

INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

CÍCERO ANDRÉ GERONIMO DA SILVA

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM GUIA DE BOAS
PRÁTICAS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS
ELETROMECCÂNICOS E CIVIS DE REDES SUBTERRÂNEAS EM
CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS

Curitiba

2022

CÍCERO ANDRÉ GERONIMO DA SILVA

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM GUIA DE BOAS PRÁTICAS PARA
ELABORAÇÃO DE PROJETOS ELETROMECCÂNICOS E CIVIS DE REDES
SUBTERRÂNEAS EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Área de concentração - Sistemas Energéticos Convencionais e Alternativos, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Cresencio Silvio Segura Salas

Coorientador: Prof. Dr. Lucio de Medeiros

Curitiba

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

S586d Silva, Cícero André Geronimo da
Desenvolvimento e aplicação de um guia de boas práticas para elaboração de projetos eletromecânicos e civis de redes subterrâneas em condomínios residenciais [recurso eletrônico] / Cícero André Geronimo da Silva – Curitiba: LACTEC: IEP, 2022.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Área de concentração - Sistemas Energéticos Convencionais e Alternativos, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP).

Orientador: Prof. Dr. Crescencio Silvio Segura Salas
Coorientador: Prof. Dr. Lucio de Medeiros

1. Redes elétricas subterrâneas. I. Salas, Crescencio Silvio Segura. II. Medeiros, Lucio de. III. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. IV. Instituto de Engenharia do Paraná. V. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani - CRB-9/1585

TERMO DE APROVAÇÃO

CÍCERO ANDRÉ GERONIMO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM GUIA DE BOAS
PRÁTICAS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS
ELETROMECÂNICOS E CIVIS DE REDES SUBTERRÂNEAS EM
CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS**

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito para obtenção do grau de Mestre, no Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, realização do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), pela seguinte banca examinadora:


Cresencio Silvio Segura Salas (6 de Abril de 2022 11:17 ADT)

ORIENTADOR (A): Prof. Dr. Cresencio Silvio Segura Salas
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)


Edemir Luiz Kowalski (12 de Abril de 2022 09:36 ADT)

Prof. Dr. Edemir Luiz Kowalski
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)


Marcos Vinicio Haas Rambo (14 de Abril de 2022 11:27 ADT)

Prof. Dr. Marcos Vinicio Haas Rambo
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba, 28 de fevereiro de 2022.

RESUMO

A elaboração de projetos e execução de obras de redes elétricas de distribuição subterrânea tem aumentado anualmente no Brasil e não é diferente na área de concessão da Copel. Empreendedores e órgãos públicos recorrem a este tipo de rede pela sua segurança, quando comparada a rede aérea e, por questões estéticas, tendo em vista a valorização e o ambiente visualmente limpo que esta rede proporciona. Esta dissertação apresenta a sistemática utilizada para a elaboração de um guia de boas práticas desenvolvido para auxiliar profissionais da área, na elaboração de projetos e execução de obras na rede elétrica subterrânea em condomínios residenciais. Após uma revisão bibliográfica sobre o tema e análise das normas das principais distribuidoras do país, foram realizadas reuniões com os profissionais responsáveis pela análise de projetos e fiscalização de obras subterrâneas na divisão de projetos da região Noroeste da Copel, com o intuito de identificar quais eram as principais dificuldades na elaboração de projetos de redes elétricas subterrâneas. Estes dados foram compilados, tratados e classificados através do diagrama de causa-efeito e serviram de base para elaboração de um questionário que foi aplicado a uma parcela dos profissionais habilitados a apresentar projetos para aprovação na Copel. A validação deste questionário foi realizada através do método proposto por Brown, conhecido como “método das duas metades”, em que é possível verificar a relação existente entre as respostas dadas pelos entrevistados. Ao final, um guia de boas práticas é apresentado com o intuito de auxiliar os profissionais no desenvolvimento de projetos, elaboração da lista básica de materiais e tarefas, necessárias à apresentação de projetos de redes elétricas subterrâneas para aprovação na área de concessão da Copel. Quatro casos reais são apresentados e os benefícios da utilização do guia elaborado são discutidos, apresentando as principais contribuições desta dissertação.

Palavras-chave: Redes subterrâneas, normas técnicas, tratamento de dados, confiabilidade.

ABSTRACT

The elaboration of projects and execution of works of underground distribution electrical networks has increased annually in Brazil and is no different in Copel's concession area. Entrepreneurs and public bodies use this type of network for its safety, when compared to the aerial network, and for aesthetic reasons, in view of the appreciation and visually clean environment that this network provides. This dissertation presents the system used in the elaboration of a good practices guide developed in order to assist professionals in the area, in the elaboration of projects and execution of works in the underground electrical network in residential condominiums. After a bibliographic review on the subject and analysis of the rules of the main distributors in the country, meetings were held to enable the collection of data and identification of the main difficulties in the elaboration of projects of underground electrical networks. These data were compiled, processed and classified through the cause-effect diagram and served as the basis for the elaboration of a questionnaire that was applied to a portion of the professionals qualified to present projects for approval at Copel, the validation of this questionnaire was carried out through the method proposed by Brown known as the "two halves method" in which it is possible to verify the relation between the answers given by the interviewees. At the end, a guide to good practices is presented with the aim of helping professionals in the development of projects, preparation of the basic list of materials and tasks, necessary for the presentation of underground electrical network projects for approval in Copel's concession area. Four real cases are presented and the benefits of using the prepared guide are discussed, presenting the main contributions of this dissertation.

Key words: underground networks, technical rules, data treatment, reliability.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LINHAS DE ENERGIA, TELEFONE E TELÉGRAFO NAS RUA DE NOVA IORQUE	18
FIGURA 2 - TAXA ANUAL DE ENTERRAMENTO DE REDE EM 1999/2000	20
FIGURA 3 - PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE REDES SUBTERRÂNEAS DO BRASIL	21
FIGURA 4 - OBRAS DE CONVERSÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO.	22
FIGURA 5 - BANCO DE DUTOS INSTALADOS NO PQ. NACIONAL DO IGUAÇU.	23
FIGURA 6 - CABINE SEMIENTERRADA UTILIZADA NA RDS DA CIDADE DE CASCAVEL	24
FIGURA 7 - TRANSFORMADOR E BUCHAS DE MT E BT ABRIGADOS EM CABINE	25
FIGURA 8 - QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PEDESTAL UTILIZADO NA RDS EM CASCAVEL	26
FIGURA 9 – IMAGEM DA AV ADV HORÁCIO RACANELLO, APÓS INSTALAÇÃO DA RDS.....	27
FIGURA 10 - TR E QDP INSTALADOS NO CONDOMÍNIO JARDINS DE MONET .	28
FIGURA 11 – EXEMPLO DE CUBÍCULO DE PROTEÇÃO E MANOBRA INSTALADOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL	29
FIGURA 12 - RELIGADOR AUTOMÁTICO UTILIZADO PARA PROTEÇÃO DE RDS	30
FIGURA 13 - TRANSFORMADOR PEDESTAL E QDP	32
FIGURA 14 – TRANSFORMADOR INSTALADO EM POSTE	32
FIGURA 15 - MEMORIAIS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES SOLICITADOS PELAS CONCESSIONÁRIAS	35
FIGURA 16 - ESTRUTURA DE TRANSIÇÃO MT (REDE AÉREA X REDE SUBTERRÂNEA)	36
FIGURA 17 - COMPONENTES DE ESTRUTURAS DE TRANSIÇÃO EM MÉDIA TENSÃO.....	37
FIGURA 18 - BANCO DE DUTOS GENÉRICO	38
FIGURA 19 - DUTO CORRUGADO COM INSCRIÇÃO GRAVADA CONFORME NBR 15.715	40

FIGURA 20 - FITA UTILIZADA PARA SINALIZAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES.....	40
FIGURA 21 – DESENHO ORIENTATIVO DE CAIXA DE PASSAGEM PARA CABOS	41
FIGURA 22 – CONFIGURAÇÃO RADIAL SEM RECURSO UTILIZADA PELA ELEKTRO EM CONDOMÍNIOS	43
FIGURA 23 – CONFIGURAÇÃO RADIAL COM RECURSO UTILIZADA PELA AES EM CONDOMÍNIOS.....	44
FIGURA 24 - OPÇÃO DE CONFIGURAÇÃO RADIAL PROPOSTA POR SHORT...	45
FIGURA 25 - TRANSFORMADOR PEDESTAL, BUCHAS, TDCS E BERÇO	45
FIGURA 26 - FLUXOGRAMA DO MÉTODO PROPOSTO	60
FIGURA 27 – REPRESENTAÇÃO VISUAL DO DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO ELABORADO PARA AVALIAR ITENS DE REPROVA EM PROJETOS DE RDS	65
FIGURA 28 - GRÁFICO DA RELAÇÃO LINEAR EXISTENTE ENTRE AS RESPOSTAS DADAS PELOS ENTREVISTADOS	70
FIGURA 29 - DIFICULDADES ENCONTRADAS PELOS PROFISSIONAIS	74
FIGURA 30 – TRAVESSIA DE RDS SOB PORTAL EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS	75
FIGURA 31 – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO PARA OS CASOS 3 E 4.....	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MEMORIAIS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES SOLICITADOS PELAS CONCESSIONÁRIAS	34
TABELA 2 - DISTÂNCIA MÁXIMA REDE SECUNDÁRIA E QUEDA DE TENSÃO ..	39
TABELA 3 – EIXOS E PALAVRAS-CHAVES UTILIZADOS.....	50
TABELA 4 - COMBINAÇÕES REALIZADAS	50
TABELA 5 - AÉREA X SUBTERRÂNEA – VANTAGENS DE CADA SISTEMA.....	56
TABELA 6 - DESCRIÇÃO DO FLUXOGRAMA APRESENTADO NA FIGURA 26 ...	61
TABELA 7 - OPINIÕES DOS ANALISTAS DA VPOMGA	64
TABELA 9 - SOMA DAS PONTUAÇÕES DOS ENTREVISTADOS.....	69
TABELA 10 - ENTREVISTADOS ÍMPARES	72
TABELA 11 - ENTREVISTADOS PARES	72

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BT – Baixa Tensão
COPEL – Companhia Paranaense de Energia
DPONRO - Departamento de Projetos e Obras Noroeste da COPEL
GD – Geração Distribuída
ITD – Instrução Técnica de Distribuição
MIT – Manual de Instruções Técnicas
MT – Média Tensão
NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
NTC – Norma Técnica Copel
PEAD - Polietileno de Alta Densidade
PRODIST – Procedimentos de Distribuição
QDP – Quadro de Distribuição Pedestal
RA – Religador Automático
RDA - Rede de Distribuição Aérea
RDM - Terminologia utilizada para barramento múltiplo isolado de baixa tensão
RDS - Redes de Distribuição Subterrânea
RETIE - Regulamento Técnico de Instalações Elétricas
SFZMGA – Setor de Fiscalização de Maringá
TR – Transformador
VPRNRO – Divisão de Projetos Noroeste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTO	12
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral.....	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2	HISTÓRICO DAS REDES SUBTERRÂNEAS	18
2.1	As redes subterrâneas nos Estados Unidos	18
2.2	As redes subterrâneas na Europa.....	19
2.3	As redes subterrâneas no Brasil	21
2.3.1	As redes subterrâneas no Paraná	23
3	CONCEITOS TEÓRICOS	31
3.1	Tipos de configurações para condomínios.....	31
3.2	Procedimentos e critérios básicos para elaboração de projetos.	33
3.2.1	Memorial descritivo	33
3.2.2	Projeto da rede primária	35
3.2.3	Projeto da rede secundária.....	38
3.2.4	Projeto civil básico	39
3.2.5	Projeto civil estrutural	41
3.2.6	Arranjos e recursos para contingência	42
3.3	Tratamento de dados e avaliação de confiabilidade	46
3.3.1	Tratamento de dados.....	46
3.3.2	Avaliação da confiabilidade	47
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	50
4.1	Metodologia da pesquisa	50

4.2	Documentos alinhados ao tema.....	51
5	MATERIAIS E MÉTODO	57
5.1	MATERIAIS.....	57
5.2	MÉTODO	59
6	RESULTADOS.....	62
6.1	Análise dos resultados	63
6.2	Discussão dos resultados	73
6.3	Aplicação.....	75
6.3.1	Caso 1: Travessia de portal em condomínio.	75
6.3.2	Caso 2: Travessia de portal por motivos estéticos.	77
6.3.3	Caso 3: Atendimento aos lotes do condomínio – análise de projeto	80
6.3.4	Caso 4: Atendimento aos lotes do condomínio – visão do analista.....	82
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	84
7.1	Conclusões	84
7.2	Trabalhos futuros	85
	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICE 1 – Pesquisa aplicada através do <i>Google Forms</i>	93
	APÊNDICE 2 – Guia de boas práticas para elaboração de projeto e construção de redes subterrâneas em condomínios fechados – ELETROMECAÂNICA E CIVIL	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

A distribuição de energia elétrica no país é realizada em duas configurações básicas: aérea e subterrânea.

Na rede aérea, a distribuição de energia elétrica é feita basicamente através de cabos apoiados em isoladores montados em cruzetas ou suportes que são instalados em postes; já a rede subterrânea de distribuição de energia é constituída de cabos isolados instalados em dutos enterrados no solo e caixas em alvenaria, utilizadas para inspecionar e acomodar equipamentos como transformadores e chaves de manobra.

No Brasil, a configuração mais utilizada é a aérea, pois esta apresenta algumas vantagens quando comparada à subterrânea, principalmente, a facilidade de construção e o custo de implantação, que pode ser até sete vezes menor (NAKAGUISHI e HERMES, 2011).

A tecnologia de redes aéreas foi desenvolvida a, aproximadamente, 60 anos e vem passando por melhorias neste período, como o desenvolvimento das redes aéreas compactas e as redes aéreas isoladas de média e baixa tensão.

As Redes de Distribuição Subterrânea (RDS) trazem uma série de vantagens, tais como: redução de custo de manutenção; redução significativa das interrupções, pela diminuição da exposição aos agentes externos (descargas atmosféricas, tempestades e ação humana); além do aumento da segurança para a população, por minimizar os riscos de ruptura dos condutores e contato acidental (BOCCUZZI *et al.* 1997).

Os benefícios quantificáveis incluem a redução de custos relacionados a acidentes com veículos (colisões em poste), aumento na confiabilidade da energia fornecida aos clientes, diminuição dos custos de manutenção e redução de perdas na receita associadas a interrupções (PARRY, COX, CIFUENTES, 2002).

Como benefícios não quantificáveis têm-se a redução do impacto visual, melhor gestão da vegetação, aumento da segurança das pessoas e da vida selvagem e o aumento da segurança dos trabalhadores que venham a ter contato com a rede (PARRY, COX, CIFUENTES, 2002).

Atualmente, muitos sistemas de distribuição são subterrâneos, sendo este tipo de rede mais confiável que as redes aéreas. Seus cabos, conectores e equipamentos evoluíram consideravelmente no último século tornando estas instalações menos onerosas (SHORT, 2003).

Benato e Paolucci (2010) afirmam que a cada ano aumentam em todo o mundo a necessidade de utilização de sistemas subterrâneos em razão da preocupação com segurança; trânsito e poluição em áreas urbanas densamente habitadas e a preservação de áreas históricas.

Nos últimos anos têm surgido diferentes iniciativas, tanto em âmbito municipal, quanto em âmbito federal, visando estabelecer critérios para que as empresas de infraestrutura substituam suas redes aéreas por redes subterrâneas em áreas urbanas, sendo as principais justificativas de ordem estética ou de segurança (ANEEL, 2016).

Do mesmo modo, a expansão de redes subterrâneas tem sido motivada por solicitações de grandes grupos empresariais, com o intuito de atrair novos clientes para loteamentos e condomínios residenciais, como um atrativo em sua concepção, além de projetos de lei para atender demandas apresentadas pela sociedade (AZEVEDO, 2010).

Short (2003) afirma que a utilização em condomínios residenciais é uma das principais aplicações para a rede subterrânea, além disto é muito utilizada pelas concessionárias em saídas de subestações e travessias.

A utilização de redes subterrâneas, apesar de pequena, é uma realidade e isto traz a necessidade de acesso às normas e aos procedimentos adequados para que funcionários próprios e de empresas especializadas em projetos tenham subsídios para a elaboração, análise e posterior aprovação de projetos de redes de distribuição subterrânea na concessionária local.

Concessionárias de energia como a Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig; Equatorial Energia Pará, antes conhecida como Centrais Elétricas do Pará – Celpa; Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – Coelba e Enel Distribuição Goiás, antes conhecida como Companhia Energética de Goiás - CELG-D; concentram as diretrizes, padrões e critérios básicos para elaboração de projetos de rede subterrânea em perímetro urbano em um único documento.

Outras concessionárias como CPFL - Energia e Elektro Distribuidora de Energia, possuem normas específicas para empreendedores que optarem por implantar redes subterrâneas para atendimento a condomínios residenciais.

A Companhia Paranaense de Energia – Copel, concessionária adotada como referência para esta dissertação, possui um conjunto de 14 documentos denominados MIT - Manual de Instrução Técnica, que tratam sobre redes subterrâneas.

Tendo em vista a grande quantidade de documentos e as peculiaridades de cada um deles, o desenvolvimento desta dissertação tem o propósito de desenvolver um guia de boas práticas que auxilie na elaboração de projetos, facilite a execução e a fiscalização da obra e, por sua vez, leve à minimização do tempo de análise e dos custos envolvidos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar a sistemática utilizada para a elaboração de um guia de boas práticas, que possibilite a elaboração do projeto básico e construção de redes de distribuição subterrânea de energia – RDS, em condomínios residenciais na área de concessão da Companhia Paranaense de Energia – Copel; e sua aplicação, visando reduzir o tempo de elaboração de projetos e sua análise, além de facilitar a execução e aprimorar a fiscalização.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar as principais normas de distribuidoras de energia brasileiras que tratam sobre o assunto e levantar as principais dificuldades para elaboração de projetos de RDS.
- Investigar as possíveis dificuldades para elaboração de projetos de RDS, utilizando o Diagrama Causa-Efeito.
- Elaborar e aplicar um questionário aos profissionais que apresentam projetos para análise no DPONRO - Departamento de Projetos e Obras Noroeste da COPEL.
- Elaborar um documento que oriente os principais parâmetros a serem considerados na elaboração de um projeto básico de redes

subterrâneas de distribuição de energia elétrica para atendimento a condomínios.

- Apresentar e comparar quatro projetos encaminhados para aprovação ao DPONRO.
- Analisar os resultados obtidos com a aplicação do guia proposto aplicado a dois projetos de atendimento a condomínios residenciais apresentados para análise no DPONRO.

1.3 JUSTIFICATIVA

Tanto a elaboração de projetos de engenharia próprios, como a análise de projetos de terceiros devem ser pautadas pelo uso de normas técnicas disponibilizadas pelas concessionárias de energia, geralmente, em seu *website*.

A definição de norma é descrita como

Norma é o documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto. (ABNT, 2020, não p.)

De acordo com a Copel (2020), as normas técnicas estabelecem os padrões construtivos de redes e entradas de serviço e que estas se baseiam nas especificações e padrões da NBR – Norma Brasileira Regulamentadora, definidos pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Já a NTC – Norma Técnica Copel trata de materiais, montagens, ferramentas, projetos e padrões relativos a redes de distribuição e a IT - Instrução Técnica é um documento que trata sobre os procedimentos para execução de uma atividade ou processo e, nem sempre, é acessível às pessoas de fora da organização.

Como exemplos de instrução técnica, há o MIT – Manual de Instruções Técnicas da Copel e a ITD – Instrução Técnica de Distribuição da CELG Distribuição, que tratam, através de cadernos individuais, os procedimentos relativos às atividades referentes aos projetos, à construção, à operação, à manutenção e ao controle de qualidade do sistema de distribuição.

Portanto, cada concessionária de energia, em função das características de sua área de concessão, tem sua metodologia própria para elaboração de projetos, todas tendo como base as NBRs e/ou normas internacionais.

A Companhia Paranaense de Energia – Copel possui um conjunto de 14 documentos, denominado MIT - Manual de Instrução Técnica, que trata sobre redes subterrâneas; destes, seis documentos estão disponíveis em seu *website* para consulta pública.

A quantidade de documentos, o fato de nem todos estarem disponíveis para consulta pública e a possibilidade do uso inadequado com diferentes interpretações geram dúvidas e levam a erros de projeto e execução por parte dos profissionais.

Esta dissertação apresenta a sistemática utilizada para a elaboração de um guia de boas práticas, desenvolvido para auxiliar profissionais da área, na elaboração de projetos e execução de obras na rede elétrica subterrânea em condomínios residenciais na área de concessão da Copel, visando diminuir o tempo de elaboração de projetos e sua análise, além de facilitar a execução e aprimorar a fiscalização dele.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A estrutura desta dissertação está dividida em sete capítulos conforme apresentado abaixo.

O primeiro capítulo apresenta uma abordagem geral sobre o tema da dissertação.

Uma contextualização sobre as redes de distribuição é apresentada, onde é possível conhecer os métodos construtivos utilizados, vantagens e os motivos que estão tornando a rede de distribuição subterrânea um método construtivo cada vez mais comum nos grandes centros. Neste capítulo também são apresentados os objetivos, as justificativas que motivaram a elaboração desta dissertação e este resumo que apresenta a estrutura desta dissertação.

O segundo capítulo apresenta um breve histórico sobre redes de distribuição subterrânea de energia e sua implantação nos Estados Unidos, Europa e Brasil.

A implantação das RDS no Paraná e as principais obras realizadas no estado também são apresentadas.

O terceiro capítulo apresenta os principais conceitos necessários para compreensão dos conteúdos abordados nesta dissertação, tópicos como

configurações e equipamentos, elementos para elaboração de projetos, tipo de redes, arranjos e recursos são abordados.

Também serão apresentados os conceitos utilizados para realizar a validação da metodologia proposta.

O quarto capítulo apresenta os estudos mais recentes que foram publicados com o intuito de criar normas ou realizar comparações entre normas existentes e propor melhorias.

O quinto capítulo demonstra de que forma o desenvolvimento do guia de boas práticas apresentado neste trabalho foi realizado e os métodos utilizados para avaliar sua aplicação.

O sexto apresenta uma análise e discussão sobre os resultados encontrados e a aplicação do guia proposto em quatro projetos de atendimento a condomínios.

O sétimo, e último, capítulo apresenta as conclusões sobre os resultados do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

Em anexo a esta dissertação contém uma versão do guia elaborado e mencionado em trechos deste trabalho.

2 HISTÓRICO DAS REDES SUBTERRÂNEAS

Este capítulo apresenta um breve histórico sobre redes de distribuição subterrânea e seu desenvolvimento nos Estados Unidos, Europa e Brasil.

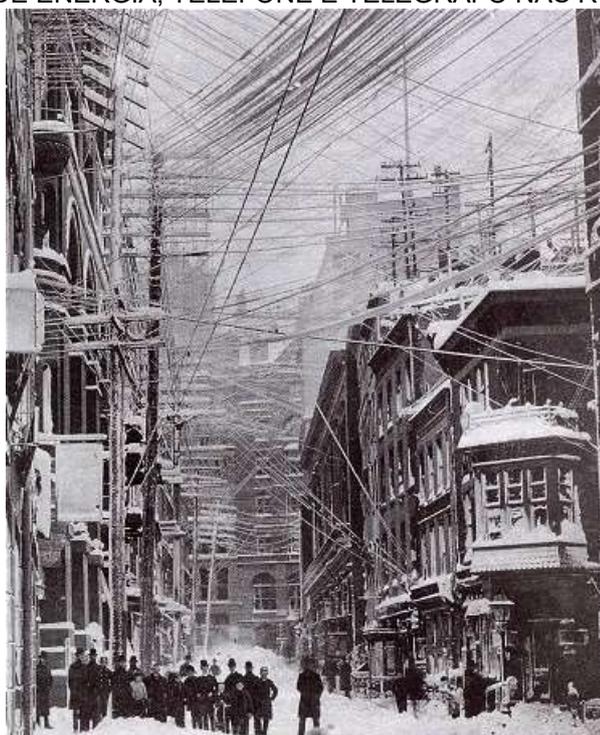
2.1 As redes subterrâneas nos Estados Unidos

As primeiras instalações que utilizam o conceito de redes subterrâneas aparecem nos Estados Unidos em 1816, com o emprego de cabos isolados enterrados para utilização no telégrafo.

Em razão do seu desenvolvimento, em 1880, a cidade de Nova Iorque já apresentava grande quantidade de estruturas de energia e telecomunicações em seus postes, e, nesta mesma época a população já começava a exigir a organização destas redes. Em 1884 entrou em vigor uma lei que obrigava o enterramento de toda a fiação elétrica, de telefonia e telégrafos (BRUNHEROTTO e OLIVEIRA, 2013).

Na Figura 1 há uma imagem das ruas da cidade de Nova Iorque em 1888, onde é possível observar o emaranhado de cabos de redes de energia elétrica, telefonia e telégrafos.

FIGURA 1 - LINHAS DE ENERGIA, TELEFONE E TELÉGRAFO NAS RUA DE NOVA IORQUE



FONTE: Bloomberg CityLab (2020).

O primeiro fornecimento comercial de energia elétrica foi um sistema subterrâneo desenvolvido por Thomas Edison e implantado em 1882 na cidade de Nova Iorque. Operando em corrente contínua, este sistema era composto por barras de cobre, envolvidas por tubos de fibras enterradas no solo, porém o alto custo de construção, as perdas e a distância das fontes de geração não colaboraram para a difusão desta tecnologia na época (AZEVEDO, 2010).

Após a Segunda Guerra Mundial, entre as décadas de 60 e 70, houve grande expansão dos condomínios residenciais nos subúrbios dos Estados Unidos.

Este fato se deu por estes locais não serem tratados como alvos de ataques como os grandes centros urbanos. As exigências da comunidade por um sistema considerado “visualmente melhor” colaborou com a construção de redes subterrâneas e este movimento ficou conhecido como “*beutification*” (BRUNHEROTTO e OLIVEIRA, 2013).

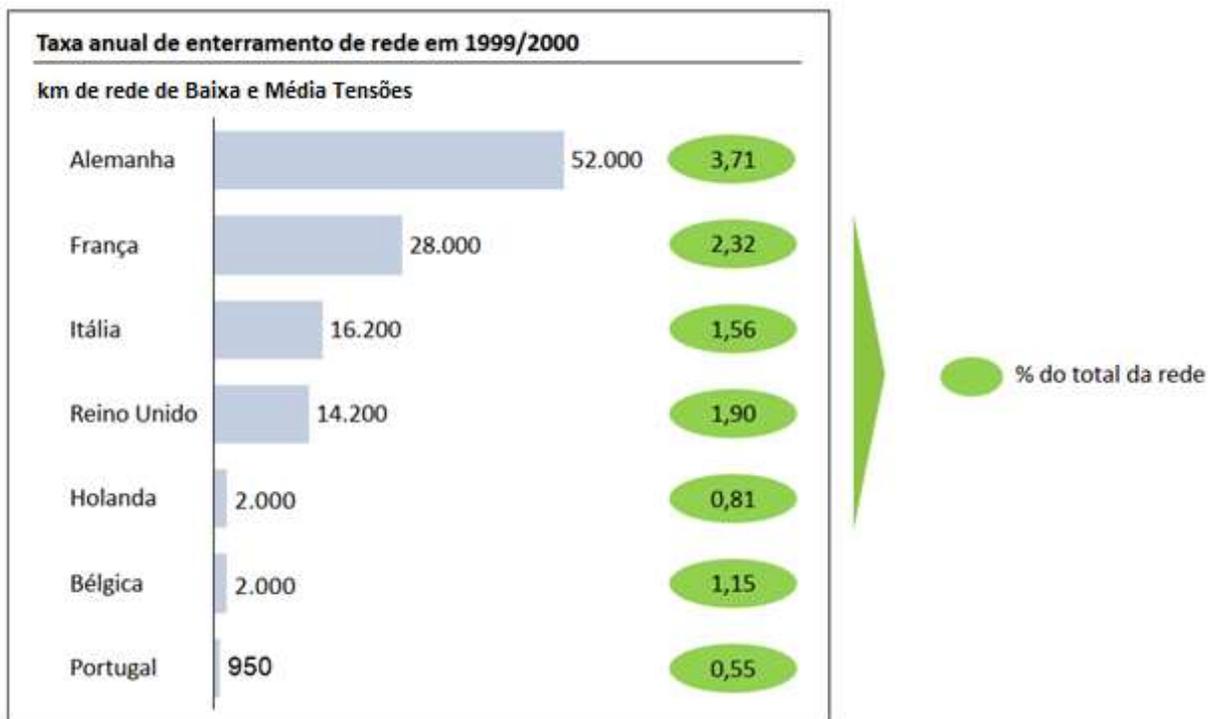
2.2 As redes subterrâneas na Europa

Na década de 70, a Holanda optou pelo uso de redes subterrâneas, em razão da segurança que proporciona, ocupação dos espaços, confiabilidade e a possibilidade de reutilização dos direitos de passagem (BRUNHEROTTO e OLIVEIRA, 2013).

