

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

LUIZ EDUARDO DA ROSA

**COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA UTILIZANDO CABOS CONVENCIONAIS E BARRAMENTO
BLINDADO: UM ESTUDO DE CASO EM UM EDIFÍCIO DE USO COLETIVO.**

ITAJAÍ

2022

LUIZ EDUARDO DA ROSA

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO CABOS CONVENCIONAIS E BARRAMENTO BLINDADO: UM ESTUDO DE CASO EM UM EDIFÍCIO DE USO COLETIVO.

Trabalho de conclusão de curso do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Marcelo dos Santos Coutinho

Rosa, Luiz Eduardo

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO CABOS CONVENCIONAIS E BARRAMENTO BLINDADO: UM ESTUDO DE CASO EM UM EDIFÍCIO DE USO COLETIVO / Luiz Eduardo Rosa ; orientador, Marcelo dos Santos Coutinho, 2022.

75 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí, Graduação em Engenharia Elétrica , Itajaí, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Elétrica . 2. Barramento blindado. 3. Sistema convencional com cabos. 4. Instalações Elétricas. I. Coutinho, Marcelo dos Santos . II. Instituto Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Elétrica . III. Título.

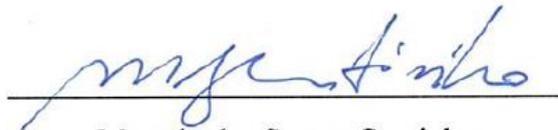
COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO CABOS CONVENCIONAIS E BARRAMENTO BLINDADO: UM ESTUDO DE CASO EM UM EDIFÍCIO DE USO COLETIVO.

LUIZ EDUARDO DA ROSA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Eletricista e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Itajaí, 29 de agosto, 2022.

Banca Examinadora:



Marcelo dos Santos Coutinho
Presidente da Banca



Tarcisio Pollnow Kruger
Membro da Banca



Saimon Miranda Fagundes
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, por ter me dado saúde, coragem e disciplina para alcançar esse objetivo de graduação.

Agradeço aos meus pais e irmã, pelos incentivos e compreensão nos momentos de dificuldade e dúvidas durante todo esse processo.

Agradeço a minha noiva, que me apoiou fielmente, sempre acreditando e me impulsionando para a conclusão de mais uma etapa.

Agradeço a todo corpo docente e funcionários do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Itajaí, pelos ensinamentos passados, em especial, ao professor e meu orientador, professor Marcelo dos Santos Coutinho.

Agradeço a empresa WEG, pelos dados repassados e atenção disponibilizada, em especial, ao Eng. Rafael Gonçalves Machado.

Agradeço a empresa Versatille Empreendimentos, pelos dados repassados e atenção disponibilizada, em especial ao Eng. Paulo Augusto Proni.

E por fim, agradeço a todos os meus colegas de curso que fizeram parte dessa jornada, e todos aqueles, que de alguma forma, contribuíram para a conclusão desse curso.

“A ciência é, portanto, uma perversão de si mesma, a menos que tenha como fim
último, melhorar a humanidade”

Nikola Tesla

RESUMO

Este trabalho apresenta uma comparação técnica e econômica entre o sistema convencional (por cabos) e o sistema por barramento blindado em um estudo de caso para um edifício específico, e para isso, utiliza-se de dados de projetos desenvolvidos para um edifício situado em Itapema, Santa Catarina, nomeado Dom Bastos Residence, com 20 pavimentos. Chegou-se à conclusão de que a prumada com barramento blindado apresenta maior praticidade e menor tempo de instalação, quando comparada ao sistema convencional. O sistema de barramento blindado apresenta ainda como vantagem, custo inferior em relação ao custo total, levando em consideração os materiais e mão de obra, contudo, o sistema convencional é mais barato em relação ao barramento blindado quando comparado somente os materiais.

Este trabalho tem como complemento um estágio realizado durante o curso de engenharia elétrica no campus Itajaí, onde participei integralmente do projeto elétrico do edifício em estudo, onde parte dos dados e informações que serão mostrados neste trabalho foram obtidos durante esse período de estágio, realizado na empresa MK Engenharia, situada em Balneário Camboriú.

Palavras-chave: Instalações elétricas, barramento blindado, sistema convencional com cabos.

ABSTRACT

This work presents a technical and economic comparison between the conventional system (by cables) and the busway system in a case study for a specific building, and for that, it uses project data developed for a building located in Itapema, Santa Catarina, named Dom Bastos Residence, with 20 floors. It was concluded that the upright with armored busway presents greater practicality and less installation time, when compared to the conventional system. The busway system also has the advantage, lower cost in relation to the total cost, taking into account the materials and labor, however, the conventional system is cheaper in relation to the busbar when comparing only the materials.

This work is complemented by an internship carried out during the electrical engineering course at the Itajaí campus, where I participated fully in the electrical project of the building under study, where part of the data and information that will be shown in this work were obtained during this period of internship, carried out at the company MK Engenharia, located in Balneário Camboriú.

Keywords: Electrical installations, busway, conventional system with cables.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Medidor de Energia Elétrica Individual.....	18
Figura 2 - Cabos Elétricos Unipolares.....	23
Figura 3 – Exemplo de Diagrama Unifilar para Queda de Tensão.....	24
Figura 4 - Quadro de Medição Padrão Celesc para n Medidores.....	26
Figura 5 - Prumada Elétrica com Eletrodutos.....	28
Figura 6 – Foto do Barramento Blindado.....	29
Figura 7 - Caixa Concentradora.....	31
Figura 8 – Foto da Caixa Concentradora Instalada.....	31
Figura 9 - Caixa de Comunicação Local.....	32
Figura 10 – Foto da Caixa de Comunicação Local Instalada.....	33
Figura 11 - Quadro Medidor Instalado Sob Barramento.....	33
Figura 12 - Quadro Medidor Instalado ao Lado do Barramento.....	34
Figura 13 – Foto do Quadro Medidor Sob o Barramento.....	35
Figura 14 - Fluxograma para o Desenvolvimento do Estudo.....	37
Figura 15 - Modelo 3D de Projeto do Edifício Dom Bastos.....	38
Figura 16 - Distribuição e Pontos Elétricos na Planta Baixa.....	43
Figura 17 - Legenda Elétrica.....	43
Figura 18 - Diagrama Unifilar Geral do Edifício.....	46
Figura 19 - Características Construtivas do Barramento BWW01 WEG.....	48
Figura 20 – Parâmetros para Cálculo de Queda de Tensão WEG.....	49
Figura 21 - Comparação da Maior Queda de Tensão.....	53
Figura 22 - Comparação de Área Ocupada Entre Dutos (a) e Barramento (b) no Início da Prumada.....	54
Figura 23 - Comparação de Área Ocupada Entre os Sistemas.....	55
Figura 24 - Comparação de Área Ocupada Total Entre os Sistemas.....	56
Figura 25 - Comparativo de Tempo para a Execução dos Sistemas.....	57
Figura 26 - Comparativo de Custo de Materiais Entre os Sistemas.....	58
Figura 27 - Comparativo do Custo de Mão de Obra Entre os Sistemas.....	59
Figura 28 – Comparativo do Custo Total Entre os Sistemas.....	59
Figura 29 – Relação de Custos com Material e Mão de Obra para (a) Barramento Blindado e (b) Cabeamento Conforme o Número de Ramificações.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limite de Condução para Barramento.....	26
Tabela 2 - Cálculo de Demanda do Edifício.....	42
Tabela 3 - Queda de Tensão Sistema Convencional.....	46
Tabela 4 - Queda de Tensão no Barramento Blindado.....	50
Tabela 5 - Comparação de Área Ocupada Entre os Sistemas.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

QM	Quadro de medidores
QD	Quadro de distribuição
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
V	Volts
A	Ampère
Ω	Ohm
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
DPSC	Defensoria Pública de Santa Catarina
NT	Norma Técnica
PEP	Projeto Elétrico de Particulares
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
IP	<i>Ingress Protection</i> ou grau de proteção
XLPE	Polietileno Reticulado
MT	Média Tensão
BT	Baixa Tensão
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Problema	14
1.2 Justificativa	15
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo Geral.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Conceitos Fundamentais	17
2.2 Tensão de Alimentação de Edifícios.....	18
2.3 Cálculo de Demanda	19
2.4 Entrada de Energia de Edifícios.....	20
2.4.1 Formas de Entrada de Energia de Edifícios.....	21
2.4.2 Cabos em Eletrodutos Subterrâneos de Edifícios.....	21
2.5 Fornecimento de Energia às Unidades Consumidoras de Edifícios.....	22
2.5.1 Sistema de Distribuição de Energia Convencional.....	23
2.5.2 Sistema de Distribuição de Energia por Barramento Blindado.....	28
2.6 Comparação entre os Sistemas de Distribuição de Energia	36
3. METODOLOGIA	37
3.1 Características Gerais do Edifício	37
3.2 Demanda Elétrica do Edifício	39
3.3 Projeto Elétrico dos Sistemas.....	39
3.4 Queda de Tensão dos Sistemas	39
3.5 Projeto da Prumada Elétrica dos Sistemas	40
3.6 Levantamento dos Custos de Materiais e Mão de Obra dos Sistemas	40
3.7 Comparativos Técnico e Econômico dos Sistemas.....	40
4. RESULTADOS.....	41
4.1 Cálculos e Especificações Gerais de Projeto do Edifício Dom Bastos	41
4.1.1 Demanda do Edifício.....	41
4.1.2 Previsão de Cargas dos Apartamentos.....	42
4.2 Especificações do Projeto Elétrico Utilizando o Sistema Convencional	44
4.2.1 Cálculo da Queda de Tensão no Sistema Convencional.....	44
4.2.2 Projeto da Prumada Elétrica no Sistema Convencional.....	45
4.3 Especificações do Projeto Elétrico Utilizando o Sistema de Barramento Blindado ...	47

4.3.1	Cálculo de Queda de Tensão no Sistema de Barramento Blindado.....	47
4.3.2	Projeto da Prumada Elétrica no Sistema de Barramento Blindado.....	50
4.4	Levantamento de Quantitativo e Custos.....	51
4.4.1	Materiais e Mão de Obra do Sistema Convencional.....	51
4.4.2	Materiais e Mão de Obra do Sistema de Barramento Blindado.....	51
4.5	Comparativo Técnico e Econômico entre os Sistemas.....	52
4.5.1	Comparativo da Queda de Tensão.....	52
4.5.2	Comparativo de Espaço na Prumada.....	53
4.5.3	Comparativo de Tempo de Execução.....	56
4.5.4	Comparativo de Custos.....	57
5.	CONCLUSÃO.....	61
6.	REFERÊNCIAS	63
	ANEXO A - FATORES DE DIVERSIDADE CONFORME NÚMERO DE	
	APARTAMENTOS.....	64
	ANEXO B - DEMANDA EM FUNÇÃO DA ÁREA DOS PARTAMENTOS.....	65
	ANEXO C - DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE LIGAÇÃO, ENTRADA,	
	SAÍDA E DE CARGA.....	66
	ANEXO D - RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS DOS CABOS.....	67
	APÊNDICE A - LEVANTAMENTO DE CARGAS APTO.....	68
	APÊNDICE B - LISTA DE MATERIAIS DA ENTRADA DE ENERGIA	
	(COMUM AOS DOIS SISTEMAS).....	69
	APÊNDICE C - LISTA DE MATERIAIS DO SISTEMA CONVENCIONAL.....	70
	APÊNDICE D - LISTA DE MATERIAIS DO SISTEMA DE BARRAMENTO	
	BLINDADO.....	71

1. INTRODUÇÃO

O segmento da construção civil tem passado por um processo de expansão significativo no Brasil, as tecnologias inseridas neste meio tendem a acompanhar essa evolução, com um crescimento de 4 % no ano de 2021, a maior desde 2013, segundo o site “agenciabrasil.ebc.com.br” (2021). Conforme Joseph Krutch, “A tecnologia tornou possível a existência de grandes populações. Grandes populações agora tornam a tecnologia indispensável”. Por isso, a ideia de substituir o sistema convencional de cabos para alimentação dos apartamentos por barramentos blindados se torna interessante diante dessas observações.

Desta forma, a utilização de barramentos blindados no lugar do sistema convencional de cabeamento nas prumadas pode contribuir muito quando o assunto é economia, segurança e tempo da mão de obra. Este trabalho visa apresentar um estudo de caso comparando ambos os sistemas, apresentando as vantagens e desvantagens da tecnologia do barramento blindado em relação ao sistema convencional para um edifício de uso coletivo.

O sistema de barramento blindado, em suma, é constituído de elementos de linhas pré-fabricadas com barras condutoras de alumínio ou cobre dentro de um invólucro blindado e metálico, responsável por conduzir o aterramento, tendo as barras espaçadas entre si e representando as fases R, S e T, além do neutro, que podem substituir o sistema convencional de cabos nas prumadas em edifícios de uso coletivo. Para compreender quando a utilização de barramento blindado em relação a instalações com cabeamento é vantajosa, é necessária uma análise de projeto criteriosa. Alguns aspectos importantes para a tomada de decisão do melhor sistema a ser utilizado são as características construtivas, instalação, custos, capacidade de condução de corrente e queda de tensão. Esse tipo de comparação permite avaliar vantagens e desvantagens da instalação do sistema de barramento blindado frente ao sistema de cabeamentos.

1.1 Problema

A otimização do espaço destinado à distribuição de energia elétrica aos apartamentos em edifícios de uso coletivo, tem se tornado cada vez mais importante, pois, quanto maior o número de apartamentos, maior a necessidade de espaço disponível nas prumadas para instalação dos condutores elétricos ou cabos das unidades consumidoras,

os quais seguem até o quadro de medidores, que são normalmente instalados no térreo do edifício.

Além do problema do espaço mencionado acima, no sistema convencional, ocorre também o problema da queda de tensão, que pode ser significativa, no atendimento às unidades mais distantes do quadro de medidores, além das sobras de materiais (cabos, eletrodutos e etc.) resultantes no final da execução da obra.

Além disso, com o aumento da competitividade no mercado da construção civil, o tempo disponibilizado pela mão de obra, torna o custo de instalação cada vez mais elevado.

1.2 Justificativa

Este trabalho se justifica pois irá apresentar um estudo comparativo entre o sistema convencional de distribuição de energia elétrica e um sistema que utiliza tecnologia mais moderna para resolver o problema apresentado na seção anterior.

Os resultados e conclusões do trabalho poderão fornecer à projetistas civis e elétricos, e empresários, dados e informações relevantes para gerar economia e praticidade na execução de projetos em edifícios de uso coletivo. A pouca quantidade de artigos tecnológicos e maiores informações sobre o tema de barramento blindado, torna esse trabalho, um compêndio de informações importantes e relevantes para efeitos de comparação entre os sistemas.

1.3 Objetivos

O objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa podem ser observados abaixo.

1.3.1 Objetivo Geral

- Apresentar um estudo comparativo entre o sistema convencional de cabos de cobre e o sistema por barramento blindado, quando utilizados no projeto de instalações elétricas de um edifício de uso coletivo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar o sistema convencional de distribuição de energia elétrica de um edifício;
- Dimensionar o sistema de barramento blindado para distribuição de energia elétrica de um edifício;
- Levantar o quantitativo de materiais para ambos os sistemas;
- Estimar a mão de obra necessária para a execução do projeto em ambos os sistemas;
- Otimizar o espaço destinado às instalações de ambos os sistemas, de forma a se poder compará-los;
- Comparar e analisar as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas, tomando como referência o caso de um edifício de uso coletivo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordadas algumas informações relevantes a fim de esclarecer alguns itens em estudo, tornando mais simples o entendimento e orientando o método de análise e desenvolvimento desta pesquisa. Todas as normas e informações relacionadas aos critérios de energia elétrica estadual estão baseadas nas normas vigentes da concessionária de energia elétrica de Santa Catarina, a CELESC.

2.1 Conceitos Fundamentais

A Celesc é a concessionária responsável pela distribuição e manutenção da rede de energia elétrica no estado de Santa Catarina. A norma que regulamenta o padrão para o fornecimento de energia elétrica aos edifícios de uso coletivo atualmente, é a norma técnica DPSC/NT-03 (CELESC, 1997), que está em acordo com os critérios adotados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Norma Brasileira (NBR) 5410, que é a norma para instalações elétricas de baixa tensão.

Para compreender melhor esse documento, se faz necessário primeiramente explicar alguns conceitos essenciais. O primeiro conceito importante é o de *unidade consumidora*, que conforme a DPSC/NT-03 (CELESC, 1997) é todo o apartamento, escritório, salas comerciais, residência, indústria que depende de um medidor individualizado para sua medição de consumo de energia elétrica.

Um outro conceito é o de *carga instalada* do edifício, que é a potência total instalada do edifício, onde é somada a potência nominal de todos os equipamentos instalados no edifício (CELESC, 1999).

Já a *demanda* do edifício, é a potência elétrica média que é solicitada por uma instalação durante um determinado intervalo de tempo conforme a DPSC/NT-03 (CELESC, 1997). Em outras palavras, demanda representaria as cargas que estão sendo utilizadas em conjunto no mesmo intervalo de tempo em um período do dia.

O sistema Projeto Elétrico de Particulares (PEP) que irá ser comentado neste trabalho, é um sistema online para apresentação e análise de projetos elétricos disponibilizados pela CELESC via *website*.

Como aponta a DPSC/NT-03 (CELESC, 1999), o *ramal de ligação* é definido como o conjunto de condutores e acessórios que ligam a rede de distribuição da CELESC ao ponto de entrega. O *ponto de entrega* é a conexão entre o sistema elétrico da

distribuidora com a unidade consumidora, e situa-se no limite da via pública com a propriedade em que ela esteja localizada.

O *ramal de entrada* é o conjunto de condutores e acessórios que interligam o ponto de entrega ao ponto de proteção, medição ou transformação de acordo com a DPSC/NT-03 (CELESC, 1999).

Segundo a DPSC/NT-03 (CELESC, 1999) a *caixa seccionadora* é um quadro elétrico destinado à instalação do equipamento de proteção geral da edificação.

De acordo com uma outra norma técnica da concessionária Celesc, a DPSC/NT-02, existem duas formas para medição da energia elétrica utilizada pelo consumidor, que são a forma direta e a indireta. Na medição direta a energia é conduzida em sua totalidade através do medidor. Na medição indireta, além do medidor de energia, são utilizados equipamentos auxiliares (transformadores de corrente e de potência). Nesse caso, a energia que passará pelo medidor será uma proporcionalidade a qual será ajustada pelos equipamentos auxiliares que são utilizados, onde a energia total consumida será obtida através da multiplicação da energia registrada pelos medidores e a constante da medição que depende desses equipamentos (CELESC, 2002). A Figura 1 abaixo mostra um exemplo de medidor individual.

Figura 1 – Medidor de energia elétrica individual.



Fonte: sabereletrica.com.br.

2.2 Tensão de Alimentação de Edifícios

Para definir a tensão de alimentação dos edifícios é necessário considerar a demanda do edifício. Edifícios que possuem demanda de até 300 kVA serão

alimentados com tensão de fornecimento secundária 380/220 V, e a medição das unidades consumidoras será de forma direta. As linhas de redes com tensões nominais iguais ou superiores a 230 kV são classificados como sendo redes de extra alta tensão (EHV) e no Brasil formam a rede “Básica” de transmissão. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as redes com tensões nominais iguais e entre 69 kV e 138 kV são classificadas como redes de alta tensão (AT), as redes com tensão nominal entre 1 kV e 69 kV são chamadas de redes de Média Tensão (MT) ou em tensão primária, e os sistemas com tensões abaixo de 1 kV são classificados como redes em baixa tensão (BT), ou em Tensão Secundária. Caso a potência de uma das unidades consumidoras, que são os apartamentos, for igual ou maior que 75 kW, sua alimentação será por tensão primária e medição indireta.

