

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba  
Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO ELÉTRICO DE REDE DE  
DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA

NATÁLIA RÁVYLLA DE CASTRO ROCHA

João Pessoa - PB

Setembro de 2022

NATÁLIA RÁVYLLA DE CASTRO ROCHA

DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO ELÉTRICO DE REDE DE  
DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA

**Trabalho de Conclusão de Curso, do curso superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do IFPB, como instrumento de avaliação e um dos pré-requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista sob orientação do Prof. Dr. Gilvan Vieira de Andrade Júnior.**

João Pessoa - PB

Setembro de 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

R672d Rocha, Natália Rávylla de Castro.

Desenvolvimento de um projeto elétrico de rede de distribuição subterrânea / Natália Rávylla de Castro Rocha. – 2022.

54 f. : il.

TCC (Graduação - Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Processos Industriais, 2022.

Orientação : Prof<sup>o</sup> D.r Gilvan Vieira de Andrade Júnior.

1. Energia elétrica 2. Projeto elétrico. 3. Rede de distribuição subterrânea. 4. Normas de distribuição unificadas. 5. Energia. I. Título.

CDU 621.3.05 (043)

Lucrecia Camilo de Lima  
Bibliotecária - CRB 15/132

ATA 87/2022 - CCSBEE/UA3/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB

Coordenação do Curso Superior de Bacharelado  
em Engenharia Elétrica  
CCSBEE-JP

**ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA E AVALIAÇÃO DE  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ATA Nº: (Nº / ANO)	<b>272/2022</b>
-----------------------	-----------------

Às quatorze horas do dia vinte e cinco do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e dois, de modo virtual foi realizada a Apresentação Pública e Avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO ELÉTRICO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA", do(a) aluno(a) **Natália Rávylly de Castro Rocha**, requisito obrigatório para conclusão do CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, com os membros da Banca Examinadora **Gilvan Vieira de Andrade Júnior, Dr.** (Orientador, IFPB), **Álvaro Medeiros Marciel, Dr.** (Examinador, IFPB) e **Franklin Martins Pereira Pamplona, Dr.** (Examinador, IFPB). Após a apresentação e as considerações da Banca Examinadora, o trabalho foi considerado **APROVADO**, com nota **95** sendo esta composta pela média aritmética das seguintes avaliações parciais:

Texto:	Apresentação:	Defesa oral:
95	95	95

Eu, **Gilvan Vieira de Andrade Júnior, Dr.** (Orientador, IFPB), lavrei a presente Ata, que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Observações:

---

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gilvan Vieira de Andrade Junior, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - CCTELT-JP**, em 09/09/2022 15:41:29.
- **Alvaro de Medeiros Maciel, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/09/2022 06:13:47.
- **Franklin Martins Pereira Pamplona, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/09/2022 11:46:55.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/09/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código: 335389  
Verificador: 9fa6ad4fde  
Código de Autenticação:



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus, pois sem Ele nada sou e não estaria aqui hoje.

Aos meus queridos pais e irmão, que estiveram comigo a todo momento e acreditaram em mim mesmo quando eu mesma não acreditei. Que colocaram suas vidas de lado e vieram cuidar de mim, para que eu pudesse conseguir concluir esta jornada. Obrigada por tudo, de todo meu coração.

Ao meu amado esposo, por toda paciência e cuidado nos momentos de ansiedade e estresse. Por estar comigo a todo tempo, não me deixando desistir.

Agradeço ao meu tio Davi, por ter me ensinado a seguir meus sonhos e incentivando a lutar para ingressar nessa graduação. E ao meu tio Roberto, por todo apoio quando entrei na instituição e também agora no final me coorientando neste trabalho.

Agradeço ao meu professor orientador, por toda assistência e incentivo. Além de todo ensinamento que contribuiu para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do meu trabalho.

Por fim, a todos que forma direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

---

*"Mas graças a Deus, que nos dá a vitória por meio de nosso Senhor Jesus Cristo."  
(Bíblia Sagrada, 1 Coríntios 15:57)*

## Resumo

O presente trabalho de conclusão de curso apresenta um estudo e dimensionamento de uma rede de distribuição subterrânea para um condomínio particular. Neste trabalho são apresentadas as informações necessárias para atender as demandas dos loteamentos que compõe o condomínio, como também a iluminação pública dele. Esse trabalho descreve os principais conceitos de rede de distribuição subterrânea e as principais características da elaboração de um projeto elétrico. O croqui do projeto foi elaborado no *software* AutoCad e os cálculos foram feitos com o auxílio de planilhas para maior facilidade de elaboração. Todo o desenvolvimento baseou-se nas normas de distribuição unificadas da concessionária de energia Energisa.

**Palavras-chave:** Projeto Elétrico, Rede de Distribuição Subterrânea, Normas de Distribuição Unificadas.

## **Abstract**

This course conclusion work proposes a study and design of an underground distribution network for a private condominium. This work stated the information necessary to meet the demands of the subdivisions that make up the condominium, as well as its public lighting. This work describes the main concepts of underground distribution network and the main characteristics of the elaboration of an electrical project. The sketch of the project was done in the software AutoCad and the calculations were made with the help of spreadsheets for greater ease of elaboration. The entire development was based on the unified distribution standards of the energy concessionaire Energisa

**Keywords:** Electrical Project, Underground Distribution Network, Unified Distribution Standards.

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Diagrama Unifilar do Sistema Elétrico . . . . .	12
Figura 2 – Sistema Elétrico . . . . .	15
Figura 3 – Tensões usuais em sistemas de potência . . . . .	15
Figura 4 – Sistema Radial Simples . . . . .	17
Figura 5 – Tensões Primárias e Secundárias . . . . .	17
Figura 6 – Transformador Tipo Pedestal . . . . .	18
Figura 7 – Planta do Loteamento . . . . .	20
Figura 8 – Local dos Transformadores . . . . .	23
Figura 9 – Poste de Transição . . . . .	24
Figura 10 – Instalação dos Condutores . . . . .	25
Figura 11 – CPP-1 . . . . .	26
Figura 12 – CPP-2 . . . . .	26
Figura 13 – Local das Caixas de Passagens Primárias . . . . .	27
Figura 14 – Área do Transformador I . . . . .	27
Figura 15 – Área do Transformador II . . . . .	28
Figura 16 – CPS-2 . . . . .	31
Figura 17 – Circuito de Iluminação - Área do Transformador I . . . . .	32
Figura 18 – Circuito de Iluminação - Área do Transformador II . . . . .	32
Figura 19 – Luminária LED . . . . .	33
Figura 20 – CPS-1 . . . . .	35
Figura 21 – Croqui do Condomínio Atlante . . . . .	36
Figura 22 – Simbologia . . . . .	36
Figura 23 – Quadro de Distribuição em Pedestal (Tipo T-0) . . . . .	39

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Área dos Lotes . . . . .	21
Tabela 2 – Fatores para Estimativa de Demandas . . . . .	22
Tabela 3 – Proteção dos Transformadores Pedestais . . . . .	23
Tabela 4 – Diâmetro dos Eletrodutos de MT . . . . .	25
Tabela 5 – Condutores do Circuito de Alimentação do QDP . . . . .	29
Tabela 6 – Parâmetros para Calculo Queda de Tensão . . . . .	29
Tabela 7 – Diâmetro dos Eletrodutos de BT - Transformador I . . . . .	31
Tabela 8 – Diâmetro dos Eletrodutos de BT - Transformador II . . . . .	31
Tabela 9 – Iluminação Pública . . . . .	33
Tabela 10 – Condutores e Eletrodutos de Iluminação - Transformador I . . . . .	34
Tabela 11 – Condutores e Eletrodutos de Iluminação - Transformador II . . . . .	35
Tabela 12 – Dimensões Quadro de Distribuição (Tipo T-0) . . . . .	38
Tabela 13 – Caixas de Passagens Utilizadas . . . . .	40

## Lista de Abreviaturas e Siglas

**ANEEL** - Agência Nacional de Energia Elétrica

**BT** - Baixa Tensão

**CPP** - Caixa de Passagem Primária

**CPS** - Caixa de Passagem Secundária

**ETU** -Especificação Técnica Unificada

**MT** - Média Tensão

**NDU** - Norma de Distribuição Unificada

**RDA** - Rede de Distribuição Aérea

**RDS** - Rede de Distribuição Subterrânea

**QDP** - Quadro de Distribuição Pedestal

## Sumário

1	INTRODUÇÃO . . . . .	12
1.1	Objetivos . . . . .	14
1.1.1	Objetivos Específicos . . . . .	14
1.1.2	Organização do Trabalho . . . . .	14
2	EMBASAMENTO TEÓRICO . . . . .	15
2.1	Rede de Distribuição Subterrânea . . . . .	16
2.1.1	Configurações Gerais . . . . .	16
2.1.1.1	Redes de Distribuição Primária . . . . .	17
2.1.1.2	Transformadores . . . . .	17
2.1.1.3	Redes de Distribuição Secundária . . . . .	18
2.1.1.4	Demanda . . . . .	19
2.1.1.4.1	Queda de Tensão . . . . .	19
3	METODOLOGIA . . . . .	20
3.1	Norma de Distribuição Unificada . . . . .	20
3.2	Características do Loteamento . . . . .	20
3.3	Configurações Gerais . . . . .	21
3.4	Demanda . . . . .	21
3.5	Transformadores . . . . .	22
3.5.1	Estimativa do Número de Transformadores . . . . .	22
3.5.2	Proteção Contra Sobrecorrente . . . . .	22
3.5.3	Local de Instalação . . . . .	23
3.6	Circuito Primário . . . . .	23
3.6.1	Condutores . . . . .	24
3.6.2	Eletrodutos . . . . .	25
3.6.3	Caixas de Passagens . . . . .	25
3.7	Circuito Secundário . . . . .	27
3.7.1	Condutores . . . . .	28
3.7.2	Queda de tensão e corrente . . . . .	29
3.7.3	Eletrodutos . . . . .	30
3.7.4	Caixas de Passagens . . . . .	31
3.8	Iluminação Pública . . . . .	32
3.8.1	Condutores e Eletrodutos . . . . .	33
3.8.2	Caixas de Passagens . . . . .	35

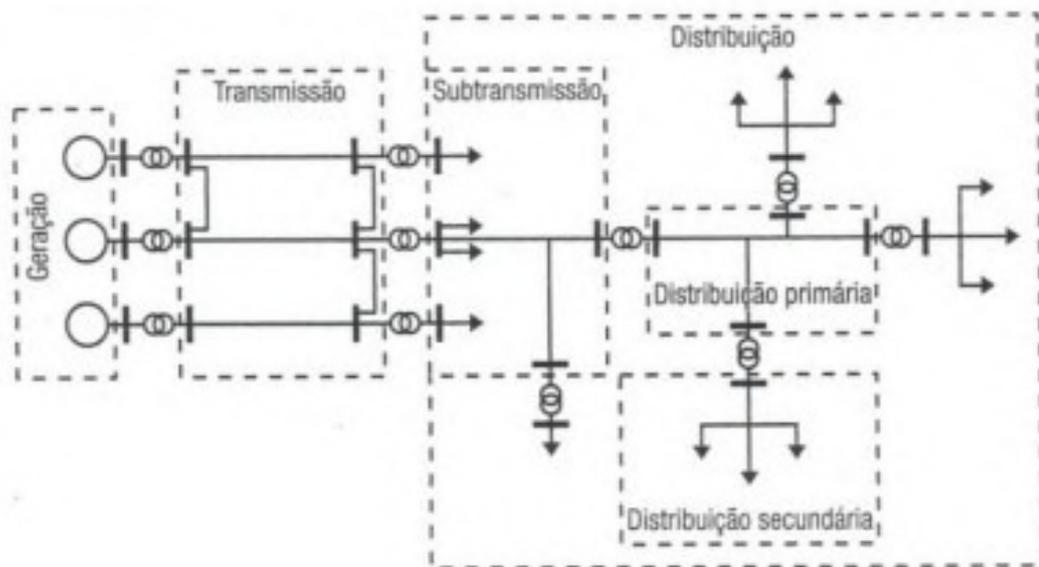
4	RESULTADOS . . . . .	36
4.1	Projeto . . . . .	36
4.2	MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO . . . . .	37
4.2.1	Características do Condomínio . . . . .	37
4.2.2	Circuito Primário . . . . .	37
4.2.3	Circuito Secundário . . . . .	37
4.2.4	Iluminação Pública . . . . .	37
4.2.5	Transformadores de Distribuição . . . . .	38
4.2.6	Quadro de Distribuição Pedestal . . . . .	38
4.2.7	Proteção . . . . .	39
4.2.8	Aterramento . . . . .	39
4.2.9	Caixas de Passagens . . . . .	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	41
	REFERÊNCIAS . . . . .	42
A	APÊNDICES . . . . .	44
B	ANEXOS . . . . .	52

## 1 Introdução

Os sistemas elétricos de potência, tem como função fornecer energia elétrica aos usuários, com qualidade adequada. Ele tem as funções de produtor, transformando energia de alguma natureza em energia elétrica, e de distribuidor, fornecendo aos consumidores a quantidade de energia demandada, instante a instante. (KAGAN, 2005)

Esse processo engloba desde geração, que tem o encargo a transformação de energia que compreende na saída do gerador e subestação elevadora. Como a transmissão, que é composto pelas linhas de transmissão, que transportam a energia elétrica dos centros de produção aos de consumo. E a distribuição de energia aos consumidores grandes, médio e pequeno porte, no qual trata-se do setor que será abordado este trabalho. Pode-se observar na Figura 1, o diagrama unifilar do sistema elétrico de potência.

