tabela 16 traz os comparativos entre o custo total dos dois tipos de projetos propostos.

Tabela 16– Comparativo de valor entre projetos.

Comparativo de preço total	
Descrição	Valor Final
Projeto de reforma da rede	R\$ 45.383,20
Projeto de reforço da rede	R\$13.397,69

Fonte: O Autor

A diferença apresentada entre os valores da um total de R\$ 31.985,51 o que equivale a uma diferença de 238,7 % entre os dois projetos.

Após análise da topografia do local, os tipos de projetos possíveis para corrigir a condição apresentada e a definição do encargo da construção da obra, pode-se definir que a melhor opção de projeto para atender essa situação será o projeto de reforço da rede de distribuição. A rede apresenta condições para tais modificações e como provado no estudo de caso a solução projetada corrige e também deixa uma margem considerável para a inserção de novos clientes a rede.

Sendo assim define-se que o projeto de reforço da rede se apresenta como a melhor alternativa para a solução do problema.

6 CONCLUSÃO

A engenharia elétrica é uma área que possui muitas vertentes, sendo uma delas o setor de distribuição de energia elétrica, infelizmente atualmente não são muitos os profissionais especializados a trabalhar nesta área, causando assim uma escassez de mão de obra qualificada, o setor de distribuição de energia elétrica a cada dia cresce mais carecendo de profissionais, uma das competências do engenheiro eletricista se dá em acompanhar, analisar avaliar e validar projetos pertinentes a rede de distribuição elétrica. Tendo isto em vista foi abordado o tema deste trabalho.

Após a análise e simulação através do sistema GEMINI da inserção de ligação nova solicitada foi comprovada a necessidade da modificação do circuito da rede de distribuição existente, a partir deste ponto iniciaram-se os estudos necessários para definir qual a melhor opção para sanar tal condição.

Utilizando do software AutoCad foi-se elaborado os dois possíveis tipos de projetos para o local levantado sendo eles o projeto de reforma da rede, e o projeto de reforço da rede.

Após o estudo de caso composto pelo levantamento de campo, elaboração das opções possíveis de projeto e estudo comparativo entre os mesmos chegou-se a melhor opção para corrigir a condição irregular apresentada pelo circuito, levando em consideração os critérios exigidos pela ANEEL, em relação a qualidade do serviço prestado, e visando a melhor opção de atendimento considerando as necessidades da concessionária e dos clientes ligados à rede, planejando também as futuras possíveis inserções de novos clientes a rede.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Disposições Relativas à Continuidade da Distribuição de Energia Elétrica às Unidades Consumidoras**. Resolução nº 24, de 27 de janeiro de 2000.
- ALDABÓ, R. et al. **Gerenciamento de Projetos-procedimentos básicos e etapas essenciais**. 1ed. São Paulo: artiliber, 2001.
- ARAÚJO, C. A. S. et al. **Proteção de Sistemas Elétricos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações Elétricas de Baixa tensão**. NBR Norma Brasileira NBR 5410, Rio de Janeiro, 2004.
- BOCCUZZI, C. V.; BRUNHEROTO, P. A.; MARTINS, M. J. et al. Implantação de Redes Subterrâneas em Condomínios Residenciais. **Eletricidade Moderna**, v. 25, n. 275, fev. 1997.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Norma Regulamentadora nº 10. Portarias nº 598 de 07/12/2004 e nº 126 de 03/06/2005.
- CAMINHA, A. C. **Introdução à Proteção dos Sistemas Elétricos**. São Paulo: edgardBlucher, 1999.211 p.
- CECCHETTI, E. et al. **Compact lines for urban áreas: new solution in: international conference on electricity distribution**, 2000.
- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRA. **Desempenho de Sistemas de Distribuição**. Rio de Janeiro: Campus, 2016.74 p. (Coleção Distribuição de Energia Elétrica, v. 3).
- CHAI, X; LIANG, X; ZENG, R. **Flexible Compact AC Transmission Systeem: A New Mode for Large- Capacity and Long- distance Power transmission**. 2006. Disponível <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/solucao_para_a_transmissao_de_energia_eletrica_em_longas_distancias_utilizando_linhas_de_transmissao_em_cc.pdf>. Acessado em: 09 jun. 2018.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Projetos de Rede de Distribuição Aéreas e Urbanas**. ND 3.1 Belo Horizonte: MG. 2014.
- COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 13: fornecimento em tensão secundaria de distribuição**, 2018. 3p. Disponível: <http://agencia.cpfl.com.br/portal-servicos/paulista/inf_publicacao_especificacoes.asp>. Acessado em: 09 jun. 2018.
- COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 3668: Projeto de rede de distribuição Terminologia**, 2016. 3p. Disponível: <http://agencia.cpfl.com.br/portal-servicos/paulista/inf_publicacao_especificacoes.asp>. Acessado em: 09 jun. 2018.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 3650: Projeto de rede de distribuição condições gerais**, 2018. 3p. Disponível: <http://agencia.cpfl.com.br/portal-servicos/paulista/inf_publicacao_especificacoes.asp>. Acessado em: 09 jun. 2018.

