



Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi
Taubaté-Sp 12060-440
Tel.: (12) 3625-4190
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

ALAN KIYOSHI RODRIGUES SATO
ANA CECÍLIA CÂMARA TORINO

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA E MÉDIA TENSÃO
METODOLOGIAS APLICADAS EM PROJETOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

ALAN KIYOSHI RODRIGUES SATO
ANA CECÍLIA CÂMARA TORINO

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA E MÉDIA TENSÃO
METODOLOGIAS APLICADAS EM PROJETOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Trabalho de Graduação apresentado ao Coordenador de Trabalho de Graduação de Engenharia Elétrica e Eletrônica do Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Octávio Mattos dos Reis

Taubaté
2016

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

S253i Sato, Alan Kiyoshi Rodrigues
Instalações elétricas de baixa e média tensão:
metodologias aplicadas em projetos e análise de resultados. /
Alan Kiyoshi Rodrigues Sato, Ana Cecília Câmara Torino. -
2016.

101f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica e
Eletrônica) – Universidade de Taubaté. Departamento de
Engenharia Elétrica e Eletrônica, 2016
Orientador: Prof. Dr. Luiz Octavio Mattos dos Reis,
Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica.

1. Instalações elétricas. 2. Baixa tensão. 3. Média
tensão. 4. Cálculos luminotécnicos. 5. No-break. I. Título.



Universidade de Taubaté

Autarquia Municipal de Regime Especial
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP
CNPJ 45.176.153/0001-22

Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi
Taubaté-Sp 12060-440
Tel.: (12) 3625-4190
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA E MÉDIA TENSÃO
METODOLOGIAS APLICADAS EM PROJETOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

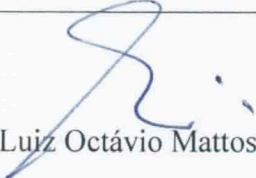
ALAN KIYOSHI RODRIGUES SATO
ANA CECÍLIA CÂMARA TORINO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA


Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES
Coordenador

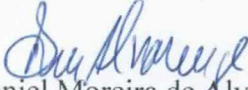
BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Luiz Octávio Mattos dos Reis

Orientador/UNITAU-DEE


João Roberto de Moraes

UNITAU-DEE


Daniel Moreira de Alvarenga

Membro externo

Dezembro de 2016

A Deus pela sua infinita misericórdia e aos nossos pais e demais familiares por ter tido paciência conosco em todas as horas que precisamos, dispondo do seu tempo, estimulando e acreditando na concretização deste nosso sonho.

AGRADECIMENTOS

"A Deus, quando algumas vezes, sentindo-nos desacreditado e perdido nos nossos objetivos e ideais nos fez vivenciar a delícia de nos formar.

Aos nossos queridos pais, que nos trouxeram com todo o amor e carinho a este mundo, dedicaram, cuidaram e doaram seu sangue e suor em forma de amor e trabalho por nós, despertando e alimentando em nossa personalidade, a sede pelo conhecimento e a importância deste em nossa vida.

As nossas irmãs por acreditarem e torcerem por nós.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Luiz Octavio Mattos dos Reis o nosso mais sincero agradecimento por todo o conhecimento empregado e dedicado com carinho e amor pela profissão.

Aos amigos, familiares, professores e todos aqueles que cruzaram em nossa vida, participando de alguma forma na construção e realização deste tão desejado sonho."

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível”

Charles Chaplin

SATO, A. K. R.; TORINO, A. C. C., *Instalações Elétricas em Baixa e Média Tensão - Metodologias aplicadas em projetos e análise de resultados* 2016. 101 f. Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2016.

RESUMO

Projetos de instalações elétricas de baixa e média tensão são, em geral, as espinhas dorsais de qualquer empreendimento. Um simples cálculo incoerente ou incorreto pode acarretar na interrupção de energia, ocasionando prejuízos dos mais variados. Este trabalho tem por objetivo demonstrar, por meios de cálculos e aplicações práticas, as metodologias aplicadas em projetos, desde a entrada em média tensão até os circuitos de distribuição em baixa tensão, contemplando os cálculos de proteção, coordenação, seletividade, curto circuito, dimensionamento de condutores, entre outros. Como aplicação prática, será desenvolvido o projeto de uma loja de um grupo de supermercados, contemplando todas as etapas necessárias para sua elaboração, utilizando softwares específicos de dimensionamento, elaborações de curvas de coordenação e seletividade e medições dos resultados in-loco. Serão projetados todos os painéis elétricos necessários de baixa e média tensão bem como os cálculos luminotécnicos. O motivo de escolhermos tal aplicação está na abrangência deste sistema, pois envolve desde a entrada em média tensão, utilização de geradores de energia de emergência ligados na barra de baixa tensão (não conectado em paralelo com a concessionária, porém há um sistema de transferência automática), projeto de todos os painéis de alimentação e distribuição, dimensionamento de sistema de energia ininterrupta e sistemas de refrigeração com bombas, compressores e motores diversos e sobretudo a distribuição de circuitos elétricos em geral.

PALAVRAS-CHAVE: Instalações Elétricas. Baixa Tensão. Média Tensão. Proteção.

Seletividade. Coordenação. Curto Circuito. Cálculos luminotécnicos. No-Break. Refrigeração.

SATO, A. K. R. ; TORINO, A. C. C., *Electrical Installations in Low and Medium Voltage - Methodologies applied in the design and analysis of results*. 2016. 101 p. Graduate work in Electrical Engineering - Department of Electrical Engineering, University of Taubaté, Taubaté, 2016.

ABSTRACT

Projects of electrical low and medium voltage facilities are generally backbones of any enterprise. A simple inconsistent or incorrect calculation may result in power outage, causing losses of more varied. This work aims to demonstrate, by means of calculations and practical applications, the methodologies applied in projects, since the entry into medium voltage to the distribution circuits at low voltage, comprising the protection calculations, coordination, selectivity, short circuit, sizing conductors, among others. As a practical application, the design of a store group will be developed, covering all the steps necessary for their development, using specific design software, coordination curves elaborations and selectivity and measurement of results in place. They will be designed all the necessary electrical panels of low and medium voltage as well as lighting calculations. The reason for choosing such an application is in the scope of this system because it involves since the entry into medium voltage, use of emergency power generators connected to the low voltage bar (not connected in parallel with the utility, but there is an automatic transfer system), design of all power and distribution panels, uninterruptible power system design and cooling systems with pumps, compressors and various engines and especially the distribution of electrical circuits in general.