Figura 1 – Diagrama Unifilar do Sistema Elétrico



Fonte: Unesp (2015)

A distribuição de energia no Brasil dá-se tanto pelo sistema de distribuição aéreo, que é o mais usado e tem como característica os postes, condutores e equipamentos elétricos visíveis de forma aérea. Bem como pelo sistema de distribuição subterrâneo, no qual os condutores se encontram enterrados em eletrodutos e seus equipamentos protegidos em câmaras. É comum que estes sistemas se encontrem em circuitos mistos, causando diversas combinações entre redes de baixa e de média tensão, se modificando principalmente com os padrões adotados pelas distribuidoras de energia local. (LMDM, 21)

Apesar da rede aérea ser a mais comum por seu baixo custo e fácil manutenção, em relação a rede subterrânea, existem diversos aspectos nos quais a fazem ser desvantajosa.

Primeiramente, têm-se como exemplo os acidentes e suas conseqüentes perdas por meio de descargas atmosféricas, ela fica igualmente desprotegida de vegetações e abaloamento de postes. Também pode-se citar os acidentes operacionais relacionados a sua manutenção. Gerando diversas interrupções no fornecimento de energia. Além da poluição visual, principalmente das regiões metropolitanas, onde os postes, cabos e demais equipamentos elétricos de várias redes se tornam cada vez mais aglomerados entre si.

Todavia, nas redes de distribuição subterrâneas, quando comparadas às rede aéreas, existem raríssimas e esporádicas falhas em condutores ou em conexões e desgaste de chaves e equipamentos, evitando manutenções que acontecem periodicamente em redes de distribuição aéreas. Entretanto, os reparos são mais elaborados e especializados, requerendo mais tempo de mão-de-obra. Embora uma rede de distribuição subterrânea, RDS, custe algo entre 1,25 e 10 vezes mais do que uma rede de distribuição aérea (GONEN, 2007) esse custo é diluído ao longo do tempo, pois os intervalos entre esses reparos são muito longos em função da alta confiabilidade da rede. Assim, pode-se dizer que a redução das manutenções seria superior a duas vezes ao despendido em uma rede aérea. (UFV, 2006)

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso foi elaborar um projeto de rede de distribuição subterrânea e memorial descritivo, para um condomínio particular. Baseando-se em conhecimentos acerca da rede de distribuição e nos critérios técnicos vigentes das normas da distribuidora Energisa.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

1. Contrastar as redes de distribuição aéreas com as subterrâneas;
2. Projetar uma rede de distribuição subterrânea para um loteamento particular;
3. Avaliar os parâmetros: Nível de tensão, demanda, fator de cargas e queda de tensão;

### 1.1.2 Organização do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, descritos abaixo, onde os dois primeiros foram dedicados a parte teórica e os três últimos expõem o desenvolvimento e resultados do projeto.

No primeiro capítulo, foi feita uma introdução sobre redes de distribuição, correlacionando a rede aérea com a rede subterrânea e a motivação do projeto.

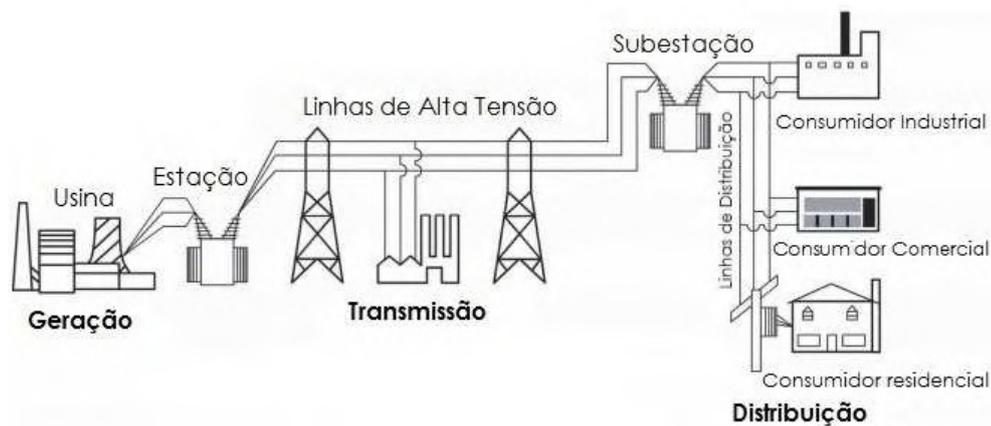
No segundo capítulo, são discutidos os embasamentos teóricos e normas da distribuidora a cerca das RDS, necessários para o desenvolvimento do projeto de uma RDS de um condomínio particular, que por sua vez, é descrito no terceiro capítulo.

No quarto capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Por fim, no quinto capítulo, são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

## 2 Embasamento Teórico

A distribuição de energia elétrica compõe parte do sistema elétrico de potência. Ela se inicia na subestação abaixadora, a partir do sistema de transmissão, até os pontos onde são conectados os consumidores finais. Estes sistemas podem ser divididos em redes de distribuição primária, que compreende a média tensão com usualmente 13,8 kV, aqui no Brasil, composto pela subestação de distribuição e os alimentadores primários. Bem como a rede de distribuição secundária, corresponde a baixa tensão usualmente com 220/127 V ou 380/220 V, que compõe-se dos transformadores de distribuição, os alimentadores secundários e os ramais de serviço. (CORSEL, 2016)

Figura 2 – Sistema Elétrico



Fonte: Blume (2007)

Para cada faixa de tensão, existe um campo de aplicação do sistema de potência. Os níveis de tensões padronizados do sistema elétrico Brasileiro, estão expostos na Figura 3.

Figura 3 – Tensões usuais em sistemas de potência

Tabela 1.1 – Tensões usuais em sistemas de potência			
Tensão (kV)		Campo de aplicação	Área de sistema de potência
Padronizada	Existente		
0,220/0,127	0,110	Distribuição secundária (BT)	Distribuição
0,380/0,220	0,230/0,115		
13,8	11,9	Distribuição primária (MT)	
34,5	22,5		
34,5	88,0	Subtransmissão (AT)	
69,0			
138,0			
138,0	440,0 750,0	Transmissão	Transmissão
230,0			
345,0			
500,0			

Fonte: Kagan (2005)

## 2.1 Rede de Distribuição Subterrânea

As redes subterrâneas de distribuição se apresenta como a parte do fornecimento de energia elétrica, tanto em média tensão que se conecta na subestação de distribuição, como da rede de baixa tensão que se conecta no transformador de distribuição e se estende até o consumidor final. (AZEVEDO, 2011)

Elas podem ser divididas em sistemas totalmente enterrados, que é caracterizado por todo o sistema ser subterrâneo, onde todos os equipamentos estão enterrados em câmaras subterrâneas e são indicados em áreas com alta densidade de carga. E o sistema parcialmente enterrado, onde os sistemas subterrâneos possuem os condutores enterrados e os demais equipamentos elétricos instalados no solo. O qual este segundo modelo de sistema será usado para elaboração do projeto deste trabalho.

### 2.1.1 Configurações Gerais

Para que seja iniciado um projeto de rede de distribuição, faz-se necessário a escolha de um arranjo para a sua configuração, através da análise das características com base nos blocos de cargas a serem alimentados.

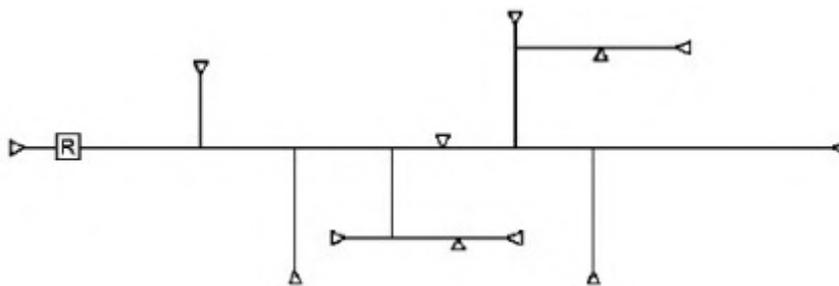
Em geral, os principais arranjos de configurações das redes subterrâneas são os sistemas primário seletivo, *Spot-network* e o sistema radial.

O sistema primário seletivo é constituído por dois circuitos interligados através de uma chave, com a finalidade de transferência de circuito no caso de emergência. Logo cada circuito deve possuir a capacidade para assumir toda a carga do outro. (KAGAN, 2005)

O arranjo *Spot-network*, ou reticulado dedicado, é o que possui a confiabilidade mais elevada, por ter como característica principal um sistema duplicado para emergências, alimentados pela mesma SE ou não, com chaves de transferências que não geram interrupções no fornecimento de energia. Além de possuir um *network protector*, que tratasse de uma chave com o intuito de impedir o fluxo de potência no sentido inverso. Porém o custo desse tipo de configuração é muito alta e ele somente é usado em áreas com altas densidades de cargas.

Já o sistema radial simples, mostrado na Figura 4, é alimentado apenas por uma extremidade, composto por uma linha principal instalada desde a fonte até as cargas, podendo ser com ou sem derivações. O mesmo, ao contrário dos demais sistemas descritos acima, não dispõe recursos de manobras, chaves ou seccionadores, para interligação com outros circuitos de mesma tensão de operação em casos de emergência. Todavia o custo desse tipo de configuração é bem inferior aos demais, acarretando na sua maior propagação.

Figura 4 – Sistema Radial Simples



Fonte: Unesp (2015)

### 2.1.1.1 Redes de Distribuição Primária

As redes de distribuição primárias subterrâneas normalmente são composta por circuitos de média tensão, trifásicos radiais, que apresentam-se em cabos dos tipos isolados para a alimentação dos transformadores e com configuração básica definida em função das características do loteamento.

Essas tensões são dadas em 13,8 kV, 13,2 kV e 12,6 kV no estado da Paraíba, demonstradas na Figura 5.

Figura 5 – Tensões Primárias e Secundárias

TENSÕES PRIMÁRIAS (KV)						TENSÕES SECUNDÁRIAS (V)					
ENERGISA MINAS GERAIS	ENERGISA NOVA FRIBURGO	ENERGISA SERGIPE	ENERGISA PARAÍBA	ENERGISA BORBORE MA	ENERGISA SUL/SUDESTE	ENERGISA MINAS GERAIS	ENERGISA NOVA FRIBURGO	ENERGISA SERGIPE	ENERGISA PARAÍBA	ENERGISA BORBORE MA	ENERGISA SUL/SUDESTE
22/20,9/18,8						220/127					
11,4/10,8/10,2	11,4/10,8/10,2	13,8/13,2/12,6	13,8/13,2/12,6	13,8/13,2/12,6	13,8/13,2/12,6/12/11,4/10,8/10,2	220/127	380/220	380/220	380/220	380/220	220/127

Fonte: NDU 018Energisa (2018)

A partir do poste da rede de MT mais próxima ao loteamento, é feito a modificação do tipo de rede, através de um poste de transição da rede aérea para a rede subterrânea de média tensão.

### 2.1.1.2 Transformadores

O transformador é responsável por realizar a conexão entre a rede primária e secundária, abaixando a tensão. O dimensionamento do transformador de distribuição para atender o cliente, se dá a partir da demanda do loteamento.

Em redes subterrâneas, os transformadores podem ser de três tipos. O aéreo, onde sua instalação é feita no poste e apenas a rede secundária é subterrânea. O subterrâneo

instalado em câmaras transformadoras embaixo do solo. E o em pedestal, instalados em câmaras transformadoras em cima do solo.

Segundo a ETU - 109.4 Energisa (2018) o transformador em pedestal, demonstrado na Figura 6, é um transformador selado para utilização ao tempo, montado sobre uma base de concreto, com compartimentos blindados, em chamadas câmaras transformadoras, para conexão de cabos de média e de baixa tensão e proteção interna.

Figura 6 – Transformador Tipo Pedestal



Fonte: 3A Engenharia (2019)

Existem dois compartimentos no transformador, o primeiro é o compartimento de média tensão, onde são conectados os cabos de MT através de acessórios desconectáveis. E segundo, é o compartimento de baixa tensão, onde são conectados os cabos de BT através de conectores terminais presos por parafusos. Quando ele está em operação, os compartimentos são mantidos fechados, para que seja feita manutenção é necessário que seja aberto primeiro o lado de baixa tensão e só depois o lado de média tensão.

A potência nominal dos transformadores trifásicos em pedestal variam de 75 kVA a 300 kVA, com frequência nominal de 60 Hz. Sua proteção contra sobre correntes é feita através de fusíveis internos. Os fusíveis de expulsão em porta fusíveis internos aos transformadores que podem ser substituídos no campo. E os fusíveis limitadores de corrente, que são imersos no óleo que somente poderão ser substituídos nas oficinas.

### 2.1.1.3 Redes de Distribuição Secundária

As redes de distribuição subterrâneas secundárias, ou de baixa tensão, apresentam-se em tensões dadas em 380/220 V, como visto na Figura 5, derivados dos transformadores até o ponto de derivação do ramal de entrada.