De acordo com a DPSC/NT-03 (CELESC, 1999), “será exigido projeto elétrico para todo edifício de uso coletivo, com quatro ou mais unidades consumidoras, e/ou sempre que existir unidade consumidora com potência instalada superior a 50 kW.”

O fornecimento em tensão primária abrange as unidades consumidoras atendidas em tensão de distribuição superior a 2300 volts, enquanto a secundária fica logo após um transformador trifásico da CELESC, reduzindo para 380/220 V.

2.3 Cálculo de Demanda

Para conjuntos residenciais, edifícios de uso coletivo, comerciais e condomínios fechados, a demanda considerada para determinação do tipo de fornecimento será a demanda total do conjunto, que é a soma da demanda dos apartamentos com a soma da demanda do condomínio.

“O dimensionamento dos componentes da entrada de serviço de energia elétrica das edificações de uso coletivo, deve ser feito pela demanda provável.” (CELESC, 1997, p. 9). A Equação (1) determina o cálculo da demanda provável da entrada de energia do edifício, que é a demanda total do edifício. Para este cálculo é utilizado o fator de potência igual à 0,9. O projetista responsável pode aplicar critérios que achar conveniente, como por exemplo, fatores de segurança adicionais, desde que o valor final não seja inferior ao valor obtido através da Equação (1).

$$DT = 1,2. (D1 + D2) + E + G \quad (1)$$

onde:

DT, é denominado a demanda provável;

1,2, é o fator de demanda;

D1, é definido pela Equação (2);

D2, é definido pela Equação (3);

E, é a demanda das cargas especiais como saunas, centrais de refrigeração ou aquecimento, iluminação de quadras esportivas, etc.

G, a demanda referente a lojas, escritórios e outros.

$$D1 = F \cdot A \quad (2)$$

onde:

D1, é a demanda dos apartamentos;

F, é o fator de diversidade em função do número de apartamentos (**ANEXO A**);

A, é a demanda por apartamento em função de sua área útil (**ANEXO B**).

$$D2 = (B + C + D) \quad (3)$$

onde:

D2, é denominado a demanda do condomínio;

B, é a demanda referente a iluminação das áreas do condomínio e considera-se 100 % de demanda para os primeiros 10 kW e, 25 % para o restante;

C, é demanda referente às tomadas de corrente das áreas do condomínio, que se aplica 20 % de demanda dessa carga total;

D, é a demanda referente aos motores elétricos e utiliza-se para sua determinação a Tabela de nº 5 da DPSC/NT-03 (CELESC, 1997).

2.4 Entrada de Energia de Edifícios

A proteção para o ramal de entrada deve ser através de disjuntor termomagnético dimensionado de acordo com a demanda total calculada e capacidade de corrente dos cabos do ramal. A corrente nominal do disjuntor pode ser determinada através do **ANEXO C**.

2.4.1 Formas de Entrada de Energia de Edifícios

Como a DPSC/NT-03 (CELESC, 1997) cita, a entrada de energia pode ser executada de forma subterrânea ou aérea. Para o trabalho será enfatizado acerca do método de instalação dos eletrodutos para o ramal de entrada de forma subterrânea. A CELESC é responsável pela conferência do ramal de ligação até o ponto de entrega do edifício. A DPSC/NT-03 cita: “A ligação da edificação à rede de distribuição de energia elétrica da CELESC, não implica em responsabilidade desta sobre as condições técnicas de suas instalações elétricas internas, após o ponto de entrega.” (CELESC,1997, p. 6). Para o eletroduto que ficará junto ao poste da CELESC, o mesmo deverá ser metálico, pesado, galvanizado à fusão, deverá ser enterrado e sua altura mínima ser de cinco metros, em relação ao solo ou piso em conformidade com a DPSC/NT-03 (CELESC, 1999).

2.4.2 Cabos em Eletrodutos Subterrâneos de Edifícios

A DPSC/NT-03 faz especificações a respeito dos condutores do ramal de entrada. A mesma especifica que: “Os cabos serão de cobre, unipolares ou multipolares, três fases mais neutro, com tensão de isolamento 0,6/1 kV isolamento em EPR ou XLPE. O neutro deverá ter as mesmas características (seção, classe de isolamento, tipo) dos cabos de fase.” (CELESC,1999, p. 10).

No passeio, os eletrodutos devem ser de material de PVC rígido ou reforçado, ferro galvanizado, ou ainda, conforme a E-313.0062 (CELESC, 2013) podem ser utilizados dutos corrugados flexíveis em polietileno de alta densidade (PEAD), enterrado com profundidade mínima de trinta centímetros. Para locais onde há tráfego de veículos, os eletrodutos devem possuir proteção através de envelopamento de concreto, e ainda, serem enterrados diretamente a uma profundidade de sessenta centímetros, conforme a DPSC/NT-03 (CELESC, 1997).

De acordo com a DPSC/NT-03, independentemente se os eletrodutos forem instalados no passeio ou em local com tráfego de veículos, devem ser devidamente sinalizados em todo seu percurso com fita de sinalização indicativa, com a descrição “Condutor de energia elétrica”, instalada a quinze centímetros acima do eletroduto no passeio e, a trinta centímetros acima do eletroduto, quando estiver na travessia de veículos (CELESC, 1997).

Conforme a NBR-5410 (ABNT, 2004), existem alguns casos em que são necessários a instalação de caixas de passagem para os eletrodutos. Dentre esses cita:

Os Trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para as linhas em áreas externas às edificações, se os Trechos forem retilíneos. Se os Trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90°.

A DPSC/NT-03 (CELESC,1997) cita que é preferível que as caixas de passagem sejam instaladas no local de passeio e que a primeira caixa possua um afastamento de cinquenta centímetros do poste de derivação da concessionária. Essas caixas devem possuir o padrão da CELESC, e seu tamanho mínimo devem ser de 65x41x80 cm (Base x Altura x Profundidade), com tampa de ferro fundido e respeitando as classes de 125 kN ou 400 kN dependendo do local a serem instaladas, os quais são citados pela E-313.0067 (norma que rege sobre os tampões para redes subterrâneas) (CELESC, 2011).

Para determinação da seção nominal dos cabos e eletrodutos do ramal de entrada e de ligação é utilizado o **ANEXO C**.

2.5 Fornecimento de Energia às Unidades Consumidoras de Edifícios

Existem duas formas para distribuir a energia elétrica às unidades consumidoras. Atualmente, o sistema utilizado com maior frequência para alimentação dos apartamentos em edifícios em baixa tensão é o sistema com cabeamento, que nesse trabalho será chamado de sistema convencional. A condução da corrente elétrica nesse sistema se dá através da utilização de cabos elétricos, os quais são protegidos por eletrodutos que, conforme a NBR 5410 (ABNT, 2004), devem ser antichamas.

Em relação a quantidade de fases para alimentação das unidades consumidoras, podem ser de três formas, dependendo da carga instalada nessas unidades. Essas três formas são, sistema monofásico, bifásico e trifásico. Conforme NBR 5410, “as cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.” (ABNT, 2004, p. 18).

Para especificação dos itens para realizar a entrega de energia as unidades consumidoras, como quantidade de fases, seções nominais de eletrodutos e condutores, é necessário realizar o levantamento de cargas das unidades consumidoras, pois determinando-se a potência total do mesmo, a partir do **ANEXO C** pode-se obter essas especificações. A previsão de cargas deve ser realizada conforme o item 9.5.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004).

2.5.1 Sistema de Distribuição de Energia Convencional

Os cabos utilizados para alimentação de energia elétrica do quadro de medidores até a prumada elétrica do edifício, são instalados conforme métodos de instalação previstos na NBR 5410 (ABNT, 2004). Os métodos de instalação previstos na NRB 5410 (ABNT, 2004) mais utilizados para estes casos são, o método B1, onde a instalação dos cabos unipolares ou multipolares é realizada em eletrodutos, os quais são instalados de forma aparente ou embutidos em alvenaria; o método F, onde os condutos são instalados em eletrodutos e sobre bandejas perfuradas, conhecidas como eletrocalhas; e o método D, onde os condutores são protegidos por eletrodutos instalados diretamente enterrados. Na Figura 2 pode-se observar um modelo de cabo elétrico unipolar.

Figura 2 – Cabos elétricos unipolares.

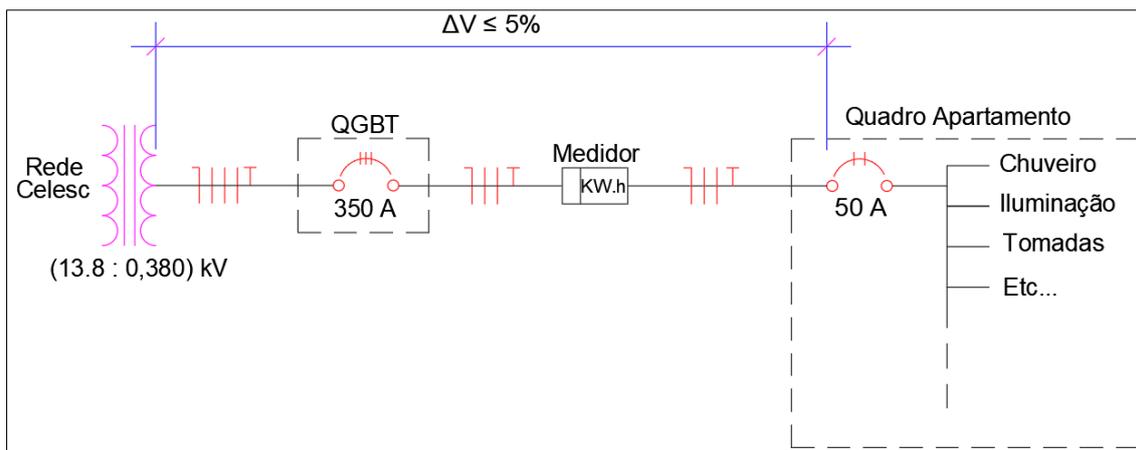


Fonte: Eletromac.

Realizado o levantamento de cargas, conforme o item 9.5.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004), e o cálculo de queda de tensão dos condutores, é possível determinar a seção nominal destes, dos eletrodutos e, as correntes nominais dos disjuntores gerais das

unidades consumidoras, através do **ANEXO C**. A NBR 5410 (ABNT, 2004) determina que, quando a queda de tensão é calculada a partir do ponto de entrega do edifício até a carga (unidades consumidoras), a queda de tensão máxima não pode ser superior a 5 %, ou seja, a queda de tensão a partir do ponto de distribuição até o disjuntor destinado ao apartamento, não pode ser superior a esse valor, a Figura 3 apresenta um diagrama exemplo desse circuito.

Figura 3 – Exemplo de diagrama unifilar para queda de tensão



Fonte: Autor (2022).

Para o cálculo de queda de tensão nos condutores em sistemas do tipo trifásicos equilibrados, conforme (ELETRICIDADE MODERNA, 2001, p. 197), utiliza-se a Equação (4) e Equação (6).

$$\Delta V = t \cdot l \cdot I \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) \quad (4)$$

Onde,

ΔV , é a queda de tensão, expressa em volts;

t , o coeficiente determinado conforme: para queda de tensão de linha usa-se $\sqrt{3}$. Para queda de tensão de fase, usa-se o coeficiente igual a 1;

l , é o comprimento do circuito, em km ou m;

I , é a corrente elétrica máxima do Trecho, em A;

R , é a resistência do condutor do circuito a temperatura desejada, em Ω/km ou Ω/m ;

X , é a reatância indutiva do condutor do circuito, em Ω/km ou Ω/m ;

$\cos\phi$ e $\sin\phi$, é o fator de potência e o fator reativo, respectivamente.

Para o cálculo de reatância indutiva representa por X na equação 4, temos que:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (5)$$

Onde,

X_L , reatância indutiva

2π , 6,28 rad/s

f, frequência em Hertz

L, indutância em Henry

Neste trabalho, o valor de X_L está considerado na queda de tensão informada pelos fabricantes dos cabos e do barramento blindado, todavia, ambos casos apresentam um valor muito baixo para indutância.

Obtendo o valor da queda de tensão em volts, pela Equação (4), é possível determinar a queda de tensão em percentual, através da equação (6).

$$\Delta V \% = \Delta V \cdot 100V \quad (6)$$

Sendo:

$\Delta V \%$, é denominado a queda de tensão, expressa em porcentagem;

ΔV , é a queda de tensão, expressa em volts.

V, é a tensão de linha ou de fase.

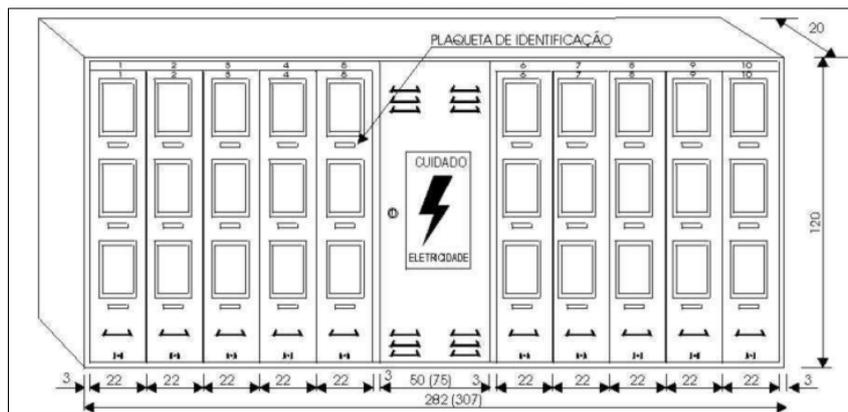
2.5.1.1 Medição de Energia Elétrica no Sistema Convencional

Para o controle de medição de energia, a DPSC/NT-03 (CELESC,1997) define que a medição de energia do edifício não pode ser realizada em conjunto, devendo ter uma medição única para o condomínio, e uma medição única e individual para cada unidade consumidora. Na Figura 4, pode-se observar o desenho externo de um quadro para trinta medidores.

Segundo a concessionária, o quadro de medidores deverá possuir dimensões conforme especificações de quadros da CELESC, e serem confeccionados em chapa metálica nº 18 USG (1,2 mm) de espessura. Esses quadros possibilitam a ligação dos cabos e a substituição dos disjuntores com facilidade.

O quadro servirá para comportar os medidores, barramentos e as proteções dos cabos que estão conectadas nele. Os barramentos de neutro e de terra deverão ser separados, conforme cita a DPSC/NT-03 (CELESC, 1997). Para especificações destes barramentos, utiliza-se a Tabela 1 com base na demanda provável, conforme o item 2.3 deste trabalho.

Figura 4 – Quadro de medição padrão Celesc para n medidores.



Fonte: CELESC (1997).

Tabela 1 – Limite de condução para barramento.

LARGURA X ESPESSURA (mm)	QUANTIDADE DE BARRAS POR FEIXE			
	1	2	3	4
CORRENTE MÁXIMA ADMISSÍVEL - AMPÉRES				
15 X 2	140	240		
15 X 3	170	300		
20 X 2	185	315		
20 X 3	220	380		
20 X 5	295	500		
25 X 3	270	460		
25 X 5	350	600		
30 X 3	315	540		
30 X 5	400	700		
40 X 3	420	710		
40 X 5	520	900		
40 X 10	760	1350	1850	2500
50 X 5	630	1100	1650	2100
50 X 10	820	1600	2250	3000
60 X 5	760	1250	1760	2400
60 X 10	1060	1900	2600	3500
80 X 5	970	1700	2300	3000
80 X 10	1380	2300	3100	4200
100 X 5	1200	2050	2850	3500
100 X 10	1700	2800	3650	5000
120 X 10	2000	3100	4100	5700
160 X 10	2500	3900	5300	7300
200 X 10	3000	4750	6350	8800

Fonte: DPSC/NT-03 (CELESC, 1999).

2.5.1.1.1 Localização do Quadro para Medidores de Edifícios

A DPSC/NT-03 menciona “Em edifícios com mais de quatro pavimentos, os medidores poderão ser distribuídos em grupos, por pavimento, desde que se verifique a quantidade mínima de 08 (oito) unidades por quadro” (CELESC,1997, p. 31).

A mesma norma em seguida cita, “O quadro para medidores deverá estar instalado o mais próximo possível da entrada principal da edificação, em locais de livre acesso, dotados de iluminação artificial, não controlada por minuteria” (CELESC,1997, p. 31). Ou seja, o quadro de medidores deve ser instalado em local que o leiturista da energia elétrica consiga acessar com facilidade, sem precisar de autorização para entrar no edifício.

Não é permitida a instalação do quadro para medidores em parede ou muros de divisa com vizinhos ou com a via pública, recintos fechados, interiores de vitrines, sanitários, mureta, junto a poste da CELESC, sob e sobre escadarias, rampas e locais que oferecem riscos para o quadro, de acordo com a DPSC/NT-03 (CELESC,1997, p. 31).

A norma aponta outros itens relacionados aos locais de instalação dos quadros de medidores e como devem ser procedidos em cada uma das situações. Estes locais podem ser consultados a partir do item 6.7.2 da DPSC/NT-03 (CELESC,1997).

2.5.1.2 Prumada Elétrica no Sistema Convencional

A prumada elétrica é o espaço vertical destinado a passagem principal das conexões elétricas entre dois pontos, na maioria dos casos, a prumada elétrica interliga os quadros de medidores até os quadros internos dos apartamentos, no caso de edifícios de uso coletivo.

Como cita a DPSC/NT-03 (CELESC, 1997), as prumadas elétricas devem ser instaladas exclusivamente em áreas do condomínio e não é permitida sua instalação em paredes internas de qualquer apartamento, também cita que, quando a alimentação dos apartamentos é feita por cabos, esses deverão ser instalados no interior de eletrodutos independentes.

Na Figura 5, pode-se observar uma prumada elétrica utilizando eletrodutos para alimentação de unidades consumidoras.

Figura 5 – Prumada elétrica com eletrodutos.



Fonte: Exclusiva Engenharia LTDA.

2.5.2 Sistema de Distribuição de Energia por Barramento Blindado

Quando o edifício possuir no mínimo quinze pavimentos e todas as unidades consumidoras forem alimentadas através de ligação trifásica, é possível utilizar essas alimentações através de barramentos blindados, conforme determina o comunicado n° 26 da CELESC: “Somente serão liberados projetos elétricos contendo a instalação de barramento blindado em obras de elevado porte, que possuam no mínimo quinze pavimentos e que tenham ligações trifásicas.” (CELESC, 2019)

De acordo com Guardão (2011), os barramentos são conhecidos popularmente por barramentos blindados ou *busway* e são fabricados em alumínio ou cobre, geralmente composto por barras chatas que têm capacidade de conduzir correntes que chegam a mais de 6 kA.

Conforme apresenta Ribeiro (2018), a utilização do alumínio em barras condutoras gera diferentes resultados quando comparado com os cabos. Sua utilização é possível nos barramentos blindados, visto que em relação à oxidação do alumínio que ocorre quando usado cabos, nas barras são praticamente nulas, pois esses recebem tratamento de estanho. O alumínio se deforma com mais facilidade que o cobre, e segundo Ribeiro, essa deformação pode ocasionar um afrouxamento nas conexões elétricas, gerando o composto químico chamado de alumina, o qual aumenta a resistência do material e conseqüentemente provoca aquecimento no mesmo. Outra vantagem do

alumínio é que, geralmente seu custo é consideravelmente inferior ao cobre. A Figura 6 mostra a aplicação do barramento blindado no edifício, que está sendo usado como estudo de caso neste trabalho, com as barras representando as fases R, S, T e neutro. Nesta figura, é possível observar os cabos que vem da rede CELESC conectando no disjuntor principal através dos pontos de conexão superiores. Nos pontos inferiores de conexão, os cabos se conectam ao sistema de barramento blindado que segue por toda a prumada, onde através de caixas de derivação, alimentam os quadros de medidores situados nos pavimentos dos apartamentos.

Figura 6 – Foto do barramento blindado.