KEYWORDS: Electrical Installations. Low voltage. Medium Voltage. Protection. Selectivity. Coordination. Short circuit. lighting calculations. UPS. Cooling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Sistema elétrico de baixa e média tensão.....	22
Figura 1.2 – Exemplos de ramal de ligação.....	24
Figura 1.3 – Grupo Gerador (GMG).....	24
Figura 1.4 – Grau de proteção.....	26
Figura 1.5 – Condutores isolados (fio e cabo).....	30
Figura 1.6 – Cabo unipolar.....	30
Figura 1.7 – Cabo multipolar.....	31
Figura 1.8 – Topologia típica de uma instalação industrial.....	34
Figura 1.9 – Layout típico de um painel de distribuição.....	35
Figura 1.10 – Layout típico de um CCM.....	37
Figura 1.11 – Layout típico de um CCM Inteligente.....	38
Figura 1.12 – Layout típico de um painel de controle.....	39
Figura 1.13 – Layout típico de um painel de acionamento de drives.....	40
Figura 1.14 – Conjunto do tipo Armário.....	41
Figura 1.15 – Conjunto do tipo multi-colunas (1).....	41
Figura 1.16 – Conjunto do tipo multi-colunas (2).....	42
Figura 1.17 – Conjunto do tipo mesa de comando.....	42
Figura 1.18 – Conjunto do tipo caixa modular.....	43
Figura 1.19 – Exemplos de montagens fixas e extraíveis.....	43
Figura 1.20 – Legenda das formas de separação.....	45
Figura 1.21 – Formas de separação.....	45
Figura 1.22 – Corrente de curto-circuito parcialmente simétrica.....	46
Figura 1.23 – Corrente de curto-circuito parcialmente assimétrica.....	47
Figura 1.24 – Corrente de curto-circuito totalmente assimétrica.....	47
Figura 1.25 – Corrente de curto-circuito assimétrica e simétrica.....	47
Figura 1.26 – Corrente de curto-circuito nos terminais do gerador.....	48
Figura 1.27 – Componentes de uma corrente de curto circuito.....	49
Figura 1.28 – Curto circuito Fase – Fase.....	51
Figura 1.29 – Curto circuito Fase – Fase – Terra.....	51
Figura 1.30 – Curto circuito Fase – Terra.....	52
Figura 1.31 – Contato simultâneo entre dois condutores e terra.....	52
Figura 1.32 – Transformação de diagrama unifilar em diagrama de impedâncias.....	52
Figura 1.33 – Triângulo de Potência.....	56
Figura 1.34 – Tipos de correção de fator de potência.....	60
Figura 1.35 – Layout da Loja Figura 1.45 – Docas (1).....	63
Figura 1.36 – Características técnicas – Luminária FHB03-S454.....	64
Figura 1.37 – Renderização 3D.....	64
Figura 1.38 – Renderização 3D – Cores Falsas.....	65
Figura 1.39 – Características técnicas – Luminária FAN-E228.....	66
Figura 1.40 – Área da Tesouraria.....	66
Figura 1.41 – Mezanino B (Administração).....	67
Figura 1.42 – Características técnicas – Luminária FAN-E228.....	68
Figura 1.43 – Câmaras Frias.....	69
Figura 1.44 – Características técnicas – Luminária FHT03-S228.....	69
Figura 1.45 – Docas, Manutenção e depósito (1).....	71
Figura 1.45 – Docas, Manutenção e depósito (2).....	72
Figura 1.46 – Mezanino A (Funcionários).....	72
Figura 1.47 – Características técnicas – Luminária FHB03-S454.....	73
Figura 1.48 – Características técnicas – Luminária FAN-E228.....	73

Figura 1.49 – Características técnicas – Luminária FHT03-S228.....	73
Figura 1.50 – Mezanino C (Casa de máquinas).....	74
Figura 1.51 – Características técnicas – Luminária FAN-E228.....	75
Figura 1.52 – Resultados – Alimentador Transformador.....	82
Figura 1.53 – Resultados – Alimentador Grupo Gerador.....	83
Figura 1.54 – Ajustes de proteção do Alimentador.....	84
Figura 1.55 – Relé de proteção Pextron UPR-1439T.....	87
Figura 1.56 – Disjuntor de proteção SF6 – Schneider Electric.....	88
Figura 1.57 – Diagrama funcional do comando da proteção.....	88
Figura 1.58 – Curvas de proteção.....	90
Figura 1.59 – Características técnicas – Luminária FHB03-S454.....	91
Figura 1.60 – Características técnicas – Luminária Intral Ágata.....	91
Figura 1.61 – Renderização 3D.....	91
Figura 1.62 – Renderização 3D – Cores Falsas.....	92
Figura 1.63 – Potência Ativa (kW) - 04/10/2016.....	94
Figura 1.64 – Potência Reativa (kVAr ind.) - 04/10/2016.....	95
Figura 1.65 – Potência Aparente (kVA) - 04/10/2016.....	95
Figura 1.66 – Fator de Potência – 04/10/2016.....	96
Figura 1.67 – Potência Ativa (kW) – Outubro/2016.....	96
Figura 1.68 – Potência Reativa (kVAr ind.) – Outubro/2016.....	97
Figura 1.69 – Potência Aparente (kVA) – Outubro/2016.....	97
Figura 1.70 – Fator de Potência – Outubro/2016.....	98
Figura 1.71 – Correção de Fator de Potência – 03/11/2016.....	99
Figura 1.72 – Correção de Fator de Potência – Outubro a Novembro/2016.....	99