Derivados dos quadros de distribuição em pedestal, os circuitos secundários devem ser compostos de cabos unipolares de cobre sendo as fases com isolação em EPR ou XLPE, com classe de tensão 0,6/1 kV de acordo com os critérios de projeto e as características do sistema elétrico. Ele é instalado com dutos a 4 fios, com 3 fases e o neutro, instalados em apenas um duto de alta densidade. Energisa (2018)

#### 2.1.1.4 Demanda

A demanda de uma instalação é a carga nos terminais receptores tomada em valor médio num determinado tempo. Sendo essa carga, a aplicação medida em potência que pode por sua vez ser aparente, ativa ou reativa. (KAGAN, 2005)

Já a soma das potências das cargas que funcionam num período de tempo especificado de tempo, é denominada demanda máxima. Bem como, a demanda diversificada ou demanda média, é o conjunto a soma das demandas máximas individuais, dividida pelo número de consumidores considerados. "A razão entre essas duas demandas é o fator de carga, que por sua vez proporciona identificar os pontos de pico de demanda e avaliar a uniformidade da utilização da energia elétrica."(MAMEDE, 2017)

##### 2.1.1.4.1 Queda de Tensão

A queda de tensão pode ser determinada como a diferença entre as tensões elétricas medida entre dois pontos de um circuito elétrico, analisadas num mesmo instante.

É fundamental levar em consideração os valores máximos aceitáveis de queda de tensão máxima no circuito entre a saída do transformador e a unidade consumidora. Devendo ser de 5%, sendo 3% referente à rede de distribuição e 2% referente ao ramal de entrada, calculada de acordo com parâmetros de resistências, reatâncias e coeficientes de quedas de tensão, dos condutores, que podem ser utilizados nos cálculos de queda de tensão, de acordo com as tabelas fornecidas na Norma de Distribuição Unificada 018.

### 3 Metodologia

As etapas apresentadas a seguir, foram utilizadas para a realização do trabalho criado com o intuito de demonstrar as especificações técnicas e procedimentos adotados para a elaboração do projeto elétrico de rede de distribuição subterrâneo do condomínio Atlante.

#### 3.1 Norma de Distribuição Unificada

Para a realização do projeto foi seguido a norma de distribuição unificada, NDU - 018 Revisão 4.0 Fevereiro/17, da concessionária de energia Energisa Paraíba. Que apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes para o projeto e execução das instalações da rede de distribuição subterrânea e entrada de serviços das unidades consumidoras.

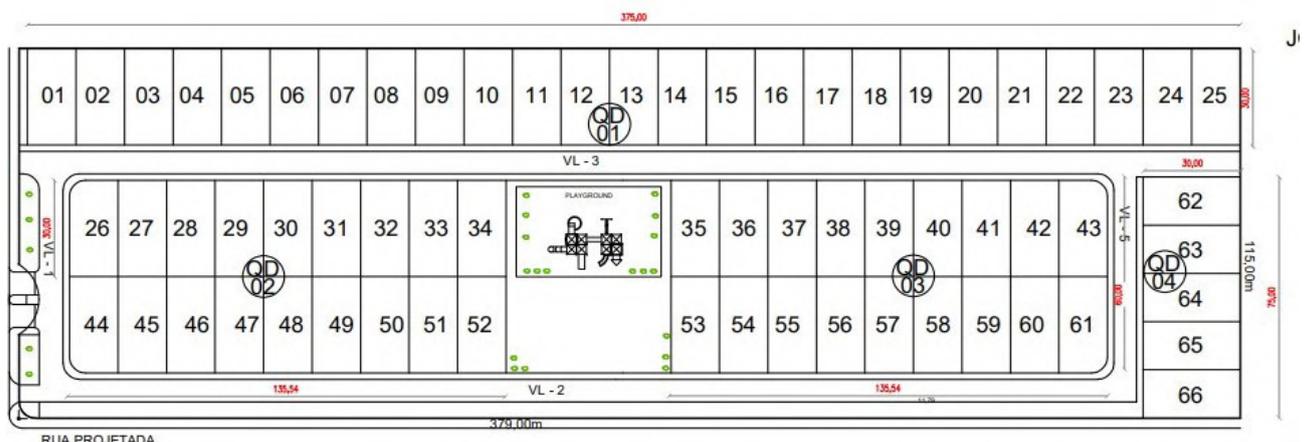
Todas as tabelas aplicadas para realização dos cálculos desta seção, estão disponíveis para consulta nos Anexos deste trabalho.

#### 3.2 Características do Loteamento

Conforme a NDU 018 o projeto deve ser elaborado após a definição dos dados relativos às cargas e demandas dos consumidores. Bem como, as características físicas da área, abrangendo os espaços disponíveis nas calçadas, espaços em comum e possíveis locais para instalações das câmaras transformadores.

Em primeira análise é feito a análise dos dados do loteamento. O condomínio possui 66 loteamentos, cada um com  $451 \text{ m}^2$ , sendo divididos em quatro quadras. Além disso, dispõe de uma área em comum de  $30.591 \text{ m}^2$ , onde se localiza o *playground*.

Figura 7 – Planta do Loteamento



Fonte: Autoria Própria

### 3.3 Configurações Gerais

Segundo a distribuidora de energia Energisa Paraíba, o circuito primário subterrâneo deve ser trifásico com o sistema radial simples ou radial com recurso. O presente trabalho encaixa-se nos requisitos do sistema radial simples, onde o comprimento da rede primária é inferior a 150 metros.

Já os circuitos secundários devem ser trifásicos a 4 fios, com 3 fases e o neutro, seu sistema deve ser radial, derivados de quadros de distribuição em pedestal localizados próximos aos transformadores.

### 3.4 Demanda

O cálculo da demanda seguiu as orientações constantes na norma de distribuição unificada, com o uso das tabelas 02 e 03 da NDU 018. Esses valores são necessários para realização do dimensionamento da rede subterrânea, como condutores das redes primárias e secundárias, proteções e transformadores.

Por tratar-se de um condomínio não edificado, para iniciar o cálculo da demanda, foi feita a área média dos lotes, apresentada na Equação 3.2, através da área total indicada na Tabela 1.

Tabela 1 – Área dos Lotes

Quadras	Lotes	Área (m <sup>2</sup> )
Quadra 1	25	11.250
Quadra 2	18	8.132,4
Quadra 3	18	8.132,4
Quadra 4	5	2.250
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>2.9764,8</b>

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

Logo após, foi feito cálculo da área média dos lotes, conforme demonstrado abaixo:

$$\text{Área}_{\text{média}} = \frac{\text{Área}_{\text{Total}} [\text{m}^2]}{N_{\text{Lotes}}^0} \quad (3.1)$$

$$\text{Área}_{\text{média}} = 451\text{m}^2 \quad (3.2)$$

Com a obtenção da área média dos lotes, foi consultada a norma técnica da concessionária, e adquiriu-se os valores expostos na Tabela 2, para o cálculo da demanda total dos lotes.

Tabela 2 – Fatores para Estimativa de Demandas

Área Média	451 m <sup>2</sup>
Demanda Estimada	8,74 kVA
Nº de Lotes	66
Fator de Multiplicação	44,3

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

Em posterior, realizou-se o calculo da demanda dos lotes conforme metodologia abaixo:

$$D_t = D \times F [kVA] \quad (3.3)$$

$$D_t = 387,182 [kVA] \quad (3.4)$$

Onde:

- Dt: Demanda Total
- D : Demanda Estimada
- F : Fator de Multiplicação

### 3.5 Transformadores

A priori, realizou-se a escolha do tipo de transformador em pedestal para o projeto. Logo após, foi estimada a potência e quantidade de transformadores necessários para o projeto, de acordo com a demanda calculada anteriormente. E posteriormente, a escolha do local a serem postos.

#### 3.5.1 Estimativa do Número de Transformadores

De acordo com a potência total projetada de 389,14 kVA, sendo 1,956 kVA da iluminação publica e 387,182 kVA das demandas dos lotes. Foram escolhidos dois transformadores trifásicos em pedestal de 300 kVA, cuja as características obedecem os padrões da NDU 018, que possui transformadores com potências padronizadas de 75 kVA, 150 kVA e 300 kVA.

#### 3.5.2 Proteção Contra Sobrecorrente

Uma vez que foi escolhida a potência do transformador, pôde-se encontrar as características dos seus fusíveis internos, de acordo com o Anexo I. De modo que, essas características para a potência dos transformadores escolhidos no projeto, podem ser vistas na Tabela 3.

Tabela 3 – Proteção dos Transformadores Pedestais

Potência Nominal do Transformador (kVA)	Fusível de Expulsão	Fusível Limitador de Corrente (A)
300	C10	80

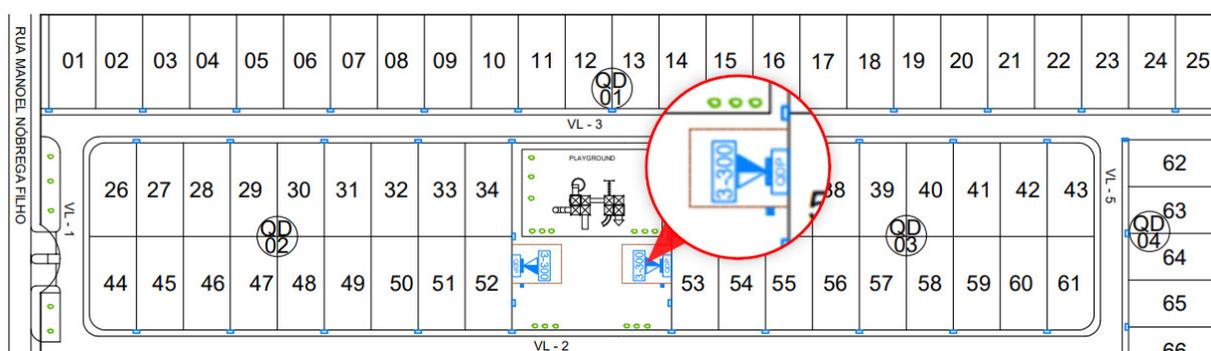
Fonte: (Autoria Própria, 2022)

### 3.5.3 Local de Instalação

Os transformadores em pedestal para alimentação das redes secundárias subterrâneas devem ser instalados sobre bases de concreto, em locais livres de circulação de pessoas como em praças, jardins e vielas. Levando em consideração a possibilidade de sua instalação e retirada através de caminhão com guindaste. Energisa (2018)

Em vista disso, projetou-se a instalação dos transformadores, com cercas, em uma área livre de circulação, próximo ao *playground*, onde o mesmo poderá ter fácil acesso de instalação e remoção, caso necessário. O local escolhido pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Local dos Transformadores



Fonte: Autoria Própria

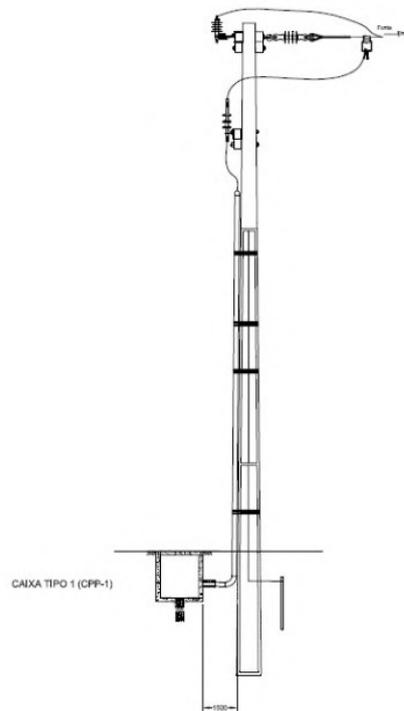
### 3.6 Circuito Primário

O circuito primário, dado em 13,8 kV, foi projetado com uma extensão total de 77,77 m. Devendo ser derivado do poste mais próximo ao loteamento, onde deverá ser feita a transição entre o circuito primário aéreo e o subterrâneo, conforme a Figura 9, contendo uma caixa de passagem do tipo CPP-1.

É prevista a instalação dos para-raios em cada fase, no poste de transição de circuito aéreo para subterrâneo, para proteção de sobre tensões. Normalmente juntamente são instalados, chaves seccionadoras uma por fase e terminais unipolares nas extremidades dos cabos isolados. Tavares (2019)

Importante salientar que os condutores deverão estar protegidos, com eletroduto de aço zincado, na descida do poste até uma altura de 5 metros com relação ao solo.

Figura 9 – Poste de Transição



Fonte: NDU 018 Energisa (2018)

### 3.6.1 Condutores

O dimensionamento do circuito primário para a escolha dos condutores, dá-se primeiramente pelo cálculo da corrente de condução exposto na Equação 3.6.

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} [A] \quad (3.5)$$

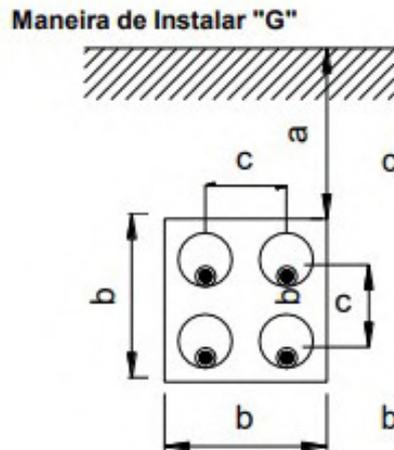
$$I_p = 12,55 [A] \quad (3.6)$$

Onde:

- $I_p$ : Corrente no Primário
- $P$  : Potência do Transformador
- $T$  : Tensão do Sistema

A NDU 018 prevê para cargas previstas até 1500 kVA, os condutores sendo cabos 3x1x35 mm<sup>2</sup> de cobre, isolamento em XLPE/EPR e classe de tensão 8,7/15 kV. Esse condutor no solo, instalado da maneira demonstrada na Figura 10, admite uma corrente de condução máxima de até 124 A.