COSTA, E. L.; SILVA, F. L.; OLIVEIRA, J. S. et al. **Novas Tecnologias Incorporadas aos Padrões de \fornecimento de Energia Elétrica em tensão Secundaria de Distribuição: Transformadores Pedestal, Redes Subterrâneas em condomínios e Medição Eletrônica**. 1999. Disponível<http://www.uesb.br/flower/alunos/pdfs/arborizacaoviaria_rede%20elettrica.pdf> Acessado em: 10 jun. 2018.

CPFL. **Projeto de Rede de Distribuição - Terminologia - GED 3668** Disponível: <<https://www.scribd.com/document/248069522/GED-3668>>. Acessado em: 10 jun. 2018.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B. de; ROBBA, E. J. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 327 p.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark; 2003.368 p.

MAMEDE, D. R. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. GEN / LTC, 2011.

PALERMO JUNIOR. A. **Planejamento da Arborização Urbana Visando a Eletrificação e as Redes de Distribuição**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1987, Maringá. Anais... Maringá: Prefeitura do Município de Maringá, 2001

PIRELLI. **Conheça o Cabo que Não Tem Medo de Impacto**. Revista Pirelli Club, número 14, maio/junho de 2001. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disposições Relativas à Continuidade da Distribuição de Energia Elétrica às Unidades Consumidoras. Resolução nº 24, de 27 de janeiro de 2000.

PRODIST, **Procedimento de distribuição de energia no sistema elétrico nacional**. Brasília, 2012.

ROCHA, R. C. C.; BERRÊDO, R. C.; BERNIS, R. A. O. et al. **New Technologies, standards, and Maintenance Methods in Spacer Cable Systems**. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 17, n. 2, abr. 2002.

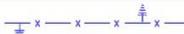
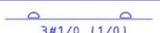
SARDETO, E. **Avaliação Técnica, Econômica e de Impacto Ambiental da Implantação das Redes compactas protegidas em .71 f**. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

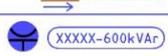
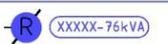
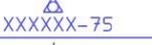
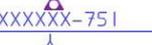
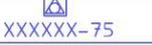
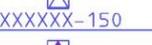
SOARES, M. R.; BRITTO, F. R.; NISHIMURA, F.; CICARELLI, L. D. **Spacer Cable and ABC Distribution Lines a Long: Term Analysis**. IEEE Transactions on Power Delivery, ago. 1996.