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.1 – Cálculo da corrente curto circuito.....	50
Equação 1.2 – Cálculo da constante de tempo Ct.....	50
Equação 1.3 – Cálculo de θ	50
Equação 1.4 – Resistência Rus.....	53
Equação 1.5 – Resistência Rus.....	53
Equação 1.6 – Cálculo da reatância em PU.....	53
Equação 1.7 – Impedância em PU.....	53
Equação 1.8 – Soma das impedâncias do sistema.....	54
Equação 1.9 – Corrente de base.....	54
Equação 1.10 – Cálculo da corrente de curto circuito simétrica eficaz.....	54
Equação 1.10 – Equação simplificada de cálculo de CC nos terminais do transformador.....	54
Equação 1.11 – Corrente de curto circuito assimétrica.....	54
Equação 1.12 – Impulso da corrente de curto circuito.....	55
Equação 1.13 – Corrente bifásica de curto circuito.....	55
Equação 1.14 – Cálculo de Fator de Potência (1).....	56
Equação 1.15 – Cálculo de Fator de Potência (2).....	56
Equação 1.16 – Cálculo das quedas de tensão (1).....	57
Equação 1.17 – Cálculo das quedas de tensão (2).....	58
Equação 1.18 – Redução percentual das perdas.....	58
Equação 1.19 – Cálculo de corrente nominal.....	85
Equação 1.20 – Cálculo de corrente Irush.....	85
Equação 1.21 – Cálculo de corrente Irush real	85
Equação 1.22 – Ajuste do parâmetro 51.....	85
Equação 1.23 – Ajuste do parâmetro 50.....	86
Equação 1.24 – Ajuste do parâmetro 51N.....	86
Equação 1.25 – Ajuste do parâmetro 51.....	86
Equação 1.26 – Cálculo de potência reativa para FP 0,98.....	90
Equação 1.27 – Cálculo do banco de capacitores.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Materiais empregados na isolação de condutores	29
Tabela 1.2 - Cobertura para cabos.....	31
Tabela 1.3 - Especificação de temperaturas de acordo com o material de isolação do cabo....	32
Tabela 1.4 - Formas típicas de separação por barreira ou particionamento.....	44
Tabela 1.5 - Fator de assimetria.....	55
Tabela 1.6 - Tabela de Cargas - Iluminação nave da loja.....	65
Tabela 1.7 - Tabela de Cargas - Tomadas nave da loja.....	65
Tabela 1.8 - Tabela de Cargas - Iluminação área tesouraria.....	67
Tabela 1.9 - Tabela de Cargas - Tomadas área tesouraria.....	67
Tabela 1.10 - Tabela de Cargas – Iluminação mezanino B.....	68
Tabela 1.11 - Tabela de Cargas - Tomadas mezanino B.....	68
Tabela 1.12 - Tabela de Cargas - Iluminação câmara fria.....	69
Tabela 1.13 - Tabela de Cargas - Tomadas câmara fria.....	70
Tabela 1.14 - Tabela de Cargas - Iluminação mezanino A, depósito, doca, manutenção.....	73
Tabela 1.15 - Tabela de Cargas - Tomadas mezanino A, depósito, doca, manutenção.....	73
Tabela 1.16 - Tabela de Cargas - Iluminação mezanino C.....	75
Tabela 1.17 - Tabela de Cargas - Tomadas mezanino C.....	75
Tabela 1.18 - Tabela de Cargas - Sistema de refrigeração alimentar.....	75
Tabela 1.19 - Determinação de demanda de circuitos.....	76
Tabela 1.20 - Dimensionamento do sistema de UPS.....	76
Tabela 1.21 - Lista de painéis elétricos da loja.....	77
Tabela 1.22 - Quadro de Cargas - QDFL 01.....	77
Tabela 1.23 - Quadro de Cargas - QDFL 02.....	78
Tabela 1.24 - Quadro de Cargas - QDFL 03.....	79
Tabela 1.25 - Quadro de Cargas - QDFL 04.....	79
Tabela 1.26 - Quadro de Cargas - QREFR.....	80
Tabela 1.27 - Quadro de Cargas - QUPS.....	80
Tabela 1.28 - Quadro de Cargas - QGBT.....	80
Tabela 1.29 - Seleção de transformação e gerador.....	81
Tabela 1.30 - Características do sistema dimensionado.....	84
Tabela 1.31 - Corrente de curto circuito informado pelo Shopping.....	84
Tabela 1.32 - Resumo parametrização do relé de proteção.....	86
Tabela 1.33 - Resumo de cargas instaladas e fator de potência presumido.....	90
Tabela 1.34 - Diferença de custos de energia.....	93
Tabela 1.35 - Payback para utilização de luminária LED.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANBT	Associação Brasileira de normas técnicas
CC	Corrente Contínua
CCM	Centro de controle de motores
CFTV	Circuito fechado de televisão
CKT	Circuito
CLP	Controlador lógico programável
CPD	Centro de processamento de dados
EMC	Compatibilidade eletromagnética
Hz	Hertz
IEC	International Electrotechnical Commission
NA	Normal aberto
NBR	Norma brasileira
NF	Normal fechado
PTTA	Partial Type Tested Assembly
QDFE	Quadro de força e luz
QGBT	Quadro de distribuição geral de baixa tensão
QREFR	Quadro de refrigeração
QUPS	Quadro de No-break's
TC	Transformador de corrente
TUE	Tomada de uso específico
TUG	Tomada de uso geral
UPS	Uninterruptible Power Supply

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
1.1. Objetivos e Justificativa.....	18
1.1.1. Objetivo Geral	22
1.1.2. Objetivos Específicos	23
1.1.3 Justificativa.....	23
1.2. Metodologia.....	19
1.2.1. Projeto elétrico.....	19
1.2.1.1. Projeto luminitécnico e de tomadas de uso geral e específico	19
1.2.1.2. Sistema de Refrigeração	20
1.2.1.3. Dimensionamento de sistema de alimentação ininterrupta (UPS)	20
1.2.1.4. Determinação de Quadro de Cargas, Demanda Presumida, Dimensionamento de Condutores e Proteção.....	20
1.2.1.5. Estudo de Curto Circuito, Proteção, Coordenação e Seletividade - Alimentador Transformador e Gerador	21
1.2.1.6. Cálculo de fator de potência presumido e correção de fator de potência....	21
1.2.1.7. Estudo de caso – Viabilidade para utilização de iluminação LED.....	21
1.2.1.8. Resultados obtidos.....	22
1.3. Revisão Bibliográfica	22
1.3.1. Instalações Elétricas de baixa e média tensão	22
1.3.1.1. Conceito.....	22
1.3.1.2. Geração	22
1.3.1.3. Transmissão	23
1.3.1.4. Distribuição	23
1.3.2. Geradores de energia elétrica	24
1.3.2.1. Conceito.....	24
1.3.2.2. Características ambientais	25
1.3.2.3. Grau de proteção.....	25
1.3.2.4. Características de desempenho.....	26
1.3.3. Projetos de instalações elétricas	26
1.3.3.1. Conceito.....	26
1.3.3.2. Normatização de símbolos.....	27
1.3.3.3. Critérios para elaboração.....	27
1.3.3.4. Informações preliminares	27
1.3.3.5. Levantamento de cargas	28
1.3.3.6. Dimensionamento.....	28
1.3.3.7. Quadros de distribuição e diagramas.....	28
1.3.3.8. Memorial de cálculo	29
1.3.4. Condutores Elétricos.....	29
1.3.4.1. Conceito.....	29
1.3.4.2. Temperatura.....	31
1.3.4.3. Capacidade de condução de corrente.....	32
1.3.5. Paineis Elétricos de Baixa Tensão.....	32
1.3.5.1. Norma NBR IEC 60439-1	32
1.3.5.2. Conceito de TTA	32
1.3.5.3. Conceito de PTTA.....	33
1.3.5.4. Aplicações dos painéis de baixa tensão.....	33