Figura 10 – Instalação dos Condutores



Fonte: NDU 018 - Energisa (2018)

Além disso, em cada circuito primário deve ser instalado um condutor de proteção. O mesmo deve ser composto de um cabo de cobre nu também de seção  $35 \text{ mm}^2$ , instalado em juntamente do duto do circuito primário. Energisa (2018)

### 3.6.2 Eletrodutos

Escolheu-se que no circuito primário os condutores estejam em eletrodutos para que fossem enterrados. Os mesmos devem ficar a pelo menos 1 metro da superfície do solo conforme a NBR 5410.

Quanto as dimensões dos eletrodutos de média tensão, retirou-se do Anexo II, os seguintes dados mostrados na Tabela 4 para o condutor de  $35 \text{ mm}^2$ .

Tabela 4 – Diâmetro dos Eletrodutos de MT

Condutor por Duto	1	2	3	4
$35 \text{ mm}^2$	75	75	100	125

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

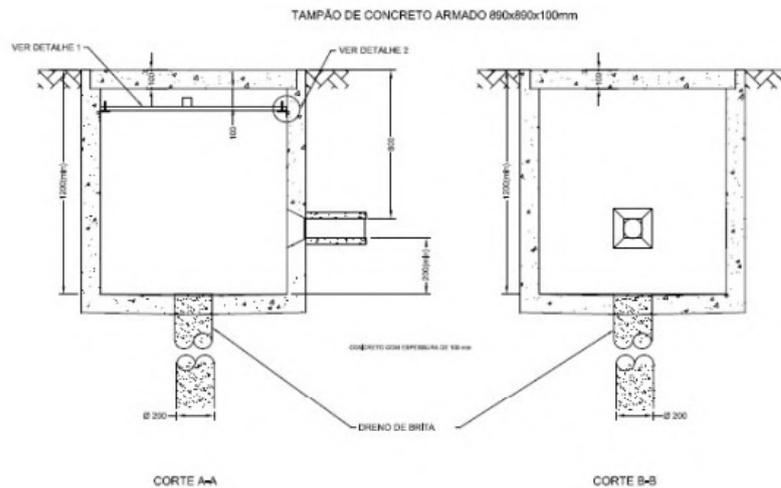
### 3.6.3 Caixas de Passagens

As caixas de passagens dos eletrodutos e condutores da rede primária, são padronizadas em dois tipos a CPP-1 e CPP-2.

A CPP-1 possui paredes, piso e tampa de concreto armado, conforme Figura 11. A mesma foi projetada para ser usada apenas junto ao poste de transição com o banco de dutos da rede subterrânea.

Enquanto a CPP-2, cujo modelo se encontra exposto na Figura 12, foi projetada dividir os dutos em trechos e fazer a mudança de direção deles para atender o segundo

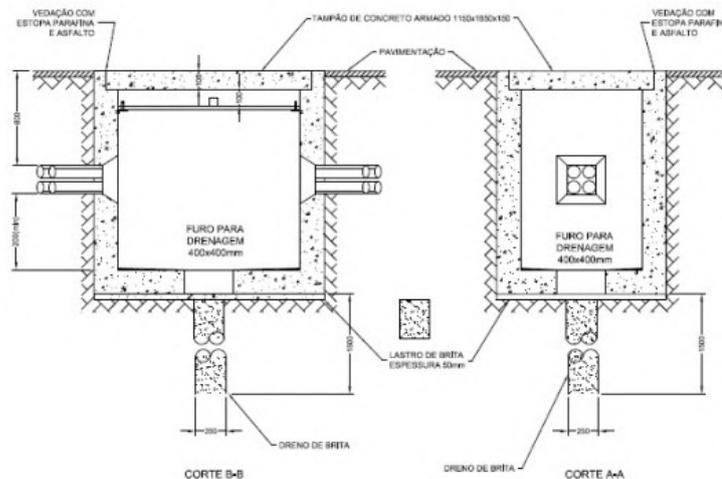
Figura 11 – CPP-1



NDU 018 - Energisa (2018)

transformador.

Figura 12 – CPP-2

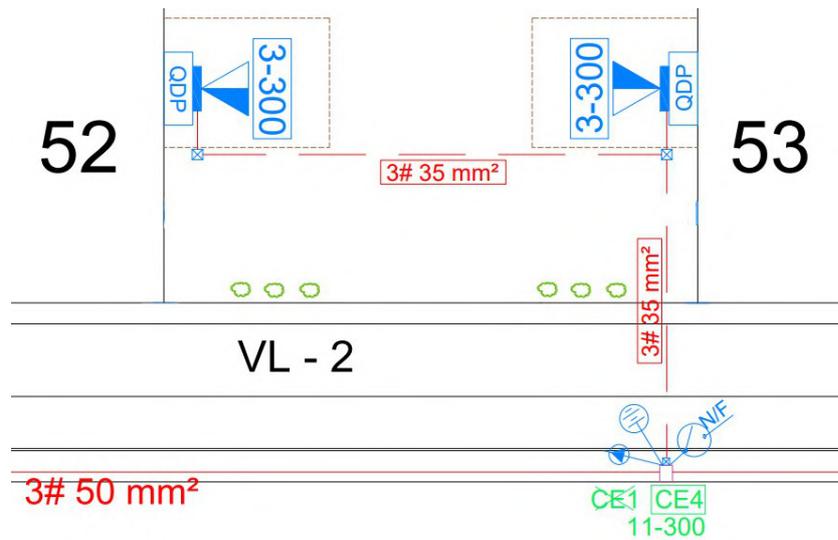


NDU 018 - Energisa (2018)

Alguns dos critérios para instalação de uma CPP, é que ela esteja em vias públicas ou calçadas com largura superior a 4m, possibilitando o acesso de veículos para levantamento da tampa. Logo, a rede primária e as caixas de passagens foram projetadas conforme a Figura 13.

Suas dimensões devem ser conforme a norma de distribuição unificada, podendo ser vistas na unidade de milímetros nas Figura 11 e Figura 12.

Figura 13 – Local das Caixas de Passagens Primárias

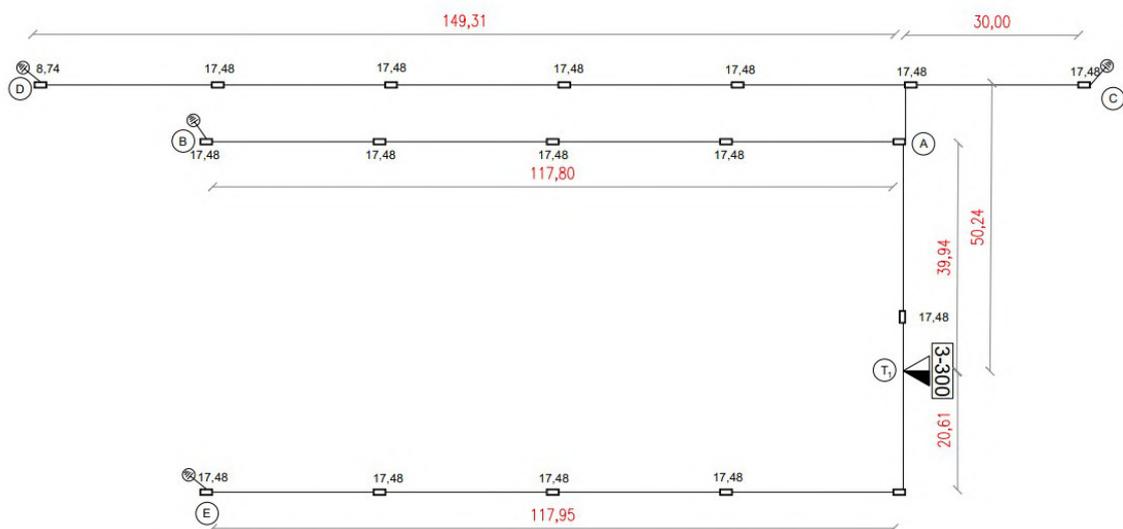


Autoria Própria, 2022

### 3.7 Circuito Secundário

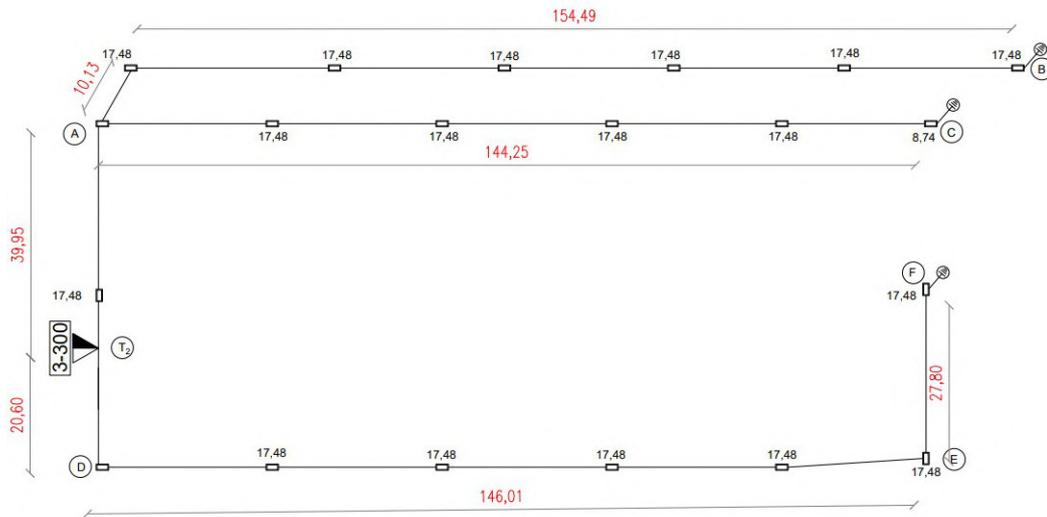
O circuito secundário, dado em 220 V, foi projetado com uma extensão total de 1,02 km, sendo 496,81 m da área do transformador I e 542,69 m da área do transformador II. Tendo em vista que o mesmo não pode ultrapassar o comprimento de 200 m a partir do quadro de distribuição pedestal, QDP, fez-se necessário a divisão em vários trechos como mostrado na Figura 14 e Figura 15.

Figura 14 – Área do Transformador I



Autoria Própria, 2022

Figura 15 – Área do Transformador II



Fonte: Autoria Própria, 2022

Sua corrente nominal dá-se a partir da Equação 3.8:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} [A] \quad (3.7)$$

$$I_s = 455,8 [A] \quad (3.8)$$

Onde:

- $I_s$ : Corrente no Secundário
- $P$ : Potência do Transformador
- $T$ : Tensão fase-fase

### 3.7.1 Condutores

A norma técnica dispõe de uma tabela, para auxiliar na escolha do condutor de bitola mais alta, do circuito de alimentação a partir do QDP. Esse condutor pode ser encontrado através dos valores de potência e tensão de operação do transformador. Após a análise desses fatores, os condutores foram escolhidos conforme se encontra na Tabela 5.

Porém para decidir os condutores que seriam usados em cada trecho na rede secundária, fez-se necessário o cálculo da queda de tensão. Sabendo que as seções dos condutores padronizados são: 50, 70, 120, 185 e 240 mm<sup>2</sup>, sendo 185 o valor máximo da bitola do condutor suportado para os transformadores escolhidos no projeto.

Tabela 5 – Condutores do Circuito de Alimentação do QDP

Potência do Transformador	300 kVA
Tensão	380/220 V
Corrente Nominal	456 A
Condutor - Cobre (XLPE/EPR) 90°	2x(3x185+(120))
Condutor de Aterramento	2x120

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

### 3.7.2 Queda de tensão e corrente

A priori, sabendo que é necessário sempre considerar a queda de tensão, em cada trecho, que ocorre em função da distância entre a carga e o medidor e também em função da potência da carga. Dividiu-se os circuitos secundários em trechos e cargas como mostrado anteriormente na Figura 11 e Figura 12. Considerando as cargas por lote, em cada caixa de passagem, como sendo 5,87 kVA demonstrada na Equação (3.9).

Sabendo que a máxima queda de tensão admissível entre o transformador e o ponto mais desfavorável do circuito é de 3 %. Os valores da Tabela 6 foram os parâmetros iniciais utilizados para os cálculos.

Tabela 6 – Parâmetros para Calculo Queda de Tensão

Trecho (T-A)	Demanda por Lote	Nº de lotes	Fator de Multiplicação
39,94 m	8,74 kVA	2	2

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

Primeiro calculamos a demanda acumulada no trecho, demonstrada na equação abaixo:

$$D_a = D_l \times F \text{ [kVA]} \quad (3.9)$$

$$D_a = 17,48 \text{ [kVA]} \quad (3.10)$$

O valor da corrente no trecho pode ser obtida através da Equação (3.12).

$$I_h = \frac{D_a}{0,658} \text{ [A]} \quad (3.11)$$

$$I_h = 26,656 \text{ [A]} \quad (3.12)$$

A demanda acumulada no trecho em kmxA dar-se por:

$$D_e = \frac{C \times I_h}{1000} \text{ [kmxA]} \quad (3.13)$$

$$D_e = 1,061 [kmxA] \quad (3.14)$$

Fez-se necessário uso do método da capacidade de condução de corrente, para a determinação da bitola dos condutores dos circuitos da rede secundária com parâmetros expressos no Anexo III.