Alguns países europeus implementaram um programa de conversão de suas redes de média e baixa tensão de forma gradativa no fim da década de 90; foi convertida uma taxa média de aproximadamente 2% ao ano das redes de MT e BT. (JUNIOR, 2013).

A Figura 2 apresenta o percentual das redes que foram enterradas nos principais países europeus em relação ao total de redes existentes neste países.

FIGURA 2 - TAXA ANUAL DE ENTERRAMENTO DE REDE EM 1999/2000



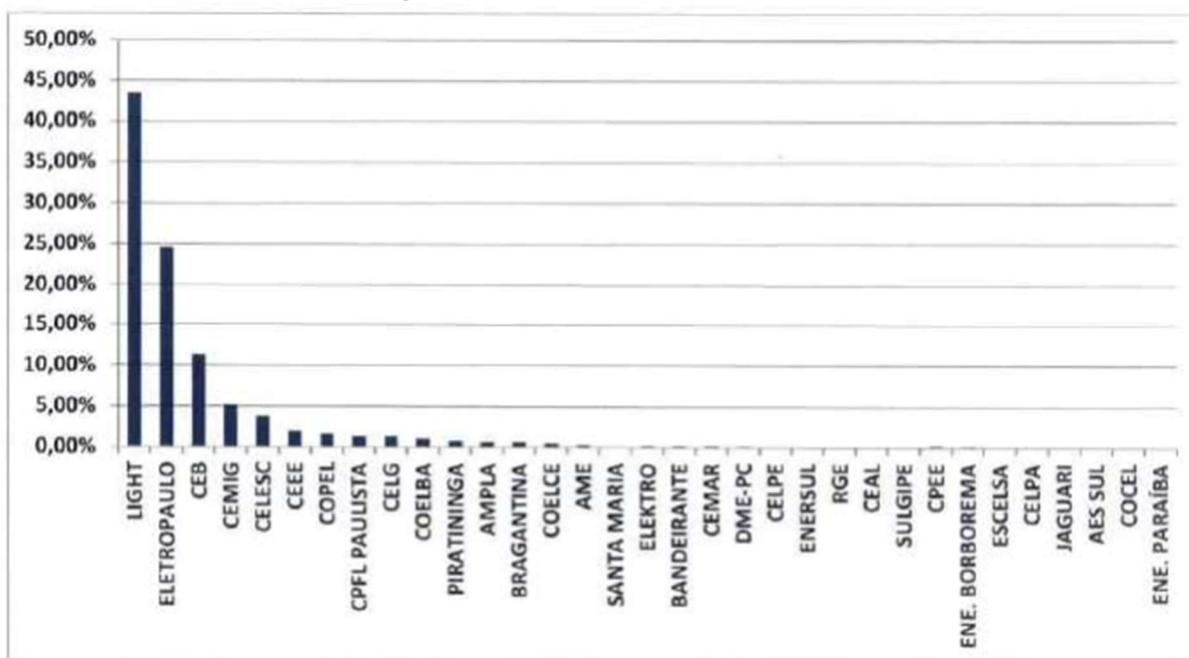
FONTE: Adaptado de Junior (2013).

Cidades como Amsterdam, Bruxelas e Londres tiveram 100% de suas redes de distribuição enterradas em um processo que teve início entre as décadas de 60 e 70; nesta época a regulação permitiu que o repasse dos custos fosse feito de forma integral na tarifa. (JUNIOR, 2013)

2.3 As redes subterrâneas no Brasil

Um estudo realizado pela ANEEL, no ano de 2014, demonstrou que as redes de distribuição subterrâneas representavam menos de 2% do total de redes do país e estavam concentradas em pouco mais de 50 cidades, destas, 90% distribuídas entre cinco concessionárias (Light, Eletropaulo, CEB, Cemig e Celesc) como demonstrado no gráfico da Figura 3 (NOTA TEC ANEEL).

FIGURA 3 - PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE REDES SUBTERRÂNEAS DO BRASIL



FONTE: ANEEL (2014).

As primeiras redes de distribuição subterrâneas chegaram ao Brasil, mais especificamente nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, no início do século XX através da concessionária *Brazilian Traction, Light and Power*.

Em São Paulo, uma configuração radial de RDS com três câmaras que operavam em 2,2 kV foi construída em 1902 e, em 1928 esta configuração passou por uma obra de reforço, passando a operar em 3,8 kV (BRUNHEROTTO e OLIVEIRA, 2013).

Em 2005 foi aprovada na cidade de São Paulo uma lei que obriga concessionárias, empresas estatais e operadoras de serviço a enterrarem todo o cabeamento; esta lei prevê que deveriam ser enterrados 250 km de cabos por ano,

entretanto até meados de 2011 apenas 5% dos 30 mil km de cabos foram enterrados (ENERCON, 2020).

Algumas das obras importantes que foram realizadas na cidade de São Paulo, estão na avenida Nove de Julho, avenida Rebouças e rua Oscar Freire.

A Figura 4 apresenta um quadro com algumas obras de conversão realizadas na cidade de São Paulo por interesse público, privado e parcerias público/privado.

FIGURA 4 - OBRAS DE CONVERSÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO.



FONTE: Junior (2013).

No Rio de Janeiro, entre 1905 e 1909 foram instaladas redes subterrâneas nas zonas urbanas de maior densidade a pedido da prefeitura da então capital da República, em 1926 havia um sistema alimentado em 3,8 kV com 19 câmaras transformadoras; em 1931 este sistema já contava com 41 câmaras e capacidade total de 12.300 kVA, a partir de 1951 a ampliação deste sistema passou a ser realizada em 20 kV. (O setor elétrico, 2020).

Hoje, a Light, concessionária responsável pela distribuição de energia no estado do Rio de Janeiro, tem 3.500 km de redes subterrâneas de média tensão e mais de 5.500 câmaras transformadoras (Revista Potência, 2020).

2.3.1 As redes subterrâneas no Paraná

O padrão de redes subterrâneas no Paraná começou a ser implantado no final da década de 60 pela Companhia Força e Luz; em 1971 a Companhia Paranaense de Energia – Copel absorveu esta concessionária e, em 1973, iniciou sua primeira obra subterrânea na cidade de Curitiba.

Nos anos de 2017 e 2018 concluíram-se as últimas etapas de substituição de 20 km de rede subterrânea na região central de Curitiba que se iniciou na década de 60 (AEN, 2017).

Dentre as obras realizadas pela Copel, estão descritas abaixo, de forma sucinta, algumas que tiveram maiores impactos visuais e aumentaram o nível de segurança e confiabilidade da rede.

No Parque Nacional do Iguaçu, em 2013, foram enterrados 44,2 km de cabos, incluindo rede elétrica, telefonia e fibra ótica.

Nesta obra foram enterrados 38 km de cabos de média tensão e mais de 6 km de cabos de baixa tensão alimentados por nove transformadores do tipo pedestal (AEN, 2013).

A Figura 5 apresenta um trecho do banco de dutos, ainda sem cobertura, que foi instalado no parque para passagem dos cabos.

FIGURA 5 - BANCO DE DUTOS INSTALADOS NO PQ. NACIONAL DO IGUAÇU



FONTE: Copel (2020).

No ano de 2004 foram construídos aproximadamente 1,5 km de redes subterrâneas na cidade de Foz do Iguaçu, a rede que foi construída na avenida Brasil recebeu 18 câmaras alimentadas em 13,8 kV; esta obra atendeu aproximadamente 650 unidades consumidoras.

Em 2016, na cidade de Cascavel, foram enterrados aproximadamente 900 metros de rede na avenida Brasil; as 820 unidades consumidoras foram atendidas por oito transformadores confinados em cabine.

Nesta obra foram utilizadas cabines semienterradas para abrigar os transformadores e QDPs, ao invés de câmaras.

Na Figura 6 há uma foto da cabine utilizada em Cascavel.

FIGURA 6 - CABINE SEMIENTERRADA UTILIZADA NA RDS DA CIDADE DE CASCAVEL



FONTE: O Autor (2020).

Nas Figuras 7 e 8 há uma foto do interior da cabine onde é possível ver o transformador utilizado e as buchas de MT e BT e outra mostrando o QDP destinado à proteção dos circuitos de baixa tensão.

FIGURA 7 - TRANSFORMADOR E BUCHAS DE MT E BT ABRIGADOS EM CABINE



FONTE: O autor (2020).

FIGURA 8 - QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PEDESTAL UTILIZADO NA RDS EM CASCAVEL

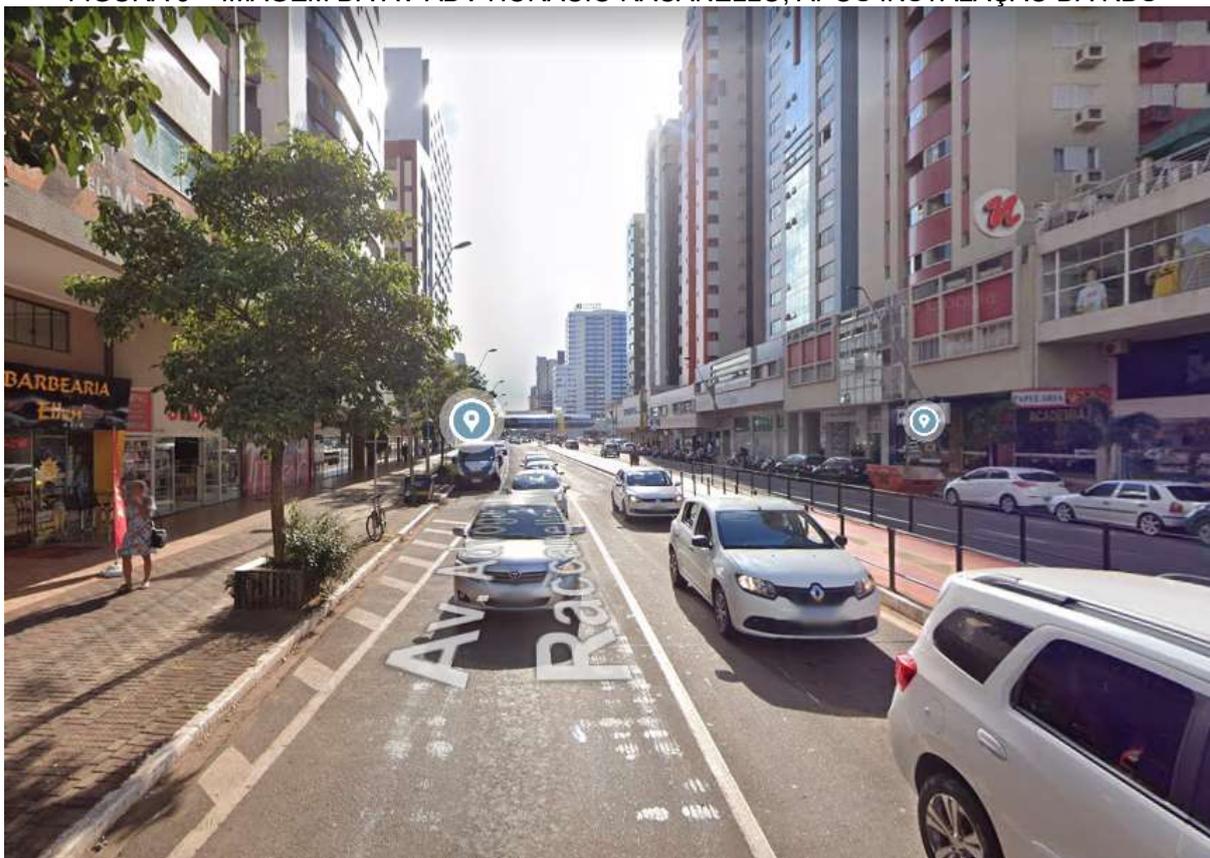


FONTE: O Autor (2020).

Na cidade de Maringá, em um trecho de pouco mais de 1 km, foram enterradas as redes de média e baixa tensão na avenida advogado Horácio Racanello Filho, entre a avenida São Paulo e a avenida Paraná, 14 câmaras foram instaladas com uma potência total de transformação de 7000 kVA.

A Figura 9 apresenta uma imagem desta avenida, onde se pode perceber uma avenida “limpa”, sem o emaranhado de fios comuns nos centros urbanos.

FIGURA 9 – IMAGEM DA AV ADV HORÁCIO RACANELLO, APÓS INSTALAÇÃO DA RDS



FONTE: Google Maps (2020).

Além desta obra, um empreendimento localizado na região do antigo aeroporto, concluído em dezembro de 2021, contou com mais de 2 km de rede de média tensão alimentando cinco câmaras que abrigam transformadores de 500 kVA em cada uma delas.

A maior obra subterrânea realizada na cidade de Maringá para atendimento a um condomínio residencial é o Jardins de Monet Thermas Residence, um condomínio fechado destinado à venda de lotes que possui 58 transformadores pedestal acompanhados de seus respectivos QDPs para atendimento aos consumidores ligados em baixa tensão e quatro transformadores exclusivos, também do tipo pedestal, destinado ao atendimento de ligações com disjuntores maiores que 200 A.

A Figura 10 apresenta uma foto de um transformador pedestal e QDP instalados no condomínio Jardins de Monet.

FIGURA 10 - TR E QDP INSTALADOS NO CONDOMÍNIO JARDINS DE MONET



FONTE: O Autor (2020).

Para alimentação do condomínio, três cubículos com disjuntores de MT isolados, em hexafluoreto de enxofre ou gás SF₆, foram instalados em pontos distintos para possibilitar manobras e realizar a divisão da alimentação do condomínio.

Os disjuntores são dispositivos utilizados para manobra e abertura em caso de falhas. Sua principal função é interromper faltas no menor intervalo de tempo possível. Estes equipamentos são instalados em conjunto com relés que realizam a leitura da corrente e atuam suas funções de proteção caso ocorram faltas como sobrecargas, subtensão, sobretensão e inversão de fase. (MAMEDE,2004)

Na Figura 11 é possível ver o cubículo utilizado para proteção do condomínio.

FIGURA 11 – EXEMPLO DE CUBÍCULO DE PROTEÇÃO E MANOBRAS INSTALADOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL



FONTE: O autor (2020).

Também foram instalados três religadores automáticos que tem a função de fazer a proteção destes pontos de alimentação.

Os religadores são equipamentos que podem interromper ou religar circuitos automaticamente em uma sequência pré-determinada.

Normalmente são projetados para realizar até quatro operações e possibilita o ajuste para abertura instantânea ou retardada, sendo que a forma de religamento vai depender da filosofia de proteção adotada. (LEÃO, 2003)

Em condomínios esta função de religamento do RA pode ser desativada e este passa a operar com um disjuntor, ficando responsável pela proteção do circuito de média tensão; a escolha de um cubículo ou RA é feita em função da soma das potências dos transformadores do condomínio.

Na Figura 12 é possível ver um dos religadores utilizados no condomínio.

FIGURA 12 - RELIGADOR AUTOMÁTICO UTILIZADO PARA PROTEÇÃO DE RDS



FONTE: O autor (2020).

3 CONCEITOS TEÓRICOS

Este capítulo apresenta os principais conceitos necessários para compreensão dos conteúdos abordados nesta dissertação, tópicos como configurações e equipamentos, elementos para elaboração de projetos, tipo de redes, arranjos e recursos, todos aplicados a atendimento a condomínios residenciais são abordados.

Também serão apresentados os conceitos utilizados para realizar a validação da metodologia proposta.

3.1 Tipos de configurações para condomínios

As informações presentes neste tópico são baseadas nas normas e manuais de instrução da AES Eletropaulo, Celpa, Cemig, Copel, CPFL, Elektro e Energisa, todas disponíveis para consulta nos respectivos *sites* das concessionárias citadas.

Estas concessionárias foram escolhidas por apresentarem, nos documentos publicados, práticas adotadas na elaboração de projetos de redes de distribuição subterrâneas para condomínios residenciais.

As redes de distribuição subterrâneas para condomínios podem ser construídas em duas concepções.

Totalmente enterrada – um banco de dutos é construído para acomodar os cabos de média e baixa tensão, e conectados a estes, transformadores do tipo pedestal e quadros de distribuição pedestal (QDP) são utilizados para alimentação dos consumidores.

A figura 13 apresenta um transformador do tipo pedestal e um QDP para instalação em condomínios.

FIGURA 13 - TRANSFORMADOR PEDESTAL E QDP



FONTE: Adaptado de COMTRAFO/ HOLEC (2020).

Rede mista ou mergulhada – a rede de média tensão é construída em padrão aéreo, geralmente no entorno do condomínio e transformadores convencionais são instalados nos postes. Partindo do Quadro de Distribuição Pedestal (QDP), nesta configuração somente a rede de baixa tensão é enterrada.

A Figura 14 apresenta um transformador convencional instalado em rede aérea utilizado para alimentar um QDP.

FIGURA 14 – TRANSFORMADOR INSTALADO EM POSTE



FONTE: O autor (2020).

A definição da concepção escolhida geralmente é realizada pelo empreendedor em função do custo e da disponibilidade de espaço para locação dos equipamentos no interior do condomínio, a aceitação ou não desta cabe a concessionária.

3.2 Procedimentos e critérios básicos para elaboração de projetos.

Para que se tenha um projeto de qualidade é desejável que a concessionária da região onde este será apresentado disponibilize as diretrizes básicas para elaboração do mesmo.

Estes documentos devem ser de fácil acesso e o mais claro possível para se evitar erros de interpretação.

Baseado nestes documentos, o projetista irá apresentar o projeto para análise e entre as concessionárias é consenso que estes devem conter no mínimo:

- memorial descritivo
- projeto da rede primária
- projeto da rede secundária
- projeto civil básico
- projeto civil estrutural
- arranjos e detalhamentos

3.2.1 Memorial descritivo

Um bom projeto deve possuir as informações necessárias para viabilizar sua execução; cálculos, especificações de materiais, procedimentos, normas utilizadas, documentos referentes ao empreendimento são alguns dos itens que um bom memorial deve apresentar.

A Tabela 1 mostra uma comparação entre os itens que as concessionárias solicitam em seus memoriais descritivos ou como documentos complementares ao projeto.

TABELA 1 – MEMORIAIS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES SOLICITADOS PELAS CONCESSIONÁRIAS

ITENS	AES	Celpa	Cemig	Copel	CPFL	Elektro	Energisa
Descrição básica	X	X	X	X	X	X	X
Planta do loteamento	X	X	X	X	X	X	X
Projeto aprovado (município)				X			
Cronograma		X		X	X	X	X
Áreas comuns		X		X	X	X	X
Demandas adotadas	X	X	X	X	X	X	X
Arranjos	X	X	X				
Especificação de matérias e equipamentos	X	X		X	X	X	X
Parâmetros de projeto	X	X	X	X	X	X	X
Autorizações e licenças		X	X	X	X		
Diagramas unifilares	X			X			X
Matérias e mão de obra			X	X	X	X	X
Empreiteira contratada				X			
Levantamento interferências			X		X	X	X
Características edificações					X		X
Outros serviços					X	X	X

FONTE: O autor (2020)

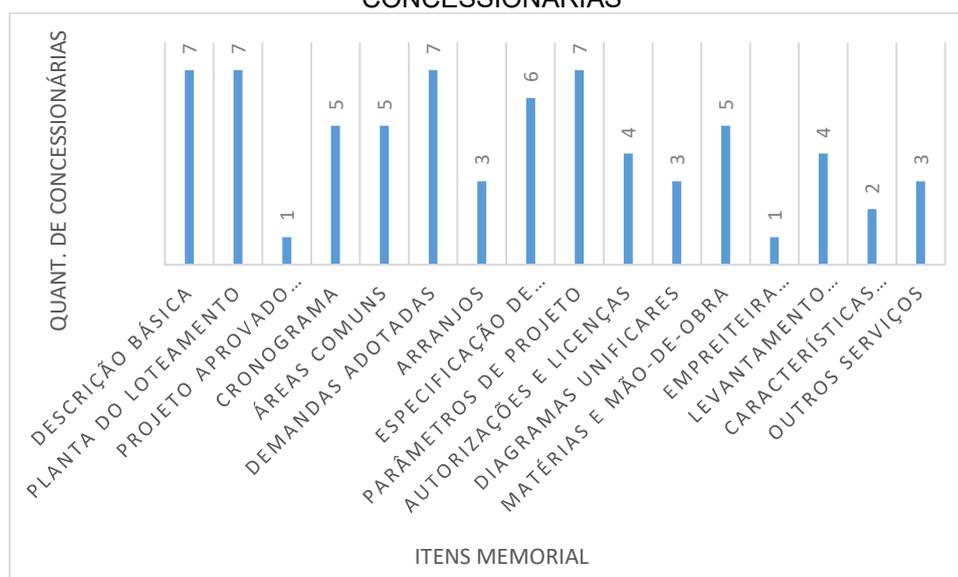
Nesta tabela é possível perceber que alguns itens são comuns a todas as concessionárias:

- descrição básica - define o tipo de projeto, a finalidade e as características do local;
- planta do loteamento - elemento necessário para o planejamento e execução do projeto de rede subterrânea;
- demandas adotadas - utilizada para dimensionamento de cabos e equipamentos;

- parâmetros de projeto – são os parâmetros utilizados nos cálculos apresentados, tais como ampacidade, resistência de aterramento, correntes de curto, máxima queda de tensão, entre outros.

No gráfico da Figura 15 visualizam-se de forma mais clara os itens cobrados pelas sete concessionárias citadas.

FIGURA 15 - MEMORIAIS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES SOLICITADOS PELAS CONCESSIONÁRIAS



FONTE: O autor (2020)

3.2.2 Projeto da rede primária

O circuito primário deverá ser trifásico, radial e sua configuração definida em função das características do atendimento.

No caso do atendimento a condomínios o que define a necessidade de recurso é a quantidade de consumidores: único ou múltiplos; a soma da potência dos transformadores e a distância entre a estrutura de transição e o(s) consumidor(es).

A rede primária, geralmente, provém de um arranjo aéreo e para que a rede subterrânea se conecte a mesma uma estrutura de transição é montada na área externa do empreendimento.

Na Figura 16 vê-se uma estrutura de transição montada para atendimento a um condomínio na cidade de Maringá – PR.

FIGURA 16 - ESTRUTURA DE TRANSIÇÃO MT (REDE AÉREA X REDE SUBTERRÂNEA)



FONTE: O autor (2020).

Na Figura 17 pode-se ver as chaves que são utilizadas para proteger e/ou isolar o condomínio, os para-raios que tem a função de proteger os circuitos contra sobretensões, as muflas que são utilizadas para realizar o conexão entre o cabo da rede aérea e o cabo da rede subterrânea de forma segura e o cabo de média tensão.

FIGURA 17 - COMPONENTES DE ESTRUTURAS DE TRANSIÇÃO EM MÉDIA TENSÃO

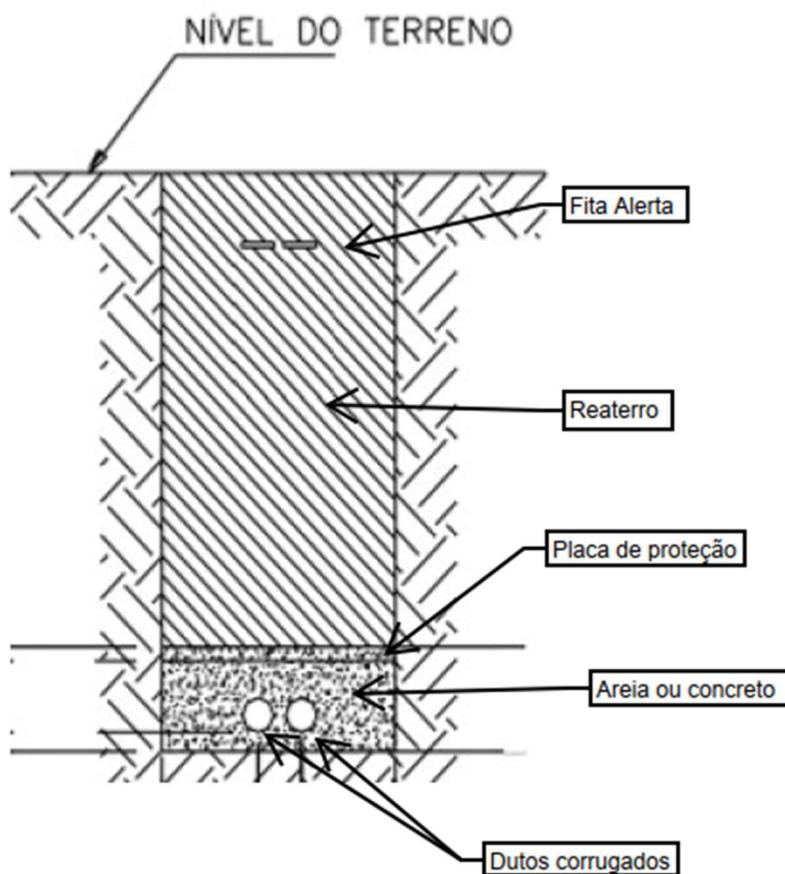
**Chave Faca****Chave Fusível****Para-raio****Mufla****Cabo de média tensão**

FONTE: Adaptado Google Imagens (2020).

O traçado da rede primária de distribuição subterrânea de energia deve ser projetado preferencialmente pela rua; os dutos corrugados devem ser enterrados a uma distância não inferior a 0,8 m do piso acabado e cobertos com placa de proteção ou envelopados em concreto, conforme a necessidade.

Na Figura 18 é ilustrado um banco de dutos para rede primária genérico.

FIGURA 18 - BANCO DE DUTOS GENÉRICO



FONTE: Adaptado de CELPA (2020).

3.2.3 Projeto da rede secundária

Em condomínios residenciais, as redes secundárias deverão ser trifásicas, radiais e derivar de um QDP que esteja conectado a um transformador pedestal alimentado, geralmente, em 13,8 kV.

Estes equipamentos podem ser vistos na Figura 13.

Os circuitos secundários de distribuição subterrânea de energia são constituídos de cabos em cobre ou alumínio, isolados, radiais e com distância máxima definida pela concessionária. Estes seguem pelo banco de dutos até a caixa do RDM e partir desta é realizada a conexão com o ramal do cliente.

A Tabela 2 apresenta as distâncias e quedas de tensão adotadas pelas concessionárias.

TABELA 2 - DISTÂNCIA MÁXIMA REDE SECUNDÁRIA E QUEDA DE TENSÃO

CONCESSIONÁRIA	DISTÂNCIA	Queda máx. (%)
AES	Máximo 200 m	3
Celpe	Máximo 400 m	5
Cemig	Máximo 150 m	4
Copel	-	3,5
CPFL	Máximo 200 m **	3
Elektro	Máximo 200 m	5
Energisa	Máximo 200 m	5

** Distância para tensão 220 V

FONTE: O autor (2020)

O traçado da rede secundária de distribuição subterrânea de energia deve ser projetado preferencialmente pela calçada; os dutos devem ser enterrados a uma distância não inferior a 0,6 m do piso acabado e cobertos com placa de proteção.

Nos casos onde houver necessidade de travessia de ruas a distância mínima para enterrar a rede passa a ser 0,8 m do piso acabado.

3.2.4 Projeto civil básico

O projeto civil básico deverá apresentar informações sobre os bancos de dutos que serão construídos para possibilitar a passagem dos cabos de média e baixa tensão, fitas de advertência, caixas de passagem, caixas de derivação, caixas para instalação de equipamentos, caixas base para transformador e caixas base para QDP.