Fonte: Autor (2022).

Para Cunha (2009), os barramentos blindados foram criados para dar flexibilidade ao sistema de distribuição de energia, sendo que na maioria dos casos, eles são recobertos, por invólucros metálicos retangulares, que podem ser de aço carbono zincado ou de alumínio. Esses barramentos, que nasceram na indústria automobilística estadunidense, ganharam popularidade nos últimos dez anos, e hoje, já são empregados em larga escala, inclusive, em instalações residenciais. Ainda segundo Cunha (2009), os primeiros barramentos blindados começaram a ser produzidos no Brasil no final da década de 1950.

Para Guardão (2011) “Quanto maior for o consumo de energia na edificação, mais conveniente é o uso do barramento blindado.” (GUARDÃO, 2011).

A CELESC estabelece os padrões de instalação do barramento blindado através da norma E-321.0003 (CELESC, 2019). A norma para as caixas de medição, que serão utilizadas com o barramento blindado, é a E-321.0004 (CELESC, 2016).

O barramento blindado é especificado pelo projetista através de sua capacidade de condução de corrente elétrica. Para isso, é utilizado o cálculo de demanda do edifício (item 2.3) e o cálculo de queda de tensão, onde a E-321.0003 (CELESC, 2019) determina que, entre o ponto de entrega até o ponto de medição, a queda de tensão deve ser de no máximo 2 %.

Para o cálculo de queda de tensão no barramento blindado, usam-se as Equações (4) e (6) do item 2.5.1, ou seja, o mesmo procedimento de cálculo para a queda de tensão no sistema convencional. Entretanto, conforme a E-321.0003 (CELESC, 2019), considera-se um fator de multiplicação na Equação 4, que é o fator “k”. Esse fator deverá ser considerado igual a um, conforme item 5.1.3 dessa norma, esse fator “k” corresponde ao fator de carga de uma instalação elétrica, resultante da demanda média dividida pela demanda máxima, onde temos ambos os valores iguais, para esse valor, quanto mais próximo de um, melhor será a eficiência energética da instalação. Além disso, para o devido cálculo, deverá ser considerado a carga concentrada Trecho a Trecho.

2.5.2.1 Medição de Energia no Sistema de Barramento Blindado

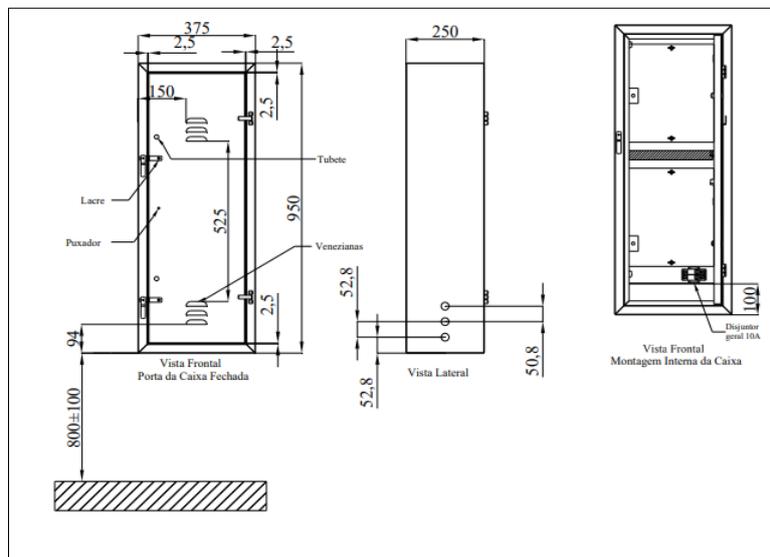
Uma grande vantagem no uso do barramento blindado, é que ele distribui ao longo do barramento diversas medições de energia. Esta solução, reduz a necessidade de um grande espaço livre para instalação do painel, além de uma grande quantidade de eletrodutos que deveriam subir pela prumada do edifício até os quadros de força das unidades consumidoras localizados nos diversos pavimentos.

A CELESC, na norma para emprego do sistema de barramento, a E-321.0003 (CELESC, 2019), especifica que, a medição de energia pode ser realizada de forma distribuída pelo edifício e mais próxima ao consumidor final, utilizando comunicação remota, conhecida como medição de energia por telemedição.

No projeto deverá constar uma caixa concentradora para os equipamentos de comunicação da CELESC, localizado na guarita ou local de livre e fácil acesso, próximo à via pública, para quando necessário, realizarem-se manutenções ou coletas locais em

caráter de emergência. A caixa deverá ser conforme mostrado na Figura 7, especificada pela E-321.0004 (CELESC, 2016). A Figura 8 mostra uma foto da caixa concentradora instalada no edifício Dom Bastos.

Figura 7 – Caixa concentradora.



Fonte: E-321.0004 (CELESC, 2016).

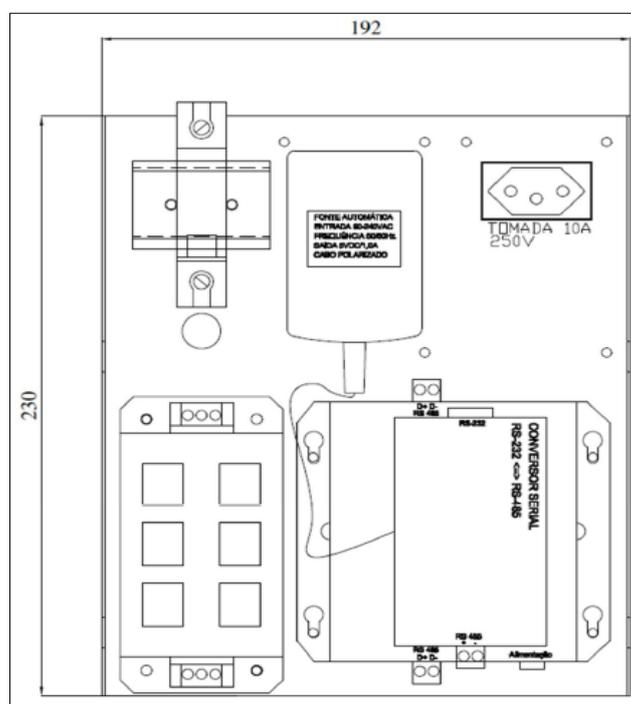
Figura 8 – Foto da caixa concentradora instalada.



Fonte: Autor (2022).

Para comunicação entre os quadros de medição e a caixa concentradora local, deverá ser previsto um sistema de comunicação local (conforme Figura 9). Além disso, os cabos de comunicações devem possuir diâmetro externo de 7 mm e instalados em tubulação de PVC rígido, com diâmetro mínimo de 32 mm em paralelo ao barramento blindado, e ser interligados com os quadros de medições para ocorrer a comunicação. A interligação desses cabos com os medidores é realizada através de um bloco de conexão RJ-11 (CELESC, 2019). A Figura 10 mostra a caixa de comunicação local instalada no edifício Dom Bastos.

Figura 9 – Caixa de comunicação local.

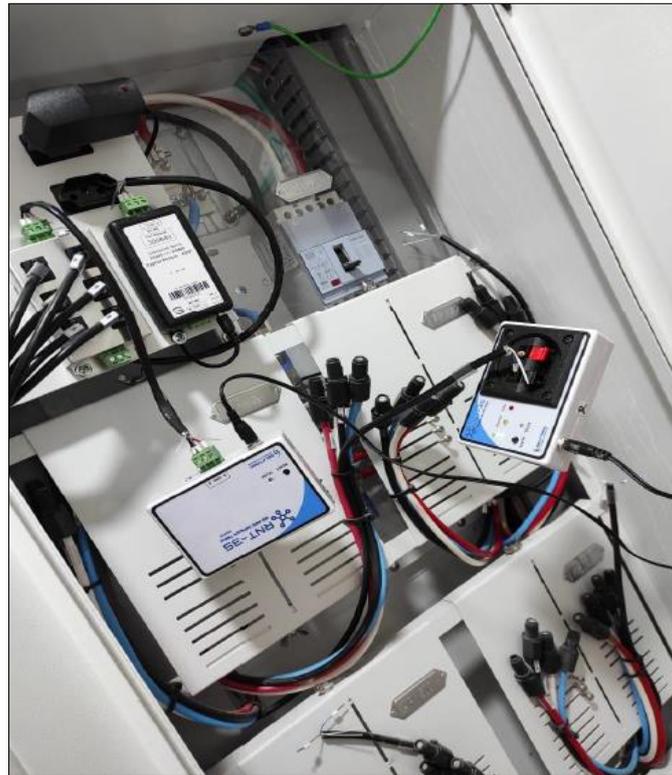


Fonte: E-321.0003 (CELESC, 2019).

A norma E-321.0003 (CELESC, 2019) cita que o quadro de medição pode ser instalado sob o barramento blindado, conforme Figura 11. A Figura 13 mostra o quadro de medidor instalado sob o barramento blindado no edifício Dom Bastos.

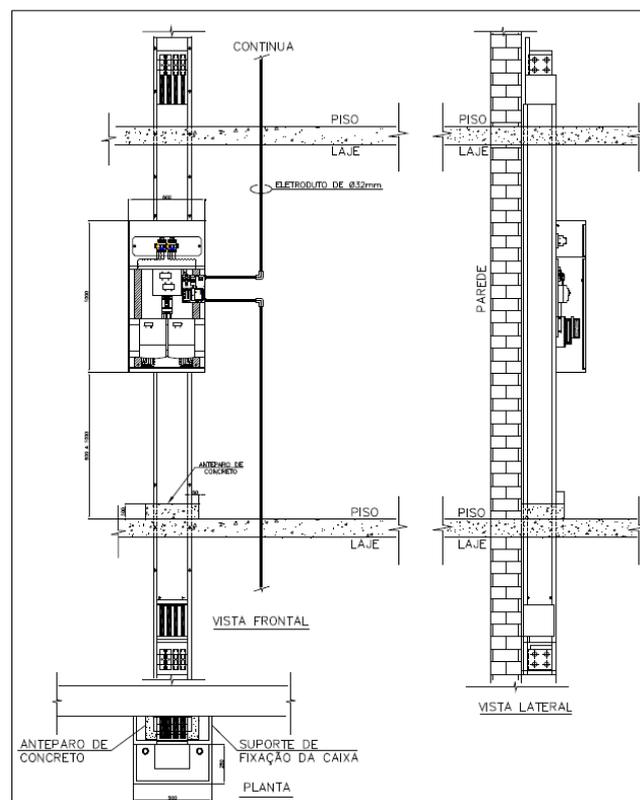
O quadro deverá possuir um disjuntor de proteção geral, a ligação entre esse quadro e o barramento deverá ser feita através de conectores extraíveis (pinça *plug-in*) e, conforme a E-321.0003 (CELESC, 2019), a face traseira do quadro deve ser anexada e sem nenhuma distância do barramento. Esse anexo pode ser feito por meio de uma base em alvenaria ou perfil metálico, ou braços de fixação chumbados na parede.

Figura 10 – Foto da caixa de comunicação local instalada.



Fonte: Autor (2022).

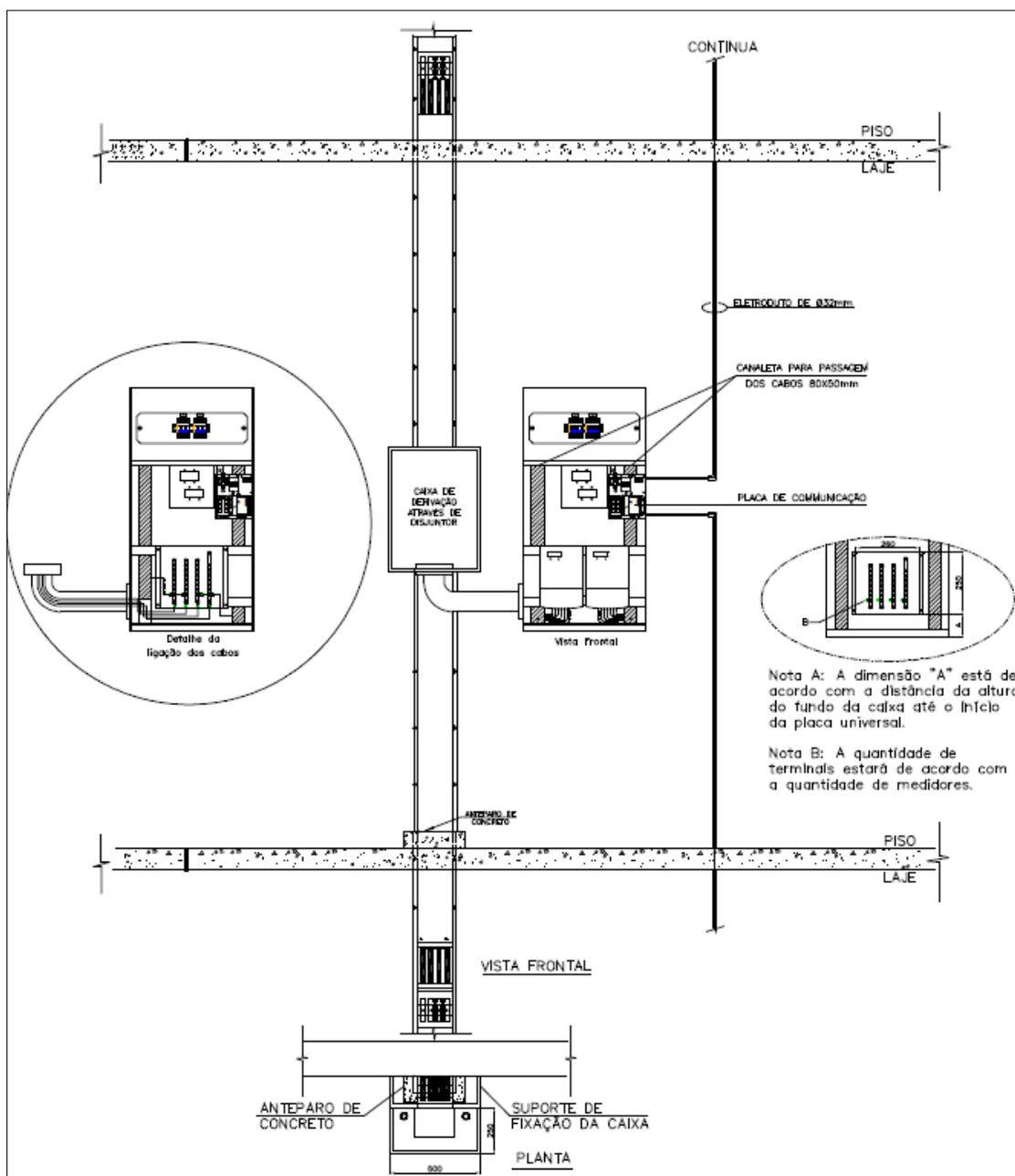
Figura 11 – Quadro medidor instalado sob barramento.



Fonte: E-321.0003 (CELESC, 2019).

A norma E-321.0003 (CELESC, 2019) também cita que para a instalação do quadro ao lado do barramento (conforme Figura 12), deve ser realizada a interligação entre o barramento e o quadro através de uma caixa de derivação, sendo que a proteção geral será instalada nesta caixa. A distância dessa interligação deve ser de no máximo dois metros. A interligação deve ser feita através de eletroduto de PVC rígido ou aço carbono zincado. Essa opção é utilizada quando não se possui profundidade suficiente na prumada.

Figura 12 – Quadro medidor instalado ao lado do barramento.



Fonte: E-321.0003 (CELESC, 2019).

Figura 13 – Foto do quadro medidor sob o barramento.



Fonte: Autor (2022).

2.5.2.2 Prumada no Sistema de Barramento Blindado

De acordo com Cunha (2009), nos edifícios de uso coletivo, os barramentos são organizados na vertical (prumada), dos quais é derivada a energia para os pavimentos e de onde será distribuída a energia para cada apartamento e, na horizontal, de um quadro de proteção até a base da prumada. Barramentos na horizontal podem ser também encontrados em indústrias e comércios, locais que mudam seu layout com frequência, tornando-os mais fáceis para mudanças.

Conforme a concessionária, o grau de proteção mínimo dos barramentos deve ser IP-54 não ventilado, ou seja, devem possuir proteção contra poeiras e projeções de água.

Quando o barramento for instalado sob laje ou junto à parede, deverá ser fixado por meio de suportes apropriados com distância de um metro e cinquenta centímetros entre eles. Além disso, quando instalado em local de circulação de pessoas, deve possuir placa com a advertência: “PERIGO: BARRAMENTO ENERGIZADO”, e sua distância

deve ser de dois metros e trinta centímetros do piso acabado, segundo a E-321.0003 (CELESC, 2019).

2.6 Comparação entre os Sistemas de Distribuição de Energia

Segundo Kruger (2011), “As diferenças entre as instalações com barramentos blindados e os sistemas convencionais que utilizam cabos individuais são, basicamente, o dimensionamento, o tempo de instalação e a garantia de desempenho” (apud GUARDÃO, 2011).

Pivato (2016) realizou um estudo técnico e econômico para implantação de barramentos blindados em edifícios de grande porte, onde buscou uma tecnologia que reduzisse custos, aumentasse a eficiência energética e atendesse aos requisitos de segurança em edificações verticais. O autor comparou a utilização de barramento blindado com a do sistema com cabeamento (sistema convencional) para um edifício de 44 pavimentos. Segundo ele, o sistema convencional apresenta características como: robustez, confiabilidade e maior facilidade na instalação. Já, para o sistema com barramentos, o autor considera esse sistema mais seguro, mais econômico com relação aos materiais empregados e com o custo de mão de obra, uma vez que sua instalação é mais rápida para ser feita.

Para Zimmermann (2018), que realizou um estudo de caso, no qual foi feita uma comparação entre o sistema de barramento blindado e o sistema convencional, o sistema de barramento blindado apresentou custos mais elevados que o sistema de cabeamento e, o autor atribui esse aumento no custo à pouca disseminação e emprego dos barramentos nas instalações elétricas. O autor também aborda, que essa variação poderá ser superada com o aumento da demanda por barramentos, uma vez que ele apresenta um menor custo de manutenção e uma maior facilidade para mudanças de layout.

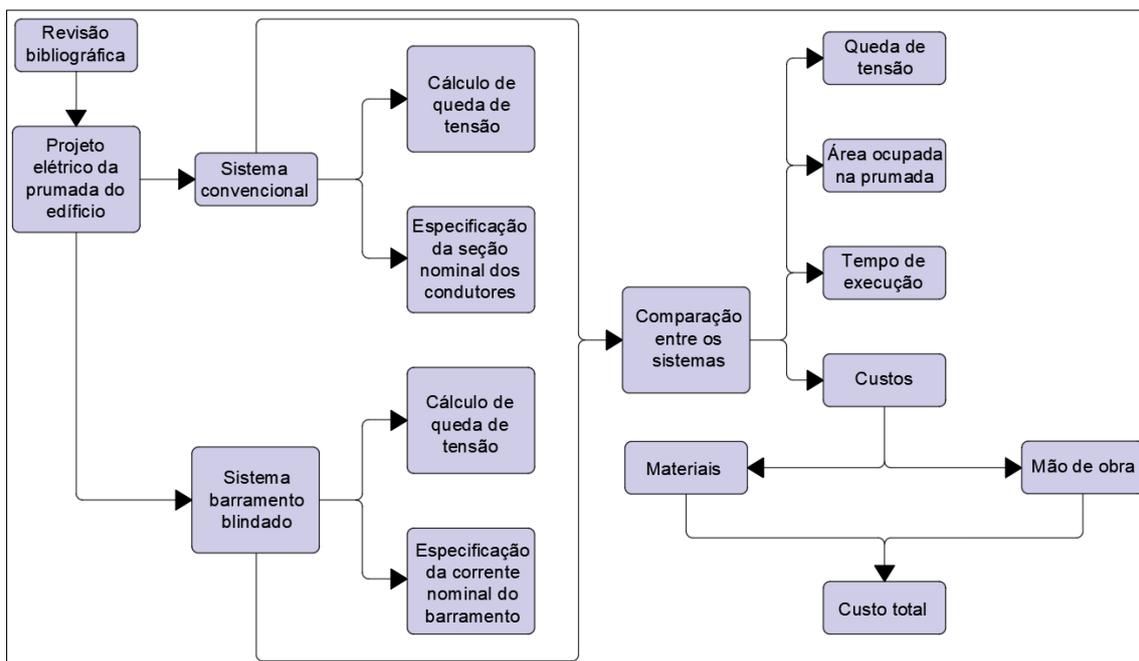
Segundo Guardão (2011), quando se trabalha com barramentos, se consegue reduzir a área do *shaft* (prumada) em torno de 30 % a 50 % em relação à necessária para cabos. Além disso, os barramentos são a solução mais econômica para prédios com mais de 12 pavimentos, já que lidam com correntes elevadas.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos e critérios utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, a fim de atingir os objetivos propostos. Na Figura 14, pode-se observar o fluxograma com as etapas do trabalho.