Para um condutor de 3#70 mm<sup>2</sup>, a queda de tensão unitária é de 0,59 V/A x Km, logo podemos calcular o a queda de tensão no trecho como:

$$Q_t = D_e \times Q_u [V] \quad (3.15)$$

$$Q_t = 0,63 [V] \quad (3.16)$$

A queda de tensão é dada em percentual da tensão nominal, logo:

$$Q_j = \frac{D_t}{380[V]} \times 100 \% \quad (3.17)$$

$$Q_j = 0,165 \% \quad (3.18)$$

Sendo:

- C: Comprimento do trecho
- DI: Demanda por lote
- Qt: Queda de tensão no trecho
- F: Fator de multiplicação (NDU-018)

A fim de simplificar os cálculos, por existir vários trechos no projeto, foi desenvolvida uma tabela que se encontra no Apêndice A e Apêndice B com todos os cálculos e valores de queda de tensão na área dos dois transformadores.

### 3.7.3 Eletrodutos

Uma vez realizados os cálculos de queda de tensão e escolhidos os condutores que atendessem os requisitos da rede, pôde-se fazer a escolha dos eletrodutos a serem usados na rede secundária.

Os dutos destinados ao circuito de baixa tensão, devem estar enterrados abaixo dos dutos de média tensão. O seu diâmetro dependerá do trecho da rede, que passou a

ter condutores com bitolas diferentes, após o cálculo da queda de tensão. Podemos então vê-los na Tabela 7 e Tabela 8, admitindo-se um circuito por duto.

Tabela 7 – Diâmetro dos Eletrodutos de BT - Transformador I

Área I	Condutor	Eletroduto (mm)
T <sub>1</sub> – A	3x1x120(70)	100
A - B	3x1x70(70)	100
B - C	3x1x70(70)	100
A - D	3x1x70(70)	100
T <sub>1</sub> – F	3x1x70(70)	100

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

Tabela 8 – Diâmetro dos Eletrodutos de BT - Transformador II

Área II	Condutor	Eletroduto (mm)
T <sub>2</sub> – A	3x1x120(70)	100
A - B	3x1x120(70)	100
A - C	3x1x70(70)	100
T <sub>2</sub> – E	3x1x120(70)	100
E - F	3x1x70(70)	100

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

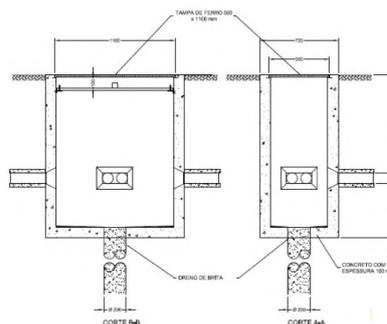
### 3.7.4 Caixas de Passagens

O intuito das caixas de passagens secundárias é de abrigar as emendas e derivações para atender os ramais de entrada dos consumidores. As mesmas não poderão ser instaladas em terrenos dos lotes, elas devem estar obrigatoriamente em calçadas e preferencialmente nas divisas dos loteamentos.

Isto posto, as caixas de passagens do projeto foram inseridas de tal modo que sempre que possível atendesse dois consumidores.

As CPS-2 foram projetadas, conforme dimensões da Figura 16, nos locais onde há emendas secundárias, nos pontos de derivação e futuras ligações dos clientes.

Figura 16 – CPS-2



Fonte: NDU 018 - Energisa (2018)

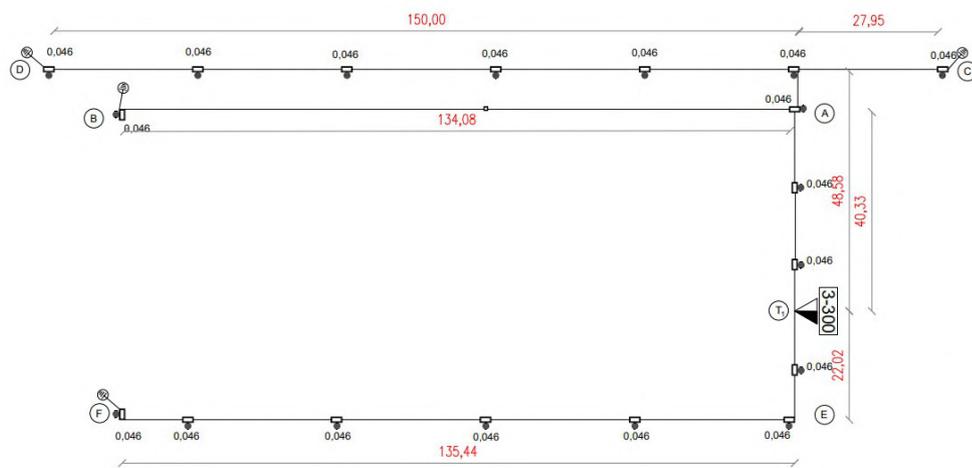
Ambos os tipos de caixas de passagens são de pisos e paredes de concreto armado, com tampa de ferro.

### 3.8 Iluminação Pública

Logo após finalizar o circuito secundário para atender as demandas dos lotes, foram inserido os pontos de iluminação, para a elaboração do circuito secundário de iluminação, conforme Figura 17 e Figura 18.

A área do transformador I dispõe de 18 pontos de Iluminação.

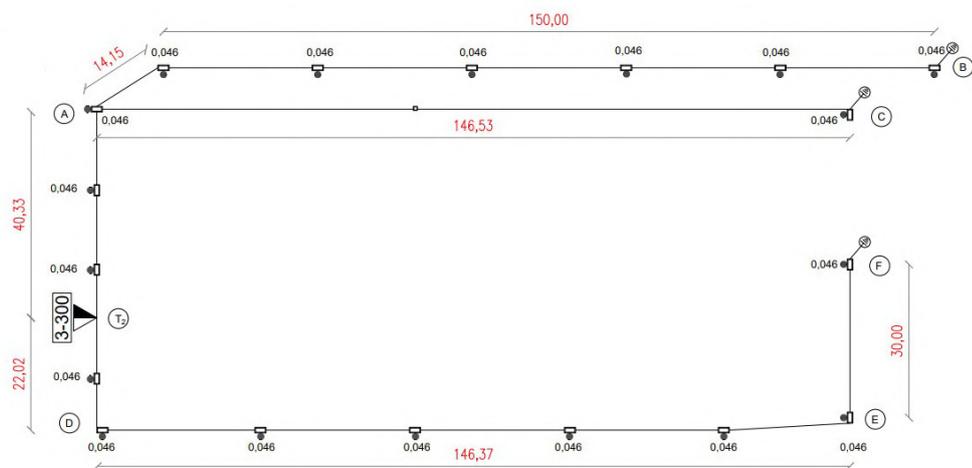
Figura 17 – Circuito de Iluminação - Área do Transformador I



Fonte: Autoria Própria

Enquanto a área do transformador II possui 18 pontos de Iluminação.

Figura 18 – Circuito de Iluminação - Área do Transformador II



Fonte: Autoria Própria

Prevendo-se um total de 36 pontos de iluminação pública, sendo de lâmpadas de LED, como na Figura 19, de 50 W cada, instaladas em postes de aço ornamentais derivados das caixas de passagens.

Figura 19 – Luminária LED



Fonte: Ibilux (2021)

Levando em consideração o fator de potência 0,92 temos:

$$P_i = 0,046 \text{ [kVA]} \quad (3.19)$$

O total de potência prevista para o circuito de iluminação pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 – Iluminação Pública

Pontos de Iluminação	Potência (VA)	Potência Total Prevista (kVA)
36	46	1,956

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

### 3.8.1 Condutores e Eletrodutos

Com o valor total de potência prevista para circuito de iluminação pública, pôde-se dimensionar os condutores e eletrodutos do mesmo.

Seguindo o mesmo princípio da queda de tensão feita no circuito secundário, primeiro calculou-se a demanda acumulada no trecho do ponto T1 até o ponto A, demonstrada na Equação (3.20).

$$D_a = D_i \times F \text{ [kVA]} \quad (3.20)$$

$$D_a = 0,138 \text{ [kVA]} \quad (3.21)$$

Em seguida é obtido a o valor da corrente no trecho por meio da Equação (3.23).

$$I_h = \frac{D_a}{0,658} \text{ [A]} \quad (3.22)$$

$$I_h = 0,21 [A] \quad (3.23)$$

A demanda acumulada no trecho em kmxA dar-se por:

$$D_e = \frac{C \times I_h}{1000} [kmxA] \quad (3.24)$$

$$D_e = 0,008 [kmxA] \quad (3.25)$$

Para a determinação da bitola dos condutores usou-se os parâmetros expressos no Anexo III. Onde, para um condutor de 3#50 mm<sup>2</sup>, a queda de tensão unitária é de 0,85 V/A x Km, logo podemos calcular o a queda de tensão no trecho como:

$$Q_t = D_e \times Q_u [V] \quad (3.26)$$

$$Q_t = 0,01 [V] \quad (3.27)$$

Sabendo que a queda de tensão é dada em percentual da tensão nominal, temos:

$$Q_j = \frac{D_t}{380} \times 100 \% \quad (3.28)$$

$$Q_j = 0,002 \% \quad (3.29)$$

Do mesmo modo feito anteriormente com o propósito de simplificar os cálculos, por existir vários trechos no projeto, foi desenvolvida uma tabela que se encontra no Apêndice C e Apêndice D com todos os cálculos e valores de queda de tensão.

Os condutores e eletrodutos de iluminação estão descritos na Tabela 10 e Tabela 11. Os diâmetros dos eletrodutos flexíveis, escolhidos para o circuito, se encontram de acordo com o Anexo IV.

Tabela 10 – Condutores e Eletrodutos de Iluminação - Transformador I

Área I	Condutor	Eletroduto (mm)
T <sub>1</sub> – A	3x1x50(50)	100
A - B	3x1x50(50)	100
A - C	3x1x50(50)	100
A - D	3x1x50(50)	100
T <sub>1</sub> – F	3x1x50(50)	100

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

Tabela 11 – Condutores e Eletrodutos de Iluminação - Transformador II

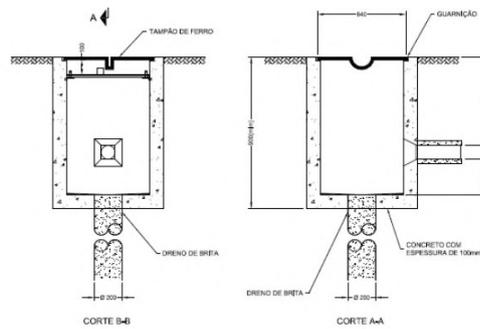
Área I	Condutor	Eletroduto (mm)
T <sub>1</sub> – A	3x1x50(50)	100
A - B	3x1x50(50)	100
A - C	3x1x50(50)	100
T <sub>2</sub> – F	3x1x50(50)	100

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

### 3.8.2 Caixas de Passagens

Do mesmo modo do circuito secundário, as CPS-2 foram projetadas, nos locais onde há emendas secundárias e nos pontos de derivação. Posteriormente as CPS-1 foram inseridas em dois trecho de banco de dutos do circuito. E suas dimensões podem ser encontradas na Figura 17 e Figura 20 mostradas anteriormente.

Figura 20 – CPS-1



Fonte: NDU 018 - Energisa (2018)

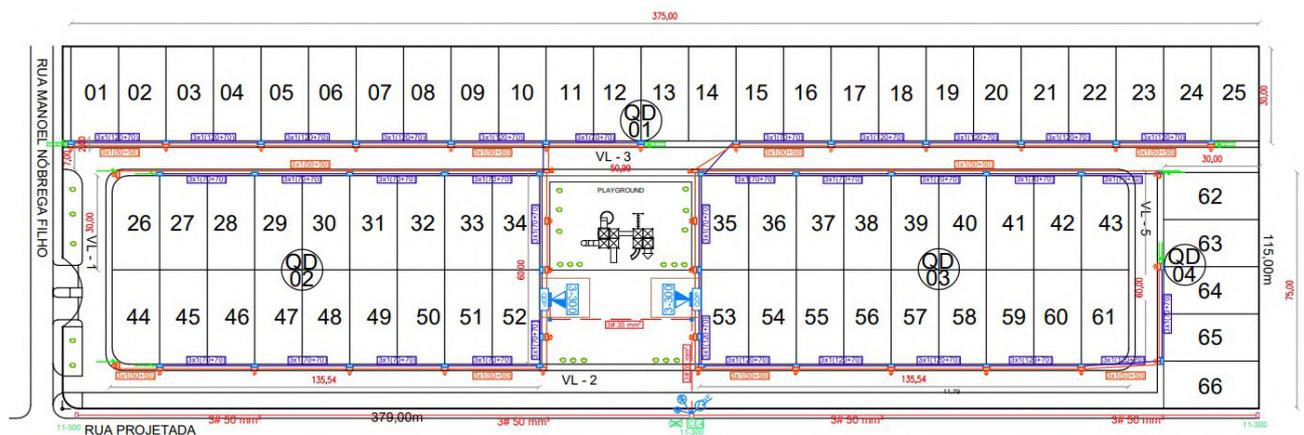
## 4 Resultados

Nesta secção serão abordados os resultados obtidos para o projeto de rede de distribuição subterrânea, desenvolvido para o condomínio Atlante, bem como um breve memorial técnico descritivo do mesmo.

### 4.1 Projeto

Após desenhado no *software* AutoCad, conforme os dados do capítulo anterior, o projeto elétrico para atender a demanda dos 66 lotes não edificados do Condomínio Atlante, seguiu-se conforme a Figura 21.

Figura 21 – Croqui do Condomínio Atlante



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 22 pode-se ver a simbologia usada no projeto. O croqui completo encontra-se no Apêndice E.