Os dutos que serão instalados nestes bancos devem ser de polietileno de alta densidade – Pead, corrugado flexível em rolo ou barras de 6 m e atender a NBR 15.715. Esta NBR trata dos métodos de ensaio e requisitos para fabricação e recebimento de dutos utilizados em infraestrutura elétrica e/ou de telecomunicação.

Informações como a bitola, quantidade de dutos por banco, dimensões do banco e o tipo de envelopamento também devem estar descritas no projeto básico.

Na Figura 19 pode ser visto um duto corrugado com a inscrição gravada conforme determina a NBR 15.715.

FIGURA 19 - DUTO CORRUGADO COM INSCRIÇÃO GRAVADA CONFORME NBR 15.715



FONTE: Adaptado de Google Imagens (2020).

As informações da fita de advertência como medidas, modelo adotado e a distância que a mesma deve ser instalada em relação à placa de proteção devem estar presentes no projeto básico.

Esta fita é utilizada para sinalizar o local onde os dutos estão enterrados e prevenir acidentes em uma possível escavação. Abaixo da fita são instaladas placas de proteção em concreto que são responsáveis pela proteção mecânica dos dutos.

A Figura 20 mostra a utilização de fita para sinalização em banco de dutos.

FIGURA 20 - FITA UTILIZADA PARA SINALIZAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES



FONTE: Adaptado de Google Imagens (2020).

As placas de proteção são utilizadas caso os dutos estejam envelopados em areia.

As caixas são destinadas à instalação de equipamentos, realização de emendas, instalação de desconectáveis, mudanças de direção e limitação do comprimento do trecho do banco de dutos.

Além das caixas, o tipo de base para transformador e a base do QDP que será instalada também são descritos.

Neste projeto, o local de instalação, as dimensões, o acesso para instalação e retirada e espaços destinados à instalação de aterramentos deverão ser informados.

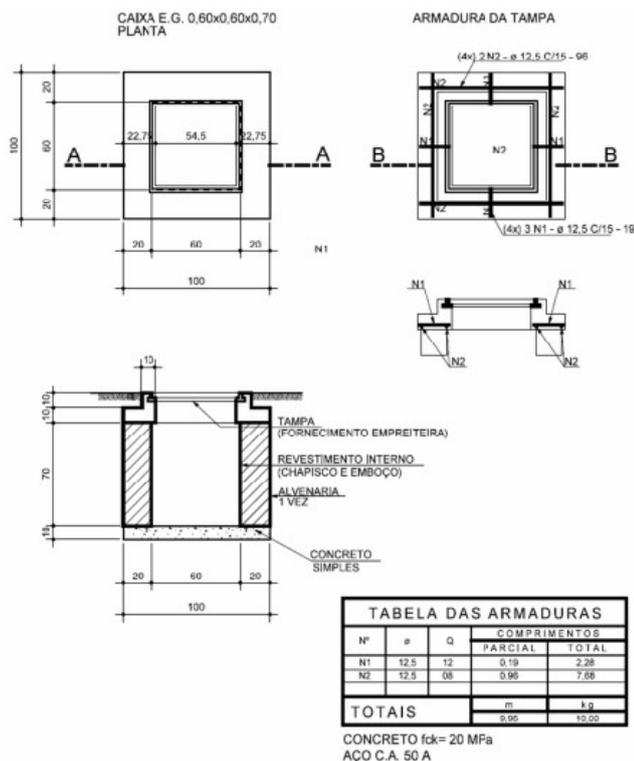
3.2.5 Projeto civil estrutural

Todas as concessionárias pesquisadas solicitam a apresentação de todos os projetos, memoriais de cálculo e cópia da ART do responsável por todas as caixas, bases para transformador, bases para QDP e placas de concreto para proteção mecânica dos dutos que serão aplicadas na execução.

Algumas, como CELPA e CPFL, fornecem desenhos orientativos aos projetistas ou informam os fornecedores homologados em seu *site*, porém não isentam o empreendedor e projetista responsável por eventuais problemas decorrentes do uso de material de má qualidade ou erros nos cálculos estruturais.

Na Figura 21 há um exemplo de projeto de caixa de passagem utilizada em condomínios e disponibilizada pela Copel como modelo.

FIGURA 21 – DESENHO ORIENTATIVO DE CAIXA DE PASSAGEM PARA CABOS



FONTE: Adaptado de NTC 810102 Copel (2020).

Geralmente pranchas com detalhes de equipamentos, detalhes arquitetônicos ou informações que o projetista julgue necessárias para melhor compreensão do projeto podem ser apresentadas ou solicitadas pela concessionária, uma prancha geral com projeto elétrico e civil na mesma planta também deve ser apresentada para compreensão do todo.

3.2.6 Arranjos e recursos para contingência

O tipo de arranjo a ser utilizado em condomínios é escolhido em função das características das cargas.

As configurações típicas são radial simples e radial com recurso. A necessidade do recurso é avaliada em função da potência instalada, da quantidade de consumidores e da distância do ponto de derivação até o ponto de atendimento.

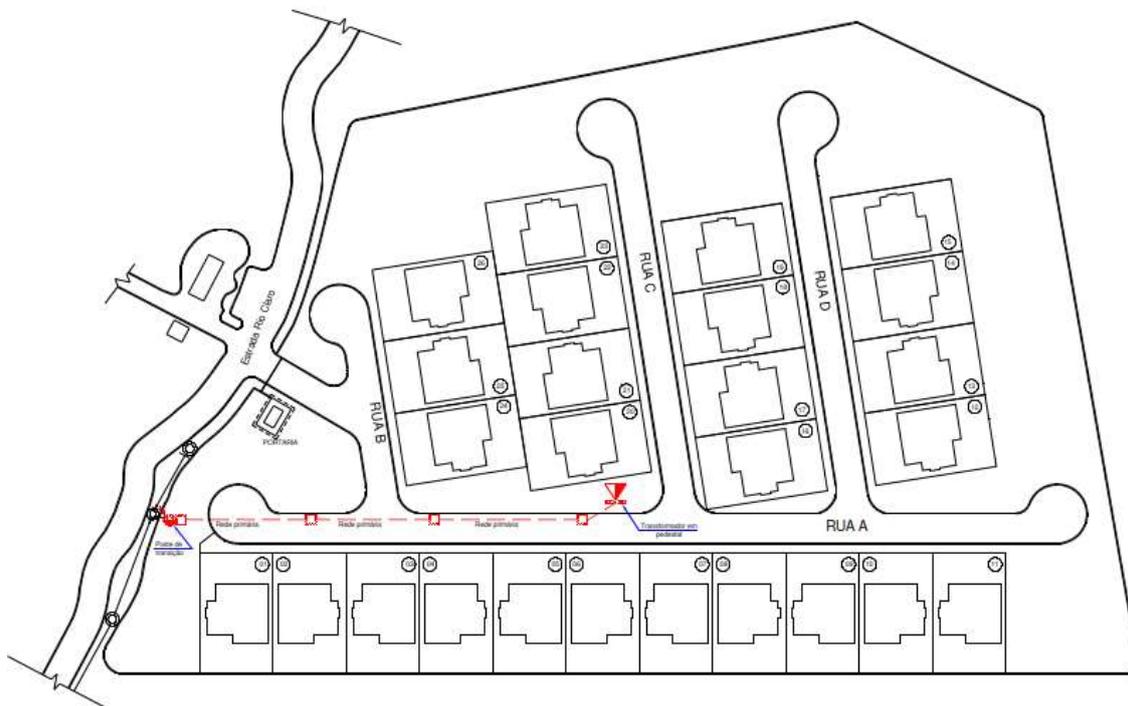
Como exemplo pode-se citar as concessionárias AES, CPFL, Elektro e Energisa que consideram que o recurso pode ser dispensado se a rede subterrânea alimentar uma única instalação, seja ela consumidor ou transformador, e a distância do trecho primário não for superior a 150 m.

A Copel dispensa a utilização de recursos para cargas, cuja potência de transformação seja menor ou igual a 500 kVA

A CELG utiliza este arranjo apenas onde a carga não exige alto grau de confiabilidade e para atendimento a locais com baixa densidade de carga, este arranjo possibilita a conexão de até quatro transformadores.

A Figura 22 apresenta a configuração radial sem recurso adotada pela Elektro.

FIGURA 22 – CONFIGURAÇÃO RADIAL SEM RECURSO UTILIZADA PELA ELEKTRO EM CONDOMÍNIOS

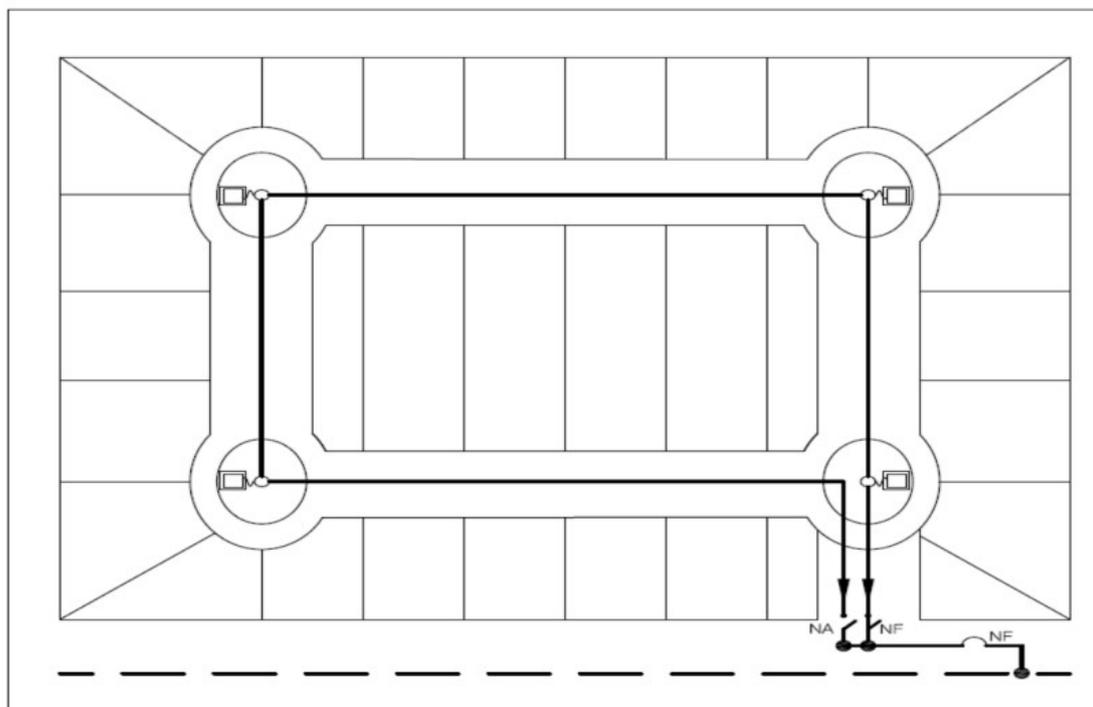


FONTE: Adaptado de Elektro (2020).

Como pode-se ver existe um único ponto de conexão entre a rede aérea, externa ao condomínio e a rede subterrânea representada em vermelho.

Na Figura 23 há um exemplo de configuração radial com recurso adotada pela AES.

FIGURA 23 – CONFIGURAÇÃO RADIAL COM RECURSO UTILIZADA PELA AES EM CONDOMÍNIOS



FONTE: Adaptado de AES (2020).

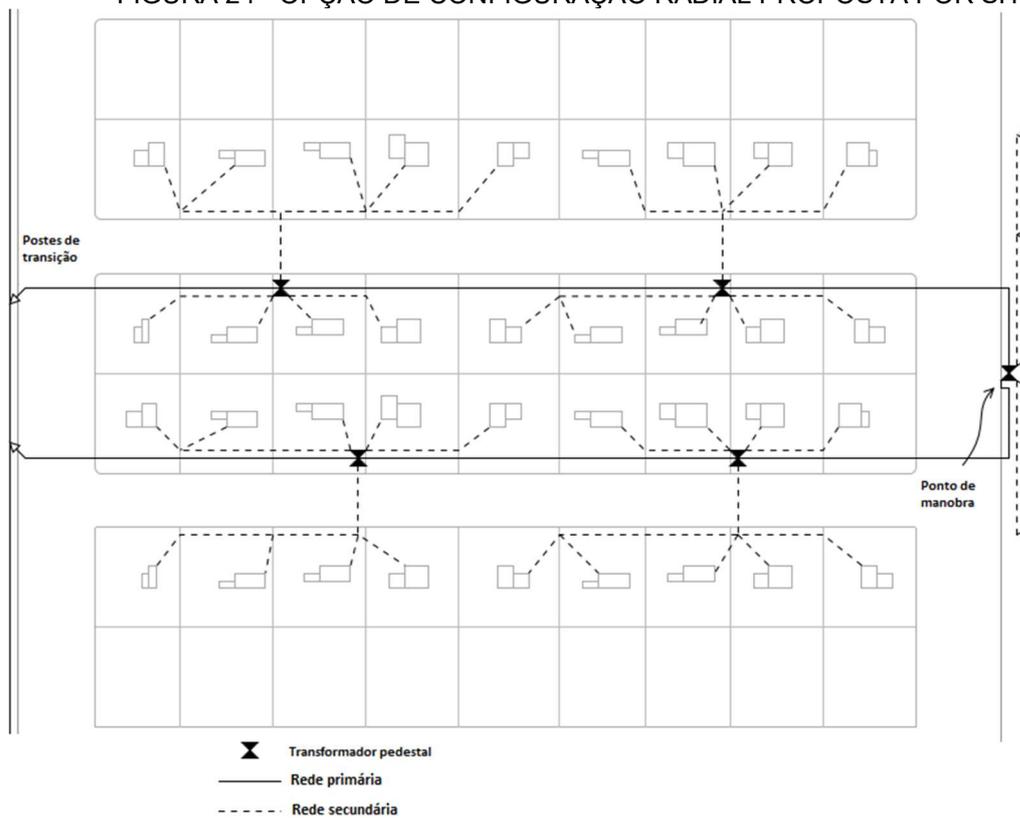
Na configuração radial com recurso um anel é criado e em caso de defeito em um ponto da instalação existe a possibilidade de isolá-lo realizando manobras nas chaves posicionadas na entrada do condomínio.

Outra possibilidade que pode ser utilizada no atendimento a condomínios é proposta por Short (2003), em que o transformador pedestal é utilizado com ponto de manobra.

A Figura 24 mostra como a configuração proposta por Short pode ser realizada. Deve ser utilizado um transformador pedestal de seis buchas e ao invés de ficar conectado em série como os outros transformadores existentes na rede, um lado fica “aberto”, com os TDCs - Conector Desconectável Cotovelo, tamponados e descansando no berço.

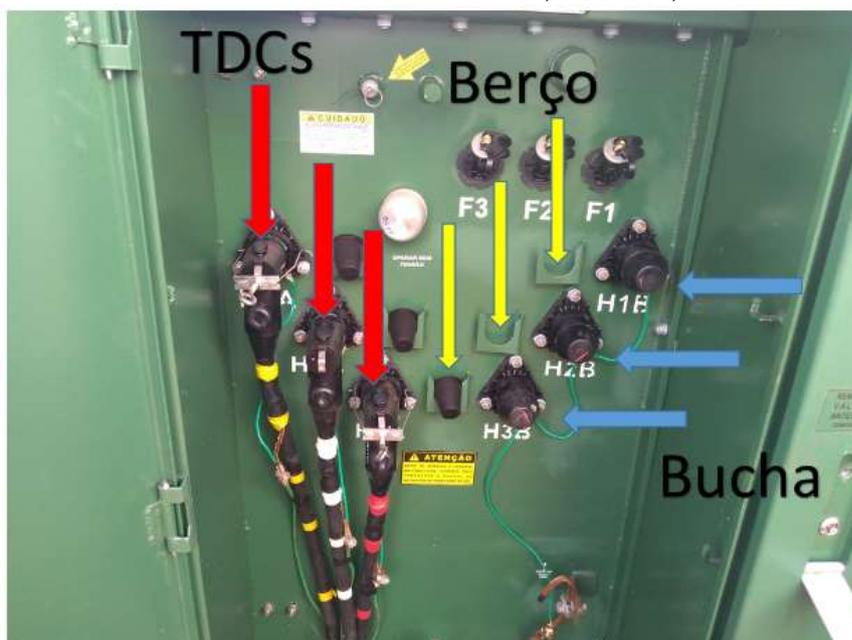
A Figura 25 apresenta um transformador pedestal onde é possível visualizar suas buchas, os TDCs e o berço.

FIGURA 24 - OPÇÃO DE CONFIGURAÇÃO RADIAL PROPOSTA POR SHORT



Fonte: Adaptado de Short (2003)

FIGURA 25 - TRANSFORMADOR PEDESTAL, BUCHAS, TDCs E BERÇO



FONTE: O autor (2020).

3.3 Tratamento de dados e avaliação de confiabilidade

3.3.1 Tratamento de dados

A escolha das técnicas para análise e tratamento dos dados tiveram como base ferramentas da qualidade que são amplamente utilizadas quando se deseja coletar, processar e dispor de informações claras.

Segundo Miguel (2006) e Mata-Lima (2007), quando se necessita de apoio à decisão na análise de um determinado problema ou identificar a causa raiz e solução do mesmo, estas ferramentas apresentam grande potencial.

Faesarella *et al.* (2006) e Miguel (2006) apresentam em suas publicações as ferramentas da qualidade mais tradicionais, que são sete: análise de pareto, diagrama causa e efeito, histograma, gráfico de dispersão, folha de verificação, fluxograma e carta de controle.

Com o propósito de categorizar e possibilitar uma análise das principais dificuldades levantadas através das informações coletadas com os analistas de projetos e obras de redes de distribuição subterrânea de energia da DPONRO, a ferramenta diagrama causa e efeito, também conhecida como diagrama de *Ishikawa* foi escolhida.

A metodologia aplicada para elaboração da mesma foi realizada conforme descrito em Faesarella *et al.* (2006).

A escolha desta ferramenta se deu pelas observações realizadas em publicações que buscavam analisar e identificar as causas de um problema, conforme apresentado nos estudos a seguir.

Com base nos estudos de Ramos (2000), este diagrama possibilita a representação através de linhas e símbolos de situações complexas que seriam difíceis de descrever somente por palavras.

Zapata e Villegas (2006) afirmam que um diagrama de causa-efeito bem elaborado possibilita ter uma visão clara e detalhada de um problema complexo.

A metodologia utilizada para a análise dos dados apresentados foi a 6M; esta nomenclatura é dada pelo nome das principais categorias das causas: mão de obra, máquina, materiais, método, medidas e meio ambiente. Este método, desenvolvido por Ishikawa, ou suas variantes, é utilizado para ordenar e distinguir as causas

primárias de um problema e associadas a estas; subdivisões são criadas para identificar as causas secundárias (VARELA, 2020).

3.3.2 Avaliação da confiabilidade

Para avaliar a confiabilidade de um instrumento de medição podem ser utilizados diversos procedimentos, dentre estes estão: confiabilidade por teste e reteste, método das formas alternativas ou paralelas, medida de consistência interna e método da divisão pelas metades. A maioria deles apresenta resultados que variam entre 0 e 1, em que 0 significa confiabilidade nula e 1 significa confiabilidade máxima (SAMPIERI *et al.*, 2010, p. 207).

Para determinar a confiabilidade do questionário aplicado aos profissionais das empresas de engenharia que prestam serviços à Copel, foi utilizado o método *Split-half* ou método da divisão pelas metades em conjunto com a fórmula de *Spearman-Brown*.

Este método consiste em dividir o teste aplicado em duas metades, avaliar a relação existente entre as respostas, encontrar o coeficiente de correlação de Pearson (r) e aplicar a fórmula de *Spearman-Brown* para avaliar a confiabilidade do teste completo, tendo em vista que o valor encontrado pela correlação de Pearson (r) reflete a avaliação de meio teste (BROWN, 2002).

O coeficiente de correlação de Pearson é utilizado quando se deseja avaliar a existência da relação entre duas variáveis. Para Filho e Júnior (2009), o coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis.

A equação (1) representa a fórmula do coeficiente de correlação de Pearson:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{S_y} \right) \quad (1)$$

em que:

r = coeficiente de correlação;

n = número de observações da amostra;

x e y = variáveis;

\bar{X} = média aritmética de X;

\bar{Y} = média aritmética de Y;

S_x = desvio padrão total de X da amostra; e

S_y = desvio padrão total de Y da amostra.

Filho e Júnior (2009) discutem o conceito da correlação de Pearson (r), apresentam a faixa de valores para “ r ” que podem variar de -1 a 1 e explicam que quanto mais próxima dos extremos maior é a relação linear entre as variáveis.

Ibujes (2011), Dancey e Reidy (2005) e Brown (1996) afirmam que uma correlação forte deve apresentar valores entre 0,7 e 1, positivo ou negativo a depender da análise que está sendo feita.

A equação (2) apresenta a fórmula de *Spearman-Brown*

$$r_{xx} = \frac{n \times r}{(n - 1)r + 1} \quad (2)$$

em que:

r_{xx} = confiabilidade do teste completo;

r = correlação entre as duas partes do teste; e

n = número de vezes que o teste foi aumentado.

Para Brown (1996), a utilização deste método apresenta a vantagem de ser possível determinar a confiabilidade aplicando apenas um questionário, uma única vez, e isto evita o trabalho e a complexidade envolvida no teste-reteste ou a utilização de estratégias equivalentes.

Em um artigo publicado no *JALT Testing & Evaluation SIG*, Brown (2001) responde a três questões relativas à publicação de Hirai (1999) e afirma que a fórmula de *Spearman-Brown* é utilizada para ajustar a confiabilidade encontrada no meio teste para o teste completo.

Martins (2005), Hora *et al.* (2010) e Díaz [2018?] também apresentam o método do divisão pela metade como ferramenta para calcular a correlação entre as questões em teste aplicados nas mais diversas áreas.

Martins (2005) diz que um instrumento de medida é confiável quando se pode medir ou quantificar um objeto ou indivíduo mais de uma vez e existe constância nos

resultados. O artigo apresenta, exemplifica e discute critérios que comprovam o grau de confiabilidade através da aplicação de técnicas como o coeficiente alfa de Crombach, teste-reteste, formas equivalentes e metades partidas aplicadas às ciências contábeis.

Hora *et al.* (2010) fazem uma análise da confiabilidade de questionários utilizados para medir a qualidade de serviços em geral. Definições de confiabilidade e os métodos para estimá-la são apresentadas e dentre estes métodos está a divisão pela metade.

Díaz [2018?] afirma que é possível se comprovar a confiabilidade de um instrumento de investigação através de cinco provas: confiabilidade por teste-reteste, método de formas equivalentes, método da divisão pelas duas metades, coeficiente alfa de Cronbach e coeficiente KR-20.

Conforme apresentado, a utilização de ferramentas para tratamento dos dados junto a métodos que possibilitem comprovar a confiabilidade do instrumento de teste são de extrema importância para cumprir os objetivos propostos.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Metodologia da pesquisa

Os estudos apresentados nesta seção foram selecionados utilizando o processo de seleção de portfólio bibliográfico de Ensslin et al. (2010).

Para que fosse possível a seleção dos artigos, dois eixos principais de pesquisa foram definidos e combinações de palavras-chaves associadas a estes eixos foram utilizadas para realizar uma busca na base de dados do *Google Scholar*, utilizando o software *Publish or Perish*.

A Tabela 3 apresenta os eixos e palavras-chaves e na Tabela 4 são apresentadas as combinações realizadas.

TABELA 3 – EIXOS E PALAVRAS-CHAVES UTILIZADOS

EIXO	ID	PALAVRAS CHAVES
Distribuição de energia	A	Redes de distribuição subterrânea
	B	Normas técnicas
Validação de pesquisa	I	Tratamento de dados
	II	Confiabilidade

FONTE: O autor (2020)

TABELA 4 - COMBINAÇÕES REALIZADAS

Pesquisa	Combinação	Total de artigos por combinação
1	A+I	996
2	A+II	999
3	B+I	1000
4	B+II	1000
5	A+B	1000
6	I+II	997
Total de artigos		5992

FONTE: O autor (2020)

O software foi parametrizado para apresentar documentos publicados entre os anos 2000 e 2020.

A partir das combinações propostas, um banco bruto com 5.992 documentos foi criado e os resultados exportados para o software *Mendeley*.

Utilizando as ferramentas disponíveis no software, os documentos duplicados foram eliminados e uma varredura foi realizada neste novo banco com o intuito de

eliminar publicações que não tivessem aderência ao tema proposto, criando um novo banco com 2.777 documentos.

O passo seguinte foi a leitura e avaliação dos títulos para verificar o alinhamento com o tema proposto que resultou em um banco com 249 artigos e para finalizar, todos os resumos deste banco foram lidos, restando um banco final com 36 artigos.

No item 4.2 serão apresentados os artigos mais alinhados ao tema proposto nesta dissertação.

4.2 Documentos alinhados ao tema

Os estudos que tratam da elaboração de normas específicas para redes de distribuição são bem escassos; dentre estes, Inssaurriaga (2015) que propõe um estudo comparativo de normas técnicas, para implantação de micro e minigeração distribuída, focado na análise do sistema de proteção, controle e monitoramento.

Inssaurriaga apresenta como principal justificativa para seu trabalho o fato de a geração distribuída ser um assunto recente no país e partindo do princípio que as redes de distribuição foram projetadas para trabalhar de forma passiva, avalia o impacto da geração distribuída conectada às redes de distribuição. As vantagens e desvantagens desta conexão foram apresentadas e uma análise comparativa foi realizada apresentando os principais pontos para GD de até 1 MW de potência comparando os procedimentos de dez concessionárias e o PRODIST.

Donadon (2010) expõe uma proposta de norma para conexão de fontes de geração distribuída à rede de baixa tensão; as principais barreiras apontadas pelo autor são o custo, a disponibilidade e a falta de *know-how* dos envolvidos (governo e sociedade). Um levantamento do estado da arte e uma análise de dados obtidos em testes de operação destas fontes foi realizada; após esta análise foram elencados os tópicos mais relevantes para construção da norma.

Donadon (2010) justifica que apesar de o Brasil possuir um ambiente naturalmente propício para o crescimento da geração distribuída, faltam regras claras de incentivo e normas técnicas de conexão.

Por sua vez, Camargo (2017) realizou uma análise comparativa de normas técnicas de fornecimento em baixa tensão em diferentes regiões geográficas do Brasil

e apresentou as divergências existentes apesar de todas as normas analisadas se basearem na NBR 5410.

Através da análise de normas técnicas de sete concessionárias da região Sudeste, Camargo (2017) propõe um estudo de caso para instalação de um padrão de entrada de serviço e apresenta uma análise técnico/financeira. O trabalho abordou a falta de adoção de um procedimento único, mesmo para concessionárias da mesma região geográfica, que acarretam em variações de custo e podem influenciar na escolha de determinada região para implantação de um empreendimento.

Villela *et al.* (2008) apresentaram uma abordagem sobre os novos padrões de redes de distribuição para áreas densamente urbanizadas. O estudo avaliou os impactos causados pelas obras civis, as solicitações de melhoria estética e a necessidade de compatibilizar a legislação da cidade de São Paulo com o custo e as necessidades técnicas de uma obra subterrânea.

O desenvolvimento do trabalho por Villela *et al.* (2008) foi dividido em oito etapas que consistiam em:

- realizar um levantamento bibliográfico com o intuito de avaliar as práticas utilizadas no Brasil e em outros países na construção de redes subterrâneas;
- verificar as restrições de Uso e Ocupação de Solo através da comparação de exigências ambientais e urbanísticas praticadas no estado;
- reavaliar a concepção básica do sistema, esta análise foi feita visando propor agilidade na localização e reestabelecimento caso houvesse um defeito;
- otimizar o uso de transformadores e câmaras;
- diminuir os custos das obras civis, através de estudos comparativos entre instalações em galerias ou a utilização de dutos poliméricos diretamente enterrados;
- avaliação dos dispositivos de manobra e proteção disponíveis e sua aplicação;
- elaborar de novos procedimentos de projeto, operação e manutenção;
- construir uma rede piloto tendo como premissa básica para elaboração do projeto a utilização no novo padrão de matérias e equipamentos;

Como resultado, foram apresentadas técnicas para construção, operação e manutenção aplicáveis a locais com grande fluxo de pessoas e elevada sensibilidade a distúrbios causados por obras, além de possibilitar a modernização de padrões aplicáveis em situações menos críticas.