Após a revisão bibliográfica, apresenta-se o projeto elétrico para o edifício Dom Bastos, que contempla a entrada de energia do edifício e a prumada de alimentação dos apartamentos e do quadro geral do condomínio. O projeto elétrico foi realizado de duas formas, a primeira, utilizando o sistema de condutores elétricos com cabeamento, chamada de sistema convencional, e a segunda, utilizando barramento blindado como condutores elétricos. Em conjunto com o desenvolvimento dos projetos, foram definidas as especificações necessárias, como, seção nominal dos condutores, cálculo de queda de tensão, corrente elétrica dos disjuntores de proteções, levantamento de quantitativo, custos, e por fim, a comparação entre os dois sistemas.

Figura 14 – Fluxograma para o desenvolvimento do estudo.



Fonte: Autor (2022).

3.1 Características Gerais do Edifício

O estudo de caso será realizado em um edifício de uso coletivo situado em Itapema, Santa Catarina, construído pela empresa Versatile Empreendimentos, nomeado

Dom Bastos Residence. O edifício é composto por vinte e um pavimentos, sendo térreo, mezanino térreo, duas garagens, lazer, quinze pavimentos com seis apartamentos cada, e uma sala de máquinas para os elevadores. A instalação elétrica do edifício foi executada utilizando o projeto elétrico do sistema de barramento blindado. No estudo de caso será desenvolvido apenas o projeto elétrico da alimentação dos apartamentos do edifício, do quadro QGBT até o quadro de medidores situados nos pavimentos, utilizando o sistema convencional e o de barramento blindado, portanto, não será desenvolvido o projeto elétrico após o quadro de medição dos apartamentos.

Figura 15 – Modelo 3D de projeto do edifício Dom Bastos.



Fonte: Versatile Empreendimentos.

3.2 Demanda Elétrica do Edifício

A primeira etapa de um projeto elétrico, pode ser o cálculo da demanda do edifício, para então se obter as especificações de tensão de fornecimento, seções nominais dos cabos e dos eletrodutos, proteções e outras informações que terão como base essa demanda. Para esse projeto, será levantada a demanda de todos os apartamentos e do condomínio, com base nas informações preliminares de projeto, e aplicando as fórmulas que foram apresentadas no capítulo anterior, apresentando os resultados através de tabelas.

Para a demanda elétrica do edifício, será levada em consideração a carga total instalada dos apartamentos e do condomínio, para então, chegar-se a um valor de demanda, e a partir desse ponto, dar sequência no projeto elétrico com sistema convencional e sistema de barramento blindado.

3.3 Projeto Elétrico dos Sistemas

Após o levantamento da demanda elétrica do edifício, será realizado o projeto elétrico, considerando a alimentação pós QGBT com o sistema convencional de cabos, e posteriormente, utilizando o sistema de barramento blindado. Esse projeto elétrico contempla a distribuição de energia desde a alimentação da concessionária, passando pelo quadro de medidores e do QGBT, até os quadros dos apartamentos, para o sistema de cabos convencional, e desde a alimentação da concessionária, QGBT até os quadros medidores situados nos pavimentos, para o sistema de barramento blindado.

Esse projeto elétrico, irá contemplar toda a especificação de cabos, eletrodutos, proteções, especificação do barramento blindado, quadros e medidores do edifício.

3.4 Queda de Tensão dos Sistemas

Com a especificação dos cabos e do barramento que serão utilizados nos projetos elétricos, será calculada a queda de tensão a cada nível de pavimento, de acordo com a especificação dos fabricantes. A queda de tensão será considerada pós QGBT até o último ponto mais distante do edifício, esses valores serão calculados conforme as Equações 4 e 5, e apresentadas no capítulo de resultados do trabalho.

3.5 Projeto da Prumada Elétrica dos Sistemas

O projeto da prumada elétrica dos sistemas será feito com base na ocupação total dos sistemas, considerando a quantidade de eletrodutos, para o sistema convencional, e a ocupação do barramento blindado e suas derivações para os quadros medidores dos pavimentos, para o sistema de barramento blindado. Após o dimensionamento dos eletrodutos e do barramento blindado que serão utilizados nos projetos, a área ocupada na prumada para cada um dos níveis dos pavimentos serão demonstradas em uma tabela, para efeito comparativo de área total ocupada.

3.6 Levantamento dos Custos de Materiais e Mão de Obra dos Sistemas

Com os projetos elétricos do sistema convencional e do sistema de barramento blindado prontos, serão levantados os custos dos materiais e mão de obra, utilizando como base, os valores dos materiais e mão de obra do ano de 2019. Esses valores serão apresentados em tabelas de quantitativo e custos no próximo capítulo. Além disso, o tempo de execução do projeto, tais como os materiais, foram baseados no projeto executivo real desse edifício de estudo.

3.7 Comparativos Técnico e Econômico dos Sistemas

Os resultados obtidos através dos cálculos de queda de tensão, área ocupada em prumada, tempo de execução, custos de materiais e mão de obra, serão comparados através de tabelas e apresentados através de gráficos, ressaltando as vantagens e desvantagens que os sistemas apresentam entre si, para tais comparativos, serão utilizados dados reais, calculados, e informados através de fabricantes.

4. RESULTADOS

Este capítulo irá apresentar e discutir os resultados do trabalho. Os pontos a serem discutidos e comparados entre os sistemas de distribuição de energia são a queda de tensão, a área ocupada na prumada, o tempo demandado para a execução da instalação e os custos envolvidos.

4.1 Cálculos e Especificações Gerais de Projeto do Edifício Dom Bastos

Esta seção apresenta os cálculos e especificações gerais de projeto do edifício Dom Bastos, e ainda, cálculos para a demanda do edifício e as cargas instaladas nos apartamentos que serão utilizadas para o dimensionamento dos sistemas.

4.1.1 Demanda do Edifício

Primeiramente, se calculou a demanda do edifício estudado para se conseguir especificar a tensão de fornecimento, seção nominal dos eletrodutos, condutores gerais e proteções. O cálculo foi realizado conforme a seção 2.3 deste trabalho. O fator de multiplicação pode ser alterado desde que seja maior do que o definido na Equação (1). Assim, levando em conta reformas futuras, maior segurança ao projetista, e cargas maiores ligadas simultaneamente, considerou-se o fator de multiplicação como 1,3.

Para a demanda do condomínio, utilizou-se o levantamento de cargas realizado pelo Engenheiro Eletricista Paulo Augusto Proni, com registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) 104632-5, responsável pela aprovação do projeto de entrada de energia do edifício junto à CELESC. Esse levantamento foi obtido através da previsão das cargas e demanda dos equipamentos elétricos considerados. Os resultados podem ser observados na Tabela 02.

Conforme a Tabela 02, a demanda total com o fator de multiplicação aplicado é de 207,68 kVA, e portanto, menor que o limite estipulado pela DPSC/NT-03 (CELESC, 1999) para tensão de fornecimento secundária trifásica de 300 kVA.

A proteção geral contra sobrecargas do edifício ficou em 350 A, e os condutores do ramal de entrada poderiam ser dois cabos de 70 mm² de seção nominal, por fase, conforme pode-se ver no ANEXO C. No entanto, foram utilizados dois cabos de 95 mm² por fase, prevendo futuro aumento de carga.

Tabela 02 – Cálculo de demanda do edifício.

CÁLCULO DE DEMANDA			
A	Demanda por Área	1,57	kVA
F	Fator de Diversidade	57,74	Aptos.
D1	Demanda Aptos.	90,65	kVA
D2	Demanda do Condomínio	69,10	kVA
D1+D2		159,75	kVA
FATOR DE MULTIPLICAÇÃO (FM)		1,30	-
DEMANDA TOTAL COM FM (DT)		207,68	kVA
CORRENTE TOTAL DEMANDADA		315,53	A

Fonte: Autor (2022).

Para a alimentação geral do edifício foram utilizados dois cabos por fase, dois para o neutro, e um para o condutor de proteção. O diâmetro dos dois eletrodutos utilizados, será de quatro polegadas. As especificações foram adotadas conforme o **ANEXO C**. Para seção nominal do condutor de proteção, considerou-se noventa e cinco milímetros quadrados, já que esse condutor pode possuir seção nominal igual a metade do determinado para fase, quando o condutor de fase é maior do que trinta e cinco milímetros quadrados, segundo NBR 5410.

4.1.2 Previsão de Cargas dos Apartamentos

A previsão de cargas da edificação foi realizada conforme apresentado no item 2.5, considerando a planta baixa do pavimento tipo, apresentada na Figura 16 a seguir. Os apartamentos são compostos por duas suítes, cozinha com *living* e sacada, todos os apartamentos possuem o mesmo padrão de distribuição de ambientes e pontos elétricos, por isso, foi utilizado um modelo como base para aquisição dos dados.

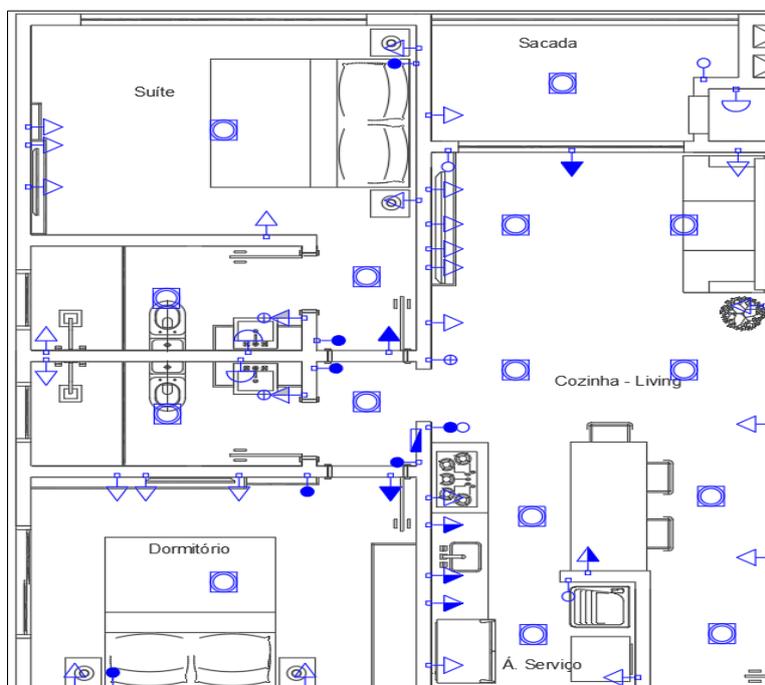
Na Figura 17 pode-se observar a legenda da simbologia utilizada para identificação dos pontos elétricos em planta baixa.

Chegou-se em uma potência total instalada de 18 kVA para os apartamentos, considerando todas tomadas e utensílios domésticos. O levantamento completo de cargas dos apartamentos está apresentado no **APÊNDICE A**.

Através do **ANEXO C**, pode-se observar que as demandas de todos os apartamentos pertencem a categoria B1 (15 kVA à 20 kVA), sendo então bifásicos com proteção geral de 50 A, condutores (duas fases, neutro e terra) de 10 mm², e eletroduto com seção nominal de 1”.

Para cada apartamento, será atribuído um eletroduto exclusivo, com saída dos medidores até o quadro interno do apartamento, no sistema convencional. Para o sistema de barramento blindado, os condutores serão as próprias barras blindadas.

Figura 16 – Distribuição e pontos elétricos na planta baixa.



Fonte: Autor (2022).

Figura 17 – Legenda elétrica.

Legenda	
	Caixa de passagem
	Caixa de passagem de embutir na parede
	Conjunto 1 tecla simples e tomada a 1,20m do piso
	Conjunto 2 teclas simples e tomada a 1,20m do piso
	Interruptor 1 simples e 1 paralelo a 1,20m do piso
	Interruptor intermediário 1 tecla a 1,20m do piso
	Interruptor paralelo 1 tecla a 1,20m do piso
	Interruptor paralelo 2 teclas a 1,20m do piso
	Interruptor simples 1 tecla a 1,20m do piso
	Interruptor simples 3 teclas a 1,20m do piso
	Interruptor simples 4 teclas a 1,20m do piso
	Luminária p/ lâmpada fluorescente compacta
	Luminária p/ lâmpada incandescente - parede
	Quadro de distribuição
	Quadro de medição
	Sensor de Presença de Teto com Fotocélula
	Tomada alta a 1,80m do piso
	Tomada baixa a 0,30m do piso
	Tomada média a 1,20m do piso

Fonte: Autor (2022).

4.2 Especificações do Projeto Elétrico Utilizando o Sistema Convencional

Nesta seção será apresentado os resultados do projeto elétrico da prumada acerca do desenvolvimento do projeto elétrico da prumada para alimentação de energia elétrica aos apartamentos do edifício estudado, utilizando o sistema convencional. Na seção 4.1.2 definiu-se a seção nominal dos condutores e eletrodutos, bem como a corrente nominal do disjuntor geral dos apartamentos.

Agora, é necessário especificar um fabricante para efetuar os cálculos que se tornam necessários para comprovação de que a seção nominal referenciada é a mais adequada na ligação entre o ponto de entrega até os apartamentos. A adoção de um fabricante como referência é necessário, pois cada fabricante utiliza diferentes parâmetros na fabricação dos cabos, alterando por exemplo, sua impedância elétrica, o que influencia diretamente na queda de tensão, apresentada na próxima seção, o guia de dimensionamento de cabos para baixa tensão do grupo Prysmian, por exemplo, apresenta várias tabelas de diferentes fabricantes de cabos elétricos, com características distintas devido ao método de fabricação e testes realizados. Para este trabalho será utilizado como referência a empresa fabricante de cabos Cobrecon.

4.2.1 Cálculo da Queda de Tensão no Sistema Convencional

É de suma importância que seja realizado o estudo de queda de tensão, pois caso este mostre que a queda é maior do que o valor máximo permitido pela norma NBR 5410 (ABNT, 2010), será necessário adotar condutores com seção nominal maior e, conseqüentemente, aumentar a seção nominal também dos eletrodutos.

O cálculo de queda de tensão foi realizado utilizando-se as Equações (4) e (6), juntamente com os parâmetros da Tabela fornecida no catálogo da empresa Prysmian, a qual está apresentada no **ANEXO D**.

Os condutores de noventa e cinco milímetros quadrados (95 mm²) foram utilizados no Trecho compreendido entre o ponto de entrega de energia do edifício até o quadro de medidores, para alimentação do quadro do condomínio, foram utilizados condutores de setenta milímetros (70 mm²), nos demais Trechos foram utilizados os condutores de dez (10 mm²). Considerou-se a corrente dos apartamentos sendo 43,6 A, como a alimentação é bifásica, a corrente foi dividida igualmente entre as fases, por isso,

será utilizada a corrente de 21,8A para a queda de tensão e considerando a potência instalada pertencente à categoria B1 (15 a 20 kVA).

Na Tabela 03, pode-se observar os resultados dos cálculos de queda de tensão nos condutores entre o ponto de entrega do edifício ao quadro de distribuição dos apartamentos. Nota-se que para o vigésimo pavimento, onde está situado o apartamento mais distante, a queda de tensão ficou em aproximadamente 3,93 %. Conclui-se daí que a queda de tensão para alimentação dos apartamentos ficou abaixo do limite máximo estabelecido pela NBR-5410 (ABNT, 2010), que é de 5 %, conforme apresentado na subseção 2.5.1 e, que o cabo com seção nominal de 10 mm² poderá ser utilizado juntamente com o eletroduto de 1.1/2". Para esse estudo, foi utilizado como queda de tensão unitária, o valor de 3,9V/A km para os cabos de 10 mm², 0,6V/A para os cabos de 70 mm² e 0,46 V/A km para os cabos de 95 mm², considerando um fator de potência de 0,92 com tensão fase-fase de 380V, esses valores de queda de tensão dos condutores podem ser encontrados no **ANEXO D**.

Conforme a Equação 4, substituindo os valores para a segunda linha da Tabela 03, temos os seguintes valores:

$$\Delta V = t. l. I. (R. \cos\phi + X. \sin\phi)$$

$$\Delta V = 380.9.315,15. (R. \cos\phi + X. \sin\phi)$$

$$\Delta V = 380.9.315,15. (0,46 \text{ V/A km})$$

$$\Delta V = 1,31 \text{ V}$$

$$\Delta V = (1,31 \times 100) / 380$$

$$\Delta V = 0,34\%$$

4.2.2 Projeto da Prumada Elétrica no Sistema Convencional

A Figura 18 apresenta o diagrama unifilar do quadro de medidores do edifício, ou seja, o diagrama unifilar geral do edifício até a entrada do quadro geral de cada apartamento.

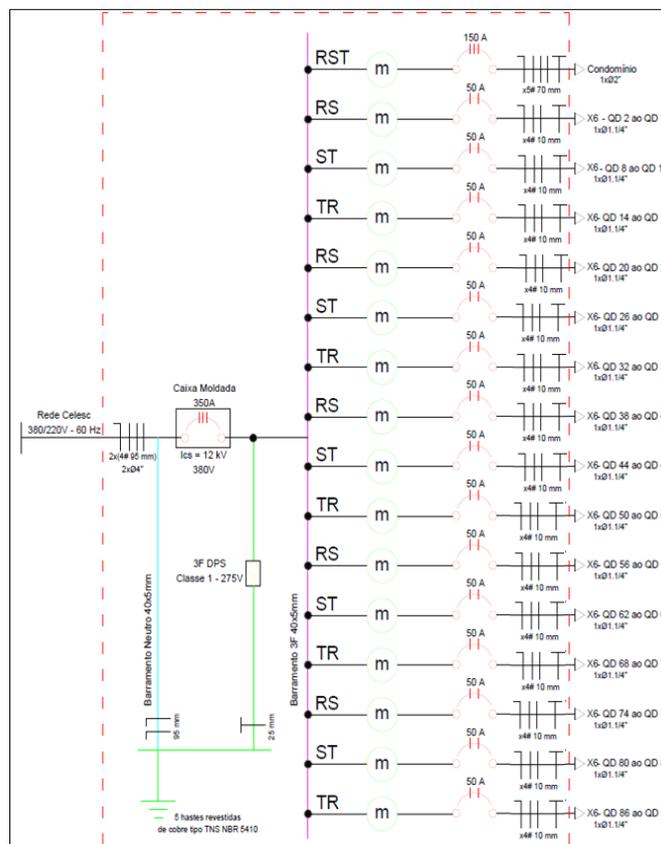
Para cada linha de alimentação representada nesse diagrama, equivale a 6 apartamentos.

Tabela 03 – Cálculo queda de tensão sistema convencional.