Figura 22 – Simbologia

Simbologia do Projeto de RDS		Simbologia do Projeto de RDS	
	Poste de iluminação		Chave seccionadora a instalar
	Caixa de passagem CPP-1		Transformador de distribuição em pedestal
	Caixa de passagem CPP-2		Arborismo
	Quadro de distribuição em Pedestal		Para-Raios a instalar
	Cerca de proteção do trafo		Hastes de aterramento
	Caixa de passagem CPS-2		Mufla
	Caixa de passagem CPS-1		Estruturas de MT
	Rede primária trifásica a instalar		
	Rede secundária trifásica a instalar		
	Aterramento a instalar		

Fonte: Autoria Própria

## 4.2 MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO

Este memorial descritivo tem por finalidade apresentar as especificações técnicas e procedimentos, adotados no projeto elétrico subterrâneo do condomínio Atlante, localizado no bairro de Intermares, próximo a Rodovia BR-230.

### 4.2.1 Características do Condomínio

O condomínio dispõe de 66 loteamentos não edificadas, com área de 451 m<sup>2</sup> cada, que estão divididos em 4 quadras.

Cada um dos 66 loteamentos, possuirá 8,74 kVA de potência prevista segundo a NDU 018.

### 4.2.2 Circuito Primário

Conforme indicado no projeto, a extensão total do circuito primário projetado é de 0,78 km com condutores de 3#35 mm<sup>2</sup>. Os mesmos deverão ser enterrados em eletrodutos flexíveis de no mínimo 75 mm, por fase.

O poste de transição, da rede aérea para subterrânea, deverá ter seus condutores protegidos por 5m de eletrodutos de aço zincado, conforme NBR 5597. Na derivação de MT, para a entrada no condomínio, deverá ser instalado um conjunto de chaves seccionadoras tipo faca 400 A com classe de tensão de 15,0 kV, em cada fase.

### 4.2.3 Circuito Secundário

O circuito secundário, com tensão 380/220 V, possui uma extensão total de 1,05 km totalmente subterrâneo. O circuito está dividido em duas áreas de transformadores e deverá ser enterrado em eletrodutos flexíveis PEAD, conforme indicado no projeto.

- Área I - 496,81 metros de rede secundária subterrânea, sendo:
  - Condutores do tipo 3#70(70) mm<sup>2</sup>: 456,87 metros;
  - Condutores do tipo 3#120(70) mm<sup>2</sup>: 39,94 metros;
- Área II - 542,96 metros de rede secundária subterrânea, sendo:
  - Condutores do tipo 3#70(70) mm<sup>2</sup>: 212 metros;
  - Condutores do tipo 3#120(70) mm<sup>2</sup>: 172,05 metros;

### 4.2.4 Iluminação Pública

As áreas em comum deste condomínio possuirão um total de 36 pontos de iluminação, com postes de aço galvanizado e lâmpadas de LED, com sua potência prevista para 0,046 kVA cada.

No local onde será instalado o Quadro de Distribuição Geral, do tipo pedestal, também deverá ser instalado um padrão de medição para Iluminação Pública.

A extensão total do circuito de iluminação pública é de 1,06 km, sendo:

- Área I - 509,82 metros de rede subterrânea com condutores do tipo 3#50(50) mm<sup>2</sup>;
- Área II - 549,40 metros de rede subterrânea com condutores do tipo 3#50(50) mm<sup>2</sup>;

#### 4.2.5 Transformadores de Distribuição

Para a implementação deste projeto, com a potência total prevista de 389,14 kVA, contamos com a instalação de dois transformadores trifásicos tipo pedestal com capacidades nominais de 300 kVA. Suas características devem obedecer os padrões da NDU 018.

#### 4.2.6 Quadro de Distribuição Pedestal

O projeto prevê a instalação de um total de 4 quadros de distribuição, do tipo pedestal, sendo 2 quadros de distribuição para atender o circuito secundário do loteamento e 2 quadros para atender o circuito de iluminação pública.

O tamanho do QDP foi dimensionado, seguindo os critérios estabelecidos na NDU 018 para espaçamentos do módulo de entrada, fixação de barramentos, espaço reserva e chaves, conforme a Tabela 12.

Tabela 12 – Dimensões Quadro de Distribuição (Tipo T-0)

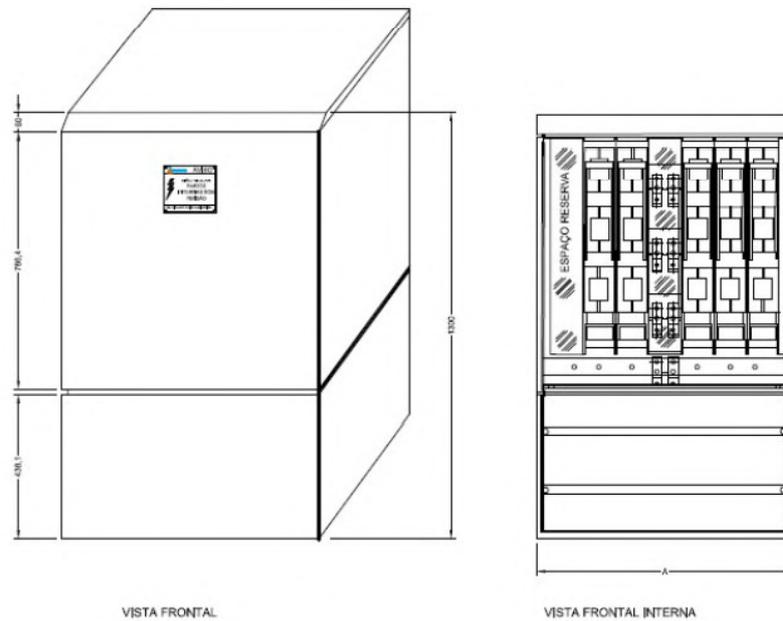
Parâmetros	Dimensões (mm)
Largura	590
Altura	130
Módulos de entrada	50
Espaço para fixação dos barramentos	85
Espaço para chaves	50
Espaço livre para chaves reservas	50

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

O quadro de distribuição, demonstrado na Figura 22, deverá ser chumbado em uma base de concreto, com distância de até 1m do transformador.

Para interligação dos transformadores aos quadros de distribuição, deverão ser usados condutores de cobre, com isolamento XLPE/EPR de seção 185 mm<sup>2</sup> para as fases e 120 mm<sup>2</sup> para o neutro.

Figura 23 – Quadro de Distribuição em Pedestal (Tipo T-0)



Fonte: NDU 018, Energisa (2018)

#### 4.2.7 Proteção

A proteção contra sobre correntes foi projetada, conforme as normas de distribuição da concessionária, da seguinte forma.

- Circuito Primário: Instalação de para-raios de de óxidos metálicos de 10 kV, em cada fase, no poste de transição da rede área para a subterrânea.
- Circuito Secundário: As proteções contra sobre correntes dos circuitos secundários são feitas através de fusíveis NH tipo 3, que suportam correntes nominais de até 630 A, sabendo que a corrente nominal do circuito é de 455,8 A. Os mesmos devem ser instalados nos quadros de distribuição em pedestal.

#### 4.2.8 Aterramento

- Circuito Primário: Em cada caixa de passagem primária, está prevista a instalação de uma haste de aterramento circular sem rosca 14,3x2.400 mm, conforme NDU 010.
- Circuito Secundário: Devem ser aterrados, as extremidades do neutro dos circuitos secundários, com haste de aterramento, bem como todas as suas caixas de passagem CPS-1 e CPS-2.

### 4.2.9 Caixas de Passagens

A quantidade de caixas de passagens projetadas para todos os circuitos do condomínio, pode ser vista na Tabela 13.

Tabela 13 – Caixas de Passagens Utilizadas

Tipo	Quantidade
CPP-1	1
CPP-2	2
CPS-1	2
CPS-2	75

Fonte: (Autoria Própria, 2022)

- Circuito Primário: O projeto prevê três caixas de passagens primárias. Sendo uma CPP-1, que deve ser instalada na descida do poste de transição para rede aérea. E duas CPP-2, que deverão ser instaladas conforme projeto, próximo aos transformadores, para mudança de direção dos condutores.
- Circuito Secundário: Devem ser instaladas 41 CPS-2, cada uma com o intuito de atender até 2 loteamentos.
- Circuito de Iluminação: Pressupõe-se a instalação de 36 caixas de passagens, sendo 2 CPS-1 e 34 CPS-2. Onde cada uma atende apenas um ponto de iluminação.

## 5 Considerações Finais

A realização deste trabalho de conclusão de curso permitiu o desenvolvimento de um projeto elétrico de distribuição, tema abordado na disciplina de Distribuição e Transmissão de Energia. Além disso contribuiu para o estudo aprofundado sobre redes subterrâneas de distribuição, sabendo que o objetivo geral deste trabalho foi propor um projeto para a construção de uma rede de distribuição subterrânea de energia elétrica em um condomínio existente.

Saliente-se ainda que para realização do mesmo, a contribuição de várias disciplinas da graduação foi de extrema importância. Destacando-se a relevância de disciplinas como Equipamentos Elétricos, Circuitos Elétricos II, Distribuição e Transmissão de Energia, que englobam os conceitos abordados durante neste trabalho.

De forma geral pode-se dizer que, a maior dificuldade encontrada durante a elaboração do projeto, foi primeiramente reunir informações suficientes sobre elaboração de projetos elétricos subterrâneos. E durante a elaboração do projeto, foi a implantação dos trechos de baixa tensão, de modo que os mesmos não ultrapassassem os duzentos metros desde da saída do quadro de distribuição, imposto pela concessionária de energia.

Além disso, o estudo se centrou na parte elétrica do projeto, sabendo que é necessário um projeto mais aprofundado na área civil com maiores informações sobre dimensões e montagens dos bancos de dutos, caixas de passagens e barramentos isolados.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir então, que os objetivos foram alcançados, com o desenvolvimento do projeto, pois através do estudo para sua elaboração foi possível conhecer mais sobre redes de distribuição subterrâneas e elaboração de projetos elétricos. Podendo contrastar as redes de distribuição aéreas, vistas durante as disciplinas da graduação, com as subterrâneas, estudadas para elaboração deste trabalho.

## Referências

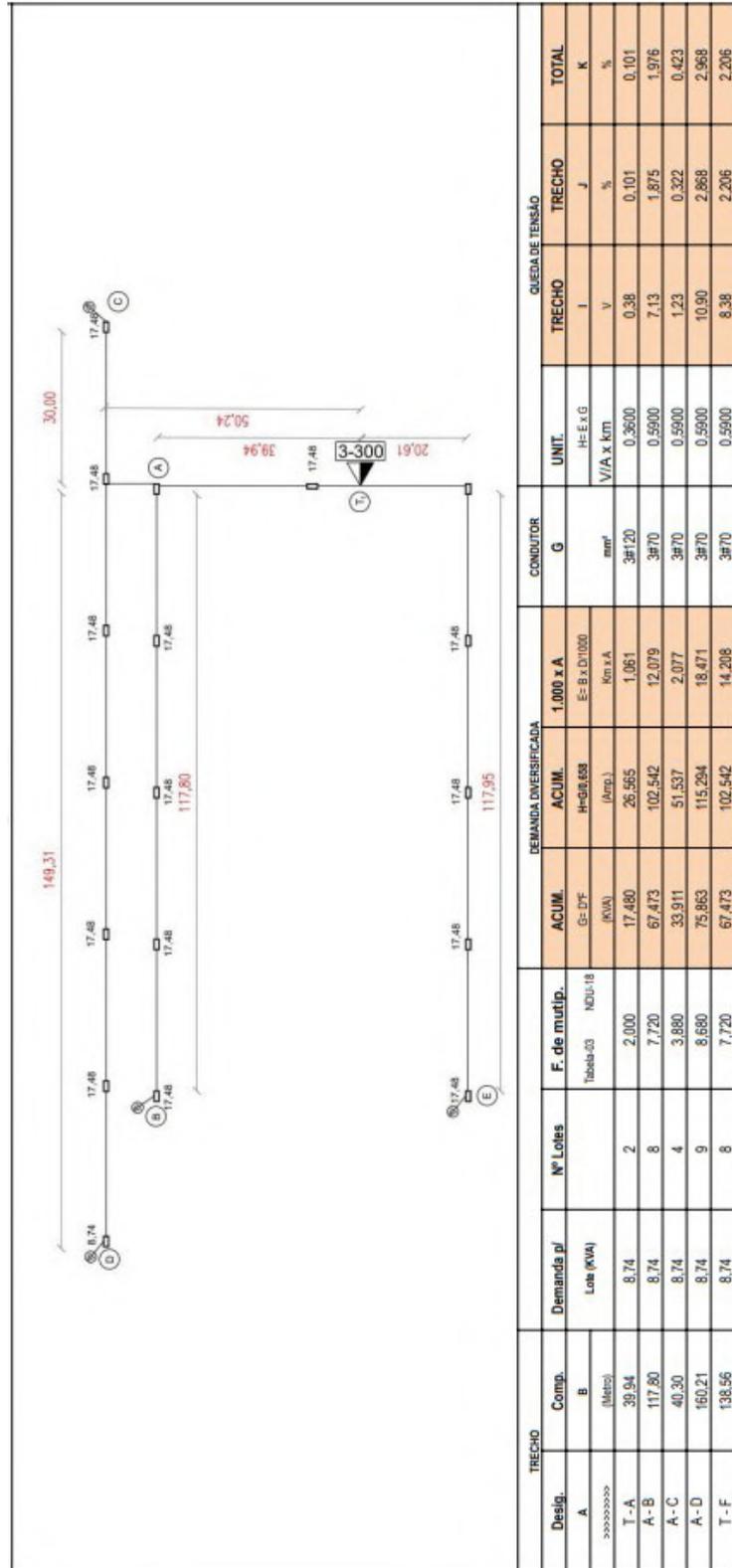
- 3A ENGENHARIA. *Manutenção de Subestações*. 2019. Disponível em: <<https://www.manutencaodesubestacao.com.br/instalacao-e-manutencao-de-subestacoes>>. Acesso em: 24 Maio 2022. Citado na página 18.
- AZEVEDO. *Otimização de Rede de Distribuição de Energia Elétrica Subterrânea Reticulada através de Algoritmos Genéticos*. 2011. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24884/DISSERTACAO%20FERNANDO%20AZEVEDO%202010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 Maio 2022. Citado na página 16.
- BLUME. *Visão Geral de um Sistema de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica*. 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-3-VISAO-GERAL-DE-UM-SISTEMA-DE-GERACAO-TRANSMISSAO-E-DISTRIBUICA-fig1\\_262373193](https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-3-VISAO-GERAL-DE-UM-SISTEMA-DE-GERACAO-TRANSMISSAO-E-DISTRIBUICA-fig1_262373193)>. Acesso em: 19 Junho 2022. Citado na página 15.
- CORSEL. *O caminho da energia Elétrica até a sua casa*. 2016. Disponível em: <<http://www.coorsel.com.br/o-caminho-da-energia-eletrica-ate-a-sua-casa//>>. Acesso em: 04 Março 2022. Citado na página 15.
- ENERGISA. *Normas Técnicas*. 2018. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/pequenas-e-medias-empresas/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas-old.aspx>>. Acesso em: 24 fevereiro 2022. Citado 10 vezes nas páginas 17, 18, 19, 23, 24, 25, 26, 31, 35 e 39.
- GONEN, T. *Electric power distribution system engineering*. 2. ed. California: [s.n.], 2007. Citado na página 13.
- IBILUX. *Luminária LED LE 50W*. 2021. Disponível em: <<https://www.ibilux.com.br/wp-content/uploads/2021/02/DATASHEET-LUMINARIA-LED-LE.pdf>>. Acesso em: 02 Março 2022. Citado na página 33.
- KAGAN, N. *Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2005. Citado 4 vezes nas páginas 12, 15, 16 e 19.
- LMDM. *A Transformação das Redes de Distribuição de Energia Aéreas em Subterrâneas*. 21. Disponível em: <<http://lmdm.com.br/wp-content/uploads/2021/07/Estudo-Redes-Aereas-x-Subterraneas.pdf>>. Acesso em: 17 Março 2022. Citado na página 12.
- MAMEDE, J. *Instalações Elétricas Industriais*. 9. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2017. Citado na página 19.
- TAVARES. *Proposta de Substituição da Rede de Distribuição Elétrica*. 2019. Disponível em: <<https://www2.unifap.br/eletrica/files/2019/07/PROPOSTA-DE-SUBSTITUI%c3%87%c3%83O-DA-REDE-DE-DISTRIBUI%c3%87%c3%83O-EL%c3%89TRICA.pdf>>. Acesso em: 21 Abril 2022. Citado na página 23.