A Nota Técnica nº 0098/2014-SRD/ANEEL apresenta uma discussão sobre investimentos e uma avaliação da necessidade de aprimoramento na regulação da RDS. Esta nota avalia as diversas iniciativas que tem o objetivo de obrigar as empresas de infraestrutura a enterrar suas redes aéreas urbanas, principalmente para o setor de distribuição de energia elétrica.

As vantagens e desvantagens do enterramento das redes de distribuição são discutidas e um ponto importante é apresentado a necessidade de realizar o planejamento e o gerenciamento destas obras de forma centralizada, haja visto que o sucesso deste enterramento depende do envolvimento de outras concessionárias de serviços públicos como, telefonia e TV a cabo.

Para obter subsídios para realização deste estudo um seminário intitulado *Sistemas Subterrâneos de Distribuição: Aspectos regulatórios*, foi realizado pela ANEEL em setembro de 2013 e contou com a participação de 109 participantes e oito palestrantes.

Aspectos técnicos, econômicos e regulatórios foram discutidos e dados de levantamentos realizados entre 2001 e 2012 apontaram que o investimento na expansão de RDS é muito pequeno quando comparado a outros sistemas de redes de distribuição, a previsão de investimentos em RDS para o período de 2013 a 2017 não era animadora, apenas 1% de todo o investimento realizado pelas distribuidoras seria destinado às redes de distribuição subterrânea. Neste documento, o art. 44 da Resolução Normativa REN nº 414, de 9 de setembro de 2010, é citado para explicitar que um projeto de enterramento pode ser solicitado pelo consumidor e o custo atribuído a esta obra será de exclusiva responsabilidade do interessado.

O item 2 desta nota técnica, que trata do cenário para o enterramento de redes no Brasil, entre outros itens, apresenta a obrigatoriedade destas redes serem construídas seguindo padrões e normas, porém a falta de normatização acerca de redes subterrânea por parte de algumas distribuidoras e a falta de uma norma ABNT é citada como possível empecilho.

No item 3 que trata da Regulação e o papel da ANEEL, algumas questões para as distribuidoras e consumidores são levantadas e uma discussão com a

sociedade e os agentes interessados é recomendada para identificar a falta de incentivos e eventuais barreiras para o enterramento das redes.

Um estudo semelhante é apresentado por Martin (1999). Este traz um relatório elaborado pelo *Legislative Reference Bureau* do Havaí, em resposta à solicitação feita através da *Senate Concurrent Resolution No. 30, S.D. 1*, em que este escritório deve conduzir um estudo sobre instalações subterrâneas de serviços públicos em geral.

O relatório, dividido em quatro capítulos, trata da construção e conversão dos serviços públicos e aborda temas específicos como tipos de linhas; localização; benefícios das redes subterrâneas; custos; sentimento público; questões tecnológicas e questões jurídicas.

Para a conversão o relatório foca nas soluções apresentadas pela *California Public Utility Commission*, comissão esta que vem estabelecendo, há 30 anos, diretrizes para os condados e exigindo que as concessionárias participem com 2% de sua receita bruta para a conversão de sistemas públicos aéreos em subterrâneos.

Este relatório apresenta também qual é o tratamento dado a este assunto fora da jurisdição do *Legislative Reference Bureau* do Havaí e sugere algumas alternativas para abordar os problemas encontrados, como fornecer ferramentas para que se cumpra a legislação; envolver todos os interessados em audiências públicas e criar o *one-call system*, um número de telefone que deverá ser obrigatoriamente consultado em casos de escavações nas áreas públicas.

Pérez e Garcia (2008) apresentam uma análise do estado atual da rede subterrânea na cidade de Pereira, na Colômbia.

A análise é feita em cinco circuitos do centro da cidade através de inspeções visuais e fotografias. Dentre os principais problemas encontrados, os mais comuns elencados por eles são: falhas em emendas; sujeira e a grande quantidade de cabos e dutos de empresas de telecomunicações, serviços de TV, água e esgoto; manuseio incorreto do cabo tendo em vista que estes cabos não podem ser dobrados por causar danos em sua isolação; a presença de roedores e outros animais peçonhentos nas caixas; a vida útil dos cabos e o roubo de cabos.

Neste trabalho um capítulo é dedicado à comparação da norma da *EEP - Empresa de Energía de Pereira* com a de outras duas empresas de energia da Colômbia, a *EPM – Empresas Públicas de Medellín* e a *CHEC - Central Hidroeléctrica de Caldas*, que também pertence ao grupo EPM.

Os principais temas tratados são os dutos, as câmaras, os cabos, as derivações, as emendas e os acessórios.

Além da comparação feita entre as normas das referidas empresas, os autores apresentam as condições técnicas que garantem a segurança nos processos de geração, transmissão, transformação, distribuição e utilização da energia elétrica em todo o território da Colômbia definidas pelo RETIE - *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*.

Short (2004), em seu livro intitulado *Electric Power Distribution – Handbook*, traz informações e orientações para a escolha, dimensionamento e configuração de equipamentos pertencentes à rede de distribuição. A confiabilidade e a qualidade da energia também recebem atenção especial, pois de acordo com o autor o desempenho do sistema de distribuição é responsável por mais de 90% da confiabilidade dos serviços ao cliente.

O autor afirma que o sistema de distribuição, apesar de mais crítico em termos de efeito na confiabilidade e qualidade do serviço, é o que menos recebe atenção quando comparado aos sistemas de geração e transmissão. Os clientes estão pressionando as concessionárias por um sistema confiável e com menor impacto visual e as redes subterrâneas de distribuição de energia podem ser uma das soluções para estes anseios.

Dentre os assuntos abordados, o autor dedica um capítulo às redes subterrâneas e trata de assuntos como redes em condomínios, sistemas urbanos, instalações, configurações, localização de falhas e apresenta comparação entre redes aéreas e subterrâneas que é mostrada na Tabela 5.

TABELA 5 - AÉREA X SUBTERRÂNEA – VANTAGENS DE CADA SISTEMA

Aérea	Subterrânea
Custo – significativamente menor, especialmente o custo inicial.	Estética – ambiente mais limpo.
Vida útil – 30 a 50 anos	Segurança – menor chance de contato acidental.
Confiabilidade – tempo das interrupções é menor por ser mais fácil encontrar a falha e o reparo mais rápido.	Confiabilidade – quantidade significativamente menor de interrupções de curta e longa duração.
Carregamento – circuitos aéreos podem resistir a sobrecargas.	O&M – Custo de manutenção mais baixos (não há corte de arvores)
	Alcance maior – Menor queda de tensão porque a reatância dos cabos é menor.

Fonte: Adaptado de Short (2004)

Há outros trabalhos mais específicos onde são propostas análises comparativas e elaboração de normas e procedimentos para processos.

Silva (2005) explica as dificuldades para atender a lei 10267/2001, que trata da necessidade de georreferenciamento de imóveis rurais no Brasil, e realiza uma comparação entre a norma de georreferenciamento do Incra e normas internacionais de levantamentos com GPS; este estudo aborda soluções acadêmicas proposta por outros autores e compara com as normas existentes, apresenta os principais conceitos que envolvem o tema e propõe alterações nas Normas Técnicas para levantamentos topográficos.

Verni (2014) propõe a elaboração de um manual de procedimento baseado na norma ISO 9001:2000 que visa reduzir as falhas no processo de produção de uma determinada empresa. Neste estudo, Verni (2004) apresenta a hipótese de que as constantes falhas no processo de produção estão relacionadas com a falta de um procedimento devidamente documentado, através da descrição do problema e das causas que originam estas falhas; este realiza também a análise e o tratamento dos dados através de ferramentas utilizadas para identificar a causa raiz do problema.

Os estudos apresentados nesta seção demonstraram as dificuldades encontradas pelos autores e suas propostas para a criação ou alteração de normas,

guias e procedimentos, todos com o intuito de propor novas soluções ou aperfeiçoar práticas existentes.

5 MATERIAIS E MÉTODO

Nesta seção será demonstrado quais foram os procedimentos utilizados para o desenvolvimento do guia de boas práticas apresentado neste trabalho e os métodos utilizados para avaliá-lo.

5.1 MATERIAIS

Para alcançar os objetivos propostos nesta dissertação foi realizado um levantamento bibliográfico em teses, dissertações, artigos correlatos e livros na base de dados do *Google Scholar* utilizando o *software Harzing's Publish or Perish*, versão 7.

Também foi realizada uma pesquisa descritiva documental para levantamento de procedimentos e instruções técnicas adotadas pela Copel Distribuição S.A.

Dentre as normas técnicas Copel – NTC, foram consultadas as principais:

- NTC 841001 – Projeto de Redes de Distribuição Urbana.
- NTC 841005 – Desenhos de Redes de Distribuição,
- NTC 841100 – Projeto de Redes de Distribuição Compacta Protegida,
- NTC 841200 – Projeto de Redes de Distribuição Secundária Isolada,
- NTC 901100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição,
- NTC 903100 - Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição,
- NTC 917010 – Eletrodutos de aço carbono
- NTC 810082 – Transformador Pedestal
- NTC 810815/19 – Condutores multipolares para ramais de ligação de cobre.
- NTC 810021 - Cabo Isolado de Alumínio 0,6/1kV
- NTC 810086 - Especificação Técnica para cabos de alumínio isolados
- NTC 815052/54 - Cabo de Alumínio Isolado 12/20kV
- NTC 818200/01/05 - Barramento múltiplo isolado

- NTC 810091 - Acessórios Desconectáveis e Buchas desconectáveis – Especificação Técnica.
- NTC 810092 – Quadro de Distribuição Pedestal
- NTC 855107 – Estrutura de transição aérea subterrânea

Além destas normas, os manuais de instrução da Copel utilizados para elaboração desta dissertação, foram os seguintes:

- MIT 162601 – Projeto e Construção de Redes de Distribuição por Particular.
- MIT 162803 – Participação Financeira de Consumidor.
- MIT 163002 – Avaliação Técnica de Empreiteiras.
- MIT 163104 – Aterramento em redes de distribuição.
- MIT 163101 – Procedimentos para Execução de Obras.
- MIT 163802 - Montagem de Acessórios Desconectáveis para Cabos Isolados 15kV.
- MIT 163803 - Projeto e Construção de Rede primária subterrânea 15kV.
- MIT 163804 - Projeto e Construção de Rede secundária subterrânea.
- MIT 163805 - Critérios para atendimento e elaboração de projetos de rede subterrânea em condomínios e loteamentos horizontais.
- MIT 163806 - Programa e Permissão de Entrada em Espaços Confinados nas Redes Subterrâneas de Distribuição de Energia.
- MIT 163809 - Montagem de Terminações para cabos isolados.
- MIT 163811 - Condições Gerais para Empreendimentos por Particular com Redes de Distribuição Subterrâneas.

Com o intuito de verificar as melhores práticas adotadas, os documentos disponibilizados pelas principais concessionárias do país que possuem redes subterrâneas em seus padrões construtivos também foram analisados, dentre estes:

- Norma técnica de distribuição CEB NTD – 1.04 – Critérios de projetos e padrões de construção de RDS.
- Manual de procedimentos Celesc – I321.0039 – Travessia de vias com ramal ou rede de distribuição.

- Normas e padrões de redes de distribuição subterrânea CELPA – NT019.
- Manual de distribuição – Projetos de RDS – CEMIG.
- Projetos de rede de distribuição subterrânea – 15 kV – COELBA – PCD 01.08
- Norma Técnica CPFL – Rede de distribuição subterrânea para condomínios – Projeto civil.
- Norma Técnica CPFL – Rede de distribuição subterrânea para condomínios – Projeto elétrico.
- Elektro - Norma ND.46 – Critérios para projeto e construção de rede subterrânea em condomínios.
- Energisa – NDU-018 – Critérios básicos para elaboração de projetos de construção de redes subterrâneas em BT e MT
- Norma técnica CELG D - Critérios de projetos de redes de distribuição subterrâneas.

Para que fosse possível aplicar, analisar e avaliar o guia proposto, foram utilizados quatro projetos apresentados para análise visando o atendimento a condomínios residenciais.

Os dois primeiros projetos foram elaborados para possibilitar a alimentação de condomínios residenciais onde foi necessária a construção de rede sob um portal.

Nos dois últimos, os projetos foram elaborados para possibilitar o atendimento de consumidores em condomínios onde toda a rede interna foi executada no padrão subterrâneo.

5.2 MÉTODO

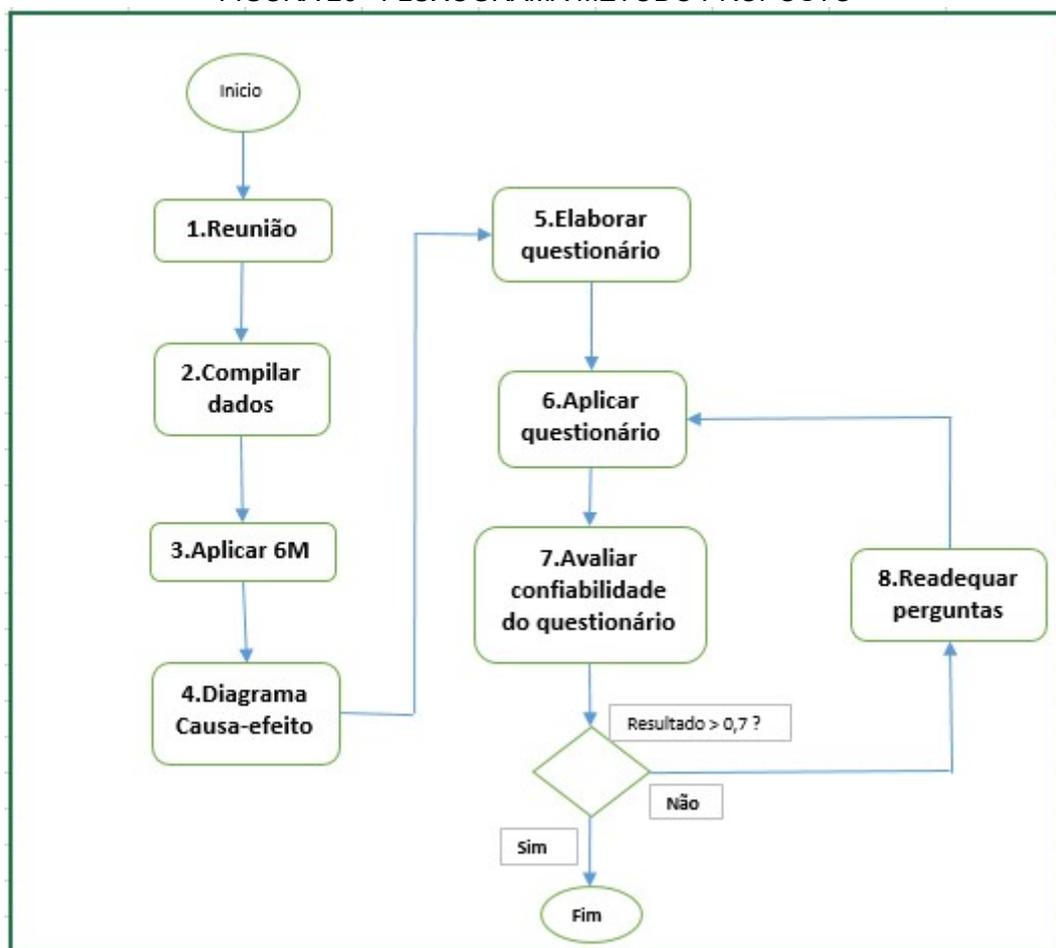
Para delimitar a área desta pesquisa todas as informações coletadas e apresentadas nesta seção foram fornecidas por profissionais que trabalham na Companhia Paranaense de Energia e por empresas de engenharia habilitadas para apresentar projetos e/ou executar obras na área de concessão da referida empresa.

A coleta de dados foi realizada entre os meses de junho e outubro de 2020 e o questionário aplicado nos meses de setembro e outubro do mesmo ano.

O fluxograma da Figura 26 tem a função de apresentar um resumo do método descrito nesta seção.

Na Tabela 6 é apresentada uma descrição do fluxograma.

FIGURA 26 - FLUXOGRAMA MÉTODO PROPOSTO



FONTE: O autor (2020).

TABELA 6 - DESCRIÇÃO DO FLUXOGRAMA APRESENTADO NA FIGURA 26

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO
1. Reunião para levantamento de dados	O levantamento se deu através de reuniões realizadas com os projetistas da equipe própria visando levantar as possíveis causas de erros encontrados em projetos elaborados por terceiros.
2. Compilar dados	Os dados foram compilados e as informações levantadas e separadas por categoria.
3. Aplicar 6M	Após a separação por categoria os itens foram alocados em um dos seis eixos.
4. Diagrama causa-efeito	Montou-se espinha de peixe, e os pontos levantados foram distribuídos nos respectivos eixos.
5. Elaborar questionário	Um questionário foi elaborado com o propósito de avaliar se os profissionais que submetem seus projetos à aprovação tinham a mesma percepção.
6. Aplicar questionário	O questionário foi aplicado utilizando ferramentas que proporcionaram facilidade de acesso para o entrevistado.
7. Avaliar questionário	A confiabilidade do questionário foi avaliada utilizando o método proposto por Brown.
8. Readequar perguntas	Caso a confiabilidade calculada ficasse abaixo de 0,7 (70%) seria necessário verificar e realizar recomendações propostas na aplicação do método.

FONTE: O autor (2020).

Com base na análise desta aplicação também foi possível realizar recomendações, verificar as melhores práticas adotadas por outras concessionárias e propor oportunidades de melhoria para o processo de elaboração e análise de projetos de RDS.

6 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentadas as análises e discussões sobre os resultados encontrados na aplicação do guia de boas práticas a quatro projetos de atendimento a condomínio.

O guia de boas práticas apresentado no Apêndice 2 desta dissertação tem o intuito de auxiliar os profissionais que trabalham com a elaboração de projetos e execução de obras de redes de distribuição subterrânea de energia elétrica.

Sua aplicação é destinada à elaboração de projetos para atendimento à condomínios residenciais horizontais, atendidos por redes trifásicas, em tensão primária de 13,8 kV e tensões secundárias de 220/127 V.

O guia está dividido em seis capítulos, os quatro primeiros apresentam os objetivos da utilização do mesmo, sua aplicação, definições dos principais termos utilizados e as principais normas e manuais de instruções utilizados como referência para sua elaboração.

O quinto capítulo aborda qual é o procedimento necessário para apresentar um projeto para análise, orienta os profissionais sobre a documentação mínima exigida e traz recomendações para o bom andamento do processo.

O sexto e último capítulo trata as opções de atendimento disponíveis para condomínios residenciais horizontais, que são três: travessia de portal, atendimento com rede de distribuição parcialmente enterrada e atendimento com rede de distribuição totalmente enterrada. Este capítulo está dividido entre elementos do projeto civil e elementos do projeto eletromecânico.

Para elementos do projeto civil, figuras ilustrativas de caixas de passagem, base para equipamentos, banco de dutos e elementos de sinalização e proteção são apresentados, além disso, detalhes orientativos e os módulos necessários para elaboração do orçamento são apresentados para auxiliar o profissional na elaboração do projeto.

Da mesma forma os elementos do projeto eletromecânico também são apresentados.

São abordados a utilização de transformadores, muflas, os tipos de cabos e suas especificações, os aterramentos, as chaves de proteção e manobra e orientações para aplicação dos mesmos. Também estão disponíveis detalhes orientativos e módulos para elaboração de orçamento.

Os casos expostos nesta seção são referentes a projetos aprovados e obras que foram executadas na região Noroeste do estado do Paraná com o intuito de atender condomínios residenciais fechados.

A análise dos projetos ficou a cargo da VPRNRO e fiscalização destas obras ficaram a cargo da SFZMGA, vinculadas ao DPONRO.

6.1 Análise dos resultados

O *Brainstorming* realizado com a divisão de projetos propiciou o levantamento dos principais pontos a serem trabalhados e serviu como base para elaboração do questionário aplicado, possibilitando uma análise quantitativa das informações obtidas.

Após o levantamento dos possíveis motivos para reprovas em projetos apresentados por terceiros à Divisão de Projetos Noroeste, as informações foram compiladas e os principais itens levantados foram os seguintes:

- falta de treinamento dos projetistas;
- pouca experiência na elaboração de projetos de redes subterrâneas;
- pequena quantidade de projetos submetidos à aprovação quando comparados a outras topologias (RDC, RDA, RSI.);
- falta de formação acadêmica específica;
- dificuldade de interpretação de normas e manuais;
- documentação apresentada para análise incompleta;
- erros de orçamento;
- sistema de pesquisa da concessionária confuso;
- grande quantidade de documentos para consulta;
- falta de padronização;
- falta de desenhos orientativos;
- manuais e normas desatualizados;
- falta de norma de montagem;
- falta de informação de fabricantes de equipamentos e materiais homologados;

- detalhamento e padronização de casos específicos, como a montagem de desconectáveis e muflas;
- falta de simbologia padrão.

Para que fosse possível avaliar os itens apresentados da melhor forma possível optou-se por utilizar a metodologia 6M e conforme pode-se perceber na Tabela 7, os eixos de mão de obra e método foram os que receberam maior número de subitens. Vale ressaltar que entre itens apresentados nenhum pode ser alocado no eixo meio ambiente por não se encaixar nesta categoria.

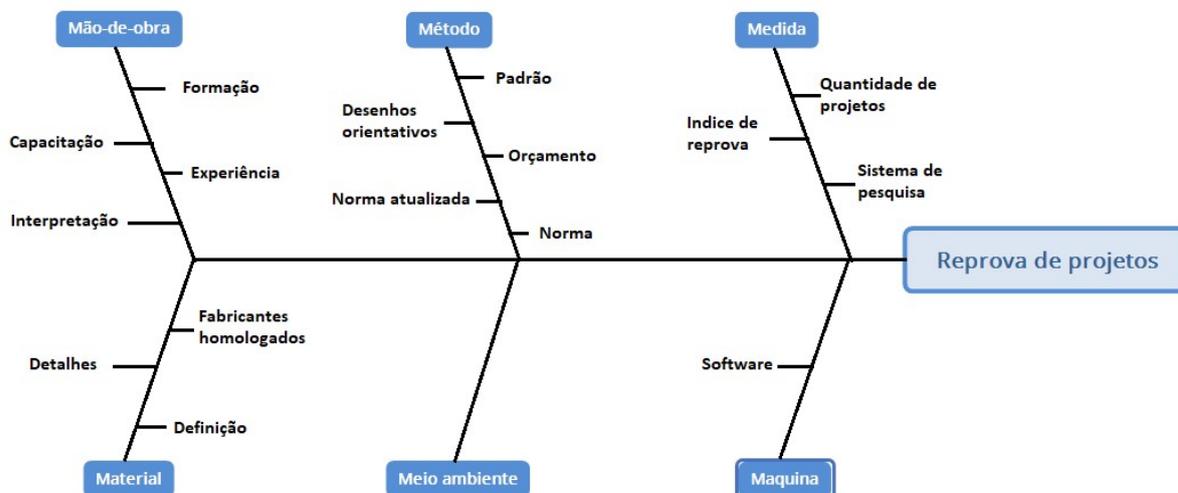
TABELA 7 - OPINIÕES DOS ANALISTAS DA VPOMGA

Mão-de-obra	Método	Medida	Material	Meio ambiente	Máquina
Formação	Padrão	Quantidade de projetos	Fabricantes homologados	X	<i>Software</i>
Capacitação	Desenhos orientativos	Índice de reprova	Detalhamento	X	X
Experiência	Orçamento ou modulação	Sistema de pesquisa	Definição	X	X
Interpretação	Norma	X	X	X	X
	Atualizações	X	X	X	X

FONTE: O autor (2020).

Estes itens foram agrupados e uma representação visual é apresentada na Figura 27, este diagrama de causa-efeito foi elaborado com base na visão dos analistas da VPRNRO.

FIGURA 27 – REPRESENTAÇÃO VISUAL DO DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO ELABORADO PARA AVALIAR ITENS DE REPROVA EM PROJETOS DE RDS



FONTE: O autor (2020).

Diante do exposto optou-se por elaborar e aplicar um questionário às empresas de engenharia habilitadas a apresentar projetos na Copel Distribuição com o intuito de corroborar as questões levantadas pelos analistas da VPRMGA.

Para elaboração do questionário teve-se a preocupação de aplicar as questões de forma que uma empresa habilitada a executar somente obras eletromecânicas não recebesse em seu formulário nenhum questionamento referente a obras civis e vice-versa.

O questionário foi enviado através de um *link* às empresas que submeteram projetos para análise na DPNRO nos últimos cinco anos.

Foram recebidas 22 respostas e destas, seis foram desconsideradas por não possibilitar a extração de dados suficientes para análise.

O *link* enviado aos entrevistados possibilitava acesso através das mais diversas plataformas, como *web*, celular e desktop.

Para avaliar a confiabilidade do questionário, foi implementado o método proposto por Brown (1996). Este método consiste em dividir o questionário em duas metades compostas por itens ímpares e pares. Para esta avaliação optou-se por realizar esta divisão entre os participantes com intuito de verificar a correlação entre as respostas dadas pelos entrevistados. Para que fosse possível tabular os dados valores entre 1 e 6, foram atribuídas as respostas; desta forma o valor 1 foi atribuído às respostas com a letra “a”, o valor 2 foi atribuído às respostas com a letra “b” e assim sucessivamente.

Caso o entrevistado não tenha respondido a questão, o número 0 foi atribuído.

A soma das pontuações dos entrevistados pode ser observada na Tabela 8.

Esta tabela apresenta três colunas: a primeira as questões; a segunda a soma das pontuações dos entrevistados ímpares e a terceira a soma das pontuações dos entrevistados pares.

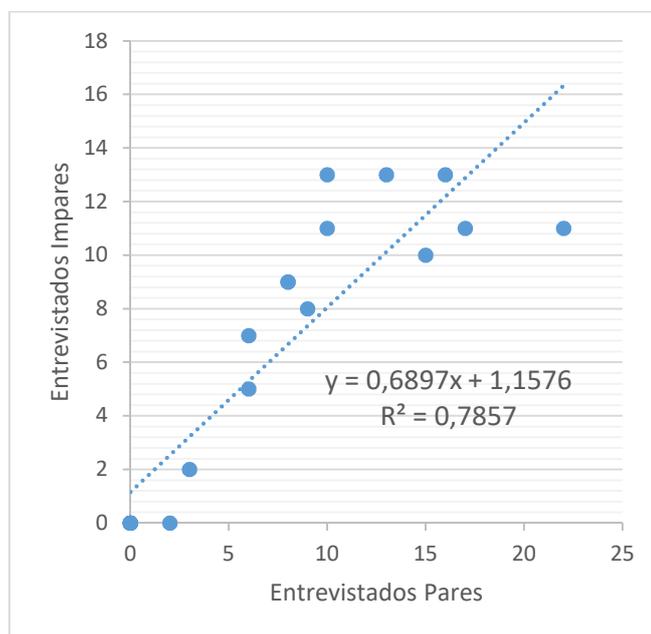
TABELA 8 - SOMA DAS PONTUAÇÕES DOS ENTREVISTADOS

	ENTRE_ÍMP	ENTRE_PAR
QUEST 1	10	11
QUEST2	6	5
QUEST 3	2	0
QUEST 4	9	8
QUEST 5	3	2
QUEST 6	0	0
QUEST 7	13	13
QUEST 8	10	13
QUEST 9	8	9
QUEST 10	8	9
QUEST 11	0	0
QUEST 12	16	13
QUEST 13	22	11
QUEST 14	17	11
QUEST 15	0	0
QUEST 16	0	0
QUEST 17	0	0
QUEST 18	6	7
QUEST 19	15	10

FONTE: O autor (2020).

O gráfico da Figura 28 mostra a relação linear existente entre as respostas dadas pelos entrevistados ao questionário aplicado.

FIGURA 28 - GRÁFICO DA RELAÇÃO LINEAR EXISTENTE ENTRE AS RESPOSTAS DADAS PELOS ENTREVISTADOS



FONTE: O autor (2020).

Com os dados disponíveis no gráfico foi possível encontrar um valor para R^2 igual a 0,7857, o que resulta em um coeficiente de correlação de Pearson (r) com valor igual a 0,8863.

Considerando o exposto por Filho e Junior (2009), Ibujes (2011), Dancey e Reidy (2005) e Brown (1996), pode-se considerar que o questionário apresenta correlação.