VELASCO, G. Del N. **Arborização Viária X Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica: Avaliação dos Custos, Estudo das Podas e Levantamento de Problemas**

Fitotécnicos. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003

ANEXO I – Legenda para projetos

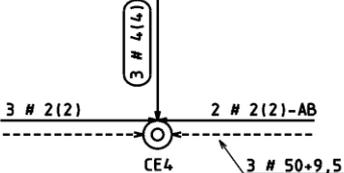
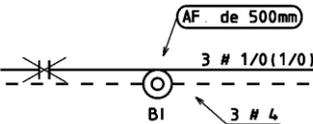
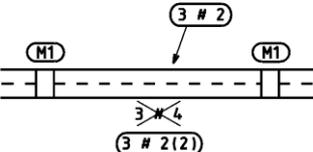
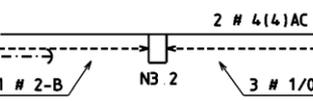
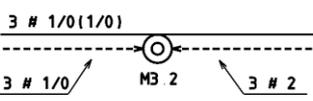
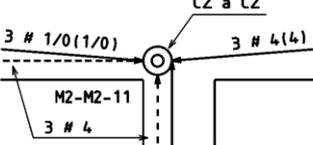
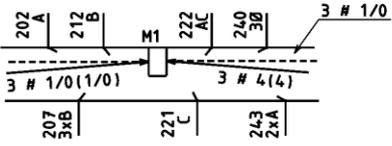
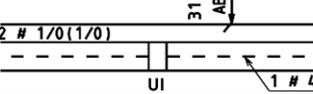
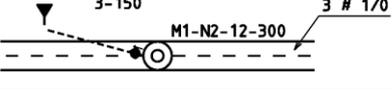
	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
POSTES	POSTE DE CONCRETO SEÇÃO CIRCULAR	 12-300	 12-300
	POSTE DE CONCRETO SEÇÃO DUPLO T	 12-300	 12-300
	POSTE DE CONCRETO SEÇÃO DUPLO T (PADRÃO INCORPORADO)	 10-300	 10-300
	POSTE DE CONCRETO SEÇÃO RETANGULAR	 12-300	 12-300
	POSTE DE MADEIRA	 12-300M	 12-300M
	POSTE MODULAR AÇO/MADEIRA (DUPLO U)	 12-150	 12-150
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO COM A TELEFONIA	 10-300 UT	 10-300 UT
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO COM TV A CABO	 10-300 UC	 10-300 UC
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO COM TELEFONIA E TV A CABO	 10-300 UTC	 10-300 UTC
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO COM RMS (REDE MULTI-SERVIÇO)	 10-300 UR	 10-300 UR
	POSTE DA EMPRESA DE TELEFONIA EM USO MÚTUO COM A CEMIG	 10-300 TU	 10-300 TU
	POSTE DA EMPRESA DE TV A CABO EM USO MÚTUO COM A CEMIG	 10-300 CU	 10-300 CU
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO, TELEFONIA, TV A CABO E REDE MULTI SERVIÇO	 10-300 UTCR	 10-300 UTCR
	POSTE COM BASE CONCRETADA	 12-150	 12-150
	POSTE COM ENGASTAMENTO E PROFUNDIDADE AUMENTADA	 12-300PA1,8	 12-300PA1,8
POSTES EXCLUSIVOS DE IP – VER ND-3 4			
ATERRAMENTO	ATERRAMENTO		
	ATERRAMENTO DE CERCAS		
	PONTO DE ATERRAMENTO TEMPORÁRIO EM RDP		
COBERTURA-TURA	COBERTURA PROTETORA DE B.T.	 3#1/0 (1/0)	NÃO É MAIS INSTALADO.
	COBERTURA PROTETORA DE M.T.	 3#4/0	
CHAVES	CHAVE INTERRUPTORA SF6 BLINDADA	 XX-XXX	 (XX-XXX)
	CHAVE INTERRUPTORA TRIPOLAR	 XX-630A	 (XX-630A)
	CHAVE SECCIONADORA BASCULANTE TRIPOLAR	 XX-630A	 (XX-630A)
	CHAVE FACAS UNIPOLAR 400/630 A	 XX-630A	 (XX-630A)
	CHAVE UNIPOLAR COM LÂMINA BY PASS 300A	 XX-300A	 (XX-300A)
	CHAVE A ÓLEO UNIPOLAR	 01 200A	NÃO É MAIS INSTALADO
	CHAVE A ÓLEO TRIPOLAR	 03 600A	NÃO É MAIS INSTALADO
	CHAVE FUSÍVEL 50A - 1,25kA (ANTIGA)	 50A/5H	NÃO É MAIS INSTALADO
	CHAVE FUSÍVEL 100/200 A	 200A/10kA/5H	 (200A/10kA/5H)
	CHAVE FUSÍVEL REPETIDORA	 XXXXX-100A-40T	 (XXXXX-100A-40T)