UFV. *Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana*. 2006. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/488/48830422.pdf>>. Acesso em: 05 Abril 2022. Citado na página 13.

UNESP. *Sistema de Distribuição*. 2015. Disponível em: <[https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/apostila\\_sdee\\_01](https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/apostila_sdee_01)>. Acesso em: 02 Março 2022. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 17.

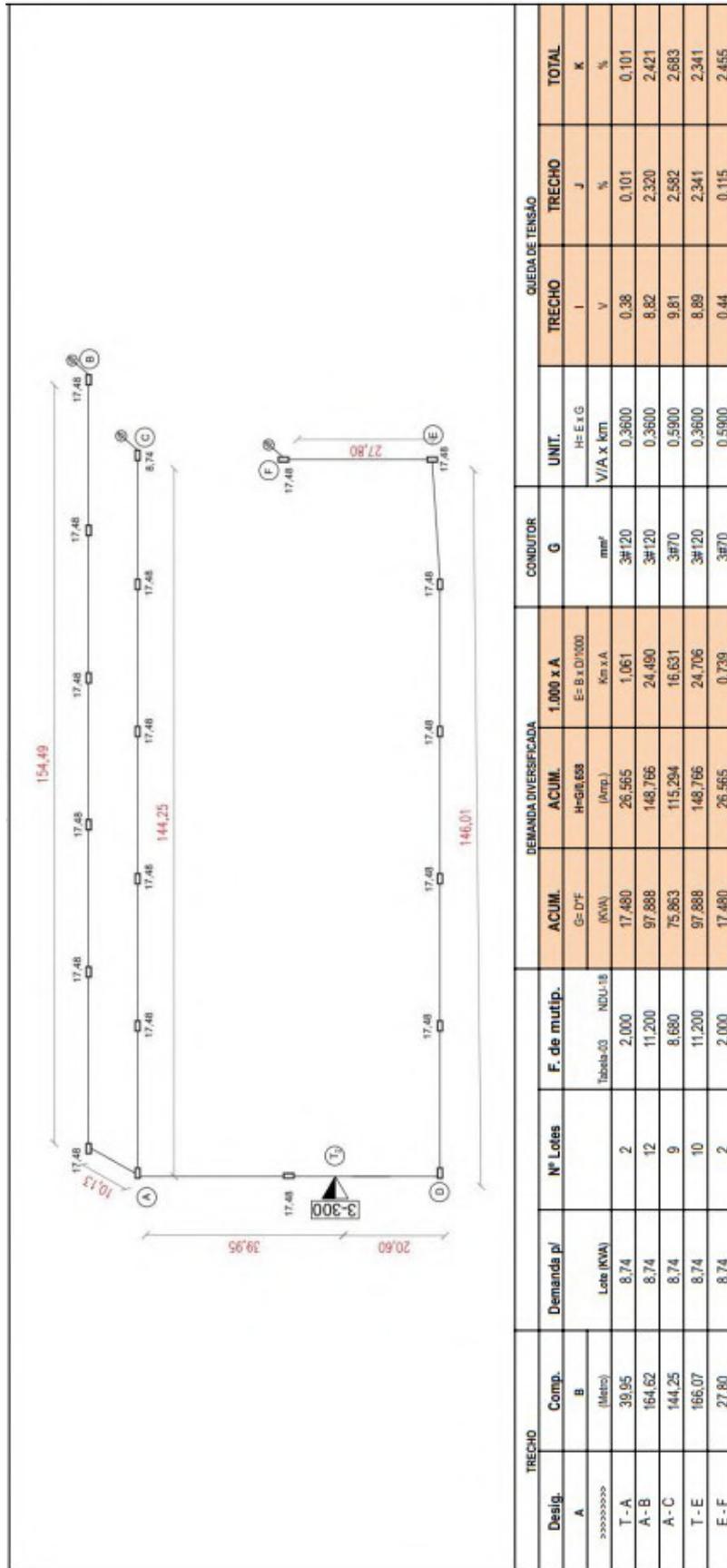
# A APÊNDICES

## APÊNDICE A - Queda de Tensão da Área do Transformador I



Fonte: Autoria Própria, 2022

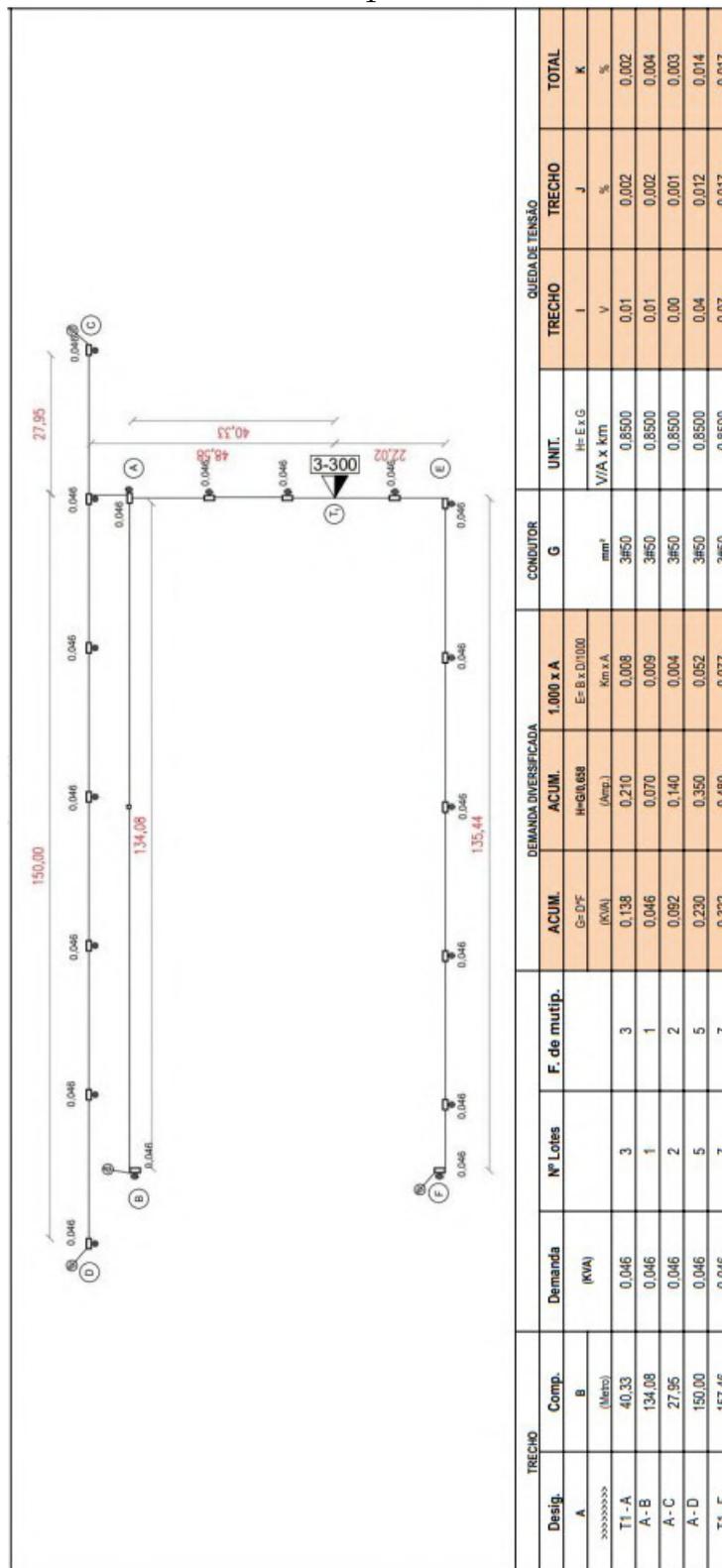
APÊNDICE B - Queda de Tensão da Área do Transformador II