O valor de 0,8863 encontrado refere-se ao meio teste, para que se tenha uma estimativa do valor de correlação do teste completo; Brown (1996), em seu método, afirma que a fórmula de *Spearman-Brown* deve ser utilizada.

Como o teste completo é duas vezes maior que o meio teste, o “ n ” será igual a 2, aplicando a fórmula

$$r_{xx} = \frac{2 \times 0,8863}{(2 - 1)0,8863 + 1} = 0,9397$$

Portanto, a confiabilidade do teste completo após ajuste é igual a 0,9397.

As Tabelas 10 e 11 apresentam a divisão, entre entrevistados pares e ímpares, elaborada para possibilitar a avaliação da relação linear entre as respostas

dadas pelos entrevistados e a correlação do teste completo através do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (r) e da aplicação da fórmula de *Spearman-Brown*.

TABELA 9 - ENTREVISTADOS ÍMPARES

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19
ENTRE 1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENTRE 3	1	1	0	2	0	0	3	1	1	1	0	3	4	3	0	0	0	1	2
ENTRE 5	1	1	0	2	0	0	3	1	2	2	0	2	5	2	0	0	0	1	4
ENTRE 7	1	1	0	1	1	0	3	1	1	1	0	4	2	3	0	0	0	1	3
ENTRE 9	1	1	0	1	1	0	1	1	2	2	0	3	5	3	0	0	0	1	3
ENTRE 11	1	1	0	1	1	0	2	3	1	1	0	2	3	3	0	0	0	1	1
ENTRE 13	1	1	0	2	0	0	1	3	1	1	0	2	3	3	0	0	0	1	2
ENTRE 15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FONTE: O autor (2020).

TABELA 10 - ENTREVISTADOS PARES

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19
ENTRE 2	1	1	0	2	0	0	3	3	2	2	0	2	1	2	0	0	0	1	2
ENTRE 4	1	1	0	2	0	0	3	3	2	2	0	2	4	2	0	0	0	1	2
ENTRE 6	1	1	0	2	0	0	3	3	1	1	0	6	1	2	0	0	0	1	3
ENTRE 8	1	1	0	1	1	0	1	3	2	2	0	2	2	2	0	0	0	3	2
ENTRE 10	1	1	0	1	1	0	3	1	2	2	0	1	3	3	0	0	0	1	1
ENTRE 12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENTRE 14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENTRE 16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FONTE: O autor (2020).

6.2 Discussão dos resultados

Para contribuir com a elaboração do guia e com o intuito de confrontar a visão dos analistas com a visão dos profissionais que elaboram projetos de RDS, uma pesquisa foi realizada com profissionais que analisam e elaboram projetos de redes de distribuição e desta forma foi possível avaliar e propor soluções para os problemas apontados.

Esta pesquisa foi aplicada em um grupo de profissionais das empresas cadastradas na Copel, que estão habilitados a elaborar projetos e executar obras subterrâneas nas modalidades civil e eletromecânica.

O grupo de profissionais e empresas que recebeu a pesquisa, em sua grande maioria, foi composto por projetistas que apresentam projetos para análise nas regiões Norte e Noroeste do estado do Paraná.

Pela facilidade e agilidade na realização, a ferramenta *Google Forms* foi utilizada para aplicação do questionário que se encontra disponível no Apêndice 1 desta dissertação.

Além de gratuita, esta ferramenta propicia a criação de formulários personalizados no qual os entrevistados podem ter acesso através das mais diversas plataformas, como *web*, celular e desktop.

Em uma breve análise dos dados disponíveis observa-se que pouco mais de 80% dos profissionais entrevistados são formados por técnicos e engenheiros.

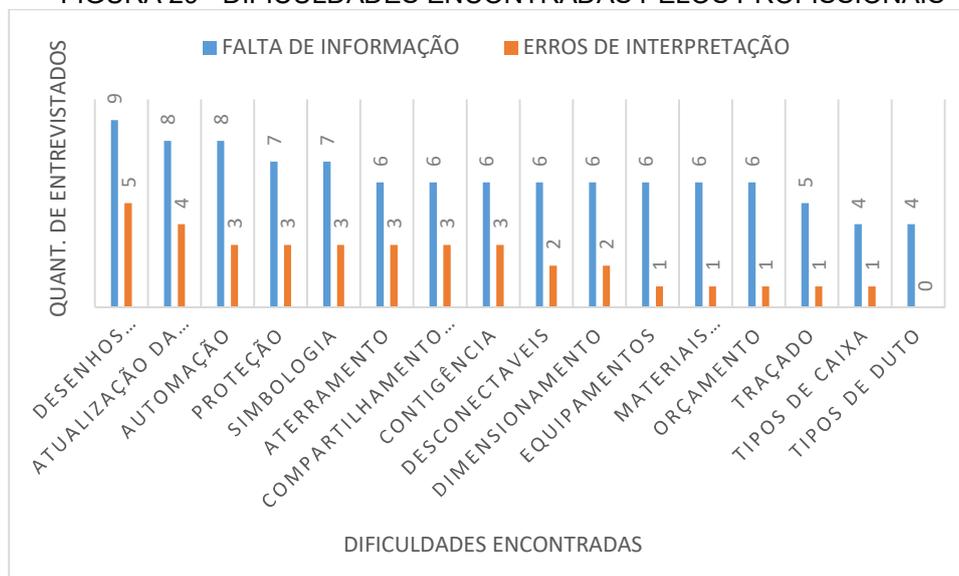
Pode-se constatar também que a quantidade de projetos de RDS apresentados por estes profissionais nos últimos três anos são iguais, porém, é menor o índice de reprova pelos profissionais de nível técnico.

É certo que esta afirmação deve levar em consideração muitos outros aspectos que poderiam ser analisados em um trabalho futuro, porém, analisando somente os dados disponíveis, este fato pode ser atribuído aos itens; treinamento e conhecimento dos documentos da concessionária, nos quais os técnicos demonstram uma pequena vantagem em relação aos engenheiros.

Outra análise que pode ser feita, a partir do questionário proposto, é relativa aos temas que poderiam ser mais detalhados ou poderiam ocasionar erros de interpretação.

O gráfico da Figura 29 apresenta uma visão geral dos temas levantados.

FIGURA 29 - DIFICULDADES ENCONTRADAS PELOS PROFISSIONAIS



FONTE: O autor (2020)

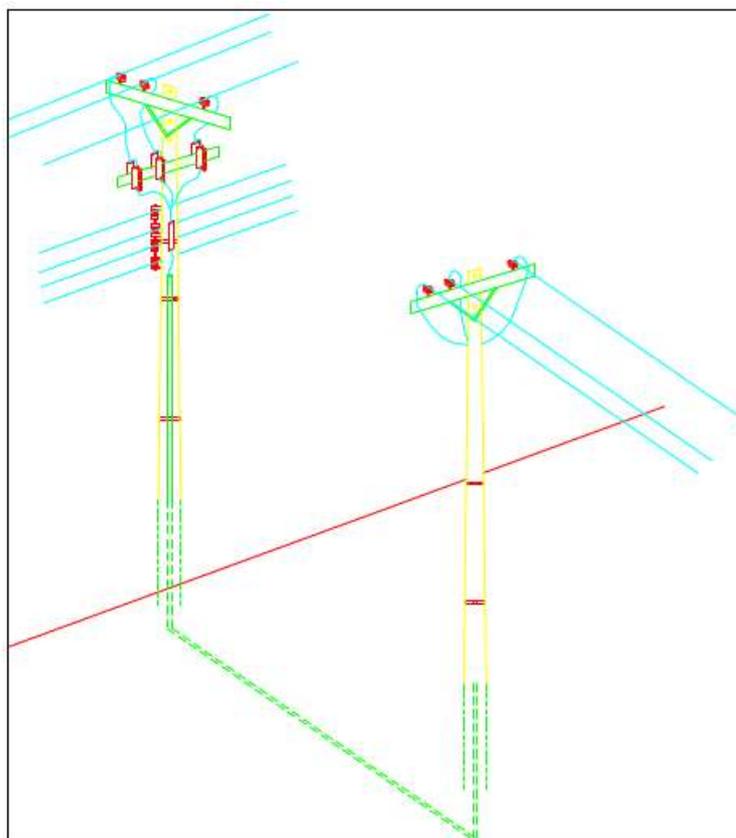
Este levantamento evidencia que o maior problema nos documentos disponíveis é a falta de informação acerca dos tópicos levantados. A utilização de uma norma de montagem e a adoção de simbologia padronizada podem minimizar estas dificuldades, pois os itens apresentados são detalhados nestes documentos possibilitando maior entendimento pelos profissionais.

6.3 Aplicação

Para avaliar a funcionalidade do guia foram escolhidos quatro casos reais de projetos de atendimento a condomínios, dois projetos referentes à análise de travessia de portal e dois projetos de atendimento aos lotes.

A Figura 30 apresenta o traçado utilizado quando o empreendedor deseja realizar a travessia de rede sob portal.

FIGURA 30 – TRAVESSIA DE RDS SOB PORTAL EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS



FONTE: Adaptado de Copel.

6.3.1 Caso 1: Travessia de portal em condomínio.

A primeira avaliação foi realizada através da análise de um projeto de travessia de portal, que foi apresentado para aprovação e liberação para execução à VPRNRO.

O projeto contempla o atendimento a um condomínio fechado com 138 lotes entre áreas verdes, áreas de lazer e lotes residenciais.

O condomínio é atendido por uma rede de média tensão trifásica, aérea, compacta, classe 13,8 kV; e desta uma derivação é realizada para atendimento aos postos de transformação trifásicos de 75 kVA instalados no interior do condomínio

Este condomínio possui um sistema para captação de água da chuva em toda a extensão da portaria.

Este sistema conta com uma área coberta de aproximadamente 180 m² apoiados em uma estrutura que possui pouco mais de 7 m de altura, onde se encontram a guarita e os portões de acesso de veículos.

Para atender a NTC 856002, que trata de afastamentos mínimos de edificações sob a rede, e por solicitação do cliente (motivos estéticos), optou-se por utilizar rede subterrânea para transpor o portal.

A primeira versão do projeto apresentada não tinha todos os documentos necessários para análise, que podem ser consultados no MIT 163805, e apresentava erros de projeto.

Foram encontrados os seguintes erros de projeto:

1. baixa tensão encabeçando em estrutura de transição;
2. instalado apenas um para-raios por fase;
3. caixa EG com medidas internas menores que a recomendada;
4. jumpers de conexão com a chave fora do padrão;
5. projeto não previa a utilização de cabo reserva;
6. apesar de constar em projeto, a modulação não previa os materiais e mão de obra necessários para execução do banco de dutos.

Além destes problemas a empresa não possuía cadastro para execução de obras de rede subterrânea e não possuía engenheiro civil responsável pelos projetos apresentados.

Após regularização e correções efetuadas a empresa foi liberada para iniciar a execução das obras.

Durante a fiscalização da obra foram encontrados os seguintes problemas:

1. eletroduto de descida não atendia a norma;
2. dutos corrugados não atendiam à norma e não foram apresentados os ensaios obrigatórios para uso dos mesmos;

3. montado um para-raios por fase;
4. estrutura montada com cotas erradas;
5. funcionários possuíam em campo via de projeto desatualizado e sem carimbo de aprovação, o que ocasionou erros de montagem da estrutura.

Todos os erros cometidos, na elaboração do projeto ou na fase de execução, poderiam ser minimizados, ou até mesmo evitados, caso o guia elaborado estivesse disponível para consulta pelos responsáveis pela obra.

Os tópicos 5.1 e 5.2 deste guia apresentam todos os itens necessários para apresentação do projeto e traz recomendações que poderiam evitar a falta de apresentação de documentos e irregularidades no cadastro da empreiteira.

Os itens de reprova (1 a 6) no projeto são abordados e comentados no guia, e caso tivessem sido consultados poderiam ter sido evitados na elaboração do mesmo.

Do mesmo modo as recomendações para execução teriam evitado a compra de materiais fora de padrão, evitando o retrabalho dos funcionários da empreiteira e do fiscal da Copel, além de gerar economia ao empreendedor tendo em vista que estes materiais não foram liberados para serem aplicados na obra.

6.3.2 Caso 2: Travessia de portal por motivos estéticos.

Este caso apresenta a análise realizada em um projeto de rede subterrânea para travessia de portal em condomínio ao qual contempla o atendimento a 22 lotes entre áreas verdes, áreas de lazer e lotes residenciais.

O condomínio é atendido por uma rede de média tensão trifásica, aérea, compacta, classe 13,8 kV; e desta, uma derivação é realizada para atender um único posto de transformação trifásico de 75 kVA instalado no interior do condomínio

Mesmo possuindo uma área bem menor e, conseqüentemente, uma complexidade menor para elaboração do projeto de atendimento aos lotes, a dificuldade para elaboração do projeto de travessia é a mesma, tendo em vista a finalidade do projeto apresentado.

Para elaboração deste projeto, o responsável técnico da empresa contratada teve acesso a partes de documentos, do acervo do autor, que foram utilizados como base para elaboração do guia.

Apesar desta empresa e de seus profissionais possuírem uma vasta experiência na elaboração de projetos de redes de distribuição, ainda não haviam elaborado projetos de redes de distribuição subterrânea.

Vale ressaltar que neste caso a opção pela rede subterrânea é única e exclusivamente estética e este projeto foi apresentado somente para aprovação não sendo possível apresentar os possíveis erros que seriam cometidos na execução.

Um dos motivos que levou a empreiteira a apresentar o projeto apenas para aprovação foi a informação, disponível no guia, de que os mesmos teriam que ter o cadastro para execução da rede subterrânea e deveriam possuir um engenheiro civil no quadro da empresa haja vista que os mesmos pretendiam executar toda a obra.

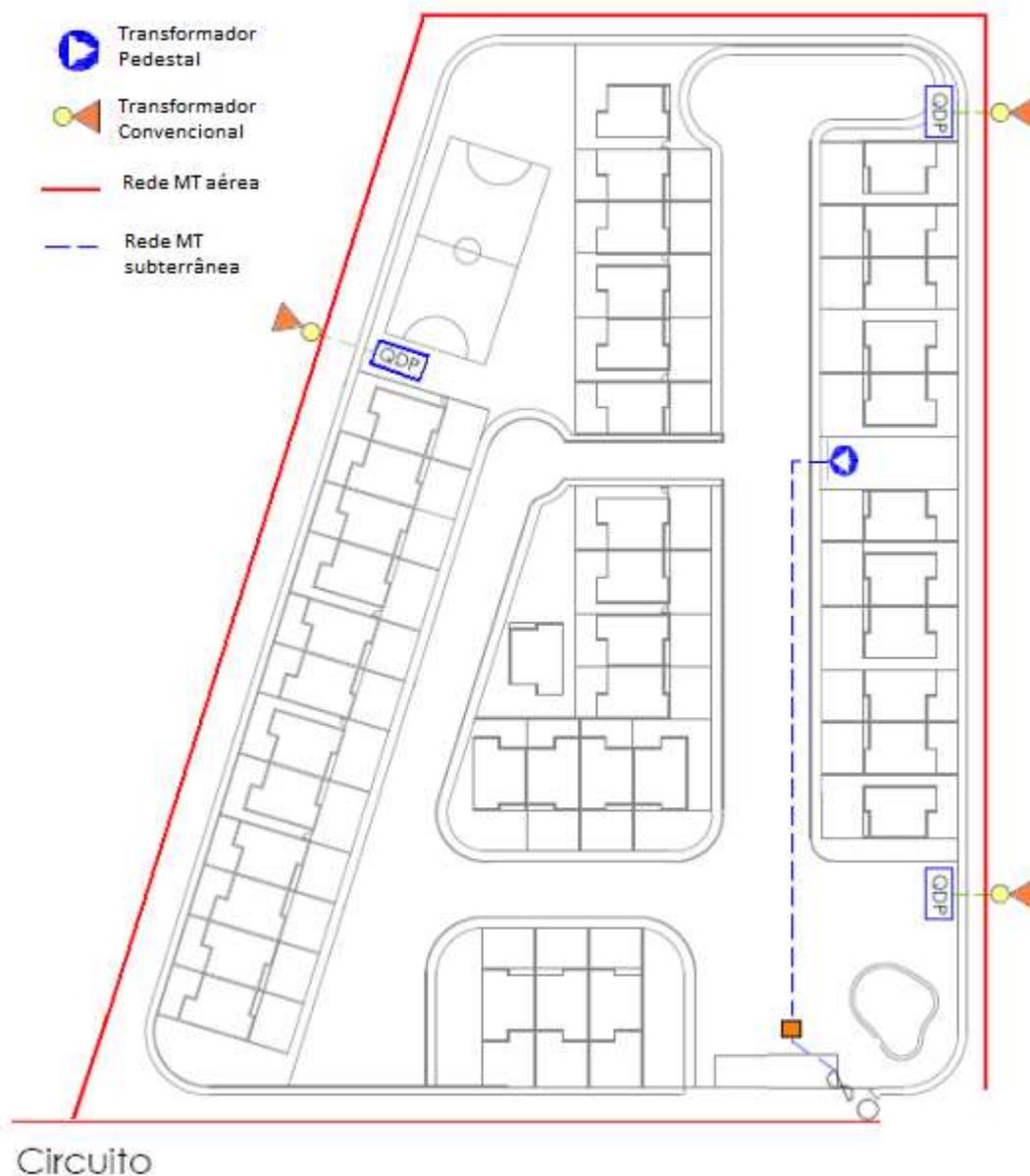
O acesso aos documentos criou a possibilidade de visualizar a forma como deveriam ser executados os serviços e através de consultas efetuadas por eles pequenas dúvidas foram sanadas, possibilitando inclusive elaborar um orçamento prévio para o cliente tendo em vista que desenhos orientativos e os principais módulos estavam disponíveis para consulta.

Neste caso não houve erros de projeto na versão apresentada para análise, a única ressalva foi uma solicitação de alteração no traçado da rede subterrânea para facilitar a ancoragem dos cabos na estrutura de transição.

Alguns pontos podem ter levado a este resultado, a experiência dos profissionais, o nível de dificuldade apresentada para elaboração deste projeto, quando comparada a outros projetos de rede subterrânea, e a possibilidade de consulta a documentos orientativos.

A Figura 31 é uma representação do modo como a rede de média tensão foi distribuída nos condomínios tratados nos casos 3 e 4 que serão apresentados.

FIGURA 31 – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO PARA OS CASOS 3 E 4.



FONTE: Adaptado de Romagnole.

Na Figura 31 pode-se ver a rede de distribuição aérea em Média Tensão – MT, representada pela linha vermelha, contornando o condomínio e transformadores convencionais conectados a estas.

Aos transformadores convencionais estão conectados os quadros de distribuição pedestal – QDP, que são responsáveis pela proteção dos circuitos de baixa tensão que serão distribuídos a partir deste.

A rede de média tensão subterrânea está representada pela linha azul, e nesta está conectado o transformador pedestal que também receberá um QDP para proteção dos circuitos de baixa tensão.

6.3.3 Caso 3: Atendimento aos lotes do condomínio – análise de projeto

O terceiro caso traz a avaliação de um projeto com grau de complexidade maior; o projeto contempla o atendimento a um condomínio fechado com 117 lotes entre áreas verdes, áreas de lazer e lotes residenciais.

Este condomínio mescla duas formas de atendimento, 42 lotes deste condomínio são atendidos por rede totalmente enterrada de média e baixa tensão e dois transformadores do tipo pedestal de 150 kVA.

A rede subterrânea de média tensão que alimenta estes transformadores deriva de uma rede aérea, compacta, classe 13,8 kV que foi construída na área externa do condomínio.

Para proteção do sistema foi instalado um RA - Religador Automático, ajustado para operar como disjuntor, entre a rede aérea e uma estrutura de transição localizados na área externa do condomínio.

O RA foi projetado conforme orientações da NTC 858 119 – Equipamentos especiais.

Esta configuração foi adotada para evitar o uso de cubículo de proteção, tendo em vista seu custo de aquisição, manutenção e estoque.

Os outros 75 lotes são atendidos através de rede “mergulhada”. O termo de rede mergulhada é utilizado quando o sistema mescla rede aérea e rede subterrânea em um mesmo trecho; neste caso uma rede de distribuição, aérea, compacta, classe 13,8 kV, foi construída no entorno do empreendimento e transformadores convencionais de 150 kVA foram instalados em poste duplo T.

Partindo das buchas de BT dos transformadores, cabos de baixa tensão alimentam os QDPs, que ficam no interior do condomínio e a partir destes a rede de baixa tensão é construída, totalmente subterrânea, para alimentar os consumidores.

Durante a análise deste projeto, os seguintes problemas foram encontrados:

- o projeto previa o cruzamento de banco de dutos sem utilização de caixa de passagem;

- o projeto previa a utilização de placas de ardósia ao invés de placas de concreto armado;
- em alguns pontos, cabos de baixa tensão com bitola superior a 185 mm² foram utilizados;
- o valor de demanda adotada por lote, utilizado para cálculo de queda de tensão, não atendia à recomendação do MIT 163805;
- o valor de coeficiente dos cabos de baixa tensão, utilizados para cálculo de queda de tensão estavam diferentes dos valores praticados, em razão do MIT estar desatualizado;
- foi utilizado o valor de demanda adotado para lotes residenciais em áreas de uso específico e com carga declarada;
- foram projetadas caixas de passagem com medidas inferiores à recomendada;
- foram utilizados dutos corrugados de dimensões diferentes da recomendada para utilização em condomínios;
- a quantidade de pontos reserva disponíveis no QDPs era inferior ao recomendado;
- foi previsto realizar a proteção do ramal de média tensão que alimenta os transformadores pedestal com chave fusível;
- clientes/responsáveis adquiriram equipamentos e entregaram no local da obra sem a devida inspeção e ensaios;
- o projeto apresentava detalhes, como a conexão e padronização de iluminação, que não cabem à divisão de projetos realizar a análise;
- não foram apresentados todos os documentos complementares necessários para análise.

Dentre os problemas apresentados, alguns ocorreram por erro de interpretação e outros por “vícios” tendo em vista que não existe um padrão adotado para toda a Copel na análise de projetos de redes subterrâneas para condomínios.

Exemplos disso são a utilização de placas de ardósia e o cruzamento de banco de dutos que são aceitos em outras divisões de projeto da Copel.

Como erros de interpretação, pode-se citar o uso de chaves fusíveis para proteção do ramal de média tensão, o uso de dutos corrugados de bitola diferente da recomendada, a adoção do valor de demanda (kVA/lote) por consumidor inferior ao

recomendado pelo MIT 163805 e a adoção de valores de coeficiente dos cabos de baixa tensão diferentes dos recomendados pelo mesmo MIT.

Todas estas situações e a forma de tratá-las estão descritas no guia de boas práticas.

A adoção do guia facilitaria a elaboração do projeto, a análise e execução da obra, tendo em vista que estes profissionais poderiam consultar este documento caso tivessem alguma dúvida.

Alguns outros pequenos problemas também foram encontrados, mas nenhum que impossibilitasse a análise do processo.

6.3.4 Caso 4: Atendimento aos lotes do condomínio – visão do analista

O quarto caso tem as mesmas características construtivas do condomínio anterior, mas a análise aqui apresentada mostra a visão do profissional da Copel que fez a aprovação do projeto.

O atendimento aos lotes residenciais foi feito através de rede mergulhada, composta por cinco transformadores de 225 kVA, alimentados por uma rede aérea, trifásica, compacta, classe 13,8 kV construída no entorno do condomínio.

Derivando das buchas de baixa tensão dos transformadores, cabos isolados alimentam os QDPs, destinados a proteger e distribuir os circuitos de baixa tensão que alimentam os lotes residenciais.

A área de lazer e o salão de festas são atendidos através de um transformador do tipo pedestal de 112,5 kVA conectado a uma rede de média tensão totalmente enterrada.

Neste caso, a avaliação do projeto e orçamento apresentado para análise foi realizada pelo analista da Copel e o guia de boas práticas utilizado para auxílio na análise.

A análise dos documentos ficou mais simples tendo em vista que o guia apresenta o local onde os documentos obrigatórios podem ser consultados.

Para análise do projeto pode-se apontar como pontos positivos a facilidade de verificar os elementos gráficos, avaliar dimensões de caixas, bases e cotas de montagem.

O guia também possui os elementos que devem ser apresentados em detalhes, como a planificação das caixas, a conexão de equipamentos através de desconectáveis, aterramentos, entre outros.

O maior ganho foi na análise do orçamento elaborado pelo projetista responsável pela obra, dentre os itens este é responsável por mais de 60% dos casos de reprova.

As tabelas com os módulos utilizados para montagem de cada tipo de estrutura e suas combinações facilitaram a conferência e agilizaram a avaliação tendo em vista que o analista não precisou recorrer a vários documentos e normas para verificar os materiais e respectivas mão de obra utilizados.

A execução da obra também ocorreu sem maiores problemas, algumas alterações tiveram que ser realizadas em campo, em razão das situações não previstas em projeto.

A fiscalização da obra e liberação do empreendimento ocorreram de forma simples, tendo em vista que foram evitados problemas relatados nos casos mencionados acima, como compra de materiais fora de padrão, falta de vistoria e aprovação de equipamentos e componentes antes da entrega no local da obra, falta ou utilização de componentes reprovados nos ensaios.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 Conclusões

A elaboração desta proposta foi exclusiva para atendimento a condomínios alimentados por rede de distribuição subterrânea de energia elétrica, seja ela mista ou exclusiva.

Para isto, as normas das principais distribuidoras foram analisadas, pontos em comum e as melhores práticas adotadas foram apresentadas.

Durante a revisão bibliográfica foi constatado que documentos, como o guia de boas práticas proposto nesta dissertação, elaborados com o intuito de auxiliar os profissionais na tomada de decisões, são escassos; e exclusivos para elaboração de projetos de rede subterrânea não foram encontrados.

Através do Diagrama de Causa-Efeito, as principais dificuldades levantadas pelos analistas puderam ser classificadas e foram a base para elaboração do questionário aplicado aos profissionais habilitados a apresentar projetos na Copel.

O questionário aplicado aos profissionais demonstrou a dificuldade enfrentada pelos mesmos e corroborou a hipótese levantada.

A junção de todas estas informações proporcionou que um documento com os principais parâmetros necessários à elaboração de um projeto deste tipo fosse criado e para testar a aplicabilidade deste guia o mesmo foi testado em quatro casos reais.

O guia foi aplicado em dois casos; em um deles, para auxiliar o profissional na elaboração do projeto que foi apresentado, e em outro como parâmetro base para análise do projeto apresentado para aprovação pelo profissional da concessionária.

Nos dois casos foram possíveis demonstrar os benefícios que os profissionais tiveram com o uso do guia durante a elaboração dos projetos analisados.

O primeiro caso traz um projeto elaborado para possibilitar a alimentação de um condomínio residencial; neste caso foi necessário passar a rede sob um portal, pois se a configuração aérea fosse utilizada não seria possível atender as distâncias de segurança previstas em norma.

Os erros encontrados na elaboração do projeto e posteriormente na execução da obra foram demonstrados e conforme visto a utilização do guia teria minimizado, ou até mesmo evitado estes erros.

O segundo caso apresentava as mesmas características do primeiro, entretanto, na elaboração deste projeto o responsável técnico teve acesso à primeira versão do guia, o que possibilitou a elaboração do projeto e orçamento prévio para o cliente, realizado pela empreiteira com maior qualidade e análise e aprovação pela concessionária com maior agilidade.

No terceiro caso um projeto com complexidade maior é apresentado; neste, o projeto se destina ao atendimento de consumidores em um condomínio onde toda a rede interna será executada no padrão subterrâneo.

Os problemas encontrados são discutidos, considerações e possíveis soluções apresentadas e neste caso pode-se ver o quanto a utilização do guia poderia ter contribuído com o tempo de análise, evitando gastos desnecessários pelo empreendedor e facilitado a execução da obra.

No quarto caso uma visão do analista é apresentada, e assim como no terceiro caso a finalidade deste projeto é o atendimento a consumidores em um condomínio.

A análise foi feita utilizando o guia como base e benefícios como facilidade na análise de documentos obrigatórios, verificação de elementos gráficos, detalhamento de elementos, elaboração de orçamento e execução da obra ficaram evidentes.

Sendo assim conclui-se que a proposta inicial do trabalho foi atendida como é possível verificar através da apresentação dos resultados alcançados e do Guia de Boas Práticas elaborado.