1.3.5.4.1. Painéis de distribuição e sub-distribuição	35
1.3.5.4.2. CCM – Centro de controle de motores.....	36
1.3.5.4.3. CCM inteligente	37
1.3.5.4.4. Painel de controle	38
1.3.5.4.5. Painel de acionamento – Drives	39
1.3.5.5. Conjunto do tipo armário.....	40
1.3.5.6. Conjunto do tipo multi-colunas	41
1.3.5.7. Conjunto do tipo mesa de comando	42
1.3.5.8. Conjunto do tipo modular – caixa padrão	42
1.3.5.9. Conjunto com montagens fixas e extraíveis.....	43
1.3.5.10. Separação interna dos conjuntos – Forma construtiva	44
1.3.6. Curto circuito em instalações elétricas.....	46
1.3.6.1. Conceito.....	46
1.3.6.2. Corrente de curto circuito simétrica	46
1.3.6.3. Corrente de curto circuito assimétrica.....	47
1.3.6.4. Curto circuito nos terminais dos geradores	48
1.3.6.4.1. Reatância transitória.....	48
1.3.6.4.2. Reatância síncrona.....	48
1.3.6.5. Curto circuito distante dos terminais do gerador.....	49
1.3.6.6. Cálculo das correntes de curto circuito.....	50
1.3.6.7. Curto circuito trifásico.....	50
1.3.6.7. Curto circuito bifásico	51
1.3.6.8. Curto circuito Fase-terra	51
1.3.6.9. Transformação em impedâncias	52
1.3.6.9.1. Impedância reduzida do sistema (Zus).....	53
1.3.6.10. Corrente simétrica de curto circuito trifásico	53
1.3.6.11. Corrente assimétrica de curto circuito trifásico.....	54
1.3.6.12. Impulso da corrente de curto circuito.....	55
1.3.6.13. Corrente bifásica de curto circuito.....	55
1.3.7. Fator de Potência e Correção.....	55
1.3.7.1. Conceito.....	55
1.3.7.2. Consequência e causas de um baixo fator de potência.....	57
1.3.7.2.1. Perdas na instalação.....	57
1.3.7.2.2. Quedas de tensão	57
1.3.7.3. Vantagens da correção do fator de potência.....	57
1.3.7.3.1. Melhoria da tensão	57
1.3.7.3.2. Redução das perdas	58
1.3.7.3.3. Vantagens da empresa	58
1.3.7.3.4. Vantagens da concessionária.....	59
1.3.7.4. Correção do fator de potência em baixa tensão.....	59
1.3.7.4.1. Tipos de correção de fator de potência.....	59
1.3.7.5. Correção do fator de potência em redes com harmônicas.....	60
1.3.7.5.1. Origem das harmônicas	60
1.3.7.5.2. Classificação das harmônicas	61
1.3.7.5.3. Problemas causados pelas harmônicas.....	61
1.3.7.5.3. Fator de potência com harmônicas.....	62
1.3.7.5.4. Proteção contra harmônicas.....	62
2. DESENVOLVIMENTO.....	63
2.1. Layout da Loja.....	63
2.2. Nave da loja, Tesouraria e Mezanino B (Administração)	63

2.2.1. Estudo Luminotécnico e dimensionamento de tomadas.....	63
2.2.1.1. Nave da Loja.....	63
2.2.1.2. Tesouraria	66
2.2.1.3. Mezanino B – Administração	67
2.3. Câmaras frias	68
2.3.1. Estudo Luminotécnico e dimensionamento de tomadas.....	68
2.4. Mezanino A (Funcionários), Docas e Manutenção	70
2.4.1. Estudo Luminotécnico e dimensionamento de tomadas.....	70
2.5. Mezanino C (Casa de Máquinas).....	74
2.5.1. Estudo Luminotécnico e dimensionamento de tomadas.....	74
2.6. sistema de refrigeração alimentar	75
2.7. Dimensionamento de sistema de Alimentação Ininterrupta (UPS).....	76
2.7. Quadro de cargas, demanda presumida, dimensionamento de transformador, grupo gerador, condutores e proteções	77
2.7.1. Quadro QDFL-01	77
2.7.2. Quadro QDFL-02	78
2.7.3. Quadro QDFL-03	79
2.7.4. Quadro QDFL-04	79
2.7.5. Quadro QREFR	80
2.7.6. Quadro QUPS	80
2.7.7. Quadro QGBT	880
2.7.8. Dimensionamento de transformador e grupo gerador de energia.....	81
2.8. Estudo de curto circuito, coordenação, seletividade e proteção – Alimentador Trasnformador e Gerador	81
2.8.1. Estudo de Curto Circuito, coordenação e seletividade.....	81
2.8.2. Estudo de Proteção em Média Tensão – Classe 15kV	84
2.8.2.1. Parâmetros do transformador TR1 – 500kVA.....	85
2.8.2.2. Parâmetros de ajuste do relé de proteção – Pextron URP-1439T.....	85
2.8.2.3. Características do relé de proteção – Pextron URP-1439T	87
2.8.2.4. Características do disjuntor de proteção	88
2.8.2.5. Diagrama funcional do comando da proteção	88
2.8.2.6. Curvas de proteção	89
2.9. cálculo de fator de potência presumido e correção de fator de potência.....	90
2.9.1. Cargas instaladas – Potência Ativa, Reativa e Fator de Potência.....	90
2.10. Estudo de caso – Viabilidade para utilização de iluminação LED.....	91
3. RESULTADOS OBTIDOS.....	94
3.1. Medições do dia 04 de Outubro de 2016.....	94
3.2. Medições do mês de outubro de 2016	96
3.3. correção de fator de potência.....	98
4. CONCLUSÃO.....	100
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica está presente na maioria dos empreendimentos, senão em todos, contemplando todos os segmentos, sendo eles residencial, comercial, industrial, etc.

Este trabalho tem por objetivo demonstrar as etapas para a elaboração de um projeto de instalações elétricas em baixa e média tensão, regidos pelas principais normas técnicas específicas, sendo elas nacionais ou internacionais, das quais podemos citar a NR 10 (Segurança em instalação e serviços em eletricidade), NBR 5410 (Instalações elétricas em baixa tensão), NBR 14039 (Instalações elétrica em média tensão) e NBR IEC 60439 (Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão), entre outras. Um dos principais objetivos dos projetos elétricos diz respeito a garantir plena segurança de todos que usufruem da energia elétrica, sendo as pessoas que trabalham com esta e, principalmente, os usuários.

Pode-se dizer que a energia elétrica hoje se tornou item de necessidade básica, pois sem esta, não há tecnologia, a qual encurta distâncias e facilita a vida de todos, por exemplo. Desta forma, por estar em todos os lugares, é evidente que os riscos que a envolvem não são pequenos. De fato, todos estamos expostos aos perigos que esta oferece e, por sua vez, às consequências de um projeto mal elaborado, que por sinal, serão amplamente discutidos em momentos oportunos ao longo deste trabalho.

1.1. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Garantir de forma consciente e correta que a instalação está de acordo com as principais normas nacionais e internacionais e principalmente que está segura.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho tem como objetivos específicos os itens descritos abaixo:

- Elencar os principais passos na elaboração de um projeto elétrico de baixa e média tensão;
- Apresentar alguns dos principais equipamentos de proteção utilizados em serviços com eletricidade;
- Apresentar os cálculos luminotécnicos e de dimensionamento de uma loja;
- Apresentar o estudo de curto circuito e seletividade;
- Apresentar o cálculo do fator de potência e como corrigi-lo;
- Avaliar a viabilidade de instalação de lâmpadas LED;

1.1.3 JUSTIFICATIVAS

O presente trabalho diz respeito à conscientização da importância de se elaborar um projeto confiável e com solidez de forma a se garantir o perfeito funcionamento de todos os seus componentes integrantes dentro de limites seguros e com garantia de perfeita operação quando elaborado seguindo regras e conceitos que serão abordados. Em contrapartida consolidar os conhecimentos no que se diz respeito a todas matérias lecionadas durante o período de graduação tendo sua importância intelectual para formação do Engenheiro Eletricista.