Fonte: Autoria Própria, 2022

APÊNDICE C - Queda de Tensão do Circuito de Iluminação na Área do Transformador

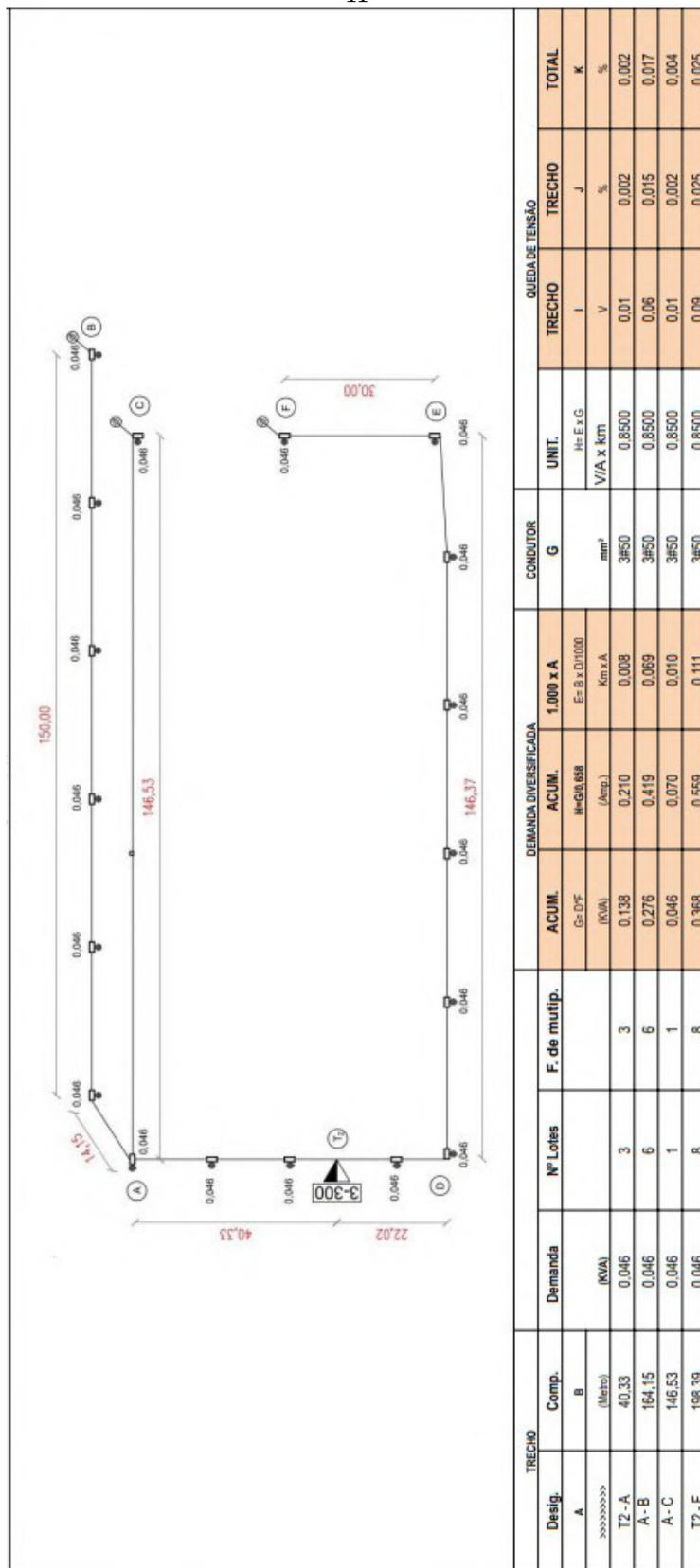
I



Fonte: Autoria Própria, 2022

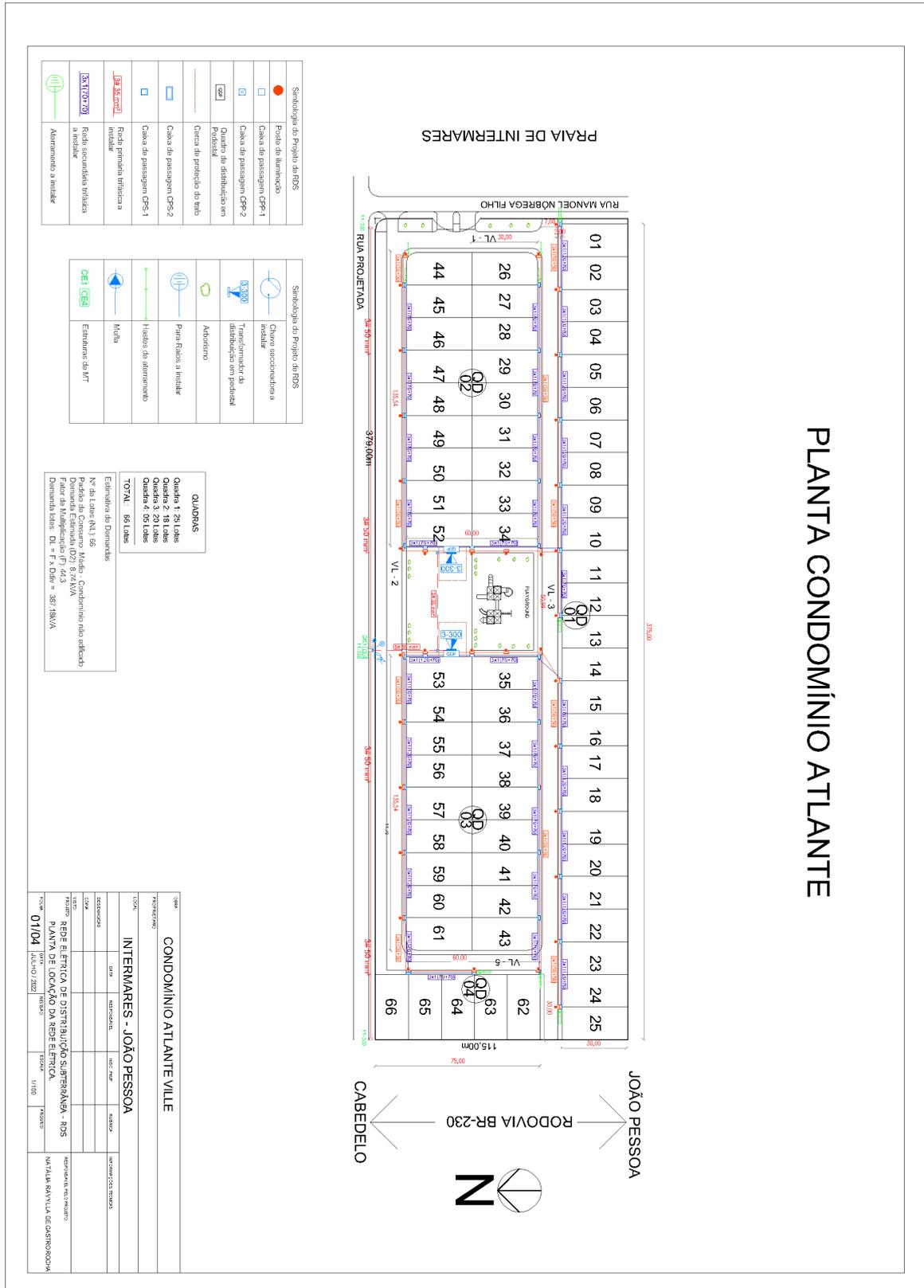
APÊNDICE D - Queda de Tensão do Circuito de Iluminação na Área do Transformador

II

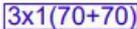


Fonte: Autoria Própria, 2022

APÊNDICE E - Croqui Final Condomínio Atlante



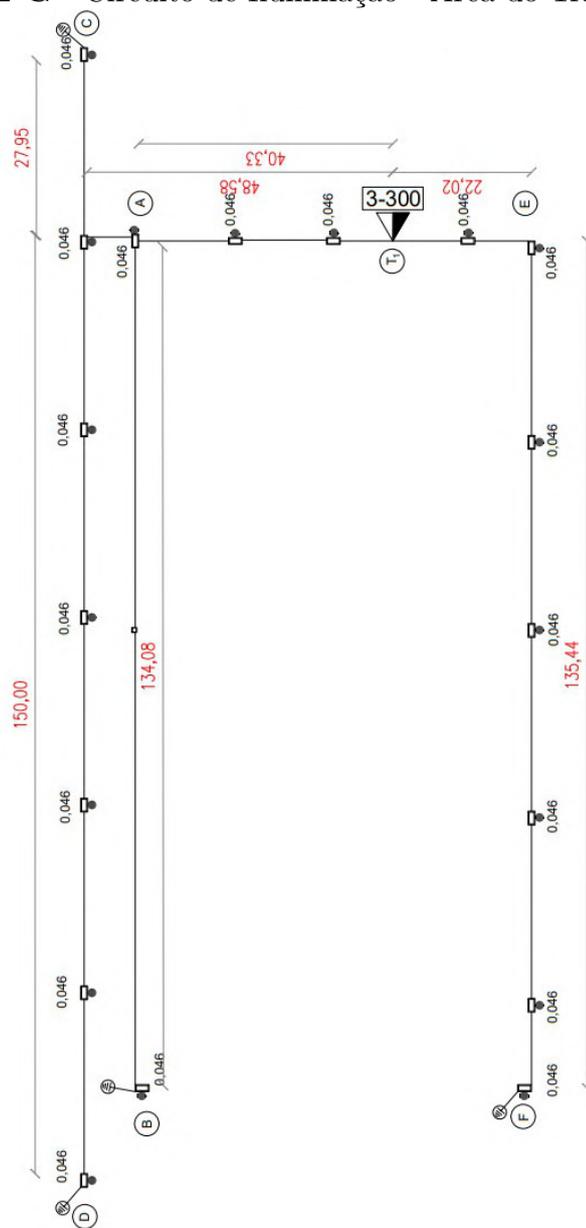
### APÊNDICE F - Simbologia Usada no Croqui

Simbologia do Projeto de RDS	
	Poste de iluminação
	Caixa de passagem CPP-1
	Caixa de passagem CPP-2
	Quadro de distribuição em Pedestal
	Cerca de proteção do trafo
	Caixa de passagem CPS-2
	Caixa de passagem CPS-1
	Rede primária trifásica a instalar
	Rede secundária trifásica a instalar
	Aterramento a instalar

Simbologia do Projeto de RDS	
	Chave seccionadora a instalar
	Transformador de distribuição em pedestal
	Arborismo
	Para-Raios a instalar
	Hastes de aterramento
	Mufra
	Estruturas de MT

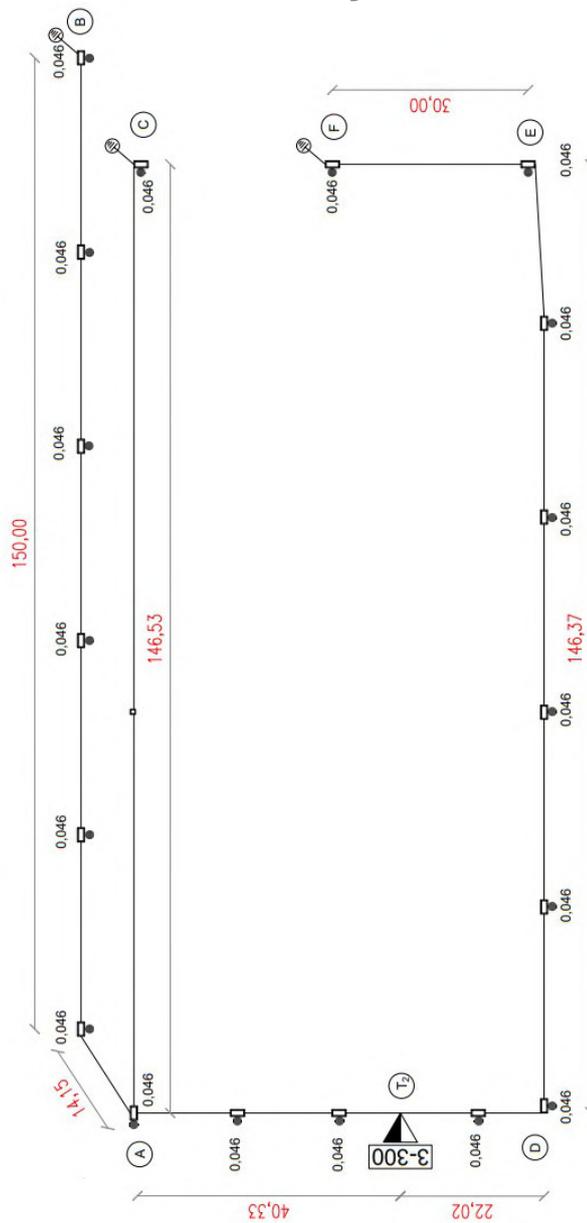
Fonte: Autoria Própria, 2022

APÊNDICE G - Circuito de Iluminação - Área do Transformador I



Fonte: Autoria Própria, 2022

APÊNDICE H - Circuito de Iluminação - Área do Transformador II



Fonte: Autoria Própria, 2022

## B ANEXOS

### ANEXO I - PROTEÇÃO DOS TRANSFORMADORES PEDESTAIS

Potência Nominal do Transformador (kVA)	13,8kV		22kV	
	Fusível de Expulsão	Fusível Limitador de Corrente (A)	Fusível de Expulsão	Fusível Limitador de Corrente (A)
75	C05	40	C03	40
150	C08	50	C05	40
300	C10	80	C08	40

Fonte: NDU 018 - Energisa

### ANEXO II - DIÂMETRO MÍNIMO DOS ELETRODUTOS FLEXÍVEL

MÉDIA TENSÃO				
mm <sup>2</sup>	CONDUTOR POR DUTO			
	1	2	3	4
35	75	75	100	125
70	75	100	125	150

Fonte: NDU 018 - Energisa

### ANEXO III - CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA REDES SECUNDÁRIAS

CIRCUITO SECUNDÁRIO DE COBRE	RESISTÊNCIA (ohm/km)	REATÂNCIA INDUTIVA (ohm/km)	CAPACIDADE DE CORRENTE (40° C)	COEFICIENTES PARA CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO		
				V/Axkm	(ΔV%/Axkm)	(ΔV%/Axkm)
					220 V	380 V
3x1x50(50)	0,33	0,11	110	0,85		0,2237
3x1x70(70)	0,32	0,1	137	0,59	0,2682	0,1553
3x1x120(70)	0,19	0,1	184	0,36	0,1636	0,0947
3x1x185(120)	0,12	0,094	234	0,26	0,1182	0,0684
3x1x240(120)	0,094	0,098	270	0,21	0,0955	0,0553

Fonte: NDU 018 - Energisa

### ANEXO IV - DIÂMETRO MÍNIMO DOS ELETRODUTOS FLEXÍVEL

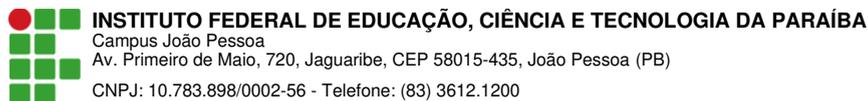
BAIXA TENSÃO				
mm <sup>2</sup>	CIRCUITO POR DUTO			
	1	2	3	4
3x1x50(50)	100	100	100	125
3x1x70(70)	100	100	125	150
3x1x120(70)	100	125	150	150
3x1x185(120)	125	150	150	150
3x1x240(120)	125	150	150	150

Fonte: NDU 018 - Energisa

**ANEXO V - QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO EM PEDESTAL – INFORMAÇÕES GERAIS**

C		Nº Máximo de Chaves		Fusível NH	
Corrente Nominal (A)	Largura (mm)	DIN-0 (590 mm)	DIN-1 (795 mm)	Max. Corrente (A)	Tipo
160	50	8	12	125	0
250	100	4	6	200	1
400	100	4	6	315	2
630	100	4	6	500	3

Fonte: NDU 018 - Energisa



## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC - Natália Rávylla

**Assunto:** TCC - Natália Rávylla  
**Assinado por:** Natalia Castro  
**Tipo do Documento:** Dissertação  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Ostensivo (Público)  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Natália Rávylla de Castro Rocha, ALUNO (20151610414) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 19/09/2022 21:08:57.

Este documento foi armazenado no SUAP em 19/09/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 629140  
Código de Autenticação: 35fa417ef2