7.2 Trabalhos futuros

Como recomendação de trabalhos futuros, uma abordagem destinada a loteamentos em áreas públicas pode ser elaborada tendo em vista que a compatibilização com outras concessionárias (água, esgoto, gás, telefone etc.) e a infraestrutura civil para este tipo de atendimento deve ter maior atenção.

Um estudo destinado à definição do contingenciamento e proteção de redes subterrâneas para condôminos também pode ser elaborado tendo em vista que este assunto tem várias abordagens diferentes adotadas pelas distribuidoras.

A proposição de um método de conexão de consumidores que não sujeite o profissional ao espaço confinado também pode ser objeto de estudo. Este assunto é de extrema importância se considerarmos que no caso da Copel as equipes de subterrânea estão lotadas em cidades estratégicas e as agências das pequenas

idades que realizam o atendimento ao consumidor não possuem equipes capacitadas para trabalhos em espaços confinados.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL) – Nota técnica nº 0098/2014-SRD/ANEEL

AMADEU, M. S. U. dos S. et al. Manual de normalização de documentos científicos de acordo com as normas da ABNT. Curitiba: Ed. UFPR, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/45654>, Acesso em: 04 de maio de 2018.

APROVADO aprimoramento sobre investimentos em redes subterrâneas. **ANEEL**. Sala de Imprensa. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aAprovado-aprimoramento-sobre-investimentos-em-redes-subterraneas/656877?inheritRedirect=false>. Acesso em 10 de fevereiro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Imprensa. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/imprensa/releases/5698-normas-tecnicas-voce-sabe-o-que-e-e-para-que-servem>>. Acesso em junho 2020.

AZEVEDO, F. A. de. Otimização de rede de distribuição de energia elétrica subterrânea reticulada através de algoritmos genéticos. 2010. 138 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2010.

BENATO, R.; PAOLUCCI, A. *EHV AC Undergrounding Electrical Power – Performance and Planning*. 1. ed. Springer, 2010. 175p.

BOCUZZI, C. V. et al. Implantação de redes subterrâneas em condomínios residencial. **Eletricidade Moderna**, v. 25, n. 275, p. 90 -100, 1997.

Brown, J. D. (1996). *Testing in language programs*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Regents.

Brown, J. D. (2001). Questions and answers about language testing statistics: Can we use the Spearman-Brown prophecy formula to defend low reliability?

Shiken:JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter. Vol. 4 No. 3 Jan 2001 (p. 7 - 11)

BRUNHEROTO, P. A.; OLIVEIRA, J. J. dos S. Redes subterrâneas no mundo – história e numeros. **O setor elétrico**, 2013. Disponível em: <[Ed84 fasc redes subterraneas cap1.pdf \(osetoreletrico.com.br\)](#)>. Acesso em Agosto de 2020.

CAMARGO, G. M. Análise comparativa de sete normas técnicas de fornecimento de energia elétrica em tensão secundária para unidades individuais na região Sudeste. 2017. 53 f. Universidade Estadual Paulista – Guaratinguetá, 2017.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). Normas Técnicas. Disponível em:<<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Fnormas%2Fpagcopel2.nsf%2Fverdocatual%2F0561E454DB1C6DEB03257505004EF73F>>. Acesso em junho 2020.

COPEL instala rede subterrânea no Parque Nacional do Iguaçu. **Agencia de Notícias do Paraná – AEN**, 2013. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=72994&tit=Copel-instala-rede-subterranea-no-Parque-Nacional-do-Iguacu>>. Acesso em setembro de 2020.

COPEL troca cabos subterrâneos no centro de Curitiba. **Agencia de Notícias do Paraná – AEN**, 2017. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=94440&tit=Copel-troca-cabos-subterraneos-no-centro-de-Curitiba>>. Acesso em setembro de 2020.

DANCEY, Christine & REIDY, John. (2006), Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed.

Díaz, E. N. C. *El Resultado. Metodología de la Investigación*. Sem 6. Disponível em: < [Instrumentos y Datos \(weebly.com\)](https://www.weebly.com/instrumentos-y-datos)>. Acesso em Março de 2020.

DISTRIBUIDORAS e origem de capital. **ABRADEE**. 2018. Disponível em: <<https://www.abradee.org.br/setor-de-distribuicao/distribuidoras-e-origem-de-capital/>>. Acesso em junho de 2020.

DONADON, A. R. Proposta de norma de conexão de geração distribuída à rede de baixa tensão da concessionária. 2010. UNICAMP – Campinas, 2010.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. **Processo de Seleção de Portfólio Bibliográfico**. 2010.

FAESARELLA, Ivete S. et al. Gestão da qualidade: conceitos e ferramentas. – SÃO CARLOS, 2006.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J.A. da S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)*. 2009. UFPE. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Dalson-Figueiredo/publication/290157754_Desvendando_os_Misterios_do_Coeficiente_de_Correlacao_de_Pearson_r/links/5944226baca2722db49d1079/Desvendando-os-Misterios-do-Coeficiente-de-Correlacao-de-Pearson-r.pdf>. Acesso em março de 2021.

GOOGLE. Google Imagens. Disponível em: <<http://www.google.com.br>>. Acesso em: Setembro de 2020.

Hirai, A. *The relationship between listening and reading rates of Japanese EFL learners*. 1999. **Modern Language Journal**, 83, 367-384

IBUJÉS, M. O. S. *Coeficiente de correlación de Karl Pearson*. 2011. Disponível em: < <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/766>> Acesso em Março de 2021

INSSAURRIAGA, V. de G. Estudo comparativo das normas técnicas para a micro e minigeração distribuída em relação as exigências mínimas da ANEEL. 2015. 77 f. Universidade Federal do Pampa. 2015.

JUNIOR, N. B. Alternativas para viabilização da implementação de redes subterrâneas no Brasil. In: Evento ANEEL: SISTEMAS SUBTERRÂNEOS DE DISTRIBUIÇÃO: ASPECTOS REGULATÓRIOS, 2013, Brasília.

LEÃO, Ruth. P. S. et al. Avaliação do compromisso no uso de religadores em alimentadores com cargas sensíveis. 2003. SBQEE – Aracajú, 2003.

L.M.D.M, Estudo: A Transformação Das Redes De Distribuição De Energia Aéreas Em Subterrâneas, disponível em: <<http://www.lmdm.com.br/wp-content/uploads/2014/10/Estudo-Redes-A%C3%A9reas-x-Subterr%C3%A2neas.pdf>>. Acesso em Setembro de 2020.

Mamede, J. P. Previsão da manutenção de disjuntores dos alimentadores de distribuição de energia elétrica pelo método de curto circuito probabilístico. 2004. UNICAMP – Campinas, SP: [s.n.], 2004.

MARTINS, Juliana. Por baixo da terra. **O setor elétrico**, 2012. Disponível em: <<https://www.osetoelettrico.com.br/por-baixo-da-terra/>>. Acesso em Agosto de 2020.

MARTIN, P. *Undergrounding public utility lines*. 1999. *Honolulu, HI: Legislative Reference Bureau. December 1999.*

MARTINS, P. Redes Subterrâneas 2019 – Digitalização a caminho. **Revista Potencia**, 2019. Disponível em: <<https://revistapotencia.com.br/feiras-e-eventos/redes-subterraneas-2019-digitalizacao-a-caminho/>>. Acesso em Setembro de 2019.

MATA-LIMA, H. Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade e Ambiente na Resolução de Problemas. Apontamentos da Disciplina de Sustentabilidade e Impactes Ambientais. Universidade da Madeira (Portugal), 2007.

MIGUEL, P.A.C. Qualidade: enfoques e ferramentas. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

NAKAGUISHI, M. I.; HERMES, P. D. Estudo comparativo técnico/financeiro para implantação de rede de distribuição subterrâneas. 2011. 100 f. Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2011.

PARRY, T.; COX, J.; CIFUENTES C. *Electricity Undergrounding in New South Wales – A Final Report to the Minister for Energy*. 2002. Sydney, Austrália: Independent Pricing and Regulatory Tribunal of New South Wales. May 2002.

PÉREZ, D. Á.; GARCIA, V.A.C. *Análisis de la red subterránea de distribución eléctrica de la zona centro de Pereira*. 2008. Universidad Tecnológica de Pereira – Colômbia, 2008.

RAMOS, A.W. CEP para processos contínuos e em bateladas. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2000.

REDES subterrâneas. **Enercom**, c2020. Pagina Inicial. Disponível em: < <http://www.enercom.com.br/Content/71-redes-subterraneas/>>. Acesso em agosto de 2020.

SHORT, T. A. *Electric Power Distribution handbook*. 1. ed. CRC Press, 2003. 784p

SILVA, D. C. da. Comparação entre a norma do INCRA e normas internacionais de Levantamentos com GPS. **Geodésia online** 1/2005 – Revista da comissão brasileira de geodésia.

VARELA. B.C. Ferramentas e métodos de gestão para identificação e resolução de problemáticas nos treinamentos requeridos pelo regulamento brasileiro de aviação civil – RBAC 135. 2020. UNISUL – Santa Catarina, 2020.

VERNI, P. R. *Elaboración de un manual de procedimiento basado en la norma ISO 9001:200 para reducir los fallos que se presentan en el proceso de producción en la Empresa Samedan*. 2014. Universidad de Guayaquil – Equador, 2014.

VILLELA, A.G. et al. Desenvolvimento de Novos Padrões de Redes de Distribuição Subterrâneas para Áreas Densamente Urbanizadas. ANEEL. Biblioteca. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/citenel2007/pdf/ptr11.pdf>>. Acesso em julho de 2020.

ZAPATA, C. M.; VILLEGAS, S. M. *Reglas de consistência entre modelos de requisitos de un método*, Medellín-Colombia, Universidad EAFIT, 2006, pp. 40-59. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/215/21514104.pdf>. Acesso em Agosto de 2020.

APÊNDICE 1 – Pesquisa aplicada através do *Google Forms*

Questionário Redes Distribuição Subterrânea – RDS

E-mail

Nome

1. Apresentação de projeto

Você ou membros da sua equipe elaboraram projetos de RDS nos últimos três anos?

Sim

Não

2. Concessionária

Este projeto foi apresentado para qual concessionária?

- a) Copel
- b) Cemig
- c) Celesc
- d) CPFL
- e) Elektro
- f) Outra

3. Empresa elabora projeto de RDS

Sua empresa elabora ou pretende apresentar projetos de RDS?

Sim

Não

4. Norma

Esta concessionária possui normas para elaboração de projetos de RDS

Sim

Não

5. Acesso

De que forma você teve acesso às normas desta concessionária?

- a) Site da concessionária
- b) Solicitação via e-mail
- c) Sua empresa possui em versão
- d) Internet
- e) Outros

6. Meios de consulta

Como esta concessionária não possui normas publicadas, quais foram os meios utilizados para elaboração do(s) projeto(s) apresentado(s)?

- a) MIT – Manual de Instrução Técnica
- b) Documentos internos da concessionária
- c) NBR
- d) Consulta a outros profissionais
- e) Consulta a normas de outras concessionárias
- f) Outros

7. Atividade da empresa

Em que ramo de atividade você ou sua empresa atua?

- a) Projeto
- b) Execução
- c) Projeto e execução

8. Formação

Qual é a sua formação?

- a) Engenheiro
- b) Tecnólogo
- c) Técnico
- d) Outros

9. Capacitação

Sua empresa realiza ou contrata treinamentos voltados para RDS com o intuito de capacitar sua equipe?

- a) Sim
- b) Não

Você realizou algum treinamento?

- a) Sim
- b) Não

10. Treinamentos

Quais treinamentos você realizou?

- a) Execução de emendas, terminações e desconectáveis
- b) Lançamento de cabos
- c) Instalação e manuseio de equipamentos especiais
- d) NR-33
- e) NR-35
- f) Manutenção preventiva, preditiva e corretiva

11. Quantidade de projetos

Em média, quantos projetos sua empresa apresentou para análise nos últimos três anos?

- a) Nenhum
- b) 1 a 5
- c) 5 a 10
- d) 11 a 15
- e) 16 a 20
- f) Mais de 20

12. Reprovadas

Em média, qual foi o percentual de reprovadas nos projetos apresentados após a primeira análise?

- a) Não houve reprovadas
- b) 25 %
- c) 40 %
- d) 75 %
- e) 100 %

13. Segmento

Sua empresa elabora projetos e/ou executa obras em qual segmento?

- a) Civil
- b) Eletromecânica
- c) Civil e eletromecânica

14. Dificuldades

Assinale os temas da norma e/ou documentos da concessionária que, em sua opinião, faltam informações ou possibilitam erros de interpretação.

- a) Desenhos orientativos
- b) Simbologia
- c) Materiais padronizados
- d) Orçamento
- e) Atualização de norma e documentos
- f) Aterramento
- g) Proteção
- h) Dimensionamento
- i) Contingência
- j) Desconectáveis
- k) Automação
- l) Equipamentos

- m) Compartilhamento de infraestrutura
- n) Tipos de caixas
- o) Tipos de dutos

15. Adoção de norma

Em sua opinião, a adoção de uma norma melhora a qualidade dos projetos e consequentemente o tempo de análise e aprovação dos mesmos?

- a) Sim
- b) Não

Para elaboração ou ajustes das normas e/ou documentos utilizados pela concessionária você recomendaria:

- a) Uma norma única, com todas as informações necessárias
- b) Uma norma para projetos eletromecânicos e outra para projetos civis
- c) Uma norma para condomínios residenciais e outra para áreas públicas

Com o intuito de melhorar o processo de análise e elaboração de projetos de RDS, utilize o espaço abaixo para propor melhorias e sugerir alterações nos documentos disponibilizados pela concessionária.

APÊNDICE 2 – Guia de boas práticas para elaboração de projeto e construção de redes subterrâneas em condomínios fechados – ELETROMECÂNICA E CIVIL

1 Guia de boas práticas para elaboração de projeto e construção de redes subterrâneas em condomínios fechados – ELETROMECANICA e CIVIL

Este documento tem por objetivo estabelecer a padronização de montagem de Redes Subterrâneas de Distribuição (RDS), trifásicas, na tensão primária de 13,8 kV, aplicadas a condomínios horizontais.

Sumário

1. OBJETIVO.....	4
2. CAMPO DE APLICAÇÃO	4
3. DEFINIÇÕES	4
4. NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	8
4.1 Normas técnicas brasileiras.....	8
4.2 Normas regulamentadoras	8
4.3 Normas técnicas Copel.....	9
4.4 Manuais de instrução técnica	9
5. CONDIÇÕES GERAIS.....	11
5.1 Apresentação do projeto	11
5.2 Orientações	12
6. OPÇÕES DE ATENDIMENTO.....	13
6.1 Travessia de media tensão.....	13
6.1.1 Projeto Civil	14
6.1.2 Projeto eletromecânico.....	20
6.1.3 Recomendações	22
6.2 Atendimento à lotes com rede totalmente enterrada (MT e BT) e redes mergulhadas. .	23
6.2.1 Projeto Civil	24
6.2.2 Projeto eletromecânico.....	31
REFERÊNCIAS.....	43

Lista de figuras

Figura 1 - Travessia de portal (vista frontal e vista lateral).....	13
Figura 2 - Caixa EG 120x120x120 cm	14
Figura 3 - Caixa manilha	15
Figura 4 - Eletroduto de aço zincado.....	16
Figura 4 - Banco de dutos 2x100mm.....	18
Figura 5 - Placa de concreto e Fita alerta	19
<i>Figura 6 – Mufla ou terminal polimérico de uso externo</i>	<i>20</i>
Figura 8 - Redes subterrânea de MT e BT implantada em condomínio.....	23
Figura 9 - Caixas tipo “EG” com medidas internas mínimas 120x120x120 cm.....	24
Figura 10 - – Caixa manilha pré-moldada com diâmetro interno e altura iguais a 150 cm e tampa circular 60cm.....	25
Figura 11 - Caixa para RDM.....	26
Figura 12 - Caixa base transformador	27
Figura 13 - Caixa base para QDP	28
Figura 14 - Configurações banco de dutos.....	30
Figura 15 - Placa de concreto e Fita alerta	31
Figura 16 - Mufla ou terminal polimérico de uso externo	32
Figura 17 - Eletroduto de aço zincado.....	33
Figura 18 - Aterramento transformador pedestal	37
Figura 19 – Exemplo instalação QDP para rede mergulhada.....	39
Figura 20 - Exemplo instalação QDP para rede com TR Pedestal	40
Figura 21 - Barramento múltiplo isolado	42

1. OBJETIVO

Este guia tem por objetivo definir os critérios básicos para elaboração de projetos e construção de redes subterrâneas em condomínios, na área de concessão da Companhia Paranaense de Energia – COPEL, de forma a assegurar a qualidade no fornecimento de energia e níveis de segurança compatíveis com as necessidades operacionais desta concessionária.

2. CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplica-se aos projetos e construções de redes subterrâneas em condomínios atendidos por circuitos trifásicos em tensão 13,8 kV e/ou circuitos secundários atendidos nas tensões 220/127 V.

3. DEFINIÇÕES

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Área de Construção Privativa da Unidade Autônoma: Área total da construção contida nos limites de uso exclusivo da unidade autônoma considerada, definida pelo empreendedor do condomínio ou loteamento ou proprietário.

Área de Aproveitamento Máximo: Área máxima que poderá ser construída uma residência localizada em um lote de um determinado empreendimento, definida pelo empreendedor do condomínio ou loteamento ou pela prefeitura municipal.

Área de Aproveitamento Mínimo: Área mínima que deve ser construída uma residência localizada em um lote de um determinado empreendimento, definida pelo empreendedor do condomínio ou loteamento.

ART: Anotação de Responsabilidade Técnica. A ART é um instrumento legal, necessário à fiscalização das atividades técnico-profissionais, nos diversos empreendimentos sociais. De acordo com o Artigo 1º da Resolução nº 425/1998, do CONFEA, “Todo contrato, escrito ou verbal, para a execução de obras ou prestação de quaisquer serviços referentes à Engenharia, Arquitetura e Agronomia ficam sujeitos a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), no Conselho Regional em cuja jurisdição for exercida a respectiva atividade”. Instituída também pela Lei Federal n.º 6496/1977, a ART caracteriza legalmente os direitos e obrigações entre profissionais e usuários de seus serviços técnicos,

além de determinar a responsabilidade profissional por eventuais defeitos ou erros técnicos.

Aterramento: Ligação elétrica intencional e de baixa impedância com a terra.

Caixa Tipo EG ou Mini poço de inspeção: Caixa de concreto ou alvenaria com volume interno até 8m³. Estrutura construída em concreto ou alvenaria ao longo da rede para possibilitar passagem dos condutores e a montagem de barramentos submersíveis de baixa tensão.

Carga Instalada: Soma das potências nominais dos equipamentos de uma instalação.

Circuito Primário Interno Subterrâneo: É a ligação primária de 15 kV interna ao condomínio destinada à alimentação dos transformadores de distribuição, composta por cabos isolados de média tensão 12/20kV de Alumínio, seus acessórios e equipamentos ligados através da proteção geral de entrada.

CREA: Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura.

Condomínio Horizontal: Propriedade particular subdividida em múltiplas unidades caracterizada pela existência de uma ou mais ruas internas com acesso e uso privativo dos moradores.

Consumidor: É toda pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar à COPEL o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das faturas e pelas demais obrigações legais, regulamentares e contratuais.

Empreendedor: Pessoa de direito privado, responsável pela elaboração de projeto, construção, fornecimento de materiais, equipamentos e comissionamento do empreendimento.

Entrada de serviço: Conjunto de materiais, equipamentos e acessórios situados a partir do ponto de entrega da COPEL até a medição da unidade consumidora, inclusive.

Indicador de Defeito em cabos subterrâneos: Equipamento utilizado em cabos de energia, com o objetivo de prover indicação (luminosa, local ou remota), caso uma corrente de defeito (curto circuito) circule através dele.

Interessado: Vide empreendedor.

Limite de propriedade: É a demarcação oficial que separa a propriedade do cliente da via pública (área do condomínio) e dos terrenos de terceiros.

Loteamento: Subdivisão de uma gleba (área) em lotes, destinados a edificações, com abertura de novas vias de circulação e de logradouros públicos ou de ampliação, modificação ou prolongamento dos existentes.

Malha de Aterramento ou Sistema de aterramento: Sistema de aterramento interligado para garantir a proteção de curto-circuito entre fase-terra provocado por defeitos no sistema aéreo ou falha na isolação dos condutores

subterrâneos e transformadores. Ligação intencional de baixa impedância com a terra.

MIT: Manual de Instruções Técnicas COPEL

NBR: Norma Brasileira Registrada.

NR: Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego.

NTC: Norma Técnica COPEL.

Poste de transição: Poste destinado a conversão do sistema aéreo para o sistema subterrâneo (Ponto de derivação).

Quadro de Distribuição Pedestal (Q.D.P.): Quadro de distribuição de energia composto por barramentos, isoladores e chaves seccionadoras fusíveis verticais destinadas à manobra e proteção de circuitos secundários (Padrão COPEL).

Ramal de Entrada Primário Subterrâneo: É o conjunto de cabos isolados de média tensão 12/20kV de Alumínio, seus acessórios e demais equipamentos compreendidos entre o ponto de derivação da rede primária aérea de 15 kV e a proteção geral da entrada.

RDA: Rede de Distribuição Aérea.

RDM: Terminologia utilizada para barramento múltiplo isolado de baixa tensão.

RDS: Rede de Distribuição Subterrânea.

Tampão de Ferro Fundido: Confeccionada em liga metálica de alta resistência, localizada na parte superior da entrada de acesso as caixas, com a finalidade de proceder a abertura e fechamento do local, bem como resistir as solicitações de carga sobre o mesmo.

Terminação Desconectável: Conjunto de acessórios, isolados e blindados, para conectar eletricamente um condutor de potência isolado a um equipamento ou realizar derivações e emendas na rede, projetadas de tal maneira que a conexão elétrica possa ser facilmente estabelecida ou interrompida. Poderá ser operado com tensão (LOADBREAK) ou sem tensão (DEADBREAK).

Terminação Externa ou Mufla: Material específico utilizado como terminal externo de trecho subterrâneo, que permite a interligação do condutor isolado subterrâneo de media tensão com condutores nus ou protegidos.

Transformador Pedestal de Distribuição: Transformador de distribuição blindado ou selado, para utilização ao tempo e instalado sobre uma base de concreto. Este transformador não é próprio para instalação em áreas de grande circulação de pedestres e sujeitas a vandalismo.

Transformador em poste: Opção utilizada para transformação de energia, normalmente localizada em esquinas ou locais apropriados, quando houver conveniência técnica.

Unidade Consumidora: Conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor.

4. NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

As seguintes normas devem ser consultadas como complemento a este guia.

4.1 Normas técnicas brasileiras

ABNT-NBR-14039 - Instalações Elétricas de Alta Tensão.

ABNT-NBR-5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

ABNT-NBR-9511 - Cabos Elétricos - Raios Mínimos de Curvatura

ABNT-NBR-14787 - Espaços Confinados: Prevenção de Acidentes

ABNT-NBR-14606 - Postos de serviço – Entrada em espaços confinados;

ABNT-NBR-10068 - Folha de Desenho – Lay out e dimensões.

ABNT NBR 5598 - Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP – Requisitos.

ABNT NBR 7285 - Cabos de potência com isolamento extrudada de polietileno termofixo (XLPE) para tensão de 0,6 kV/1 kV - Sem cobertura – Especificação.

ABNT NBR 7286 - Cabos de potência com isolamento extrudada de borracha etilenopropileno (EPR) para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos de desempenho.

ABNT NBR 7287 - Cabos de potência com isolamento sólida extrudada de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de isolamento de 1 kV a 35 kV.

ABNT NBR 15749 - Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento.

4.2 Normas regulamentadoras

NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

NR 33 - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados.

NR 35 - Trabalho em altura.

4.3 Normas técnicas Copel

- NTC 841050 – Projeto de Iluminação Pública.
- NTC 841001 – Projeto de Redes de Distribuição Urbana.
- NTC 841005 – Desenhos de Redes de Distribuição,
- NTC 841100 – Projeto de Redes de Distribuição Compacta Protegida,
- NTC 841200 – Projeto de Redes de Distribuição Secundária Isolada,
- NTC 901110 – Atendimento a Edificações de Uso Coletivo
- NTC 901100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição,
- NTC 903100 - Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição,
- NTC 917010 – Eletrodutos de aço carbono
- NTC 810082 – Transformador Pedestal
- NTC 810815/19 – Condutores multipolares para ramais de ligação de cobre.
- NTC 810021 - Cabo Isolado de Alumínio 0,6/1kV
- NTC 810086 - Especificação Técnica para cabos de alumínio isolados
- NTC 815052/54 - Cabo de Alumínio Isolado 12/20kV
- NTC 818200/01/05 - Barramento múltiplo isolado
- NTC 810091 - Acessórios Desconectáveis e Buchas desconectáveis – Especificação Técnica.
- NTC 810092 – Quadro de Distribuição Pedestal
- NTC 855107 – Estrutura de transição aérea subterrânea

4.4 Manuais de instrução técnica

- MIT 162401 – Proteção de rede de distribuição contra sobretensões.
- MIT 162501/03 – Proteção de Redes de Distribuição contra sobrecorrentes.
- MIT 162601 – Projeto e Construção de Redes de Distribuição por Particular.
- MIT 162803 – Participação Financeira de Consumidor.
- MIT 163002 – Avaliação Técnica de Empreiteiras.
- MIT 163104 – Aterramento em redes de distribuição.
- MIT 163101 – Procedimentos para Execução de Obras.

MIT 163802 - Montagem de Acessórios Desconectáveis para Cabos Isolados 15kV.

MIT 163803 - Projeto e Construção de Rede primária subterrânea 15kV.

MIT 163804 - Projeto e Construção de Rede secundária subterrânea.

MIT 163805 - Critérios para atendimento e elaboração de projetos de rede subterrânea em condomínios e loteamentos horizontais.

MIT 163806 - Programa e Permissão de Entrada em Espaços Confinados nas Redes Subterrâneas de Distribuição de Energia.

MIT 163809 - Montagem de Terminações para cabos isolados.

MIT 163811 - Condições Gerais para Empreendimentos por Particular com Redes de Distribuição Subterrâneas.

MIT 163919 - Critérios para Apresentação de Projeto de Entrada de Serviço.

ETC-REL/001 - Religadores Automáticos 13,8kV – Especificação Técnica.

5. CONDIÇÕES GERAIS

Este guia será apresentado em tópicos, os quais combinados possibilitam a elaboração do projeto e montagem das estruturas desejadas.

Cada tópico é composto pelo desenho orientativo e principais módulos utilizados nas montagens com o intuito de facilitar a elaboração do projeto e a modulação no *software* GEO.

OBS: Os desenhos aqui apresentados são meramente ilustrativos, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

5.1 Apresentação do projeto

Para que o projeto tenha sua análise realizada pela Copel é necessário que o projetista abra uma solicitação de análise e apresente todos os documentos necessários por meio eletrônico ao Departamento de Projetos da respectiva região.

A abertura do protocolo para análise do projeto de rede subterrânea na área do Departamento de Projetos e Obras Noroeste se dará através do preenchimento da Ficha de Abertura de Processo – FAP, e envio para o e-mail incorporacao.viadigital@copel.com, no assunto informar o nome do empreendimento seguido pela palavra SUBTERRÂNEO e tipo de projeto, civil ou eletromecânico

Para que seja gerado protocolo, o projeto detalhado deve ser encaminhado para análise junto com os seguintes documentos:

- FAP.
- Carta de apresentação.
- Memorial descritivo.
- ART Projeto.
- ART Execução.
- Cópia do contrato social + Última alteração.
- Formulário de autorização para crédito em conta corrente.
- Declaração de carga instalada das áreas comuns.
- Parecer ambiental.
- Arquivo digital da planta civil georreferenciada em SAD 69/96 Clássico, com largura de ruas, avenidas, calçadas e lotes.
- Projeto urbanístico aprovada pela prefeitura.

Todos estes documento juntamente com o projeto detalhado devem ser enviados ao e-mail mencionado, através de link criado pelo serviço de armazenamento em nuvem da Microsoft, One Drive.

Todos os documentos complementares aos projetos que devem ser encaminhados para análise podem ser consultados no MIT 163805 em seu item 8.