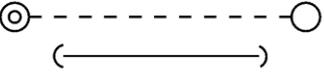
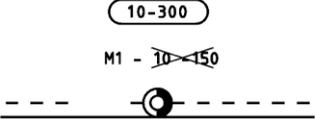
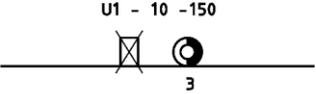
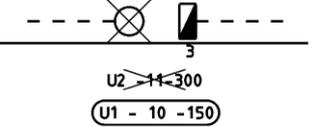
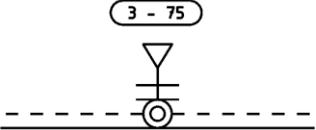
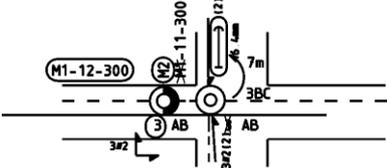
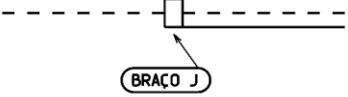
DESCRIÇÃO		SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
RELIGADOR E SECCIONALIZADOR	RELIGADOR TRIPOLAR (V6H, BOBINA SÉRIE DE 50A, SEQUÊNCIA 1A + 2B)		
	RELIGADOR UNIPOLAR (V4H, BOBINA SÉRIE DE 25A, SEQUÊNCIA 2A + 2B)		
	RELIGADOR TRIFÁSICO ELETRÔNICO		
	SECCIONALIZADOR TRIPOLAR (GN3, BOBINA SÉRIE DE 70 A, 3 OPERAÇÕES)		NÃO É MAIS INSTALADO.
	SECCIONALIZADOR UNIPOLAR (GH, BOBINA SÉRIE DE 70 A, 2 OPERAÇÕES)		
	SECCIONALIZADOR ELETRÔNICO		
BANCO CAPAC E REG. TENSÃO	BANCO DE CAPACITORES AUTOMÁTICO		
	BANCO DE CAPACITORES FIXO		
	REGULADOR DE TENSÃO		
	REGULADOR AUTO-BOOSTER		NÃO É MAIS INSTALADO.
P. RAIOS	PÁRA-RAIOS DE M.T.		
	PÁRA-RAIOS DE B.T.		
TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO		
	TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO ISOLADO		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL COM CHAVE FUSÍVEL DESLOCADA		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL COM CHAVE DESLOCADA PARTICULAR		
	TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO PARTICULAR		
	TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO ISOLADO PARTICULAR		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL PARTICULAR EM POSTE		
	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL (PAD-MOUNTED) CEMIG		
	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL (PAD-MOUNTED) PARTICULAR		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL CEMIG EM CABINE		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL PARTICULAR EM CABINE		
	AUTOTRANSFORMADOR		NÃO É MAIS INSTALADO.
	SECCIONAMENTO	SECCIONAMENTO NO VÃO COM ISOLADOR CASTANHA	
SECCIONAMENTO EM CRUZAMENTO COM ISOLADOR CASTANHA			
SECCIONAMENTO DE ESTAI (CZ/P) COM ISOLADOR DE DISCO OU BASTÃO POLIÉRICO			