De	Para	Distância (m)	Corrente (A)	Tensão (V)	Queda de tensão unitária do cabo (V/A km)	Seção do cabo (mm ²)	Queda de tensão (V)	Queda de tensão (%)
Rede Celesc	QGBT	9	315,5	380	0,46	95	1,31	0,34
QM 1	QD 1	26,7	163,6	380	0,6	70	2,62	0,69
QM 2 ao QM 7	QD 2 ao QD 7	31,7	21,8	220	3,9	10	2,69	1,22
QM 8 ao QM 13	QD 8 ao QD 13	36,7	21,8	220	3,9	10	3,12	1,42
QM 14 ao QM 19	QD 14 ao QD 19	41,7	21,8	220	3,9	10	3,54	1,61
QM 20 ao QM 25	QD 20 ao QD 25	46,7	21,8	220	3,9	10	3,97	1,80
QM 26 ao QM 31	QD 26 ao QD 31	51,7	21,8	220	3,9	10	4,39	2,00
QM 32 ao QM 37	QD 32 ao QD 37	56,7	21,8	220	3,9	10	4,82	2,19
QM 38 ao QM 43	QD 38 ao QD 43	61,7	21,8	220	3,9	10	5,24	2,38
QM 44 ao QM 49	QD 44 ao QD 49	66,7	21,8	220	3,9	10	5,67	2,58
QM 50 ao QM 55	QD 50 ao QD 55	71,7	21,8	220	3,9	10	6,09	2,77
QM 56 ao QM 61	QD 56 ao QD 61	76,7	21,8	220	3,9	10	6,52	2,96
QM 62 ao QM 67	QD 62 ao QD 67	81,7	21,8	220	3,9	10	6,94	3,16
QM 68 ao QM 73	QD 68 ao QD 73	86,7	21,8	220	3,9	10	7,37	3,35
QM 74 ao QM 79	QD 74 ao QD 79	91,7	21,8	220	3,9	10	7,79	3,54
QM 80 ao QM 85	QD 80 ao QD 85	96,7	21,8	220	3,9	10	8,22	3,74
QM 86 ao QM 91	QD 86 ao QD 91	101,7	21,8	220	3,9	10	8,64	3,93

Fonte: Autor (2022).

Figura 18 – Diagrama unifilar geral do edifício.



Fonte: Autor (2022).

4.3 Especificações do Projeto Elétrico Utilizando o Sistema de Barramento Blindado

Neste item será apresentado o desenvolvimento do projeto elétrico da prumada do edifício, utilizando o sistema de barramento blindado na alimentação de energia elétrica dos apartamentos e condomínio.

Para especificação do barramento blindado, levou-se em consideração o valor da corrente elétrica calculada no item 3.2, apresentado na Tabela 02, que seria de 315,53 A. O material condutor escolhido para o barramento neste projeto foi o alumínio, visto que este material possui melhor custo-benefício comparado ao cobre e pode ser utilizado em barras condutoras.

Utilizou-se o barramento blindado a partir do quadro de proteção geral da baixa tensão do edifício (QGBT) até os quadros de medidores. A alimentação geral do edifício, ou seja, o Trecho que vem do ponto de entrega até ao QGBT, é realizada através de cabos elétricos, e após a realização da medição de energia, a alimentação dos apartamentos também ocorre através de cabos elétricos.

4.3.1 Cálculo de Queda de Tensão no Sistema de Barramento Blindado

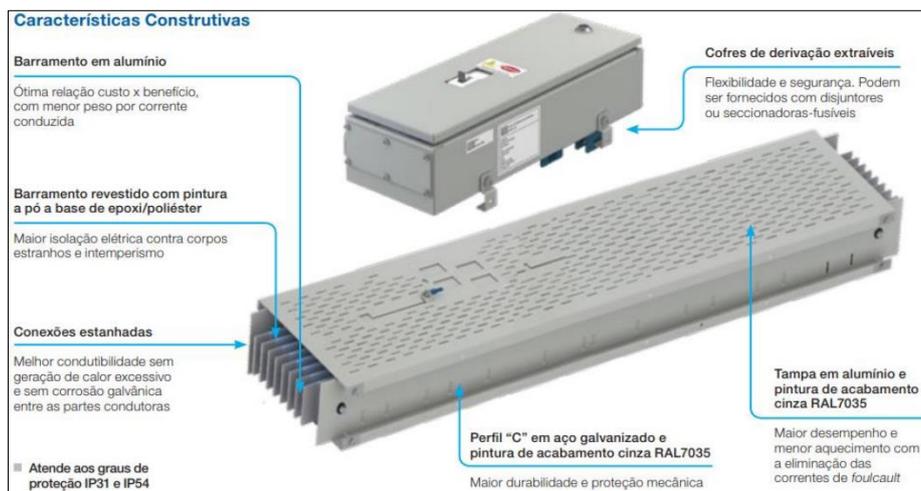
Assim como para o cálculo de queda de tensão no sistema convencional, também deve-se adotar como referência um fabricante que fornece parâmetros essenciais para o cálculo de queda de tensão no barramento blindado.

Neste caso, as referências utilizadas servirão também para coleta de valores para elaboração dos orçamentos que serão realizados mais à frente neste trabalho. Utilizou-se como referência a empresa WEG S.A, situada em Jaraguá do Sul/SC.

O modelo de barramento blindado que foi utilizado é o BWW01, conforme catálogo técnico WEG-50066627 (2022), que possui limite de corrente em 500 A, seção de 138x78 mm, IP-54, e fabricado em alumínio.

Para fins de ilustração, a Figura 19 apresenta as características com as características construtivas desse barramento fornecida pelo fabricante.

Figura 19 – Características construtivas do barramento BWW01 WEG.



Fonte – WEG (2022).

O método utilizado para o cálculo do barramento blindado foi realizado conforme o item 5.5.1.4 da E-321.0003 da CELESC, com base nas equações (4) e (6) deste trabalho, onde:

$$\Delta V = \frac{k \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sin\theta) \cdot I \cdot 10^{-3}}{V} \quad (7)$$

Uma vez que a constante de queda de tensão de qualquer condutor pode ser expressa com por:

$$fk = \sqrt{3} \cdot ((R \cdot \cos\theta + X \cdot \sin\theta) \cdot 100 \text{ metros}) \quad (8)$$

Para simplificar o cálculo, os fabricantes de cabos e barramentos fornecem essa constante, nesse caso, a constante do barramento utilizado está apresentada nos parâmetros de cálculo na Figura 20 da queda tensão utilizada pela empresa WEG durante o projeto. Substituindo o valor da constante fk :

$$\Delta V = \frac{k \cdot L \cdot fk \cdot I \cdot 10^{-3}}{V} \quad (9)$$

onde:

R: Resistividade de fase, em corrente alternada do barramento blindado, em Ω/m ;

X: Reatância de fase do barramento blindado, em Ω/m ;

V: Tensão nominal do sistema

$\cos\phi$: Fator de Potência (FP);

$\text{sen}\phi$: Fator complementar ao do fator de potência

ϕ : Ângulo da carga;

k: Fator de distribuição de carga;

f_k : Constante de queda de tensão do barramento blindado;

L: Comprimento do Trecho de barramento blindado em metros;

I: Corrente da máxima de demanda do Trecho, em Ampères;

ΔV : Queda de tensão na extremidade do Trecho.

Sendo assim, o valor de f_k utilizado para o cálculo foi de 0,02879 V/A.100m, conforme apresentado na Figura 20. A Tabela 04 abaixo apresenta a queda de tensão nos Trechos e ao final, o somatório da queda de tensão ao longo de todos os Trechos, com valor de 1,92 %.

Figura 20 – Parâmetros de Cálculo para queda de tensão WEG.

Parâmetros de cálculo:	
Tensão fase-fase do sistema	380 V
Fator de potência do sistema ($\cos \phi$)	0,92
Modelo do barramento blindado	BWW01-MA500F-54
Constante de queda de tensão do barramento blindado (f_k):	0,02879 V/100m/A
Especificação do cabo (por via)	Cabo de Cobre 95mm ² isolamento EPR
Constante de queda de tensão do cabo (f_k):	0,04300 V/100m/A

Fonte: WEG (2019).

Conforme a equação 4, substituindo os valores para a terceira linha da tabela 04, temos os seguintes valores:

$$\Delta V = t. l. I. (R. \cos\phi + X. \text{sen}\phi)$$

$$\Delta V = 380.55,79.315,15. (R. \cos\phi + X. \text{sen}\phi)$$

$$\Delta V = 380.55,79.315,15. (0,02879 \text{ V/A.100m})$$

$$\Delta V = 5,07 \text{ V}$$

$$\Delta V = (5,07 \times 100) / 380$$

$$\Delta V = 1,33\%$$

Tabela 04 – Queda de tensão no barramento blindado.

De	Até	Distância (m)	Corrente (A)	Tensão (V)	Quantidade de unidades consumidoras	Queda de tensão unitária do barramento (V/A 100.m)	Queda de tensão (V)	Queda de tensão (%)
Rede CELESC	QGBT	9	315,5	380	91	CABO	1,31	0,34%
QGBT	QM 1	55,79	315,5	380	91	0,02879	5,07	1,33%
QM 1	QM 2	3,24	127,8	380	84	0,02879	0,15	0,04%
QM 2	QM 3	3,24	118,7	380	78	0,02879	0,11	0,03%
QM 3	QM 4	3,24	109,6	380	72	0,02879	0,10	0,03%
QM 4	QM 5	3,24	100,4	380	66	0,02879	0,11	0,03%
QM 5	QM 6	3,24	91,3	380	60	0,02879	0,08	0,02%
QM 6	QM 7	3,24	82,2	380	54	0,02879	0,08	0,02%
QM 7	QM 8	3,24	73,0	380	48	0,02879	0,07	0,02%
QM 8	QM 9	3,24	63,9	380	42	0,02879	0,06	0,02%
QM 9	QM 10	3,24	54,8	380	36	0,02879	0,05	0,01%
QM 10	QM 11	3,24	45,7	380	30	0,02879	0,04	0,01%
QM 11	QM 12	3,24	36,5	380	24	0,02879	0,03	0,01%
QM 12	QM 13	3,24	27,4	380	18	0,02879	0,03	0,01%
QM 13	QM 14	3,24	18,3	380	12	0,02879	0,02	0,00%
QM 14	QM15	3,24	9,1	380	6	0,02879	0,01	0,00%
Somatório da queda de tensão ao longo do trecho							7,31	1,92%

Fonte: Autor (2022).

4.3.2 Projeto da Prumada Elétrica no Sistema de Barramento Blindado

Neste projeto pode-se verificar que foram posicionados quadros de medidores em dezesseis pavimentos de apartamentos, ou seja, a cada pavimento tipo possui um quadro com seis medidores. Optou-se pela adoção de seis medidores por pavimento, pois cada um refere-se a um apartamento em específico.

Visto que, o barramento segue até o quadro de medidores de cada pavimento onde estão situados os apartamentos, há um pequeno Trecho onde foram utilizados cabos elétricos para alimentação dos apartamentos, interligando o quadro de medidores ao quadro de distribuição geral dentro dos apartamentos.

A apresentação do percurso do barramento blindado desde o quadro de distribuição geral (QGBT) até os quadros de medidores dos apartamentos e condomínio e, a locação do sistema nas plantas baixas de todos os pavimentos estão apresentados em planta baixa no final deste trabalho.

4.4 Levantamento de Quantitativo e Custos

Neste item será apresentado como foi efetuado o levantamento do quantitativo dos materiais e seus custos, bem como o levantamento de mão de obra para a instalação da alimentação dos apartamentos nos dois sistemas que foram apresentados.

4.4.1 Materiais e Mão de Obra do Sistema Convencional

A partir do projeto elétrico da alimentação desenvolvido para o sistema convencional, elaborou-se uma lista de materiais completa, com todos os itens necessários para a sua instalação.

No **APÊNDICE B** está apresentada a lista de materiais para a entrada de energia do sistema convencional, que contempla o Trecho entre ponto de entrega até o quadro de medidores com seus respectivos custos unitários e totais. A lista dos materiais do Trecho compreendido entre o quadro de medidores até o quadro de proteção dos apartamentos e, até a alimentação do quadro de proteção geral do condomínio, com seus respectivos custos, está apresentada no **APÊNDICE C**.

Os valores de mão de obra contemplam a entrada de energia, os condutores e eletrodutos derivando do quadro de medidores e, seguindo até o quadro de distribuição dos apartamentos e do condomínio, contemplando a instalação dos eletrodutos e condutores do ponto de entrega ao quadro de medidores e, toda infraestrutura para alimentação dos apartamentos e do quadro geral do condomínio. O valor de mão de obra técnica para execução desse projeto foi de R\$ 100,00 homem-hora. O valor de serviço para um técnico eletricista, segundo Marlon Pascoal Pinto, pode variar de R\$ 50,00 até R\$ 100,00, dependendo da cidade ou estado. Será utilizado o valor R\$ 100,00 como parâmetro base para esse estudo, levando em consideração o valor do custo unitário básico (CUB) para construção em Santa Catarina ser o mais alto entre os três estados do sul, segundo o site Imobles.com.

4.4.2 Materiais e Mão de Obra do Sistema de Barramento Blindado

A partir do projeto elétrico da alimentação do edifício utilizando o sistema de barramento blindado, elaborou-se uma lista de materiais completa com todos os itens necessários para a sua instalação para obtenção de um orçamento completo. Para consulta

dos custos de materiais deste sistema, consultou-se a empresa utilizada como referência para os cálculos de queda de tensão nos barramentos, que foi a WEG.

A lista com o quantitativo completo de materiais e seus respectivos custos que contemplam o Trecho após o quadro de distribuição geral do edifício até o quadro de distribuição geral dos apartamentos e do condomínio, pode ser observada no **APÊNDICE D**. Os materiais necessários do Trecho do ponto de entrega ao quadro de distribuição geral com seus respectivos valores, segue o mesmo do **APÊNDICE B** utilizado para o sistema convencional, visto que para esse Trecho foi utilizado o mesmo sistema, com as mesmas características, utilizando cabos.

O barramento blindado utilizado com seus componentes e acessórios para o quantitativo de materiais foi o de capacidade de corrente nominal de 500 A da empresa WEG, o qual atendeu aos requisitos técnicos de projeto. O valor de mão de obra técnica para execução desse projeto foi de R\$ 100,00 homem-hora.

4.5 Comparativo Técnico e Econômico entre os Sistemas

Com as informações técnicas e econômicas levantadas para cada sistema, as subseções a seguir comparam esses aspectos, através de cálculos, tabelas e gráficos, é possível observar as vantagens e desvantagens de cada um.

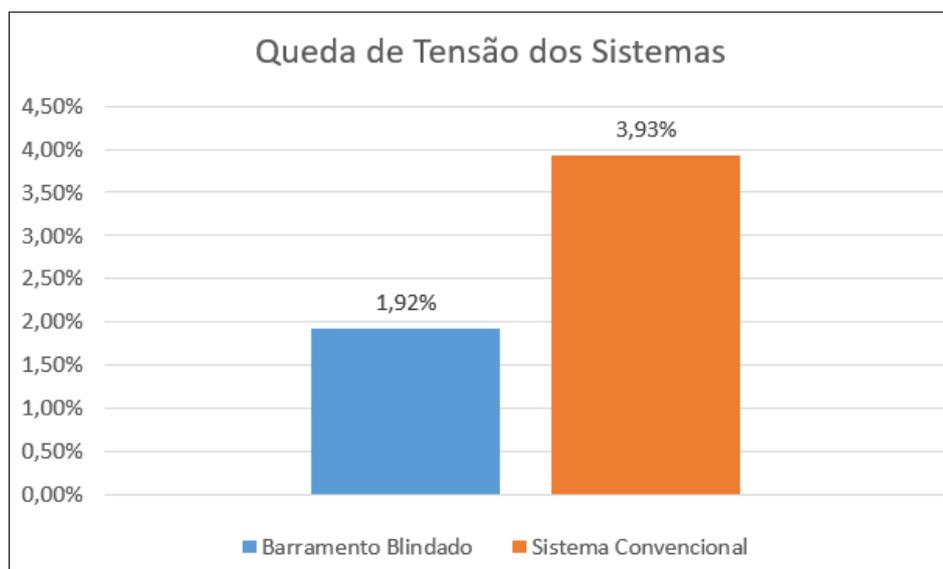
4.5.1 Comparativo da Queda de Tensão

Não é possível realizar uma comparação direta da queda de tensão entre os sistemas, pois trata-se de diferentes tecnologias e métodos utilizados, toda via, foi possível analisar qual dos sistemas apresentou maior queda de tensão para a mesma aplicação. Para o sistema convencional, os cabos partem do medidor até o quadro de entrada dos apartamentos, neste caso, considerou-se apenas o apartamento mais distante. Para o sistema de barramento blindado, a corrente total da instalação flui através do mesmo ponto, ou seja, o barramento blindado sai do QGBT e vai até o último pavimento, é o mesmo barramento que alimenta todo o edifício, desse modo, fez-se necessário a somatória da queda de tensão em cada Trecho para verificar a queda total do sistema, e posteriormente, realizar essa comparação.

Conforme as tabelas apresentadas nos itens 4.2.1 e 4.3.1, observou-se a queda de tensão máxima referente ao ponto mais distante do QGBT, situado no térreo. Verificou-

se que para o sistema convencional, a queda de tensão para o último pavimento (15) foi de 3,93 %, enquanto para o sistema de barramento blindado foi de 1,92 %. Assim, existe uma redução em 51 % de queda de tensão com a utilização sistema de barramento blindado, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Comparação da maior queda de tensão.



Fonte: Autor (2022).

4.5.2 Comparativo de Espaço na Prumada

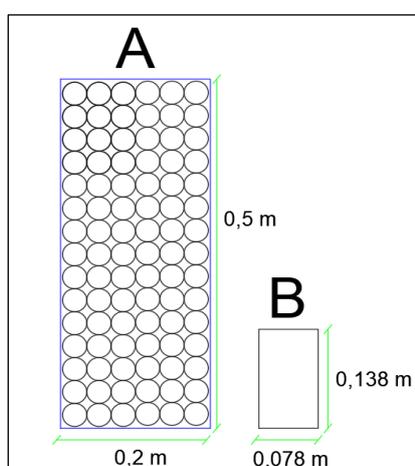
Tendo desenvolvido os projetos de alimentação do edifício considerando a utilização do sistema convencional, e, do sistema de barramento blindado, observou-se uma diferença no espaço necessário para utilização da prumada elétrica.

Inicialmente efetuou-se o comparativo de área necessária para utilização da prumada elétrica entre os sistemas, considerando o espaço ocupado pelos eletrodutos no sistema convencional e o espaço ocupado pelo barramento no sistema de barramento blindado. Como pode-se observar através das Figuras 22 e 23, e Tabela 05, que a área ocupada pelo sistema com barramento é inferior. Isso ocorre com maior diferença nos pavimentos inferiores, visto que no sistema de barramento blindado a área ocupada é menor principalmente nos pavimentos mais inferiores, visto que nestes pavimentos, no sistema convencional, haverá a passagem de todos os eletrodutos que irão abrigar os condutores que alimentam os apartamentos. Ao longo da altura do edifício há uma redução na diferença entre os dois sistemas dos espaços necessários para as prumadas,

visto que alguns eletrodutos não possuem continuidade, pois já alimentaram os apartamentos nos pavimentos inferiores e, no sistema de barramento blindado o barramento, é constante ao longo de todo o edifício.

Para o sistema de barramento blindado, em alguns casos, o painel de medidores é embutido na parede do corredor, ocupando espaço na prumada, para esse caso, o quadro de medidores possui 500x1000x250mm (largura, altura e profundidade, respectivamente), e está embutido, para efeito de comparação ao longo da prumada, será considerado o espaço ocupado ao longo do Trecho.

Figura 22 – Comparação de área ocupada entre dutos (A) e barramento (B) no início da prumada.