Obs.: A concessionária responsável pode, a qualquer momento, solicitar documentos complementares para possibilitar a análise do projeto.

5.2 Orientações

Para o bom andamento do processo segue algumas recomendações:

- Para empreendimentos novos informar se o mesmo se destina a venda de lotes ou casas.
- Informar área total, quantidade de lotes, áreas de uso comum e áreas individuais dos lotes.
- Apresentar projetos complementares (água, esgoto, telefone, TV a cabo, gás, iluminação, etc)
- Apresentar cronograma de execução de obras.
- A empresa responsável deve estar habilitada para elaboração de projetos e/ou construção de redes subterrâneas conforme orientação do MIT 163811, no item Qualificação Técnica para Obras, e o profissional responsável habilitado junto aos órgãos competentes.
- Atentar para a legislação municipal (permissão para instalações a nível do solo, requisitos para execução de obras, entre outros).
- Verificar necessidade de autorizações ambientais, projetos de travessia e ocupação de faixa para rodovias, ferrovias e linhas de transmissão.
- Prever trechos de dutos e possíveis interligações que possibilitem o atendimento a eventuais cargas não previstas sem a necessidade de obras civis.
- Os arquivos digitais encaminhados com planta do empreendimento deverão ser em padrão CAD, com extensões DXF ou DWG.
- Os arquivos deverão ser compostos apenas e tão somente por registros dos elementos da cartografia, que se quer representar.
- A locação dos equipamentos (transformadores, QDPs, chaves, etc) deverá levar em consideração a possibilidade de instalação e retirada através de caminhão com guindaste.

Recomenda-se que seja feita uma consulta de viabilidade técnica à Copel antes do início dos estudos e caso necessário esta concessionária irá informar a necessidade de obras de reforço em linhas e/ou subestações para atendimento ao empreendimento.

Para eliminar um possível retrabalho recomenda-se, que na impossibilidade do fiscal da Copel acompanhar a obra em tempo integral, fotos das atividades realizadas sejam enviadas diariamente ao fiscal responsável.

6. OPÇÕES DE ATENDIMENTO

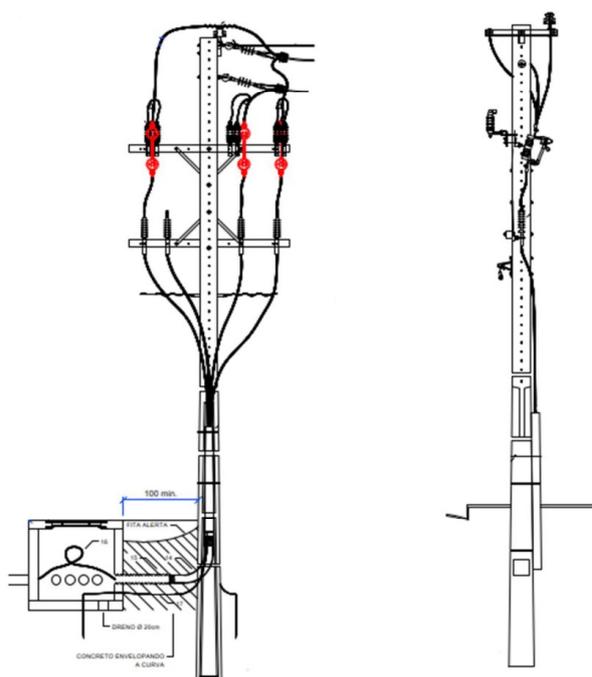
Os projetos para atendimento a condomínios podem ter os seguintes propósitos:

- Travessias de portal
- Atendimento aos lotes com rede totalmente enterrada (MT e BT)
- Atendimento aos lotes com rede parcialmente enterrada (Rede mergulhada)

6.1 Travessia de media tensão

Esta opção é utilizada quando o empreendedor deseja somente atravessar o portal do condomínio com rede subterrânea.

Figura 1 - Travessia de portal (vista frontal e vista lateral)



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

Para as travessias de portal serão montadas duas estruturas de transição, uma na área externa do condomínio na qual deverá ser instalado um jogo de chaves fusível para proteção e outra estrutura na área interna do condomínio na qual serão instaladas chaves do tipo faca com o intuito de isolar o condomínio em uma eventual necessidade.

Além das chaves, dois para-raios por fase deverão ser montados nas estruturas. Este projeto deve ser apresentado em duas partes distintas, sendo, elementos do projeto civil e elementos do projeto eletromecânico. As pranchas deverão estar assinadas pelos respectivos profissionais responsáveis.

6.1.1 Projeto Civil

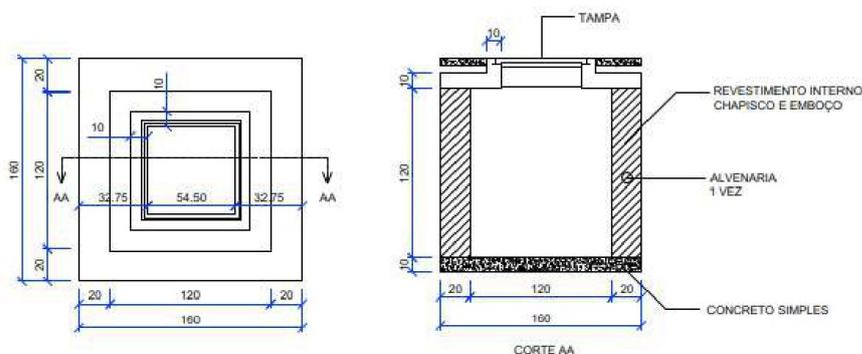
Este projeto deve apresentar os detalhes das caixas de passagem, dos dutos, do banco de dutos e do tipo de proteção mecânica que serão utilizadas.

6.1.1.1 – Caixas de passagem

São as caixas destinadas a acomodar a sobra dos cabos (reserva técnica), podem ser utilizados dois modelos que são apresentados nas figuras 2 e 3 com seus respectivos módulos e acessórios.

- Caixas de passagem do tipo “EG” com medidas internas mínimas 120x120x120 cm.

Figura 2 - Caixa EG 120x120x120 cm

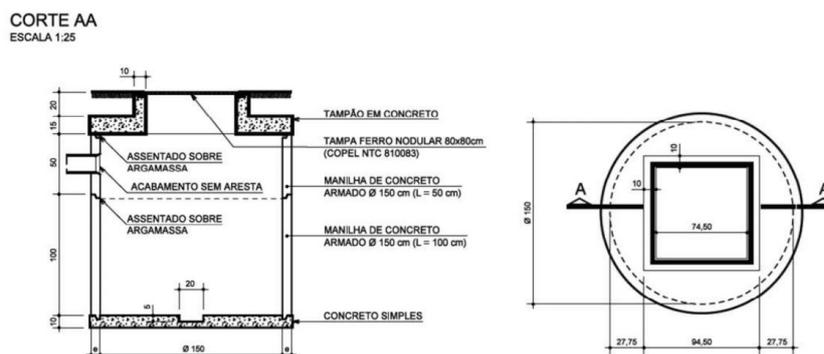


***** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.**

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quantidade	Descrição
4966S	1	Caixa EG 1,20x1,20x1,20
4932S	3	Suporte horizontal 140mm
4921S	2	Suporte Vertical 7 furos

Figura 3 - Caixa manilha



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

- Caixa tipo “EG” com manilha pré-moldada com diâmetro interno e altura iguais a 150 cm.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quantidade	Descrição
4969S	1	Caixa manilha
4932S	3	Suporte horizontal 140mm
4921S	2	Suporte Vertical 7 furos

6.1.1.2 Eletrodutos

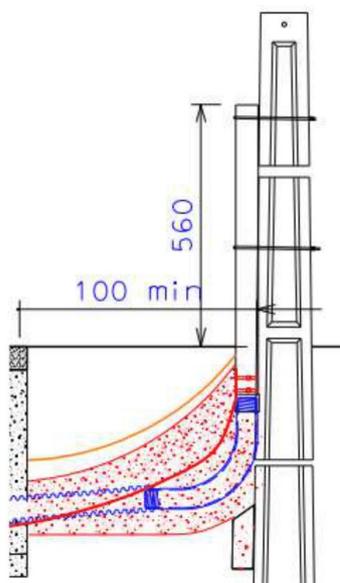
Sua função é proporcionar proteção mecânica aos cabos e guiá-los até a caixa de passagem.

Devem atender a NBR 5598/13 ou outra norma que assegure igual ou superior qualidade, maiores detalhes podem ser consultados na NTC 813742/47

Para condomínios são utilizados os eletrodutos de aço zincado de quatro polegadas em barra única de 6 metros, para passagem dos cabos de média tensão e eletroduto de aço zincado de três polegadas, barra de três metros para passagem dos cabos de comunicação.

A figura 4 ilustra o eletroduto fixado ao poste com sua respectiva curva para interligação a caixa de passagem.

Figura 4 - Eletroduto de aço zincado



Modulo	Quantidade	Descrição
4939S	1	Instalação de duto 4"

Além do módulo acima os seguintes materiais e tarefas complementares devem ser orçados para o eletroduto de comunicação.

Código	Descrição	Quantidade	Tarefa	Quant.
20011246	Eletroduto de aço 3", barra 3 metros	1 pç	865	1
15019214	Luva	1 pç	-	-

6.1.1.3 Dutos e Banco de dutos

Os dutos devem atender a NBR 15.715 e são destinados a passagem e proteção dos cabos de média e baixa tensão.

O responsável deve providenciar os ensaios recomendados na referida norma, em laboratório especializado, e entregar o laudo aprovado à Copel para liberação de uso do mesmo.

Obs.: O cliente deverá agendar com prazo mínimo de 5 dias úteis, com o fiscal, à retirada de amostra para envio ao ensaio.

Maiores detalhes podem ser consultados na NTC 810 106.

As bitolas padronizadas para condomínios são:

- Duto 3 polegadas: são dutos destinados a passagem de cabo de fibra para automação e telecomunicações de uso exclusivo da Copel e devem possuir diâmetro interno mínimo de 75 mm

Modulo	Unidade	Descrição
5424S	Metro	Assentamento duto 75 mm

- Dutos 4 polegadas: são dutos destinados a passagem de cabos de baixa tensão com bitola não superior a 185mm² e cabos de media tensão com bitolas 50mm², seu diâmetro interno não deve ser inferior a 100 mm.

Modulo	Unidade	Descrição
5425S	Metro	Assentamento duto 100 mm

Todos os circuitos primários, secundários e os ramais de entrada devem ser instalados obrigatoriamente em dutos.

Cada circuito (primário, secundário ou ramal de entrada) deve ser instalado em um duto exclusivo.

Os dutos dos circuitos primários devem ser instalados preferencialmente nos leitos carroçáveis.

Os dutos dos circuitos secundários e ramais de entrada devem ser instalados nas calçadas (exceto em travessias de ruas, avenidas, etc.).

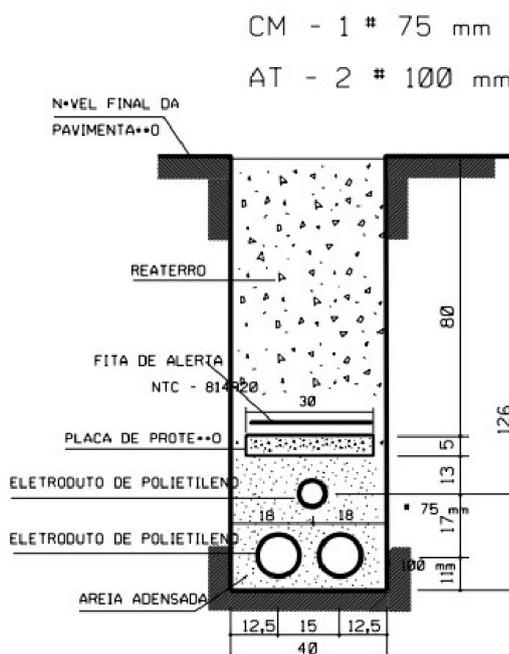
Recomendam-se trechos com comprimentos máximos de 65 metros, entre caixas de passagem para circuitos primários e 40 metros para trechos de circuitos secundários.

A configuração do banco de dutos irá depender da quantidade de circuitos que irá passar pelo trecho, e o número de dutos vagos deve corresponder a, no mínimo, 50% dos dutos ocupados.

O software para modulação apresenta várias configurações aplicáveis a ruas e calçadas, a escolha deve ser feita em função da característica do trecho atendido e caso necessário realizar o complemento com os módulos individuais disponíveis.

Para os casos de travessia de portal o banco de dutos deve conter, no mínimo, 2 dutos de 100mm e um duto de 75mm conforme figura abaixo.

Figura 5 - Banco de dutos 2x100mm



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Unidade	Descrição
5431S	Metro	Banco de duto 2x100mm

Além dos módulos acima os seguintes materiais e tarefas complementares devem ser orçados para proporcionar proteção mecânica e sinalização

Código	Descrição	Quantidade
15022797	Placa de concreto armado 50 cm	2pçs / metro
15016036	Fita Alerta	Metro aplicado

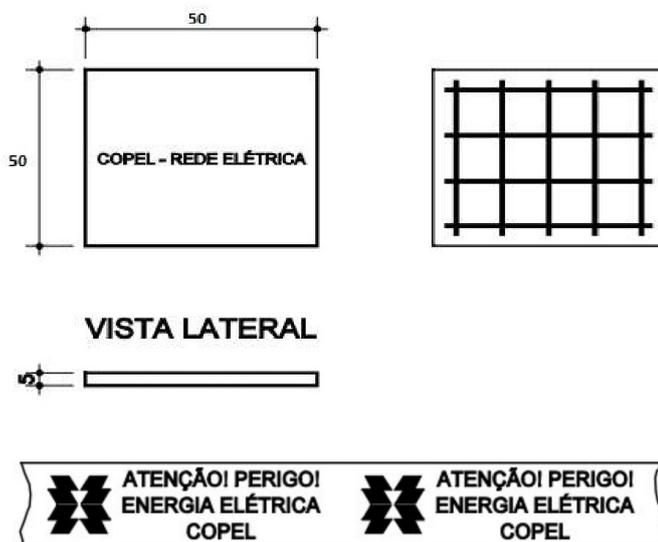
6.1.1.4 Proteção mecânica e sinalização

A proteção mecânica dos dutos é feita através de placas em concreto armado que tem seu tamanho definido em função da largura da vala.

Para travessias o tamanho usual é o 50x50x05 cm e sobre esta a uma distância de aproximadamente 10 cm é instalada a fita alerta ou fita de sinalização, esta deve seguir o padrão definido na NTC 814 920.

Abaixo segue figura ilustrativa da placa e fita.

Figura 6 - Placa de concreto e Fita alerta



6.1.2 Projeto eletromecânico

Este projeto deve apresentar os detalhes dos cabos e componentes utilizados na estrutura de transição.

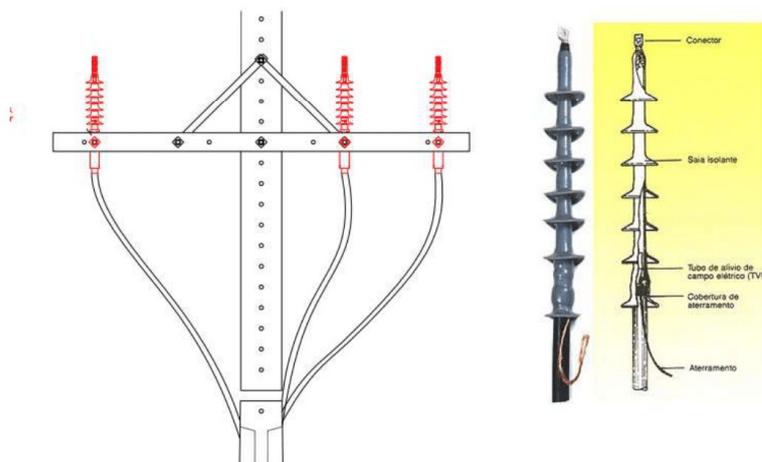
Componentes como: postes e estruturas de encabeçamento de rede aérea, não serão apresentados neste guia pois, não fazem parte dos materiais pertencentes a “família dos subterrâneos” e já possuem suas respectivas normas publicadas.

6.1.2.1 Mufas

Utilizadas na transição entre a rede aérea e a rede subterrânea, este terminal é conectado no lado em que o cabo de média tensão subterrâneo será interligado a rede aérea através de uma chave fusível ou seccionadora unipolar.

A figura abaixo ilustra a forma como a mesma deve ser instalada na cruzeta e apresenta um detalhe de seus elementos principais.

Figura 7 – Mufla ou terminal polimérico de uso externo



A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quantidade	Descrição
4940S	1	Montagem mufla externa 50mm

Obs: O kit contempla todos os materiais e acessórios para a montagem de 3 mufas

6.1.2.2 Cabos de média tensão

Nas travessias de portais deverá ser utilizado o cabo 50mm² - 12/20kV de alumínio.

Um cabo reserva com as mesmas características e comprimento deve ser passado e suas terminações realizadas.

Uma sobra de cabo deve ser prevista no interior da caixa EG.

Um lado da travessia, preferencialmente o lado da fonte, deve ter sua malha aterrada junto ao aterramento do para-raios.

Modulo	Unidade	Descrição
5401S	Metros	Lançamento cabo AT TRIF SUB 50mm ² p/ metro

Obs:

- O módulo contempla todos os materiais e acessórios necessários para o lançamento de 3 pernas de cabo por metro.
- Orçar oitenta metros de cabo além do previsto (20 metros por "perna" de cabo) para possibilitar a execução das subidas da transição.

6.1.2.3 Aterramento

Nas travessias com redes subterrâneas deverão ser aterrados:

- Blindagem do cabo.
- Componentes metálicos do poste de transição.

Como pode ser observado na figura 1, as estruturas de transição possuem alguns pontos (para-raios, cordoalhas, etc) que devem ser aterrados, estes componentes pertencem ao projeto da rede aérea e maiores detalhes podem ser consultados nas NTCs 841 001, 858 565 e MIT 163104.

Para o aterramento da mufla o seguinte modulo deverá ser utilizado.

Modulo	Quantidade	Descrição
4312	1	Aterramento terminal polimérico.

Além do módulo acima os seguintes materiais e tarefas complementares devem ser orçados para execução do aterramento do eletroduto de descida conforme orientação da NTC 858 565.

Código	Descrição	Quantidade	Tarefa	Quant
15008292	Haste de aterramento	1 pç	815	1
15014808	Conector de aterramento	1 pç	-	
15004882	Fio de aço-cobreado	0,5 kg	-	

15016988	Fecho fita aço inox	2	-	
15005970	Fita de aço inox	0,05	-	

6.1.3 Recomendações

Segue abaixo algumas recomendações para facilitar a análise e posterior execução do projeto apresentado.

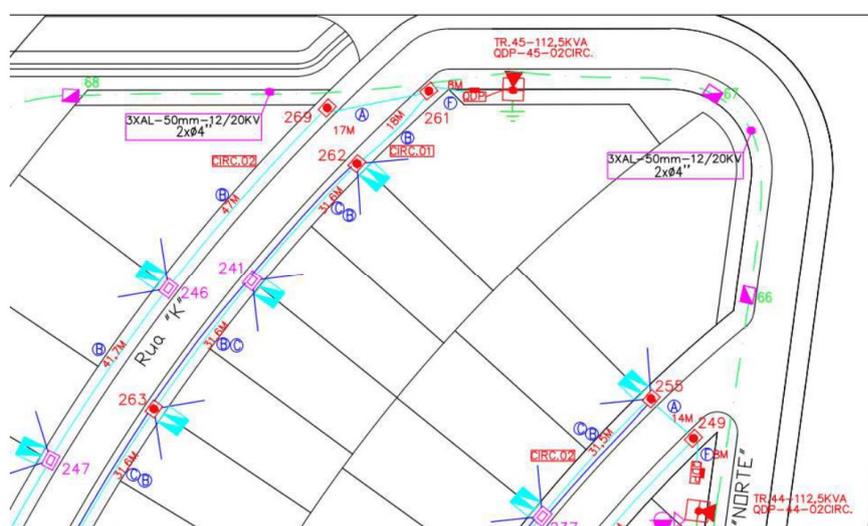
- Identificar as fases dos condutores com fitas coloridas, conforme orientação MIT 163805.
- A fixação do aterramento no duto metálico deverá ser feita com fita de aço inoxidável, conforme NTC 858 565. Não é permitido perfurar o duto metálico.
- Os eletrodutos, curvas e luvas deverão atender às NTCs 813742 e 813747.
- Utilizar conector cunha para interligar o fio de aço cobreado do aterramento com os para-raios e cordoalhas.
- O aterramento dos para-raios e cordoalhas deverá ser separado do aterramento dos dutos metálicos e a haste deverá ficar fora da caixa de descida.
- Todas as estruturas metálicas dentro das caixas deverão ser aterradas.
- As caixas deverão ser projetadas com impermeabilização externa para evitar infiltração de água.
- Projetar dreno para as caixas EG.
- Todos os dutos não utilizados deverão ser tamponados.
- Instalar suporte cela nas caixas e câmaras para acomodação dos cabos.

6.2 Atendimento à lotes com rede totalmente enterrada (MT e BT) e redes mergulhadas.

Neste tipo de atendimento a infraestrutura civil, composta por caixas e bancos de dutos, deverá ser construída para que se possa realizar a passagem dos cabos e instalar os equipamentos necessários.

A figura 8 apresenta um exemplo de projeto onde pode-se ver a rede de média tensão, transformadores tipo pedestal, QDP e rede de baixa tensão.

Figura 8 - Redes subterrânea de MT e BT implantada em condomínio



Este projeto deve ser apresentado em duas partes distintas, sendo, projeto civil e projeto eletromecânico, as pranchas devem estar assinadas pelos respectivos profissionais responsáveis.

6.2.1 Projeto Civil

Este projeto deve apresentar os detalhes de: caixas de passagem, base para transformador, base para QDP, caixas para RDM, dutos, banco de dutos e tipo de proteção mecânica que será utilizada.

6.2.1.1 – Caixas de passagem

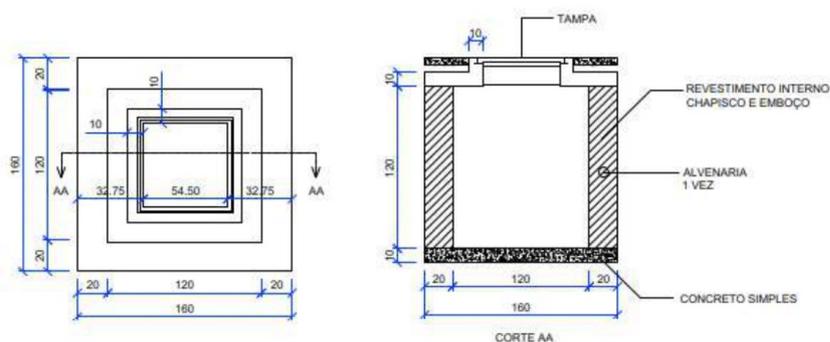
Estas caixas são utilizadas para facilitar a passagem dos cabos, a distância entre as caixas não deve ser superior a 65 metros para redes de média tensão e 40 metros para redes de baixa tensão.

Para as caixas destinadas a passagem de cabos de média tensão poderão ser utilizados dois modelos que são apresentados nas figuras 9 e 10 com seus respectivos módulos e acessórios.

A escolha das mesmas se dará em função do local a ser instalado, para as caixas instaladas na rua deverá ser utilizado a caixa tipo manilha com tampa circular, para as caixas instaladas na calçada deverá ser utilizado a caixa de passagem do tipo “EG” com medidas internas mínimas 120x120x120 cm, com tampa quadrada.

Todas as tampas deverão atender a NTC 810083

Figura 9 - Caixas tipo “EG” com medidas internas mínimas 120x120x120 cm.



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

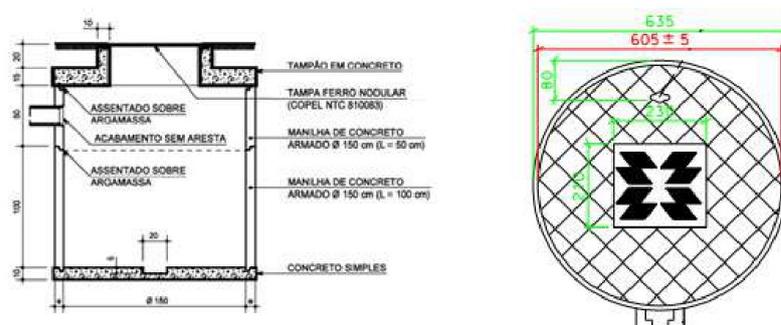
A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Guia de boas práticas para elaboração de projeto e construção de redes subterrâneas em condomínios fechados – ELETROMECANICA e CIVIL

Modulo	Quantidade	Descrição
4966S	1	Caixa EG 1,20x1,20x1,20
4932S	**	Suporte horizontal 140mm
4921S	**	Suporte Vertical 7 furos

** A quantidade de suportes deverá ser avaliada em função do traçado da rede

Figura 10 -- Caixa manilha pré-moldada com diâmetro interno e altura iguais a 150 cm e tampa circular 60cm.



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quantidade	Descrição
4969S	1	Caixa manilha
4932S	**	Suporte horizontal 140mm
4921S	**	Suporte Vertical 7 furos

** A quantidade de suportes deverá ser avaliada em função do traçado da rede

As caixas destinadas a passagem de cabos de baixa tensão deverão ser instaladas na calçada e projetadas caixas de passagem do tipo “EG” com medidas internas mínimas 120x120x120 cm, com tampa quadrada. Todas as tampas deverão atender a NTC 810083

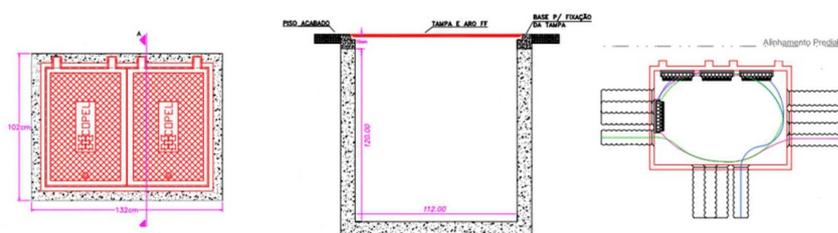
6.1.2.2 – Caixa para RDM – Barramento múltiplo isolado de baixa tensão

Esta caixa deve ser instalada nos pontos de conexão da rede secundária com os ramais das ligações dos consumidores, e nestas, serão instalados os barramentos múltiplos isolados ou RDM.

Esta caixa tem medidas de 1120x820x1200 cm e devem ter tampa dupla para facilitar o acesso.

A figura 11 apresenta o detalhe da caixa, tampa e barramentos instalados em seu interior.

Figura 11 - Caixa para RDM



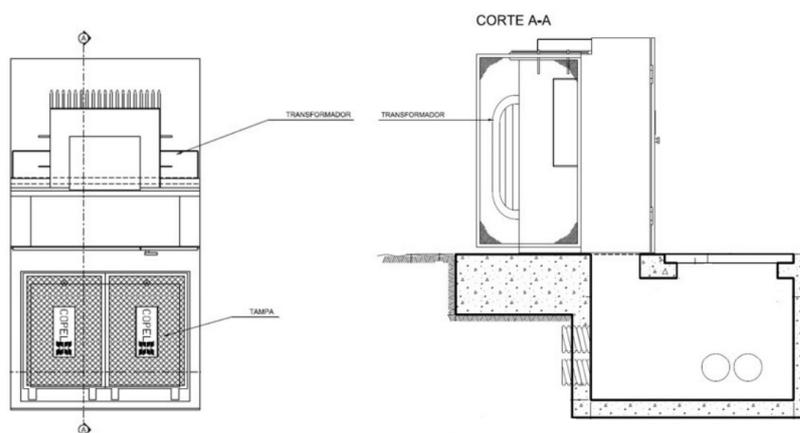
*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

6.1.2.3 – Caixa base para transformador pedestal

Esta caixa é destinada a instalação de transformador pedestal e deve possuir tampa dupla para facilitar o acesso aos cabos de média e baixa tensão.

A figura 12 apresenta a vista superior e um corte da caixa com transformador instalado sobre ela.