DESCRIÇÃO		SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
ESTAIS	ESTAI DE CRUZETA A POSTE		
	ESTAI DE CRUZETA A CRUZETA		
	ESTAI DE POSTE A POSTE (NÍVEL DO PRIMÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A POSTE (NÍVEL DO SECUNDÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A CONTRA POSTE (NÍVEL DO PRIMÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A CONTRA POSTE (NÍVEL DO SECUNDÁRIO)		
	ESTAI DE ÂNCORA		
CONDUTORES	CONDUTORES EM ELETRODUTO PARA IP		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA PROTEGIDA		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA CONVENCIONAL		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA ISOLADA		
	CONDUTORES SECUNDÁRIOS DE REDE AÉREA CONVENCIONAL		
	CONDUTORES SECUNDÁRIOS REDE AÉREA ISOLADA DE B.T.		
	MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR DE M.T. MESMO NÍVEL		
	MUDANÇA DE MODALIDADE DE REDE		
	MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR B.T.		
	CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE MESMA SEÇÃO (PLANTA DETALHE)		
	CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE SEÇÕES DIFERENTES		
REDES 34,5kV	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO ELEVADOR		
	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO ABAIXADOR		
	CHAVE 34,5kV/13,8kV		
	REDE PRIMÁRIA 34,5kV		
	ESTRUTURA DE SUSTENAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 2,5 E 5,0 MVA(4 POSTES)		
	ESTRUTURA DE SUSTENAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 1,0 MVA(2 POSTES)		
CONEXÃO PREMOLDADA	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 185mm ² / 15kV		
	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 120mm ² / 15kV		
	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 50mm ² / 15kV		
	CONEXÃO TDC OU TDR - 120mm ²		
	CONEXÃO TDC OU TDR - 50mm ²		
ESFERA ESCORRA	ESFERA DE SINALIZAÇÃO		
	ESCORRA DE SUBSOLO		

DESCRIÇÃO		SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
ESTAIS	ESTAIS DE CRUZETA A POSTE		
	ESTAIS DE CRUZETA A CRUZETA		
	ESTAIS DE POSTE A POSTE (NÍVEL DO PRIMÁRIO)		
	ESTAIS DE POSTE A POSTE (NÍVEL DO SECUNDÁRIO)		
	ESTAIS DE POSTE A CONTRA POSTE (NÍVEL DO PRIMÁRIO)		
	ESTAIS DE POSTE A CONTRA POSTE (NÍVEL DO SECUNDÁRIO)		
	ESTAIS DE ÂNCORA		
CONDUTORES	CONDUTORES EM ELETRODUTO PARA IP		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA PROTEGIDA		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA CONVENCIONAL		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA ISOLADA		
	CONDUTORES SECUNDÁRIOS DE REDE AÉREA CONVENCIONAL		
	CONDUTORES SECUNDÁRIOS REDE AÉREA ISOLADA DE B.T.		
	MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR DE M.T. MESMO NÍVEL		
	MUDANÇA DE MODALIDADE DE REDE		
	MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR B.T.		
	CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE MESMA SEÇÃO (PLANTA DETALHE)		
	CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE SEÇÕES DIFERENTES		
REDES 34,5kV	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO ELEVADOR		
	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO ABAIXADOR		
	CHAVE 34,5kV/13,8kV		
	REDE PRIMÁRIA 34,5kV		
	ESTRUTURA DE SUSTENAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 2,5 E 5,0 MVA(4 POSTES)		
	ESTRUTURA DE SUSTENAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 1,0 MVA(2 POSTES)		
CONEXÃO PREMOLDADA	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 185mm ² / 15kV		
	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 120mm ² / 15kV		
	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 50mm ² / 15kV		
	CONEXÃO TDC OU TDR - 120mm ²		
	CONEXÃO TDC OU TDR - 50mm ²		
ESFERA ESCORRA	ESFERA DE SINALIZAÇÃO		
	ESCORRA DE SUBSOLO		