1.2. METODOLOGIA

Todos os projetos elétricos e estudos em média tensão deverão ser apresentados e aprovados pelo comitê técnico do Shopping e deverão estar de acordo com as principais normas vigentes.

Para execução do projeto elétrico, foram fornecidos pelo cliente final todas as necessidades, condições de suprimento e características funcionais da planta em geral, sendo eles:

a. Planta de situação

Localização fixa da loja com o objetivo de indicar ao projetista a locação exata da obra na cidade.

b. Projeto arquitetônico

É fornecida indicando todos os detalhes da construção, bem como locação de pontos de consumo, máquinas e equipamentos em geral. O projeto elétrico da loja será dividido por setores, sendo eles:

- a. Loja – Área onde são expostos os produtos para a venda.
- b. Administração – Setor administrativo, especificamente nesta planta, as áreas administrativas estão locadas em dois mezaninos.
- c. Depósito – Área destinada à estocagem dos produtos não perecíveis.
- d. Câmaras frias – Área destinada à estocagem dos produtos perecíveis.
- e. Casa de Máquinas – Área destinada à locação dos painéis de distribuição, cubículo blindado, transformador de potência e rack's de refrigeração.

c. Plantas de detalhes

Esta planta indica todos os detalhes e particularidades da loja que interferem diretamente no projeto elétrico, sendo elas:

- a. Vistas e cortes.
- b. Detalhes de vigas de concreto ou outras particularidades de construção.
- c. Detalhes de suportação metálica da cobertura.

1.2.1. PROJETO ELÉTRICO

1.2.1.1. PROJETO LUMINOTÉCNICO E DE TOMADAS DE USO GERAL E ESPECÍFICO

O projeto luminotécnico será elaborado utilizando o software DiaLux®, capaz de renderizar em 3D todos os detalhes da edificação, tornando o cálculo o mais preciso possível. Serão especificadas todas as luminárias, lâmpadas e refletores a serem utilizados. O projeto será elaborado e executado em conformidade com a NBR5413 – Iluminância de interiores e será executado visando o aproveitamento da iluminação natural durante o dia e a máxima eficiência energética durante a noite, considerando, inclusive, o controle de iluminação em períodos fora de horário comercial.

Para o dimensionamento de tomadas de uso geral (TUG), será utilizado como embasamento técnico a norma ABNT NBR 5410:2004. Para o caso das tomadas de uso especial (TUE), serão indicadas e locadas em projeto conforme especificação do cliente.

1.2.1.2. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

O sistema de refrigeração consiste em compressores e bombas para duas câmaras frias: Resfriado e Condensado. O sistema atende também aos expositores instalados na área da Loja.

Todos os compressores e bombas, por serem partes integrantes de um processo, foram dimensionados pela empresa responsável pela parte de refrigeração da loja, cabendo ao projetista elétrico dimensionar as proteções e condutores necessários para alimentação destas cargas.

De qualquer forma, todas as cargas presentes no sistema de refrigeração serão consideradas nos estudos elaborados mais à frente.

1.2.1.3. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ININTERRUPTA (UPS)

O sistema de UPS (Uninterruptible Power Supply), ou fonte de alimentação ininterrupta, tem por objetivo prover energia ao centro de processamento de dados (CPD) da loja, atendendo todos os caixas, balanças, leitores de preços, computadores, CFTV e rede de dados, que comunica a loja com sua matriz. Por se tratar de uma energia crítica, se faz necessário seu dimensionamento de forma a garantir a continuidade de energia a uma determinada carga em um período de tempo específico.

O dimensionamento será feito com base nos itens especificados no item 1.2.1.1. deste trabalho. Serão projetados dois UPS com as características idênticas com o objetivo de trabalharem em redundância, garantindo maior confiabilidade.

1.2.1.4. DETERMINAÇÃO DE QUADRO DE CARGAS, DEMANDA PRESUMIDA, DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E PROTEÇÃO

Com todas as cargas calculadas, serão dimensionados os equipamentos responsáveis pelo suprimento de energia, sendo eles o transformador e o gerador de emergência.

Este dimensionamento será feito através do quadro de cargas e da determinação da demanda de todos os circuitos da instalação, incluindo o sistema de refrigeração, UPS, iluminação, TUG, TUE e as demais cargas.

Todas as demandas presumidas serão calculadas com base na ABNT: NBR 5410:2004 e com base nos fatores de projeto.

Serão considerados todos os fatores que influenciam no dimensionamento, como fator de carga, fator de perda, fator de simultaneidade, fator de utilização, método de instalação e distância para o dimensionamento dos condutores e proteções. Para o dimensionamento dos condutores, será utilizado o software DCE, da Prysmian®.

Nesta etapa, ainda não serão definidas as correntes de curto circuito dos dispositivos de proteção, apenas suas correntes nominais.

1.2.1.5. ESTUDO DE CURTO CIRCUITO, PROTEÇÃO, COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE - ALIMENTADOR TRANSFORMADOR E GERADOR

Para o estudo de curto circuito, será utilizado o Software Ecodial® da Schneider Electric. Este software é capaz de auxiliar no estudo de curto circuito do sistema e será bastante útil, servindo como base de comparação com relação a todos os cálculos que serão efetuados ao longo deste trabalho.

O objetivo de utilizar este software é demonstrar a sua confiabilidade, podendo ser utilizado como único parâmetro em estudos futuros, fazendo com que se ganhe tempo para a elaboração desta etapa do estudo.

Será efetuado o estudo com a carga sendo transferida do transformador para o grupo gerador de emergência, considerando todos os níveis de curto circuito em cada situação. Será considerado o pior caso para dimensionamento dos painéis elétricos de baixa tensão.

Para o estudo de proteção em média tensão, será utilizado um software próprio elaborado especificamente para este fim.

Conforme citado anteriormente, este estudo deverá ser apresentado, avaliado e aprovado pelo comitê técnico do Shopping para liberação de execução da interligação.

Com base neste estudo, será graduado o relé de proteção de média tensão localizado no cubículo da Subestação do Shopping Botucatu, que é destinado à loja.

1.2.1.6. CÁLCULO DE FATOR DE POTÊNCIA PRESUMIDO E CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

Por possuir compressores e bombas de refrigeração que possuem certa relevância na instalação, será necessário levantar o fator de potência presumido para estimar a correção necessária. Serão considerados todos os parâmetros, com base no levantamento já feito do quadro de cargas, estudo de dimensionamento de UPS e estudo do sistema de refrigeração.

A correção será feita com base nas diretrizes da concessionária existente e do Shopping. O objetivo da correção será o dimensionamento de bancos de capacitores semiautomáticos com o objetivo de obter a correção de acordo com os períodos que são verificados o fator de potência, seja ele indutivo ou capacitivo.