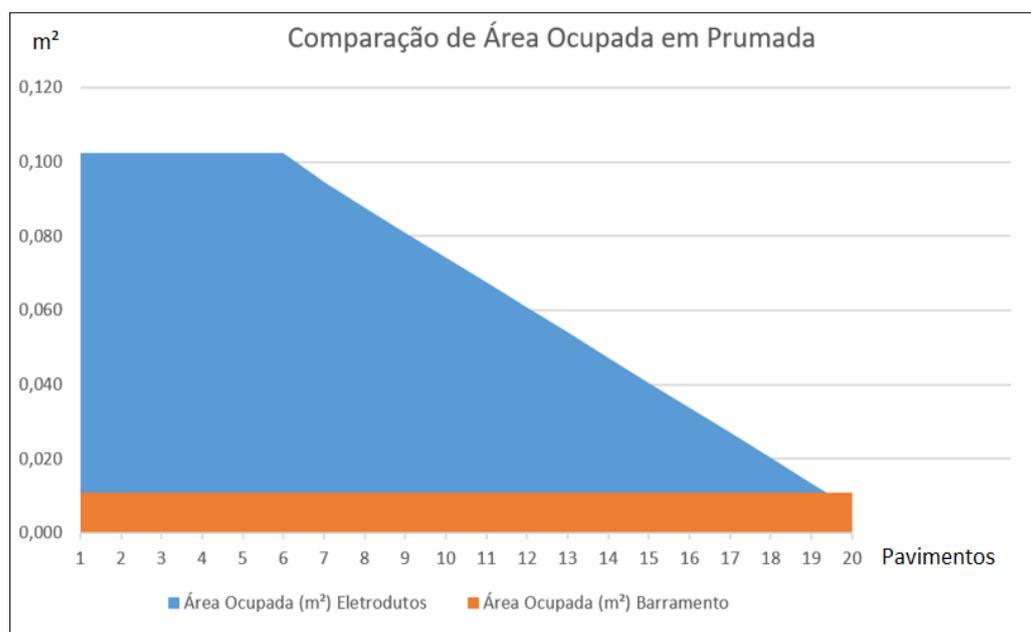
Fonte: Autor (2022).

Tabela 05 – Comparação de área ocupada entre os sistemas.

Pavimentos	Quantidade de Eletrodutos	Área ocupada pelos eletrodutos (m ²)	Quantidade de barramento blindado	Área ocupada pelo barramento blindado (m ²)
Térreo	91	0,102	1	0,011
Pavimento Mez. Térreo	91	0,102	1	0,011
Pavimento G1	91	0,102	1	0,011
Pavimento Mez. G1	91	0,102	1	0,011
Pavimento Lazer	91	0,102	1	0,011
Pavimento Tipo 1	91	0,102	1	0,011
Pavimento Tipo 2	84	0,095	1	0,011
Pavimento Tipo 3	78	0,088	1	0,011
Pavimento Tipo 4	72	0,081	1	0,011
Pavimento Tipo 5	66	0,074	1	0,011
Pavimento Tipo 6	60	0,068	1	0,011
Pavimento Tipo 7	54	0,061	1	0,011
Pavimento Tipo 8	48	0,054	1	0,011
Pavimento Tipo 9	42	0,047	1	0,011
Pavimento Tipo 10	36	0,041	1	0,011
Pavimento Tipo 11	30	0,034	1	0,011
Pavimento Tipo 12	24	0,027	1	0,011
Pavimento Tipo 13	18	0,020	1	0,011
Pavimento Tipo 14	12	0,014	1	0,011
Pavimento Tipo 15	6	0,007	1	0,011

Fonte: Autor (2022).

Figura 23 – Comparação de área ocupada entre os sistemas.



Fonte: Autor (2022).

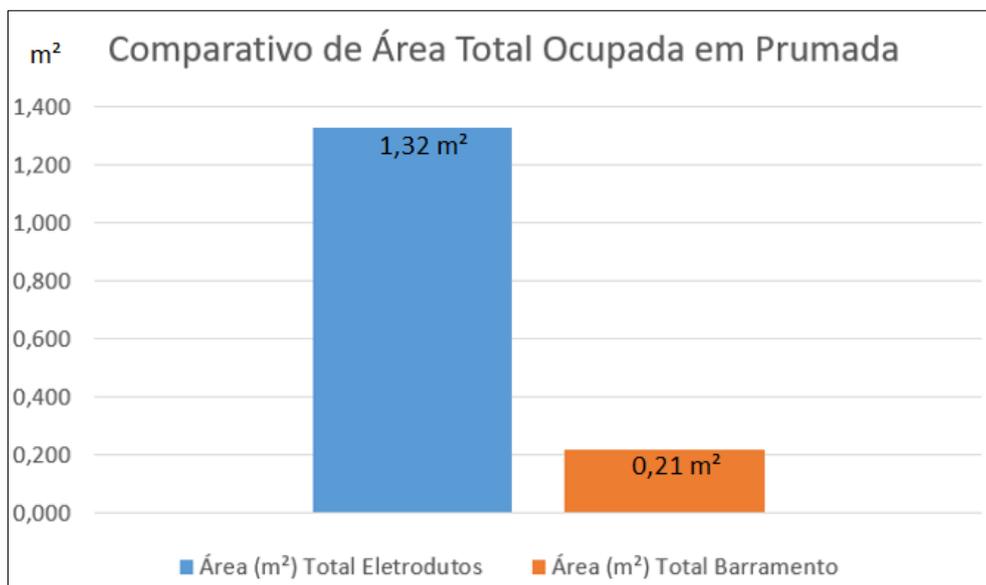
Essa área ocupada em prumada, não implica necessariamente um ganho de espaço, mas apresenta que o espaço necessário para instalação dos sistemas ao longo da prumada, é menor para o sistema de barramento blindado, todavia, o sistema de barramento necessita de um espaço maior nos corredores dos pavimentos para instalação do painel com os medidores.

Como há uma diferença significativa entre as prumadas elétricas dos dois sistemas analisados ao longo dos pavimentos, para verificar qual dos sistemas está ocupando a maior área efetuou-se o comparativo da área total ocupada pelos sistemas ao longo dos pavimentos.

Como pode-se observar na Figura 24, a área total ocupada pelo sistema de barramento blindado é de aproximadamente 0,215 m², enquanto pelo sistema convencional é de 1,32 m².

Observa-se que a área ocupada da prumada no sistema de barramento blindado é aproximadamente 84 % inferior a área ocupada no sistema convencional, desconsiderando a área ocupada pelos quadros com medidores situados nos pavimentos, para este estudo de caso.

Figura 24 – Comparação de área ocupada total entre os sistemas.



Fonte: Autor (2022).

4.5.3 Comparativo de Tempo de Execução

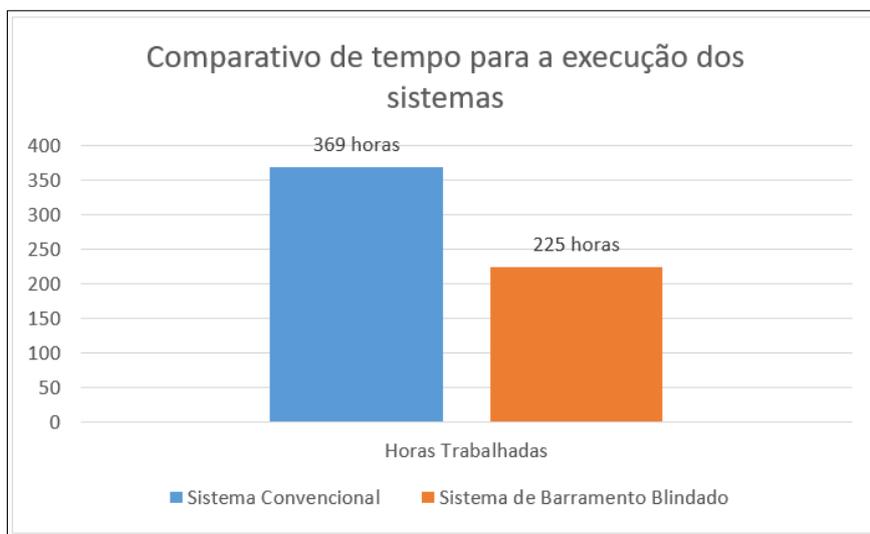
O tempo necessário para instalação do projeto que utiliza o sistema de barramento blindado é de 25 dias, totalizando 225 horas, levando em consideração três funcionários para a execução das tarefas, trabalhando por um período de nove horas diárias.

Já o tempo necessário para a instalação do sistema convencional, foi de 41 dias utilizando três funcionários, trabalhando nove horas diárias, o que representa 369 horas, essa estimativa de tempo foi levantada pelas empresas envolvidas no projeto (construtora Versatille, MK engenharia e WEG) com base em projetos anteriores e similares, em relação a área total e número de pavimentos.

Comparando o tempo de execução dos sistemas, têm-se que a utilização do barramento blindado reduziu em 39 % o tempo de instalação. Como pode-se observar na Figura 25.

A diferença entre o tempo de execução entre o sistema convencional e o sistema de barramento blindado, pode ser explicado devido a praticidade da instalação do barramento blindado, pois o mesmo é pré-fabricado em partes marcadas e documentadas, facilitando a identificação e montagem na obra. Além disso, a conexão dos painéis com os medidores no barramento é feito através de encaixes plug-in, não necessitando de terminais, como por exemplo na emenda de cabos e conexões em caixas de passagem.

Figura 25 - Comparativo de tempo para a execução dos sistemas.



Fonte: Autor (2022).

4.5.4 Comparativo de Custos

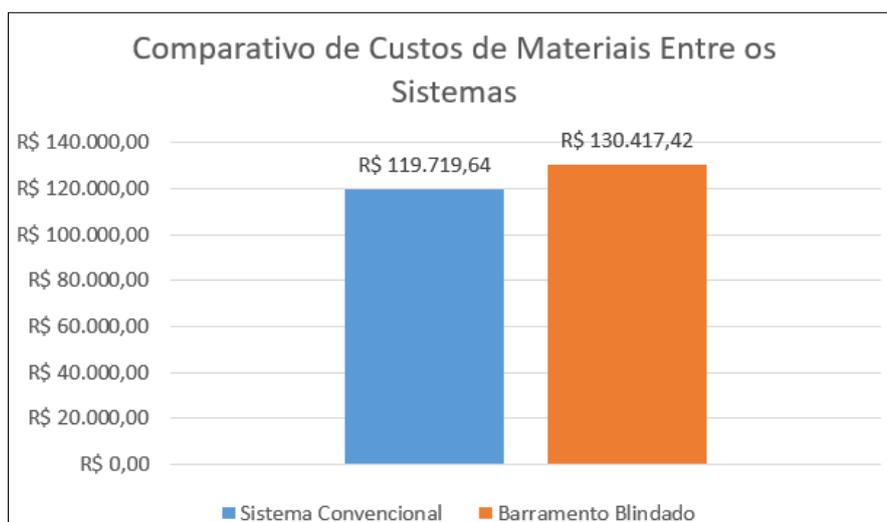
Neste item será apresentado o comparativo de custos de materiais e mão de obra, bem como o comparativo da soma desses custos entre os dois sistemas. Para facilitar a compreensão da análise dos resultados, os Trechos da alimentação do edifício serão divididos em dois.

O Trecho denominado como Trecho 1, é o Trecho de entrada de energia, que no sistema convencional, está compreendido entre o ponto de entrega do edifício até o quadro de medidores (QM), e no caso do sistema de barramento blindado, do ponto de entrega ao quadro geral de baixa tensão (QGBT).

O Trecho denominado como Trecho 2, é o Trecho que faz a alimentação dos apartamentos e do condomínio, e contempla desde a saída do quadro de medidores até o quadro de proteção dos apartamentos e do condomínio, para o caso do sistema convencional, e desde a saída do quadro geral de baixa tensão (QGBT) até o quadro de proteção dos apartamentos e do condomínio, no caso do sistema de barramento blindado.

A partir da Figura 26, pode-se observar que os valores dos materiais para o Trecho 1 (entrada de energia) são os mesmos nos dois sistemas, visto que este Trecho é idêntico em ambos. No Trecho 2 (alimentação dos apartamentos e condomínio) observa-se que o sistema de barramento blindado apresenta um custo superior em relação ao sistema convencional.

Figura 26 - Comparativo de custo de materiais entre os sistemas.



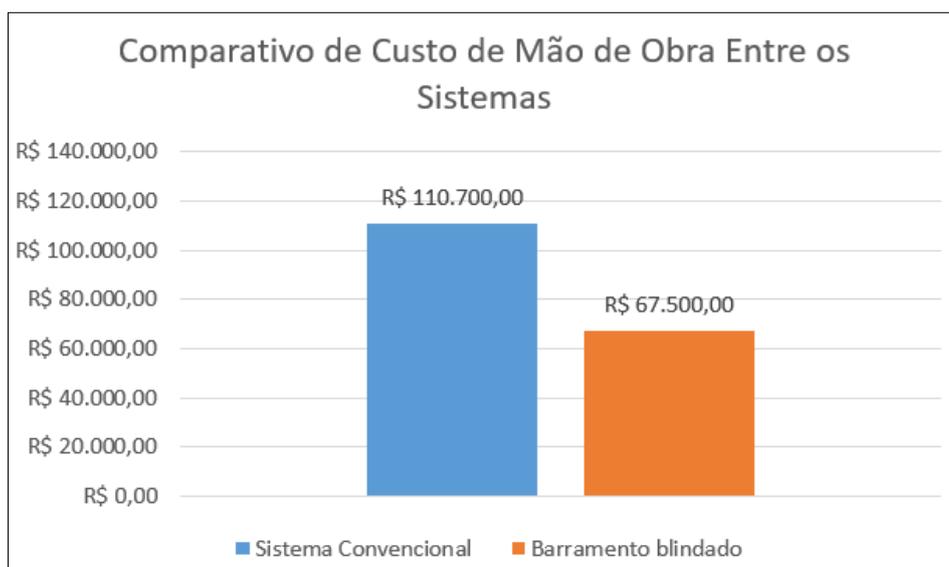
Fonte: Autor (2022).

Enquanto o sistema convencional apresenta um custo de R\$ 119.719,64, o sistema de barramento blindado apresenta um custo de R\$ 130.417,42. Desta forma, têm-se que o sistema convencional apresentou um custo aproximadamente 8,2 % inferior ao sistema de barramento blindado, considerando ambos os Trechos.

Com relação ao comparativo de custos de mão de obra entre os dois sistemas que pode ser observado na Figura 27, observa-se que, a mão de obra no sistema de barramento blindado foi de R\$ 67.500,00 para 225 horas, 3 funcionários e R\$ 100,00 o valor da hora técnica por cada funcionário, considerando o mesmo valor de homem-hora e mantendo o número de funcionários, para 369 horas necessárias, o valor de mão de obra do sistema convencional foi de R\$ 110.700,00. Com isso, o valor de mão de obra do barramento blindado é 39,02 % inferior ao sistema convencional.

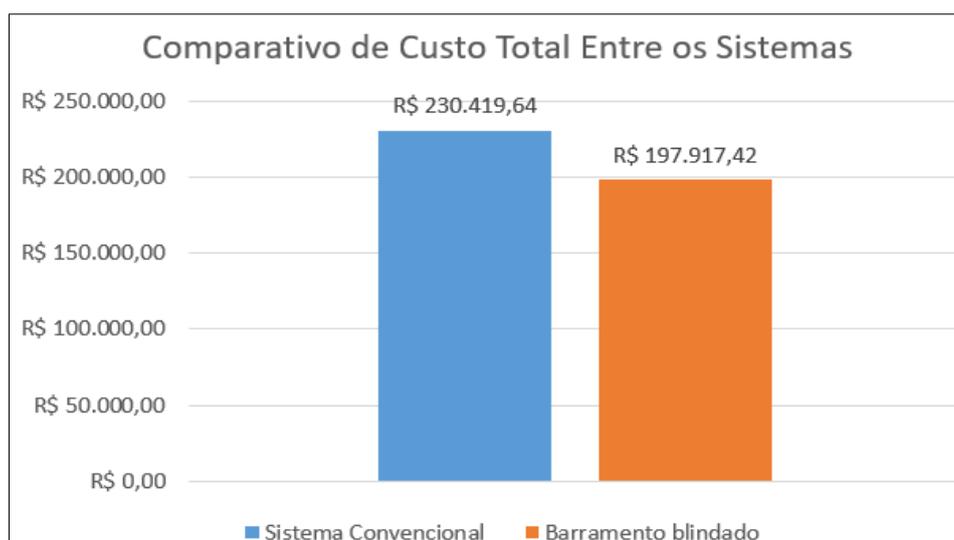
A fim de se observar um comparativo econômico global do projeto, foi considerado como custo total e final do projeto, o valor de mão de obra e os materiais específicos para cada sistema, conforme apresenta a Figura 28, o sistema convencional apresenta um custo total de R\$ 230.419,64 enquanto o sistema de barramento blindado apresenta um custo total de R\$ 197.917,42, para esse caso, tem-se uma economia de R\$ 32.502,22.

Figura 27 - Comparativo do custo de mão de obra entre os sistemas.



Fonte: Autor (2022).

Figura 28 – Comparativo de custo total entre os sistemas.

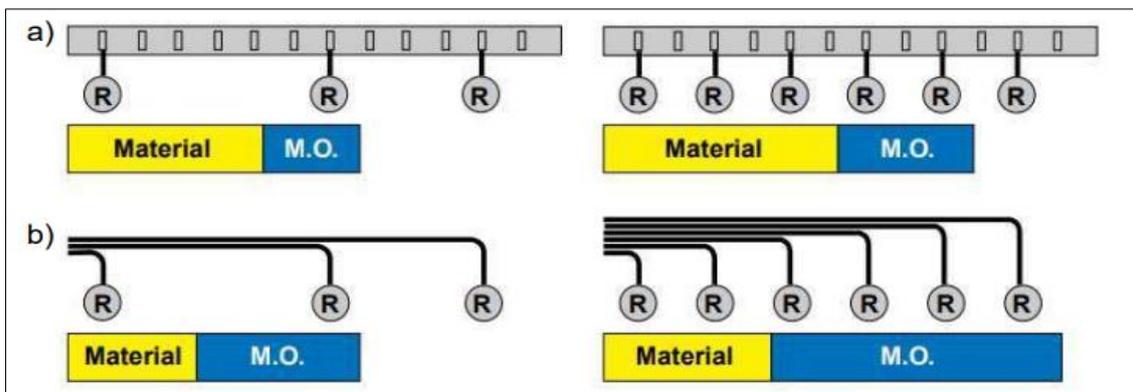


Fonte: Autor (2022).

Segundo Zimmermann (2019), uma comparação entre os custos dos sistemas pode ser realizada comparando o número de ramificações. Observa-se que quanto maior o número de ramificações, maior o custo de mão de obra tanto para o sistema convencional quanto para o sistema de barramento blindado.

Todavia, o aumento nos custos de mão de obra é maior no sistema de cabeamento, pois o custo de mão de obra do barramento é 20 % do custo de mão de obra para instalação de cabeamentos. A Figura 29 apresenta essa relação de custos com material e mão de obra para ambos os sistemas.

Figura 29 - Relação de custos com material e mão de obra para (a) barramento blindado e (b) cabeamento conforme o número de ramificações.



Fonte: Schneider Electric (2019).

5. CONCLUSÃO

Através de estudo de caso, este trabalho apresentou um estudo comparativo entre dois sistemas de distribuição de energia elétrica em uma instalação de baixa tensão em edifício de uso coletivo. Um dos sistemas é o tradicional sistema que se utiliza de cabos condutores para distribuir a energia até as unidades consumidoras, representadas aqui pelos apartamentos. O outro sistema é mais moderno e utiliza barramento blindado como meio para distribuir a energia. O estudo buscou comparar os sistemas nos seguintes aspectos: queda de tensão, espaço físico ocupado pelos sistemas nas prumadas, e custo para a implantação dos sistemas.