DESCRIÇÃO		SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
ESTAIS	ESTAI DE CRUZETA A POSTE		
	ESTAI DE CRUZETA A CRUZETA		
	ESTAI DE POSTE A POSTE (NÍVEL DO PRIMÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A POSTE (NÍVEL DO SECUNDÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A CONTRA POSTE (NÍVEL DO PRIMÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A CONTRA POSTE (NÍVEL DO SECUNDÁRIO)		
	ESTAI DE ÂNCORA		
CONDUTORES	CONDUTORES EM ELETRODUTO PARA IP		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA PROTEGIDA		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA CONVENCIONAL		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA ISOLADA		
	CONDUTORES SECUNDÁRIOS DE REDE AÉREA CONVENCIONAL		
	CONDUTORES SECUNDÁRIOS REDE AÉREA ISOLADA DE B.T.		
	MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR DE M.T. MESMO NÍVEL		
	MUDANÇA DE MODALIDADE DE REDE		
	MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR B.T.		
	CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE MESMA SEÇÃO (PLANTA DETALHE)		
	CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE SEÇÕES DIFERENTES		
REDES 34,5kV	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO ELEVADOR		
	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO ABAIXADOR		
	CHAVE 34,5kV/13,8kV		
	REDE PRIMÁRIA 34,5kV		
	ESTRUTURA DE SUSTENAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 2,5 E 5,0 MVA(4 POSTES)		
	ESTRUTURA DE SUSTENAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 1,0 MVA(2 POSTES)		
CONEXÃO PREMOLDADA	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 185mm ² / 15kV		
	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 120mm ² / 15kV		
	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 50mm ² / 15kV		
	CONEXÃO TDC OU TDR - 120mm ²		
	CONEXÃO TDC OU TDR - 50mm ²		
ESFERA ESCORRA	ESFERA DE SINALIZAÇÃO		
	ESCORRA DE SUBSOLO		

DESCRIÇÃO	SÍMBOLO
DERIVAÇÃO DE SECUNDÁRIO A INSTALAR	
RETIRADA DE ISOLADOR DE CASTANHA E INSTALAÇÃO DE AFASTADOR	
ALTERAÇÃO NO SECUNDÁRIO: MUDANÇA DOS CONDUTORES FASE 4AWG PARA 2AWG COM PRIMÁRIO A INSTALAR	
TRANSIÇÃO DO PRIMÁRIO TRIFÁSICO PARA MONOFÁSICO	
MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR PRIMÁRIO NO MESMO NÍVEL DE CRUZETA	
ESTRUTURA TRIFÁSICA EM DOIS NÍVEIS DE CRUZETA	
REPRESENTAÇÃO DOS RAMAIS DE SERVIÇOS AÉREOS EM B.T.	
REPRESENTAÇÃO DO RAMAL DE SERVIÇO SUBTERRÂNEO EM B.T.	
REPRESENTAÇÃO DO RAMAL DE SERVIÇO AÉREO EM M.T.	
REPRESENTAÇÃO DO RAMAL DE SERVIÇO SUBTERRÂNEO EM M.T.	

DESCRIÇÃO	SÍMBOLO
ESTAI PROJETADO COM CABO DE AÇO DE 9,5mm	
SUBSTITUIÇÃO DE POSTE DO MESMO TIPO	
SUBSTITUIÇÃO DE POSTE DE TIPO DIFERENTE	
SUBSTITUIÇÃO DE POSTE DE TIPO RESISTÊNCIA E ESTRUTURA DIFERENTE	
INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADOR PARA ATENDIMENTO EXCLUSIVO	
REMOÇÃO DE POSTE DO MESMO TIPO COM ALTERAÇÃO DE ESTRUTURA E INSTALAÇÃO DE POSTE	
INSTALAÇÃO DE BRAÇO J EM CASOS ESPECIAIS PARA AFASTAMENTO DE REDE SECUNDÁRIA ISOLADA	
INDICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE FASE A SEGUIR	

APÊNDICE A – Projeto circuito Existente

APÊNDICE B – Projeto circuito de reforma

APÊNDICE C – Projeto circuito de reforço