O objetivo para correção será 0,98 (ind. ou cap.).

1.2.1.7. ESTUDO DE CASO – VIABILIDADE PARA UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO LED

Para este caso, a iluminação já foi definida e solicitada pelo cliente, será com luminárias equipadas com lâmpadas fluorescentes.

Para as próximas lojas, este estudo será validado e apresentado ao cliente. O objetivo, como sempre, é eficiência energética, obtendo o máximo de resultados com soluções alternativas a um padrão pré-estabelecido.

Será feito um estudo luminotécnico para comparação de resultados em termo de iluminação entre as duas opções: Fluorescente vs. LED.

Caso o resultado seja positivo, há grandes chances de aprovação pelo cliente, sendo aplicado às novas lojas subsequentes e, se possível, nas existentes.

1.2.1.8. RESULTADOS OBTIDOS

Com todos os projetos executados e conferidos, este empreendimento será executado em sua íntegra conforme projetado e especificado.

Concluindo-se a obra, será feito um estudo da instalação com o objetivo de aferir todos os dados. Os estudos consistem em levantamento dos parâmetros da instalação (potência ativa, reativa, fator de potência, corrente, tensão, harmônicos, etc.) utilizando multimedidor de energia modelo MultK-120 e MultiK-05 da Kron. Ao final, será feita uma análise sistêmica dos resultados obtidos.

1.3. REVISAO BIBLIOGRÁFICA

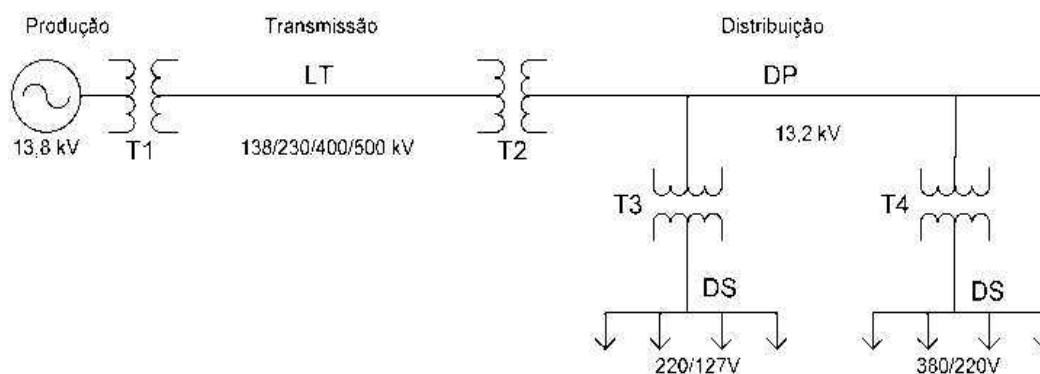
1.3.1. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA E MÉDIA TENSÃO

1.3.1.1. CONCEITO

As instalações elétricas de baixa tensão são regulamentadas pela norma NBR-5410, da ABNT, que estabelece de 1000 volts como o limite para a baixa tensão em corrente alternada e de 1500 volts para a corrente contínua. [1]

A frequência máxima de aplicação desta norma é de 400 Hz. Toda a energia gerada para atender a um sistema elétrico é sob a forma trifásica, alternada, tendo sido fixada a frequência de 60 ciclos/segundo para uso em todo o território brasileiro, por decreto governamental. [1]

Figura 1.1 – Sistema elétrico de baixa e média tensão



1.3.1.2. GERAÇÃO

A geração industrial de energia elétrica pode ser realizada por meio do uso da energia potencial da água (geração hidrelétrica) ou utilizando a energia potencial dos combustíveis (geração termoelétrica). No Brasil, cerca de 90% da energia gerada são através de hidrelétricas, porque o nosso País possui um rico potencial hidráulico, estimado em mais de 150 milhões de kW. [1]

As termoelétricas existentes no Brasil utilizam combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral etc.), combustíveis não-fósseis (madeira, bagaço de cana, etc.), combustível nuclear (urânio enriquecido). Os geradores industriais de eletricidade necessitam de energia mecânica (energia cinética) para fazerem girar os rotores das turbinas, nos quais estão acoplados, no mesmo eixo, os rotores dos geradores de eletricidade (alternadores) [2]. Então a geração

necessita de uma turbina (hidráulica ou térmica) e de um gerador síncrono, montados no mesmo eixo, em geral vertical. [1]

1.3.1.3. TRANSMISSÃO

Transmissão significa o transporte de energia elétrica gerada até os centros consumidores.

Para que seja economicamente viável, a tensão gerada nos geradores trifásicos de corrente alternada normalmente de 13,8 kV deve ser elevada a valores padronizados em função da potência a ser transmitida e das distâncias aos centros consumidores. [1]

As tensões mais usuais em corrente alternada nas linhas de transmissão são 69, 138, 230, 400 e 500 kV. A partir de 500 kV, somente um estudo econômico vai decidir se deve ser usada a tensão alternada ou contínua, como é o caso da linha de transmissão de Itaipu, com 600 kV em corrente contínua. [1]

Neste caso, a instalação necessita de uma subestação retificadora, ou seja, que transforma a tensão alternada em contínua, transmitindo a energia elétrica em tensão contínua e, próxima aos centros consumidores, de uma estação inversora para transformar a tensão contínua em tensão alternada outra vez, antes de distribuir aos consumidores. [1]

O objetivo principal da transmissão em tensão contínua será o da diminuição das perdas por efeito corona que é resultante da ionização do ar em torno dos condutores, com tensões alternadas muito elevadas. [2]

1.3.1.4. DISTRIBUIÇÃO

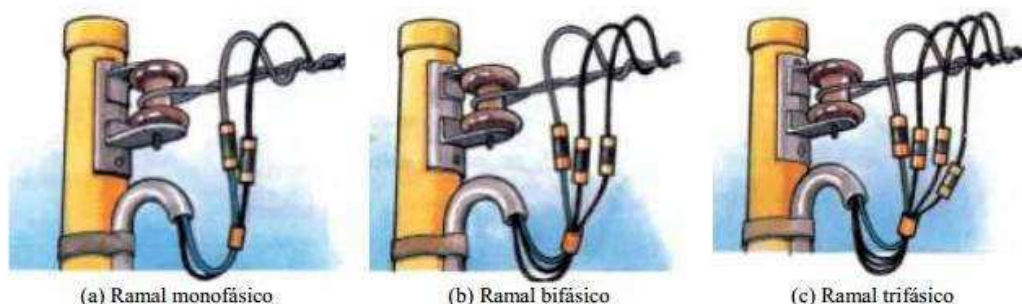
A distribuição é a parte do sistema elétrico já dentro dos centros de utilização (cidades, bairros, indústrias). A distribuição começa na subestação abaixadora, onde a tensão da linha de transmissão é baixada para valores padronizados nas redes de distribuição primária (11 kV; 13,8 kV; 15 kV; 34,5 kV etc.). Das subestações de distribuição primária partem as redes de distribuição secundária ou de baixa tensão. As redes de distribuição primária podem ser: radial, em anel ou radial seletivo. [1]