Figura 12 - Caixa base transformador



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

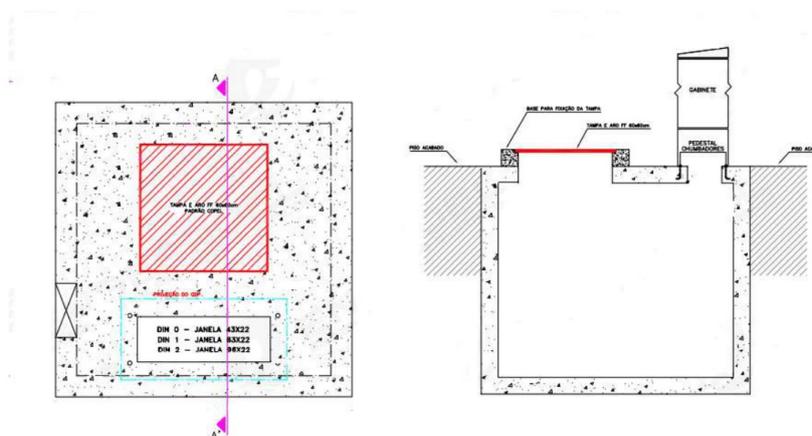
6.1.2.4 – Base para QDP

Caixa com medidas internas 120x120x120 cm, tampa quadrada e janela para fixação do QDP.

As medidas da janela deverão ser adequadas ao tamanho do QDP escolhido, maiores detalhes podem ser consultados na NTC 810092

A figura 13 apresenta a vista superior e um corte da caixa.

Figura 13 - Caixa base para QDP



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

6.1.2.5 - Dutos

Os dutos devem atender a NBR 15.715 e são destinados a passagem e proteção dos cabos de média e baixa tensão.

O empreendedor/responsável deve providenciar os ensaios recomendados na referida norma, em laboratório especializado, e entregar o laudo aprovado à Copel para liberação de uso do mesmo.

Obs.: O cliente deverá agendar com prazo mínimo de 5 dias úteis, com o fiscal, à retirada de amostra para envio ao ensaio.

Maiores detalhes podem ser consultados na NTC 810 106.

As bitolas padronizadas para condomínios são:

- Duto 3 polegadas: são dutos destinados a passagem de cabo de fibra para automação e telecomunicações de uso exclusivo da Copel e devem possuir diâmetro interno mínimo de 75 mm

Modulo	Unidade	Descrição
5424S	Metro	Assentamento duto 75 mm

- Dutos 4 polegadas: são dutos destinados a passagem de cabos de baixa tensão com bitola não superior a 185mm² e cabos de media tensão com bitolas 50mm², seu diâmetro interno não deve ser inferior a 100 mm.

Modulo	Unidade	Descrição
5425S	Metro	Assentamento duto 100 mm

6.1.2.6 - Banco de dutos

Todos os circuitos primários, secundários e os ramais de entrada devem ser instalados obrigatoriamente em dutos.

Cada circuito (primário, secundário ou ramal de entrada) deve ser instalado em um duto exclusivo.

Os dutos dos circuitos primários devem ser instalados preferencialmente nos leitos carroçáveis.

Os dutos dos circuitos secundários e ramais de entrada devem ser instalados nas calçadas (exceto em travessias de ruas, avenidas, etc.).

Nos casos em que, por necessidade do projeto, houver necessidade de cruzar bancos de dutos uma caixa de passagem deverá ser instalada.

Recomendam-se trechos com comprimentos máximos de 65 metros, entre caixas de passagem para circuitos primários e 40 metros para trechos de circuitos secundários.

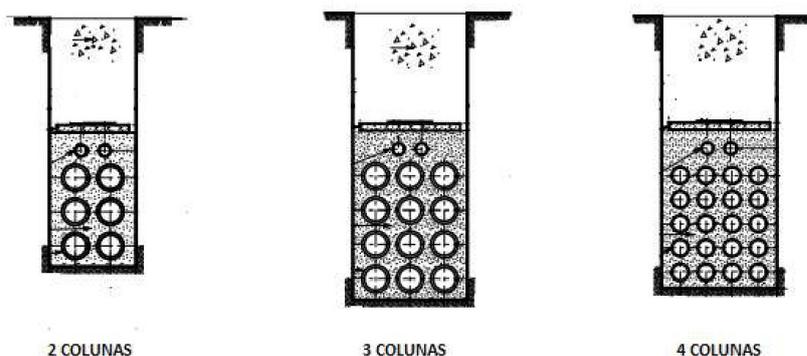
A configuração do banco de dutos irá depender da quantidade de circuitos que irá passar pelo trecho, e o número de dutos vagos deve corresponder a, no mínimo, 50% dos dutos ocupados.

O software para modulação apresenta várias configurações aplicáveis a ruas e calçadas, a escolha deve ser feita em função da característica do trecho atendido e caso necessário realizar o complemento com os módulos individuais disponíveis.

Para passagem dos circuitos primários e secundários várias configurações podem ser projetadas de acordo com a necessidade de atendimento.

A figura 14 ilustra algumas configurações possíveis.

Figura 14 - Configurações banco de dutos



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

A lista de módulos com algumas configurações usuais para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Unidade	Descrição
5431S	Metro	Banco de duto 2X100 - Calçada
5432S	Metro	Banco de duto 4X100 - Calçada
5434S	Metro	Banco de duto 6X100 - Calçada

Além dos módulos acima materiais e tarefas complementares devem ser orçados para proporcionar proteção mecânica e sinalização

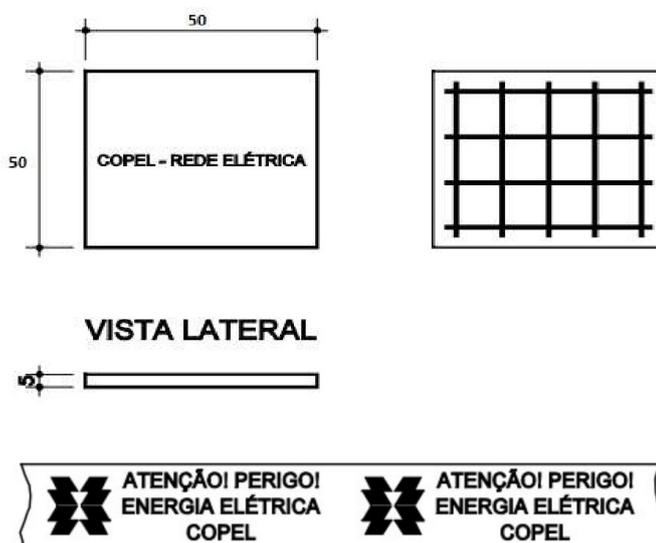
6.1.2.7 Proteção mecânica e sinalização

A proteção mecânica dos dutos é feita através de placas em concreto armado que tem seu tamanho definido em função da largura da vala.

Para os bancos de dutos utilizados em condomínios, dois tamanhos podem ser utilizados, 50x50x05 cm e 70x50x05 cm.

A aproximadamente 10 cm da placa de proteção a fita alerta ou fita de sinalização deve ser instalada (NTC 814 920), a figura 15 ilustra a placa e fita.

Figura 15 - Placa de concreto e Fita alerta



A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Código	Descrição	Quantidade
15022797	Placa de concreto armado 50 cm	2pçs / metro
	Placa de concreto armado 70 cm	2pçs/ metro
15016036	Fita Alerta	Metro aplicado

6.2.2 Projeto eletromecânico

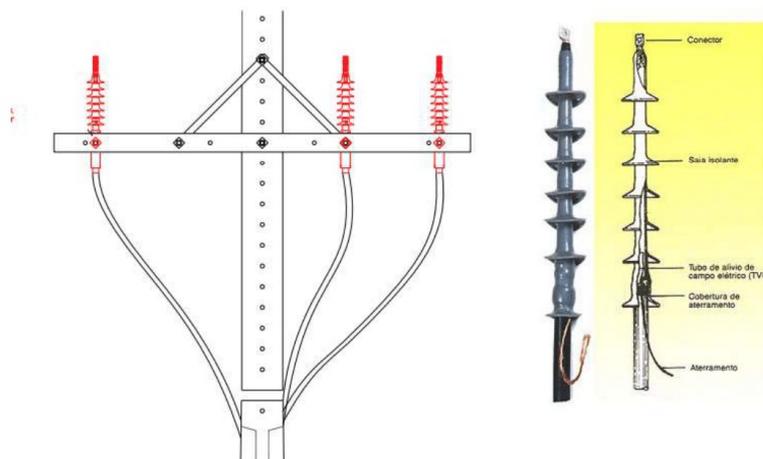
Este projeto deve apresentar os detalhes de equipamentos, cabos, aterramentos, diagramas unifilares e outros projetos complementares necessários à compreensão da obra.

6.2.2.1 Mufas

Utilizadas na transição entre a rede aérea e a rede subterrânea, este terminal é conectado no lado em que o cabo de media tensão subterrâneo será interligado a rede aérea através de uma chave fusível ou seccionadora unipolar.

A figura 16 ilustra a forma como a mesma deve ser instalada na cruzeta e apresenta um detalhe de seus elementos principais.

Figura 16 - Mufla ou terminal polimérico de uso externo



A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quantidade	Descrição
4940S	1	Montagem mufla externa 50mm

Obs: O kit contempla todos os materiais e acessórios para a montagem de 3 muflas

6.2.2.2 Eletroduto de descida

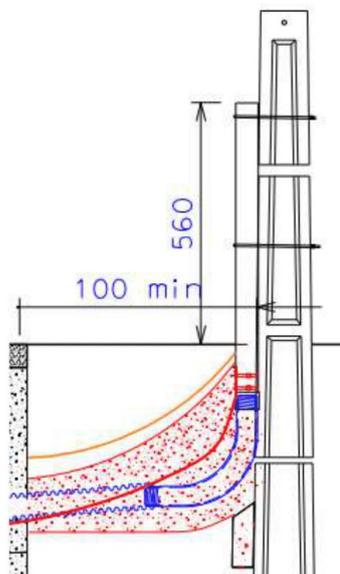
Sua função é proporcionar proteção mecânica aos cabos e guia-los até a caixa de passagem.

Devem atender a NBR 5598/13 ou outras normas que assegurem igual ou superior qualidade, maiores detalhes podem ser consultados na NTC 813742/47

Para condomínios são utilizados os eletrodutos de aço zincado de quatro polegadas em barra única de 6 metros, para passagem dos cabos de média tensão e eletroduto de aço zincado de três polegadas, barra de três metros para passagem dos cabos de comunicação.

A figura 17 ilustra o eletroduto fixado ao poste com sua respectiva curva para interligação a caixa de passagem.

Figura 17 - Eletroduto de aço zincado



A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Módulo	Quantidade	Descrição
4939S	1	Instalação de duto 4"

Além do módulo acima os seguintes materiais e tarefas complementares devem ser orçados para o eletroduto de comunicação.

Código	Descrição	Quantidade	Tarefa	Quant.
20011246	Eletroduto de aço 3", barra 3 metros	1 pç	815	1
15019214	Luva	1 pç	-	-

6.2.2.3 Cabos de média tensão

No interior do condomínio a rede de media tensão deverá ser projetada e construída com cabos 50mm² - 12/20kV de alumínio.

O tipo de configuração a ser adotada, radial simples ou radial com recurso, poderá ser consultada previamente através de apresentação de pré-projeto para análise, onde deverá constar:

- Nome do empreendimento
- Localização do empreendimento
- Quantidade de lotes (residenciais, comerciais, áreas de uso comum.)
- Área de cada lote
- Área de aproveitamento mínimo
- Distribuição previa dos transformadores.

Nos casos em que esta consulta não for realizada a Copel se reserva o direito de solicitar as alterações que julgar necessárias.

Para redes de MT que atendam um único transformador, um cabo reserva com as mesmas características e comprimento deve previsto e suas terminações realizadas.

Obs: Esta montagem só poderá ser realizada se o comprimento entre a derivação o ponto de transformação não for superior a 150 metros.

Uma sobra de cabo deve ser prevista no interior da caixa EG e um lado da travessia, preferencialmente o lado da fonte, deve ter sua malha aterrada junto ao aterramento do para-raios.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Unidade	Descrição
5401S	Metros	Lançamento cabo AT TRIF SUB 50mm ² p/ metro

Obs:

- O módulo contempla todos os materiais e acessórios necessários para o lançamento de 3 pernas de cabo por metro.
- Orçar oitenta metros de cabo além do previsto (20 metros por “perna” de cabo) para possibilitar a execução das subidas da transição.

6.2.2.4 Cabos de baixa tensão

Os cabos de baixa tensão são constituídos de cabos isolados, derivando dos transformadores e interligando QDPs e barramentos para ligação de consumidores.

Para os circuitos de baixa tensão em condomínios devem ser adotados os cabos 120mm² e 185mm² de alumínio na configuração radial simples.

Para cálculo de queda de tensão os valores de queda de tensão unitária (V/A x km) a serem adotados serão 0,607 e 0,396 para cabos 120mm² e 185mm² respectivamente.

Os cabos 240mm² e 300mm² devem ser utilizados nos trechos entre o transformador e o QDP e seus respectivos valores de queda de tensão unitária são: 0,320 e 0,270.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Unidade	Descrição
5402S	Metros	Lançamento cabo BT 3X185(185) p/ metro
5403S	Metros	Lançamento cabo BT 3X120(120) p/ metro
5414S	Metros	Lançamento cabo 240 mm ² – 0,6/1kV p/ metro
5415S	Metros	Lançamento cabo 300 mm ² – 0,6/1kV p/ metro

6.2.2.5 Aterramento

As redes subterrâneas deverão ser aterradas conforme prevê o MIT 163805:

- Partes metálicas e terminal de neutro dos transformadores em pedestal;
- Terminal neutro do Quadro de Distribuição em Pedestal (QDP);
- Blindagens dos condutores de media tensão em todas as emendas e terminais externos e internos;
- Partes metálicas não energizadas (carcaça de equipamentos e suportes*);
- Final de linha do condutor neutro dos circuitos de baixa tensão no RDM;
- Componentes metálicos do poste de transição.
- No caso de utilização de rede subterrânea secundária derivando de transformador aéreo, o aterramento do QDP deve ser feito no aterramento do poste de transição.

*Os suportes somente serão aterrados onde existir barramento RDM.

As caixas deverão ser providas de aterramento para ligação de todas as blindagens dos cabos, acessórios desconectáveis e ferragens com cabo 35mm² de Cobre e cabo 70mm² de cobre para equipamentos.

O projeto do sistema de aterramento do transformador em pedestal deve ser elaborado de acordo com os critérios definidos na ABNT NBR 15751.

O responsável técnico deverá apresentar relatório das medições de aterramento, assinado, contendo os valores medidos em todos os pontos ao final da obra.

Maiores detalhes podem ser consultados nas NTCs 841 001, 858 565 e MIT 163104.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quantidade	Descrição
4933S	1	Aterramento QDP
4935S	1	Aterramento RDM

Para o aterramento do terminal polimérico (mufla) o seguinte modulo deve ser utilizado.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quantidade	Descrição
4312	1	Aterramento terminal polimérico.

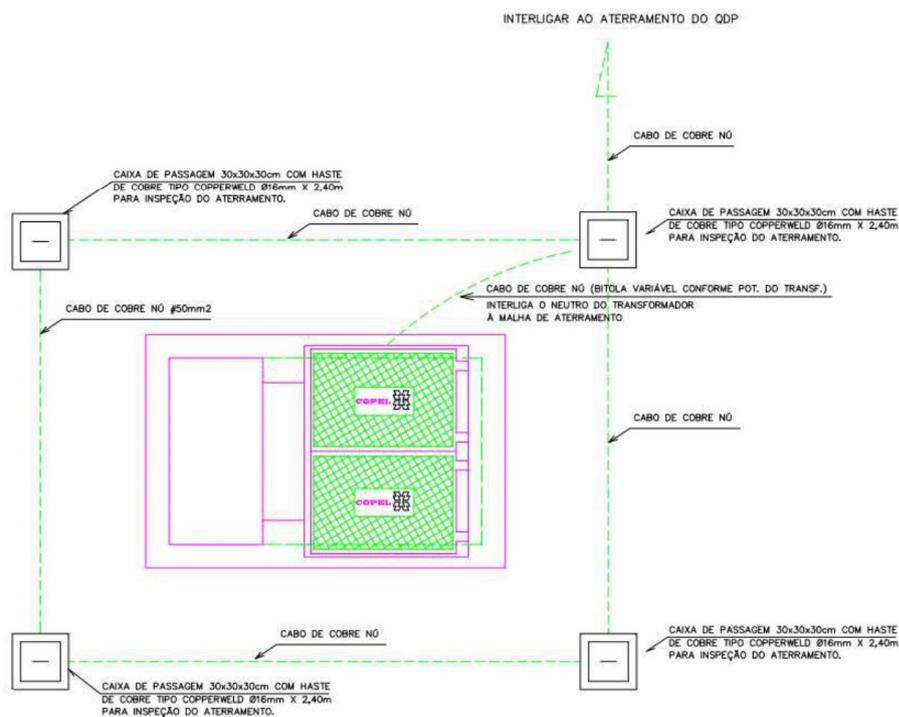
Além do módulo acima os seguintes materiais e tarefas complementares devem ser orçados para execução do aterramento do eletroduto de descida conforme orientação da NTC 858 565

Código	Descrição	Quantidade	Tarefa	Quant
15008292	Haste de aterramento	1 pç	815	1
15014808	Conector de aterramento	1 pç	-	
15004882	Fio de aço-cobreado	0,5 kg	-	
15016988	Fecho fita aço inox	2	-	
15005970	Fita de aço inox	0,05	-	

Para o transformador pedestal deverá ser construído um sistema de aterramento em anel, dotado de quatro caixas de inspeção (30x30x30 cm) com um haste instalada em cada caixa e outra haste instalada na caixa base do transformador, o aterramento do QDP deverá ser inteligado a mesma malha.

A figura 18 apresenta um exemplo do arranjo descrito acima.

Figura 18 - Aterramento transformador pedestal



*** Desenho meramente ilustrativo, o dimensionamento é de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quant	Descrição
4934S	1	Aterramento TR Pedestal

OBS.: No módulo do TR escolhido aumentar quantidade de caixas de inspeção para 4 peças e orçar conectores compatíveis.

6.2.2.6 Transformadores

Em condomínios poderão ser utilizados transformadores convencionais de máxima potência de transformação igual a 112,5 kVA para projetos que preveem a utilização de rede mergulhada e para projetos que preveem a utilização de

transformadores pedestal a máxima potência de transformação será de 300 kVA por transformador instalado.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quant	Descrição
4949S	1	TR Pedestal 15kV - 45 kVA
4950S	1	TR Pedestal 15kV - 112,5 kVA
4951S	1	TR Pedestal 15kV - 150 kVA
4952S	1	TR Pedestal 15kV - 225 kVA
4953S	1	TR Pedestal 15kV - 300 kVA
4975S	1	TR Pedestal 15kV - 75 kVA
6035	1	TR Convencional 15 kV – 45 kVA
6037	1	TR Convencional 15 kV – 75 kVA
6038	1	TR Convencional 15 kV – 112,5 kVA

Quando a instalação for realizada com transformador tipo pedestal deverá ser previsto a instalação dos desconectáveis para conexão dos cabos de média tensão à bucha de média tensão do transformador (H1, H2 e H3).

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quant	Descrição
4901S	1	Terminal Desconectável Cotovelo – TDC 200 A

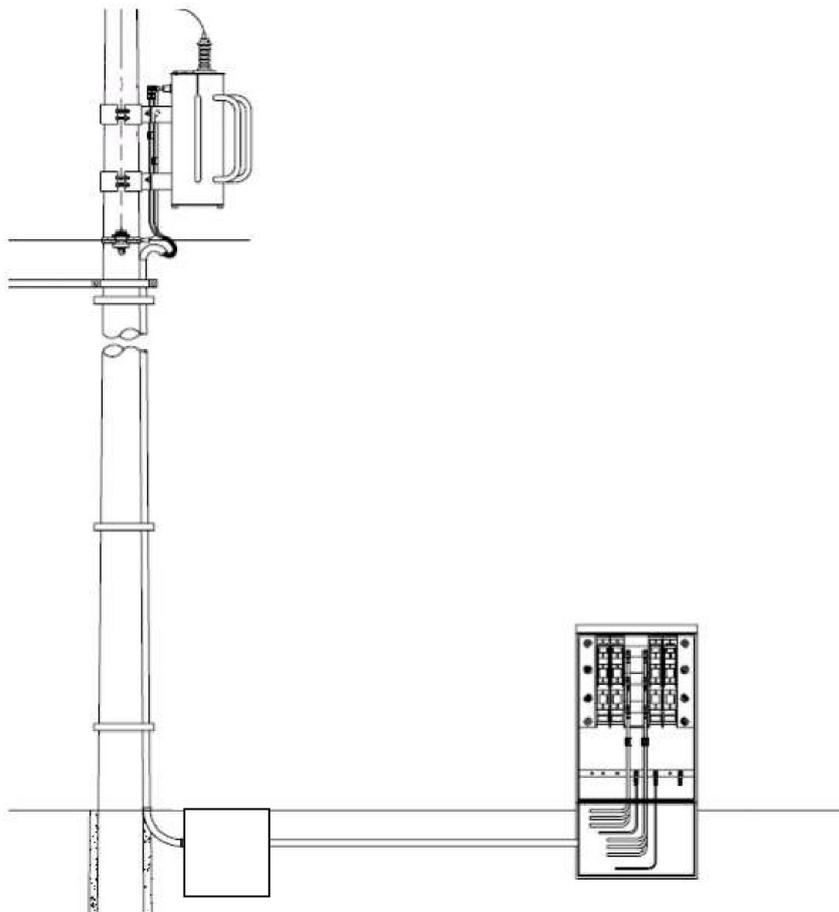
No caso de instalação de cabo reserva instalar um TDC e um Plugue Básico Isolante (PBI) para tamponar o cabo reserva.

Código: 15001947

6.2.2.7 Quadro de Distribuição Pedestal

Os quadros de distribuição em pedestal (QDP) devem ser instalados em locais que permitam a sua instalação, retirada, inspeções e manutenções periódicas. Deverão ser instaladas em praças, áreas públicas ou áreas particulares (sob consulta prévia) com livre acesso a COPEL.

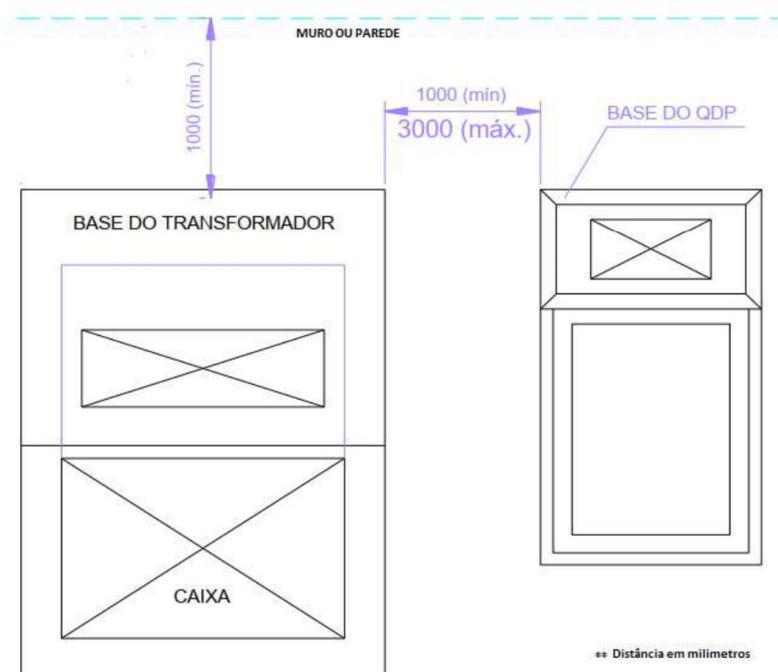
O QDP deverá situar-se a uma distância igual ou inferior a 10 metros do transformador para redes mergulhadas, a figura 19 apresenta um QDP instalado em rede mergulhada.

Figura 19 – Exemplo instalação QDP para rede mergulhada

Para redes totalmente enterradas no lado da base do transformador deve existir um espaço que permita a circulação de pessoal para futuras inspeções/manutenções, considerando-se no mínimo 1000mm nas laterais, fundo e na frente.

É aconselhável que as localizações dos transformadores em pedestal alimentando circuitos secundários seja informada ao empreendedor anteriormente a elaboração do projeto. Eventuais alterações podem ser feitas desde que não impliquem em problemas técnicos e que os custos das mesmas sejam assumidos pelos empreendedores.

Figura 20 - Exemplo instalação QDP para rede com TR Pedestal



A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quant	Descrição
4954S	1	QDP tamanho 00
4955S	1	QDP tamanho 0
4956S	1	QDP tamanho 1
4957S	1	QDP tamanho 2

A ligação dos cabos de baixa tensão, entre as buchas de saída do TR e as seccionadoras do QDP deverá ser realizada com conector tipo terminal de compressão.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quant	Descrição
4911S	1	Conector compressão cabo 120mm ²
4910S	1	Conector compressão cabo 185mm ² – 1 furo
4943S	1	Conector compressão cabo 185mm ² – 2 furo

6.2.2.8 Indicador de Falta

O indicador de falta é um equipamento utilizado em cabos de energia, com o objetivo de prover indicação (luminosa, local ou remota), caso uma corrente de defeito (curto circuito) circule através dele.

Os indicadores deverão ser instalados preferencialmente a cada derivação e no início de trechos da rede primária de distribuição, dentro das caixas de passagem, painéis e/ou conexões de transformadores.

O dispositivo de sinalização do indicador de defeito deve ser instalado, preferencialmente, em local que permita fácil visualização.

Maiores detalhes vide NTC 810 101.

A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quant	Descrição
4963S	1 Pç	Indicador de falta ou defeito

6.2.2.9 Barramentos Múltiplos Isolados (RDM)

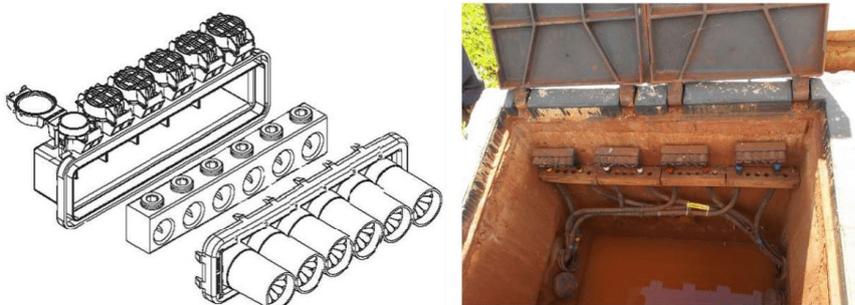
Os ramais alimentadores e ramais de consumidores deverão ser conectados em barramentos de baixa tensão isolados e submersíveis, instalados em caixas específicas nas calçadas.

Nas caixas de passagem onde estão instalados os barramentos isolados devem ser deixadas folgas de cabos que permitam a retirada dos barramentos para fora das caixas.

As derivações deverão ser feitas utilizando barramentos isolados que possibilitem conexões diretas dos cabos ou através de conectores apropriados. Em todo final de circuito de baixa tensão o barramento isolado de neutro deve ser aterrado através de haste instalada na caixa do mesmo.

A figura 21 ilustra o barramento múltiplo isolado, maiores detalhes NTC 818200.

Figura 21 - Barramento múltiplo isolado



A lista de módulos para esta montagem segue abaixo.

Modulo	Quant	Descrição
4944S	1 Pç	Instalação de RDM

Para maiores esclarecimentos consulte a divisão de projetos da área onde a obra será executada.

REFERÊNCIAS

ABNT. Normas publicadas. Disponível em:< [ABNT - ABNT - Normas Publicadas](#)>. Acesso em Outubro 2020.

MIT 163805 - Critérios para atendimento e elaboração de projetos de rede subterrânea em condomínios e loteamentos horizontais. Manual de Instrução Técnica. Disponível em:<[MIT Atend Condomínios v Dezembro 2012 \(copel.com\)](#)>. Acesso em Setembro 2020.

Normas Regulamentadoras. Disponível em:< [Inspeção do Trabalho - Normas Regulamentadoras](#)>. Acesso em Outubro 2020.

NTC – Normas Técnicas Copel. Normas Técnicas. Disponível em:< [Normas e Manuais de Projetos e Manutenção de Redes de Distribuição \(copel.com\)](#)>. Acesso em Setembro 2020.