O primeiro aspecto que foi estudado, foi a queda de tensão máxima apresentada pelos sistemas em suas prumadas. Verificou-se que o sistema por barramento blindado apresentou queda de tensão máxima inferior ao sistema convencional em 51 %. Apesar do resultado ter sido obtido para um caso específico, e devido a significativa diferença apresentada entre as quedas máximas de tensão, pode-se inferir que o sistema por barramento blindado, de modo geral, possui vantagem sobre o sistema convencional no quesito queda de tensão. Com isso, pode-se dizer que a unidade consumidora no sistema por barramento terá melhor qualidade da energia elétrica quando comparada com a do sistema convencional.

Realizando um comparativo da área da prumada elétrica ocupada nos dois sistemas, nota-se que, o sistema de barramento blindado ocupa uma área na prumada aproximadamente 84 % menor do que no sistema convencional. Vale ressaltar conforme demonstrado, que essa diferença não é constante, pois ela diminui à medida que nos aproximamos dos pavimentos superiores.

Quanto ao custo total para instalação, conclui-se que o sistema por barramento blindado, apresenta um custo total de mão de obra e materiais, 14 % inferior ao do sistema convencional.

Além disso, o tempo para instalação do sistema de barramento blindado é 39 % inferior ao tempo para instalação do sistema convencional. Essa diferença se deve ao fato de que o barramento blindado é fabricado sob medida para um dado projeto, tornando sua instalação mais prática e rápida, já que a montagem consiste basicamente na instalação das peças pré-fabricadas. No sistema convencional, onde é necessário executar a instalação dos eletrodutos, e posteriormente a instalação dos cabos, é comum ocorrerem muitas perdas de materiais, visto que os condutores e eletrodutos não são feitos sob

medidas, mas sim, solicitados conforme a distância total necessária e, caso o instalador faça algum corte no eletroduto ou no cabo com a medida errada, acaba gerando desperdício de material e retrabalhos.

Os resultados desta pesquisa apontam que o sistema de alimentação de unidades consumidoras em edifícios por barramento blindado pode substituir o sistema convencional por cabos com melhor relação custo-benefício, e ainda, maior facilidade na execução do projeto. Ainda que os resultados aqui apresentados tenham sido obtidos com base em um caso, tem-se a expectativa de que sejam generalistas, ou seja, resultados semelhantes podem ser obtidos para outros casos em que o barramento blindado seja o sistema a ser implantado.

Para trabalhos futuros, recomenda-se uma pesquisa envolvendo a instalação de barramento blindado em cobre, sendo o mesmo material dos cabos convencionais, ressaltando as vantagens e desvantagens do cobre em relação ao alumínio nas instalações elétricas. Imagina-se, por exemplo, que o custo de implantação aumentaria. Em contrapartida, o cobre apresenta vantagens como, maior resistência à oxidação, e maior condutividade. Exemplos de barramentos feitos de cobre, podem ser observados com os fabricantes WEG, Novemp, Schneider e outros mais, apresentando diversas tensões e correntes de aplicação.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. IEC 60439-2: **Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16019: **Linhas elétricas pré-fabricadas (barramentos blindados) de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 08 p.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA. NT-03: **Fornecimento de Energia Elétrica à Edifícios de Uso Coletivo**. Florianópolis: CELESC, 1999. 80 p.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA. NT-02: **Instalação de capacitores**. Florianópolis: CELESC, 2002. 33 p.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO: **Projetos complementares**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br>>. Acesso em: 21 dez. 2021.

CUNHA, Lívia. **Barramentos blindados**. Disponível em: <<https://www.osetoelettrico.com.br/barramentos-blindados/>>. Acesso em: 27 dez. 2021.

GUARDÃO, Daniela. **A hora do busway**. Disponível em: <[http://www.iee.usp.br/sites/default/files/biblioteca/producao/2011/Artigos %20de %20Periodicos/molerohora.pdf](http://www.iee.usp.br/sites/default/files/biblioteca/producao/2011/Artigos%20de%20Periodicos/molerohora.pdf)>. Acesso em: 29 dez. 2021.

M² OBRAS: **Materiais de construção-Elétrica**. Disponível em: <<https://www.custodaconstrucao.com>>. Acesso em: 03 jan. 2022.

SOUZA, José R. A; MORENO, Hilton. Guia EM da NRB 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. São Paulo: Eletricidade Moderna, 2001. 291 p.

GUERRA, Antônio Claret. **Indústria da construção civil deve crescer 4 % este ano, prevê CBIC**. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-07/industria-da-construcao-civil-deve-crescer-4-este-ano-preve-cbic>>. Acesso em 29 nov. 2021.

EL, Adolpho. **Saiba Verificar o Bom Funcionamento do Medidor de Energia Elétrica e de sua Instalação**. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/medidor-de-energia-eletrica/>>. Acesso em 25 jul. 2022.

Ronal Balena. **Cub SC: Valor hoje e Tabela**. Disponível em: <<https://imobles.com/guia-balneario-camboriu/cub-sc>> Acesso em 03 de jul. 2022.

THORUS. **Barramento blindado: o que é, como funciona e por que utilizar?**. Disponível em: <<https://thorusengenharia.com.br/barramento-blindado/>>. Acesso em: 30 nov. 2021.

ZIMMERMANN, Bruno L. S. **Características e vantagens da aplicação do barramento blindado em comparação ao sistema de cabeamentos**. 2019. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

PIVATO, Elton Nascimento. **Estudo técnico e econômico para implementação de barramentos blindados em edifício de grande porte**. 2016. Trabalho de conclusão de curso – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2016.

VIEIRA, Eduardo E. G.; KAUFFMANN, Roberto. **Construção civil: desafios 2020**. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/construcao-civil/desafios.htm>>. Acesso em: 05 dez. 2021.

SABER ELÉTRICA. **Saiba como cobrar pelos serviços prestados seja em elétrica ou automação**. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/orcamentoservicos-eletrica-ou-automacao/>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Canalis 800 to 5000 A**. 2018. Disponível em: <<https://www.schneider-electric.com/en/download/document/DEBU021EN/>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

SCHNEIDER ELECTRIC. **A energia elétrica naturalmente distribuída**. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/product-category/1300-barramentos-blindados-esuporte-para-cabos/>> Acesso em: 11 dez. 2021.

ANEEL. **Regulação dos serviços de distribuição**. Disponível em <<https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/regulacao-dos-servicos-de-distribuicao>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

PINTO, Marlon Pascoal. **Tabela de Preço para Eletricista**. Disponível em <<https://www.cursonr10.com/%F0%9F%92%B5-chega-de-cobrar-carou-barato-tabela-de-preco-eletricista-2020/>>. Acesso em 03 jul. 2022.

PRYSMIAN. **Guia de dimensionamento de cabos para baixa tensão de acordo com a NBR 5410**. Disponível em: <https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Guia_de_Dimensionamento-Baixa_Tensao_Rev9.pdf> Acesso em: 30 jun. 2022.

CELESC. **Fabricantes Homologados (CHP) Barramento Blindado (bus-way)**. Disponível em: <<https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/lista-fabricantes-certificados-barramento-blindado-BusWay.pdf>>. Acesso em 04 jul. 2022.

___ **E-321.0003: Barramento blindado (BUS-WAY)**. Florianópolis: CELESC, 2019. 36 p.

___ **E-321.0004: CAIXAS PARA APLICAÇÃO EM MEDIÇÃO DESCENTRALIZADA E COM UTILIZAÇÃO DE BARRAMENTO BLINDADO**. Florianópolis: CELESC, 2013. 18 p.

___ **E-321.0004: CAIXAS PARA APLICAÇÃO EM MEDIÇÃO DESCENTRALIZADA E COM UTILIZAÇÃO DE BARRAMENTO BLINDADO.**

Florianópolis: CELESC, 2016. 18 p.

___ **E-313.0062: DUTOS CORRUGADOS PARA INFRAESTRUTURA.**

Florianópolis: CELESC, 2016. 19 p.

WEG S. A. **Barramentos blindados de baixa tensão.** Jaraguá do Sul: Grupo WEG, 2018. 20 p. Disponível em: <www.weg.net>. Acesso em: 12 jan. 2022.

ANEXO A – FATORES DE DIVERSIDADE CONFORME NÚMERO DE APARTAMENTOS.

N° APTO	F. DIV										
01	1,00	51	35,90	101	63,59	151	74,74	201	80,89	251	82,73
02	1,96	52	36,46	102	63,84	152	74,89	202	80,94	252	82,74
03	2,92	53	37,02	103	64,09	153	75,05	203	80,89	253	82,75
04	3,88	54	37,58	104	64,34	154	75,19	204	81,04	254	82,76
05	4,84	55	38,14	105	64,59	155	75,34	205	81,09	255	82,77
06	5,80	56	38,70	106	64,84	156	75,49	206	81,14	256	82,78
07	6,76	57	39,26	107	65,09	157	75,64	207	81,19	257	82,79
08	7,72	58	39,82	108	65,34	158	75,79	208	81,24	258	82,80
09	8,68	59	40,38	109	65,59	159	75,94	209	81,29	259	82,81
10	9,64	60	40,94	110	65,84	160	76,09	210	81,34	260	82,82
11	10,42	61	41,50	111	66,09	161	76,24	211	81,39	261	82,83
12	11,20	62	42,05	112	66,34	162	76,39	212	81,44	262	82,84
13	11,98	63	42,62	113	66,59	163	76,54	213	81,49	263	82,85
14	12,76	64	43,18	114	66,84	164	76,69	214	81,54	264	82,86
15	13,54	65	43,74	115	67,09	165	76,84	215	81,59	265	82,87
16	14,32	66	44,30	116	67,34	166	76,99	216	81,64	266	82,88
17	15,10	67	44,86	117	67,59	167	77,14	217	81,69	267	82,89
18	15,88	68	45,42	118	67,84	168	77,29	218	81,74	268	82,9
19	16,66	69	45,98	119	68,09	169	77,44	219	81,79	269	82,91
20	17,44	70	46,54	120	68,34	170	77,59	220	81,84	270	82,92
21	18,04	71	47,10	121	68,59	171	77,74	221	81,89	271	82,93
22	18,65	72	47,66	122	68,84	172	77,89	222	81,94	272	82,94
23	19,25	73	48,22	123	69,09	173	78,04	223	81,99	273	82,95
24	19,86	74	48,78	124	69,34	174	78,19	224	82,04	274	82,96
25	20,46	75	49,34	125	69,59	175	78,34	225	82,09	275	82,97
26	21,06	76	49,90	126	69,79	176	78,44	226	82,12	276	83,00
27	21,67	77	50,46	127	69,99	177	78,54	227	82,14		
28	22,27	78	51,02	128	70,19	178	78,64	228	82,17		
29	22,88	79	51,58	129	70,39	179	78,74	229	82,19		
30	23,48	80	52,14	130	70,59	180	78,84	230	82,22		
31	24,08	81	52,70	131	70,79	181	78,94	231	82,24		
32	24,69	82	53,26	132	70,99	182	79,04	232	82,27		
33	25,29	83	53,82	133	71,19	183	79,14	233	82,29		
34	25,90	84	54,38	134	71,39	184	79,24	234	82,32		
35	26,50	85	54,90	135	71,59	185	79,34	235	82,34		
36	27,10	86	55,50	136	71,79	186	79,44	236	82,37		
37	27,71	87	56,06	137	71,99	187	79,54	237	82,39		
38	28,31	88	56,62	138	72,19	188	79,64	238	82,42		
39	28,92	89	57,18	139	72,39	189	79,74	239	82,44		
40	29,52	90	57,74	140	72,59	190	79,84	240	82,47		
41	30,12	91	58,30	141	72,79	191	79,94	241	82,49		
42	30,73	92	58,86	142	72,99	192	80,04	242	82,52		
43	31,33	93	59,42	143	73,19	193	80,14	243	82,54		
44	31,94	94	59,98	144	73,39	194	80,24	244	82,57		
45	32,54	95	60,54	145	73,59	195	80,34	245	82,59		
46	33,10	96	61,10	146	73,79	196	80,44	246	82,62		
47	33,66	97	61,66	147	73,99	197	80,54	247	82,64		
48	34,22	98	62,22	148	74,19	198	80,64	248	82,67		
49	34,78	99	62,78	149	74,39	199	80,74	249	82,69		
50	35,34	100	63,34	150	74,59	200	80,84	250	82,72		

Fonte: DPSC/NT-03 (CELESC, 1999).

ANEXO B – DEMANDA EM FUNÇÃO DA ÁREA DOS APARTAMENTOS.

| ÁREA kVA
m ² |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 51 1,18 | 101 2,17 | 151 3,12 | 201 4,03 | 251 4,91 | 301 5,78 | 351 6,63 | |
| | 52 1,20 | 102 2,19 | 152 3,13 | 202 4,04 | 252 4,93 | 302 5,80 | 352 6,65 | |
| | 53 1,22 | 103 2,21 | 153 3,15 | 203 4,06 | 253 4,95 | 303 5,81 | 353 6,66 | |
| | 54 1,24 | 104 2,23 | 154 3,17 | 204 4,08 | 254 4,96 | 304 5,83 | 354 6,68 | |
| | 55 1,26 | 105 2,25 | 155 3,19 | 205 4,10 | 255 4,98 | 305 5,85 | 355 6,70 | |
| | 56 1,28 | 106 2,27 | 156 3,21 | 206 4,12 | 256 5,00 | 306 5,86 | 356 6,72 | |
| | 57 1,30 | 107 2,29 | 157 3,23 | 207 4,13 | 257 5,02 | 307 5,88 | 357 6,73 | |
| | 58 1,32 | 108 2,31 | 158 3,25 | 208 4,15 | 258 5,03 | 308 5,90 | 358 6,75 | |
| | 59 1,34 | 109 2,33 | 159 3,26 | 209 4,17 | 259 5,05 | 309 5,92 | 359 6,77 | |
| | 60 1,36 | 110 2,35 | 160 3,28 | 210 4,19 | 260 5,07 | 310 5,93 | 360 6,78 | |
| | 61 1,38 | 111 2,37 | 161 3,30 | 211 4,20 | 261 5,09 | 311 5,95 | 361 6,80 | |
| | 62 1,40 | 112 2,39 | 162 3,32 | 212 4,22 | 262 5,1 | 312 5,97 | 362 6,82 | |
| | 63 1,43 | 113 2,40 | 163 3,34 | 213 4,24 | 263 5,12 | 313 5,98 | 363 6,83 | |
| | 64 1,45 | 114 2,42 | 164 3,36 | 214 4,26 | 264 5,14 | 314 6,00 | 364 6,85 | |
| | 65 1,47 | 115 2,44 | 165 3,37 | 215 4,28 | 265 5,16 | 315 6,02 | 365 6,87 | |
| | 66 1,49 | 116 2,46 | 166 3,39 | 216 4,29 | 266 5,17 | 316 6,04 | 366 6,88 | |
| | 67 1,51 | 117 2,48 | 167 3,41 | 217 4,31 | 267 5,19 | 317 6,05 | 367 6,90 | |
| | 68 1,53 | 118 2,50 | 168 3,43 | 218 4,33 | 268 5,21 | 318 6,07 | 368 6,92 | |
| | 69 1,55 | 119 2,52 | 169 3,45 | 219 4,35 | 269 5,23 | 319 6,09 | 369 6,93 | |
| 20 1,00 | 70 1,57 | 120 2,54 | 170 3,47 | 220 4,36 | 270 5,24 | 320 6,10 | 370 6,95 | |
| 21 1,00 | 71 1,59 | 121 2,56 | 171 3,48 | 221 4,38 | 271 5,26 | 321 6,12 | 371 6,97 | |
| 22 1,00 | 72 1,61 | 122 2,57 | 172 3,50 | 222 4,40 | 272 5,28 | 322 6,14 | 372 6,98 | |
| 23 1,00 | 73 1,63 | 123 2,59 | 173 3,52 | 223 4,42 | 273 5,29 | 323 6,16 | 373 7,00 | |
| 24 1,00 | 74 1,65 | 124 2,61 | 174 3,54 | 224 4,44 | 274 5,31 | 324 6,17 | 374 7,02 | |
| 25 1,00 | 75 1,67 | 125 2,63 | 175 3,56 | 225 4,45 | 275 5,33 | 325 6,19 | 375 7,03 | |
| 26 1,00 | 76 1,69 | 126 2,65 | 176 3,57 | 226 4,47 | 276 5,35 | 326 6,21 | 376 7,05 | |
| 27 1,00 | 77 1,71 | 127 2,67 | 177 3,59 | 227 4,49 | 277 5,36 | 327 6,22 | 377 7,07 | |
| 28 1,00 | 78 1,73 | 128 2,69 | 178 3,61 | 228 4,51 | 278 5,38 | 328 6,24 | 378 7,09 | |
| 29 1,00 | 79 1,75 | 129 2,71 | 179 3,63 | 229 4,52 | 279 5,4 | 329 6,26 | 379 7,10 | |
| 30 1,00 | 80 1,76 | 130 2,73 | 180 3,65 | 230 4,54 | 280 5,42 | 330 6,27 | 380 7,12 | |
| 31 1,00 | 81 1,78 | 131 2,74 | 181 3,67 | 231 4,56 | 281 5,43 | 331 6,29 | 381 7,14 | |
| 32 1,00 | 82 1,80 | 132 2,76 | 182 3,68 | 232 4,58 | 282 5,45 | 332 6,31 | 382 7,15 | |
| 33 1,00 | 83 1,82 | 133 2,78 | 183 3,70 | 233 4,59 | 283 5,47 | 333 6,33 | 383 7,17 | |
| 34 1,00 | 84 1,84 | 134 2,80 | 184 3,72 | 234 4,61 | 284 5,49 | 334 6,34 | 384 7,19 | |
| 35 1,00 | 85 1,86 | 135 2,82 | 185 3,74 | 235 4,63 | 285 5,5 | 335 6,36 | 385 7,20 | |
| 36 1,00 | 86 1,88 | 136 2,84 | 186 3,76 | 236 4,65 | 286 5,52 | 336 6,38 | 386 7,22 | |
| 37 1,00 | 87 1,90 | 137 2,86 | 187 3,77 | 237 4,67 | 287 5,54 | 337 6,39 | 387 7,24 | |
| 38 1,00 | 88 1,92 | 138 2,88 | 188 3,79 | 238 4,68 | 288 5,55 | 338 6,41 | 388 7,25 | |
| 39 1,00 | 89 1,94 | 139 2,89 | 189 3,81 | 239 4,70 | 289 5,57 | 339 6,43 | 389 7,27 | |
| 40 1,00 | 90 1,96 | 140 2,91 | 190 3,83 | 240 4,72 | 290 5,59 | 340 6,44 | 390 7,29 | |
| 41 1,00 | 91 1,98 | 141 2,93 | 191 3,85 | 241 4,74 | 291 5,61 | 341 6,46 | 391 7,30 | |
| 42 1,00 | 92 2,00 | 142 2,95 | 192 3,86 | 242 4,75 | 292 5,62 | 342 6,48 | 392 7,32 | |
| 43 1,01 | 93 2,02 | 143 2,97 | 193 3,88 | 243 4,77 | 293 5,64 | 343 6,5 | 393 7,34 | |
| 44 1,03 | 94 2,04 | 144 2,99 | 194 3,90 | 244 4,79 | 294 5,66 | 344 6,51 | 394 7,35 | |
| 45 1,05 | 95 2,06 | 145 3,01 | 195 3,92 | 245 4,81 | 295 5,68 | 345 6,53 | 395 7,37 | |
| 46 1,08 | 96 2,08 | 146 3,02 | 196 3,94 | 246 4,82 | 296 5,69 | 346 6,55 | 396 7,39 | |
| 47 1,10 | 97 2,10 | 147 3,04 | 197 3,95 | 247 4,84 | 297 5,71 | 347 6,56 | 397 7,40 | |
| 48 1,12 | 98 2,12 | 148 3,06 | 198 3,97 | 248 4,86 | 298 5,73 | 348 6,58 | 398 7,42 | |
| 49 1,14 | 99 2,14 | 149 3,08 | 199 3,99 | 249 4,88 | 299 5,74 | 349 6,6 | 399 7,44 | |
| 50 1,16 | 100 2,16 | 150 3,10 | 200 4,01 | 250 4,89 | 300 5,76 | 350 6,61 | 400 7,45 | |

Fonte: DPSC/NT-03 (CELESC, 1997).