A parte final de um sistema elétrico é a subestação abaixadora para a baixa tensão, ou seja, a tensão de utilização (380/220 V, 220/127V – Sistema trifásico e 220/110V – sistema monofásico com tape). No Brasil há cidades onde a tensão fase-neutro é de 220 V (Brasília, Nordeste, etc.) e outras em 127 V (Rio de Janeiro, São Paulo, Sul etc.). As redes de distribuição dentro dos centros urbanos podem ser aéreas ou subterrâneas. [1]

Nas redes aéreas, os transformadores podem ser montados em postes ou em subestações abrigadas; nas redes subterrâneas, os transformadores deverão ser montados em câmaras subterrâneas. Os transformadores-abaixadores nas redes de distribuição de energia elétrica podem ser monofásicos, bifásicos (iluminação pública) ou trifásicos. [1]

As redes de distribuição primária e secundária, normalmente, são trifásicas, e as ligações aos consumidores poderão ser monofásicas, bifásicas ou trifásicas, de acordo com a sua carga. A entrada de energia dos consumidores finais é denominada de ramal de entrada (aérea ou subterrânea). A ligação da rede de distribuição secundária ao consumidor (ramal) poderá ser feita por cabos subterrâneos ou aéreos, com entrada única para luz e força. [1]

Figura 1.2 – Exemplos de ramal de ligação



1.3.2. GERADORES DE ENERGIA ELÉTRICA

1.3.2.1. CONCEITO

Grupo Motor Gerador (GMG) é um equipamento que possui um motor (Diesel, Gasolina ou Gás) de reconhecida performance, acoplado a um gerador de moderna tecnologia e montado sobre base metálica, com acionamento manual ou automático. Esse equipamento pode ser usado de forma singela ou em paralelo com outros grupos geradores. [5]

O GMG conta com proteção opcional contra intempéries, possuindo ou não, carenagem silenciada, sendo este, disponível tanto em unidades móveis como estacionárias. Um GMG a diesel, por exemplo, é composto de: [5]

- Motor diesel;
- Base horizontal;
- Radiador;
- Alternador de energia (gerador solteiro);
- Bateria;
- Painel manual de partida com frequencímetro;
- Voltímetro;
- Disjuntor;
- Horímetro;
- Medidor de temperatura;
- Tanque combustível;
- Purificador de ar;
- Cabine sonorizada com espuma anti-chamas.

Figura 1.3 – Grupo Gerador (GMG)



A característica principal de um GMG é transformar energia mecânica em energia elétrica, com tensão estável independente da variação de carga [2]. A energia elétrica

produzida pelo GMG é controlada por instrumentos de medições e diversas proteções, tais como fusíveis, disjuntores, contadores, chaves e o quadro de comando podendo, inclusive, controlar de forma automática a transferência de carga entre rede e GMG. [5]

De um modo geral, a composição dos geradores depende do tipo de máquina, por exemplo, podem ser constituídas por: [5]

- Estator – A carcaça é de aço calandrado e o pacote chapas com seu respectivo enrolamento encontram-se sobre suas nervuras;
- Rotor – Acomoda o enrolamento de campo, cujos polos são formados por pacotes de chapas. - Estator e rotor da Excitatriz principal e diodos retificadores girantes
- Excitatriz auxiliar e bobina auxiliar;
- Placa de identificação – Contém os dados com as características nominais do gerador.
- Pintura: pintura de fundo, aplicada por imersão e pintura final, acabamento, realizada após a montagem completa da máquina, ela consiste de uma demão de esmalte sintético aplicado com pistola.

1.3.2.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

O meio refrigerante, na maioria dos casos o ar ambiente, não deve ser superior a 40 graus, pois o enrolamento pode atingir temperaturas prejudiciais a sua isolação. Os geradores que trabalham sujeitos a temperaturas inferiores a -20°C também apresentam problemas dos mais diversos. [5]

A altitude não deve ser superior a 1000m sobre o nível do mar, acima dessa altitude, o gerador apresenta problemas de aquecimento causado pela rarefação do ar e conseqüentemente a diminuição do seu poder de arrefecimento, que culmina na redução da potência. [5]

Ambientes agressivos como estaleiro, instalações portuárias, indústria química e petroquímica, necessitam de características especiais de acordo com as exigências estabelecidas pelas normas do setor. Para determinados ambientes, se torna necessária a classificação por graus de proteção. [5]

1.3.2.3. GRAU DE PROTEÇÃO

Os invólucros dos equipamentos devem oferecer um determinado grau de proteção. O grau de proteção dos equipamentos elétricos é dado por meio das letras características IP seguidas por dois algarismos.

O primeiro algarismo indica o grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos e contato acidental: [5]

- 0 – Sem proteção;
- 1 – Corpos estranhos com dimensão acima de 50mm;
- 2 – Corpos estranhos com dimensão acima de 12mm;
- 4 – Corpos estranhos com dimensão acima de 1mm;
- 5 – Proteção contra o acúmulo de poeiras.

O segundo algarismo indica o grau de proteção contra a penetração de água no interior do gerador:

- 0 – Sem proteção;

- 1 – Pingos de água na vertical;
- 2 – Pingos de água até a inclinação de 15° com a vertical;
- 3 – Pingos de água até a inclinação de 60° com a vertical;
- 4 – Respingos de todas as direções;
- 5 – Jatos de todas as direções;
- 6 – Imersão;

Figura 1.4 – Grau de proteção

		SEGUNDO NUMERAL / GRAU DE PROTEÇÃO CONTRA ÁGUA										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8		
		Não protegido	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água em inclinação máxima de 15°	Protegido contra água aspergida de um ângulo de ± 60°	Protegido contra projeções de água	Protegido contra jatos de água	Protegido contra jatos potentes de água	Protegido contra imersão temporária	Protegido contra submersão		
GRAU DE PROTEÇÃO CONTRA OBJETOS SÓLIDOS	PRIMEIRO NUMERAL	Não protegido	0	IP00	IP01	IP02						
	Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 50 mm	1	IP10	IP11	IP12							
	Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 12 mm	2	IP20	IP21	IP22	IP23						
	Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 2,5 mm	3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34					
	Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 1 mm	4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	IP45	IP46			
	Protegido contra poeira depressão: 200 mm de coluna d'água. Máxima aspiração de ar: 80 x o volume do invólucro	5					IP54	IP55	IP56			
	Totalmente protegido contra a poeira. Mesmo procedimento de teste	6						IP65	IP66	IP67	IP68	

1.3.2.4. CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO

Potência nominal: é a potência que o gerador pode fornecer, dentro das características nominais, em regime contínuo. Em outras palavras, é a potência para qual o gerador foi projetado para operação normal. Este conceito está intimamente ligado à elevação de temperatura do enrolamento. O gerador pode acionar cargas de potência bem acima de sua potência nominal, porém se essa sobrecarga for excessiva, o aquecimento normal será ultrapassado e o tempo de vida do gerador será reduzido, ou até mesmo, queimar rapidamente.