ANEXO C – DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE LIGAÇÃO, ENTRADA, SAÍDA E DE CARGA.

Tipo e Tensão	Categoria	Carga Total Instalada na Unidade Consumidora (kW)	Demanda (kVA)	Proteção Geral Disjuntor (A)		Número de		Ramal de Ligação e Carga		Ramal de Entrada e Saída		Condutor de Proteção Aterramento	Eletroduto		Pontaleta de Ferro Galvanizado		
				IEC/DIN	NEMA	Fases	Fios	Aéreos multiplexados		Método de instalar embutido (B1) ou subterrâneo (D) NBR 5410 - Cobre			Cobre	Tamanho Nominal (pol)		Tamanho Nominal (pol)	Tamanho Nominal (pol)
								Cobre	Alumínio	XLPE/HEPR /EPR 90°C	Isolação PVC 70°C						
Monofásico 220 V Ver nota 7	A1	$0 < C \leq 8$		40	40	1	2	10	10	10	10	10	3/4	1	1 1/2		
	A2	$8 < C \leq 11$		50	50	1	2	10	10	10	10	10	3/4	1	1 1/2		
	A3	$11 < C \leq 13$		63	60	1	2	10	10	10	16	10(16) ⁴	3/4(1) ⁸	1	1 1/2		
	A4	$13 < C \leq 15$		70	70	1	2	10	16	10	16	10(16) ⁴	3/4(1) ⁸	1	1 1/2		
Monofásico 440/220 V Ver Nota 7	M1	$0 < C \leq 17$		50	50	1	3	10	10	10	10	10	1	1 1/2	1 1/2		
	M2	$17 < C \leq 22$		63	60	1	3	10	10	10(16) ⁴	16	10(16) ⁴	1	1 1/2	1 1/2		
	M3	$22 < C \leq 30$		70	70	1	3	10	16	16	25	16	1 1/4	1 1/2	NÃO		
	M4	$30 < C \leq 40$		80/90 ^{1,9}	90 ¹	1	3	16	25	25	35	16	1 1/4	1 1/2	NÃO		
	M5	$40 < C \leq 50$		100 ^{1,3}	100 ^{1,3}	1	3	16	25	25	35	16	1 1/4	1 1/2	NÃO		
Bifásico 380/220V Ver nota 7	B1	$15 < C \leq 20$		50	50	2	3	10	10	10	10	10	1	1 1/2	2		
	B2	$20 < C \leq 25$		63	60	2	3	10	10	10(16) ⁴	16	10(16) ⁴	1	1 1/2	2		
Trifásico 380/220V Ver nota 6	C1	$25 < C \leq 50$	$0 < D \leq 20$	40	40	3	4	10	10	10	10	10	1	1 1/2	2		
			$20 < D \leq 30$	50	50	3	4	10	10	10	10	10	1	1 1/2	2		
			$30 < D \leq 38$	63	60	3	4	10	16	10(16) ⁴	16	10(16) ⁴	1 1/4	2	NÃO		
			$38 < D \leq 45$	70	70	3	4	16	25	16	25	16	1 1/2	2	NÃO		
	C5	$50 < C \leq 75$	$45 < D \leq 55$	80/90 ^{1,9}	90 ¹	3	4	25	35	25	35	16	1 1/2	2	NÃO		
			$55 < D \leq 65$	100 ¹	100 ¹	3	4	25	35	25	35	16	1 1/2	2	NÃO		
			$65 < D \leq 75$	125 ¹	125 ¹	3	4	35	50	35(50) ⁴	50(70) ⁴	16(25/35) ⁴	2	3	NÃO		

NOTAS:

- Utilizar caixa específica tipo MEE de 680 x 550 x 250mm (A x L x P) ou de policarbonato agrupada para trifásico. Também utilizar a caixa MEE na tensão 440/220V quando for instalado o disjuntor tipo em caixa moldada.
- Para agrupamento com mais de três medições consultar a norma para edifícios de uso coletivo.
- Aplicável a atendimento de unidade consumidora com transformador exclusivo de 37,5 kVA ou 50kVA na tensão de 440/220V.
- Usar cabo de maior seção quando ramal for subterrâneo, agrupado com 02 ramaís ou com isolação em PVC 70°C. O cabo isolado em PVC 70°C não se aplica ao kit postinho.
- Carga instalada acima de 75 kW, o atendimento deve ser em tensão primária de distribuição, observadas as exceções previstas no Art. 13 da Resolução ANEEL 414/2010.
- Para ligação trifásica em 380/220V deverá ser calculada a demanda para o dimensionamento a critério do projetista, limitada a carga instalada de 75 kW.
- Para ligação monofásica em 440/220V, bifásica em 380/220V e trifásica, utilizar caixa para medidor trifásico. Caixa monofásica somente até 15 kW.
- Utilizar a maior bitola do eletroduto quando for utilizado cabo de 16mm².
- Utilizar disjuntor IEC/DIN de 90 A quando disponível no mercado.

Fonte: N-321.0001 (CELESC, 2019).

ANEXO D – RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS DOS CABOS.

Afumex® Flex 0,6/1kV (Unipolar)												
Part Number	Seção (mm ²)	Diâmetro nominal condutor (mm)	Espessura nominal isolamento (mm)	Espessura nominal cobertura (mm)	Diâmetro nominal externo (mm)	Peso (kg/km)	Peso líquido do condutor (kg/km)	Rcc (20°C) (Ω/km) ^[1]	Rca (90°C) (Ω/km) ^[2]	Queda de tensão (fp = 0,92) (V/A*km) ^[3]	Capacidade de condução de corrente (A) ^[4]	
239004XX	1x1,5	1,5	0,7	0,9	4,8	33	12	13,3	16,9	27,1	21	
239014XX	1x2,5	1,9	0,7	0,9	5,2	44	19	7,98	10,17	16,3	29	
239024XX	1x4	2,4	0,7	0,9	5,7	59	31	4,95	6,31	10,1	40	
239034XX	1x6	3,0	0,7	0,9	6,2	78	47	3,30	4,21	6,8	53	
239044XX	1x10	3,9	0,7	1,0	7,4	121	81	1,91	2,43	3,9	74	
239054XX	1x16	5,5	0,7	1,0	9,0	179	128	1,21	1,54	2,1	101	
239064XX	1x25	6,2	0,9	1,1	10,3	272	203	0,780	0,995	1,6	135	
239074XX	1x35	8,2	0,9	1,1	12,4	368	282	0,554	0,707	1,2	169	
239084XX	1x50	9,2	1,0	1,2	13,8	524	407	0,386	0,493	0,83	207	
239094XX	1x70	10,9	1,1	1,2	15,7	712	573	0,272	0,349	0,60	268	
239104XX	1x95	12,6	1,1	1,3	17,5	920	757	0,206	0,266	0,46	328	
239114XX	1x120	14,1	1,2	1,3	19,2	1.155	969	0,161	0,209	0,37	383	
239124XX	1x150	16,0	1,4	1,4	21,7	1.446	1.217	0,129	0,169	0,31	444	
239134XX	1x185	17,5	1,6	1,4	23,6	1.730	1.468	0,106	0,141	0,26	510	
239144XX	1x240	20,0	1,7	1,5	26,6	2.262	1.946	0,0801	0,1099	0,21	607	
239154XX	1x300	24,4	1,8	1,6	30,6	2.860	2.460	0,0641	0,0916	0,18	703	
239164XX	1x400	26,2	2,0	1,7	34,3	3.673	3.192	0,0486	0,0738	0,15	823	
239174XX	1x500	31,4	2,2	1,8	38,6	4.590	4.010	0,0384	0,0635	0,14	946	

Fonte: Grupo Prysmian (2022).

APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE CARGAS APTO.

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Disj (A)
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	466	364	R	364			1.00	1.00	2.1	2.1	1.5	17.5	10
2	Iluminação	F+N	B1	220 V	364	296	R	296			1.00	1.00	1.7	1.7	1.5	17.5	10
3	Tomadas coz.	F+N+T	B1	220 V	1333	1200	R	1200			1.00	1.00	6.1	6.1	2.5	24.0	10
4	Tomadas coz.	F+N+T	B1	220 V	333	300	R	300			1.00	1.00	1.5	1.5	2.5	24.0	10
5	Geladeira	F+N+T	B1	220 V	390	312	R	312			1.00	1.00	1.8	1.8	2.5	24.0	10
6	Lava roupa	F+N+T	B1	220 V	663	530	R	530			1.00	1.00	3.0	3.0	2.5	24.0	10
7	Tomadas	F+N+T	B1	220 V	1111	1000	S		1000		1.00	1.00	5.1	5.1	2.5	24.0	10
8	Tomadas suite	F+N+T	B1	220 V	778	700	R	700			1.00	1.00	3.5	3.5	2.5	24.0	10
9	Tomadas dom.	F+N+T	B1	220 V	1095	1007	R	1007			1.00	1.00	3.0	3.0	2.5	24.0	10
10	Ar sala	F+N+T	B1	220 V	2344	2110	R	2110			1.00	1.00	10.7	10.7	2.5	24.0	16
11	Ar suite	F+N+T	B1	220 V	753	678	R	678			1.00	1.00	3.4	3.4	2.5	24.0	10
12	Ar dom.	F+N+T	B1	220 V	753	678	R	678			1.00	1.00	3.4	3.4	2.5	24.0	10
13	Chuv. suite	F+N+T	B1	220 V	4400	4400	S		4400		1.00	1.00	20.0	20.0	2.5	24.0	20
14	Chuveiro	F+N+T	B1	220 V	4400	4400	S		4400		1.00	1.00	20.0	20.0	2.5	24.0	20
TOTAL					19184	17975	R+S	8175	9800	0							

Fonte: Autor (2022).

**APÊNDICE B – LISTA DE MATERIAIS DA ENTRADA DE ENERGIA
(COMUM AOS DOIS SISTEMAS)**

Quantidade	Unidade	Descrição	Custo Unitário	Total
4	metros	Eletroduto PVC rígido - 4"	R\$ 69,30	R\$ 277,20
18	metros	Eletroduto PEAD reforçado - 4"	R\$ 12,54	R\$ 225,72
12	metros	Eletroduto de ferro galvanizado 4"	R\$ 658,00	R\$ 7.896,00
2	un.	Cabeçote em alumínio padrão Celesc 4"	R\$ 17,86	R\$ 35,72
8	un.	Conector derivação perfurante (piercing) #95mm2	R\$ 14,99	R\$ 119,92
6	metros	Fita aço inoxidável	R\$ 2,38	R\$ 14,28
6	un.	Fecho para fita inoxidável	R\$ 0,82	R\$ 4,92
2	un.	Curva longa ferro galvanizado 4"	R\$ 232,70	R\$ 465,40
4	un.	Luvas 4" ferro galvanizado	R\$ 41,73	R\$ 166,92
1	un.	Conector para haste de terra GTDU	R\$ 17,63	R\$ 17,63
2	un.	Terminalmecânico 10mm2	R\$ 1,91	R\$ 3,82
3	un.	Caixa passagem 90x70x80cm	R\$ 1.143,61	R\$ 3.430,83
25	metros	Cabo nu 95mm2	R\$ 40,77	R\$ 1.019,25
6	un.	Hastes aterramento 5/8x2,4m	R\$ 65,03	R\$ 390,18
1	un.	Caixa inspeção 30x30x40cm	R\$ 23,33	R\$ 23,33
45	metros	Fiação de cobre 95mm2 epr 1kV - fase - preto	R\$ 49,81	R\$ 2.241,45
45	metros	Fiação de cobre 95mm2 epr 1kV - fase - branco	R\$ 49,81	R\$ 2.241,45
45	metros	Fiação de cobre 95mm2 epr 1kV - fase - vermelho	R\$ 49,81	R\$ 2.241,45
45	metros	Fiação de cobre 95mm2 epr 1kV - neutro - azul	R\$ 49,81	R\$ 2.241,45
TOTAL				R\$ 23.056,92

Fonte: Autor (2022).

APÊNDICE C – LISTA DE MATERIAIS DO SISTEMA CONVENCIONAL

Quantidade	Unidade	Descrição	Custo Unitário	Total
5	un.	Quadro de medição com chapa 1,5mm para 20 medidores, 1 e reservas na coluna de 40 cm, 286x137x23 cm, 6 módulos de 31 cm, 1 módulos de 40 cm e 1 armário de distribuição com 50cm. Com barramento de distribuição 1"x1/4, cabeado.	R\$ 21.081,64	R\$ 21.081,64
1	un.	Disjuntor 3P 350A 36KA TMA		
1	un.	Disjuntor 3P 150A 10KA TMF		
90	un.	Minidisjuntor 3P CURVA C 63A 3KA		
5	un.	Protetor c. Telef/energ dps vcl 275V 12,5/60kA slim classe I/II		
5	un.	Barramentos		
108	un.	Conector terminal tipo Ilhós com capa plástica 16mm2	R\$ 0,40	R\$ 43,20
6	un.	Conector terminal tipo Ilhós com capa plástica 35mm2	R\$ 0,57	R\$ 3,42
1	un.	Caixa passagem 90x70x80cm - tampa ferro fundido com resistência de 125kN	R\$ 1.143,61	R\$ 1.143,61
4	un.	Caixa passagem 90x70x80cm	R\$ 1.332,27	R\$ 5.329,08
1620	metros	Eletroduto PEAD reforçado - 1.1/4"	R\$ 3,53	R\$ 5.718,60
10	metros	Eletroduto PEAD reforçado - 1.1/2"	R\$ 5,34	R\$ 53,40
10	metros	Eletroduto PVC rigidio - 1.1/2"	R\$ 4,27	R\$ 42,70
1750	metros	Cabo de cobre 10mm2 epr 1kV - fase - preto	R\$ 8,93	R\$ 15.627,50
1750	metros	Cabo de cobre 10mm2 epr 1kV - fase - branco	R\$ 8,93	R\$ 15.627,50
1750	metros	Cabo de cobre 10mm2 epr 1kV - fase - vermelho	R\$ 8,93	R\$ 15.627,50
1750	metros	Fiação de cobre 16mm2 epr 1kV - terra - verde	R\$ 8,93	R\$ 15.627,50
3	un.	Caixa de passagem em PVC - 60x40x20 cm	R\$ 245,69	R\$ 737,07
1	un.	Caixa de passagem em PVC - 40x40x20 cm	R\$ 116,01	R\$ 116,01
14	un.	Caixa de passagem em PVC - 20x20x20 cm	R\$ 33,97	R\$ 475,58
10	metros	Fita isolante	R\$ 4,54	R\$ 45,40
200	un.	Cinta nylon 20 centímetros - organizador de cabos	R\$ 0,12	R\$ 24,00
10	metros	Cabo de cobre 35mm2 epr 1kV - fase - preto	R\$ 19,81	R\$ 198,10
10	metros	Cabo de cobre 35mm2 epr 1kV - fase - branco	R\$ 19,81	R\$ 198,10
110	metros	Cabo de cobre 35mm2 epr 1kV - fase - vermelho	R\$ 19,81	R\$ 2.179,10
10	metros	Cabo de cobre 35mm2 epr 1kV - neutro - azul	R\$ 19,81	R\$ 198,10
10	metros	Cabo de cobre 35mm2 epr 1kV - terra - verde	R\$ 19,81	R\$ 198,10
TOTAL				R\$ 96.662,72

Fonte: Autor (2022).

APÊNDICE D – LISTA DE MATERIAIS DO SISTEMA DE BARRAMENTO BLINDADO

Quantidade	Unidade	Descrição	Custo Unitário	Total
Barramento Blindado BWW01-MA500F-54				
41	Metros	Barramento blindado horizontal sem janela (metro linear) BWW01-MA500F-54	R\$ 49.834,00	R\$ 49.834,00
16	Metros	Barramento blindado vertical sem janela (metro linear) BWW01-MA500F-54		
45	Metros	Barramento blindado vertical com janela (metro linear) BWW01-MA500F-54		
15	Un.	Caixas de derivação (unidade) BWW01-MA500F-54		
18	Un.	Barreira corta-fogo		
1	Un.	Caixa c/ terminais para cabos		
8	Un.	Curva		
41	Un.	Conexão rápida		
52	Un.	Suportes		
Quadro Concentrador de Telemedicação Local				
1	Un.	Quadro de telemedicação local, em alumínio, (LxAxP) 375x950x250mm #1,5mm, pintura epoxi	R\$ 2.626,82	R\$ 2.626,82
		Botão de impulso plástico monobloco vd 1 na/nf sibratec 1		
		Conversor serial optico RS232-rs485 tcng 1		
		Minidisjuntor 1P curva c 10a 3ka abb 1		
		Tomada painel 2P+T 20A pt retangular		
		Parafuso weg 2		
		Conector borne parafuso 2,5mm cz connectwell 2		
		Tampa final borne 2,5mm cz connectwell 1		
Poste para borne cz				
Telemedicação - Quadro medidor Condomínio				
1	Un.	Conector borne parafuso 2,5mm cz connectwell 2	R\$ 998,03	R\$ 998,03
		Tampa final borne 2,5mm cz connectwell 1		
		Poste para borne cz connectwell 2		
		Caixa multibox RJ11 tcng 1		
		Amplificador conversor interface serial RS485-RS485 tcng 1		
		Tomada painel 2P+T 20A pt retangular parafuso weg 2		
		Minidisjuntor 1P curva C 10A 3kA ABB 1		
Montagem do cabeamento da telemedicação, incluso acessorios como cabos				

Continua...

Telemedição QM - Quadro Medidores Apartamentos				
1	Un.	Conector borne parafuso 2,5mm cz connectwell 2	R\$ 989,02	R\$ 989,02
		Tampa final borne 2,5mm cz connectwell 1		
		Poste para borne cz connectwell 2		
		Caixa multibox RJ11 tcng 1		
		Amplificador conversor interface serial RS485-RS485 tcng 1		
		Tomada painel 2P+T 20A pt retangular parafuso WEG		
		Minidisjuntor 1P curva c 10A 3kA ABB 1		
Montagem do cabeamento da telemedição, incluso acessórios como cabos blindado, abraçadeiras, terminais RJ11 e ilhos				
QM - Quadro Medidores Apartamentos				
15	15	Quadro de medidor para barramento Busway, 06 medidores, uso com pinça em alumínio, medidores 40-80A, 500x1000x250mm #1,5mm (LxAxP)	R\$ 2.916,34	R\$ 43.745,10
		Disjuntor 3P 125A 18kA tmf ABB 1		
		6x Minidisjuntor 2P curva C 50A 6kA ABB 2		
		Conector borne parafuso 16mm cz connectwell 2		
		Poste para borne cz connectwell 1		
		Barramentos comando 1		
		Montagem do cabeamento qm barramento busway, incluso acessórios como cabos, braçadeiras, bornes sak, terminais retratil ou tcm e ilhos		
QGP - Quadro de Proteção Geral				
1	1	Caixa de distribuição geral, aluminio, branco. Dimensão (LxAxP): 650x1200x250mm #1,5mm.	R\$ 9.167,53	R\$ 9.167,53
		Disjuntor 3P 400A 36kA tma ABB - 350A		
		Disjuntor 3P 250A 18kA tmf ABB		
		Disjuntor 3P 125A 18kA tmf ABB		
		Minidisjuntor 3P curva C 63a 3kA ABB 1 - proteção DPS		
		Protetor c. Telef/energ dps vcl 275V dps 12,5/60kA slim classe I/II clamper 3		
		Barramento tipo pino 1P 80A 12		
Modulos weg				
Acessórios, barramentos e montagens				
TOTAL				R\$ 107.360,50

Fonte: Autor (2022).