A potência do gerador é fixada em relação a potência das fontes consumidoras, ou de acordo com a potência do motor de acionamento. [5]

1.3.3. PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

1.3.3.1. CONCEITO

É a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, localização dos pontos de utilização da energia elétrica, comandos, trajeto dos condutores, divisão em circuitos, seção

dos condutores, dispositivos de manobra, carga de cada circuito, carga total, etc. [7] ou seja, projetar uma instalação elétrica de um edifício consiste basicamente em: [2]

- Quantificar, determinar os tipos e localizar os pontos de utilização de energia elétrica;
- Dimensionar, definir o tipo e o caminhamento dos condutores e condutos;
- Dimensionar, definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica e demais acessórios.

O objetivo de um projeto de instalações elétricas é garantir a transferência de energia desde uma fonte, em geral a rede de distribuição da concessionária ou geradores particulares, até os pontos de utilização (pontos de luz, tomadas, motores, etc.) [1]. Para que isto se faça de maneira segura e eficaz é necessário que o projeto seja elaborado, observando as prescrições das diversas normas técnicas aplicáveis. [2]

1.3.3.2. NORMATIZAÇÃO DE SÍMBOLOS

A fim de facilitar a execução do projeto e a identificação dos diversos pontos de utilização, é necessária a padronização dos símbolos gráficos. Os símbolos gráficos utilizados nos projetos de instalações elétricas são padronizados pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, através das seguintes normas: [7]

- NBR-5444: símbolos gráficos para instalações prediais;
- NBR-5446: símbolos gráficos de relacionamento usados na confecção de esquemas;
- NBR-5453: sinais e símbolos para eletricidade;

1.3.3.3. CRITÉRIOS PARA ELABORAÇÃO

Na concepção do projeto de instalações elétricas prediais, o projetista deve estar atento a pelo menos três critérios, no que se refere à utilização das instalações projetadas:

- Acessibilidade: Todos os pontos de utilização projetados, bem como os dispositivos de manobra e proteção, deverão estar em locais perfeitamente acessíveis, que permitam manobra adequada e eventuais manutenções. [7]

- Flexibilidade e Reserva de Carga: A instalação deve ser projetada de forma a permitir certa reserva, para acréscimos de cargas futuras e alguma flexibilidade para pequenas alterações. [7]

- Confiabilidade: As instalações devem ser projetadas em estreito atendimento às normas técnicas, visando garantir o perfeito funcionamento dos componentes do sistema e a integridade física dos seus usuários. [7]

1.3.3.4. INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Esta é uma das etapas de maior importância para o sucesso da elaboração de um bom projeto. Nesta etapa, o projetista procurará obter das diversas fontes todas as informações necessárias para a formação da concepção geral do projeto a ser desenvolvido, sendo elas:

- Planta de situação: localização dos acessos ao edifício, bem como da rede de energia elétrica da concessionária que atende ao local, verificando a existência, tipo de fornecimento,

localização da mesma em relação ao edifício e possíveis pontos de derivação para o atendimento. [2]

- Projeto arquitetônico: plantas, cortes, detalhes, fachadas, etc. Obtém-se a partir daí todas as dimensões, inclusive pé-direito, de todos os recintos e áreas externas, bem como a sua respectiva utilização. [2]

- Projetos complementares: projeto estrutural, projetos de instalações sanitárias, de águas pluviais, de combate a incêndio, de sonorização e outros. Neste ponto, devem ser observadas possíveis restrições e interferências com vigas, pilares, espessura de lajes, cruzamento de tubulações, localização de prumadas e quadros. Devemos ter em mente que o projeto de instalações elétricas deve ser elaborado em harmonia com os demais projetos de utilidades do edifício. [2]

- Informações obtidas com o proprietário, arquiteto ou responsável: localização preferencial dos pontos de utilização conforme as necessidades do proprietário; previsão de cargas ou aparelhos especiais como de ar-condicionado, aquecedor etc.; previsão de utilização de determinadas linhas de materiais e sistemas de instalações; previsão para futuros acréscimos de cargas e sistemas; previsão para utilização de alimentação elétrica de segurança e/ou de substituição para determinadas situações, locais ou cargas. [2]

1.3.3.5. LEVANTAMENTO DE CARGAS

Com os dados obtidos nas informações preliminares, e de posse das normas técnicas aplicáveis, no caso a NBR-5410, o projetista estará em condições de fazer um levantamento da previsão de cargas do projeto, tanto em termos da quantidade de pontos de utilização, quanto da potência nominal dos mesmos, sendo eles: [7]

- Previsão de tomadas;
- Previsão de iluminação;
- Previsão de cargas especiais: elevadores, bombas de recalque d'água, bombas de drenagem, bombas de combate a incêndio, etc.

1.3.3.6. DIMENSIONAMENTO

Nesta etapa, serão feitos os dimensionamentos de todos os componentes do projeto, calculados com base nos dados registrados nas etapas anteriores, nas normas técnicas aplicáveis a cada caso e nas tabelas de fabricantes, sendo eles: [7]

- Dimensionamento dos condutores;
- Dimensionamento das tubulações;
- Dimensionamento dos dispositivos de proteção;
- Dimensionamento dos quadros.

1.3.3.7. QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO E DIAGRAMAS

Nesta etapa, serão elaborados os quadros de distribuição de carga (tabela), que têm a função de representar a distribuição e o dimensionamento dos circuitos. [2]

- Quadros de distribuição de carga;

- Diagramas unifilares (ou multifilares);
- Diagramas de força e comando dos motores;
- Diagrama unifilar geral.

1.3.3.8. MEMORIAL DE CÁLCULO

Neste documento, serão apresentados o resumo dos principais cálculos e dimensionamentos: [2]

- Cálculos das previsões de cargas;
- Cálculos Luminotécnicos;
- Dimensionamento de tomadas de uso geral;
- Dimensionamento de tomadas de uso específico;
- Determinação da provável demanda;
- Dimensionamento de condutores;
- Estudo de curto circuito, coordenação e seletividade.

1.3.4. CONDUTORES ELÉTRICOS

1.3.4.1. CONCEITO

Um condutor (elétrico) é um produto metálico, geralmente de forma cilíndrica e de comprimento muito maior do que a maior dimensão transversal, utilizado para transportar energia elétrica ou para transmitir sinais elétricos. [6]

O cobre e o alumínio são os metais mais usados na fabricação de condutores elétricos, tendo em vista suas propriedades elétricas e seu custo. Ao longo dos anos, o cobre tem sido o mais utilizado sobretudo em condutores providos de isolação [2]. O alumínio praticamente domina o campo dos condutores nus para transmissão e distribuição, sendo também usado na fabricação de condutores com isolação, ainda que em escala bem inferior ao cobre. [6]

A isolação é definida como o conjunto dos materiais isolantes utilizados para isolar eletricamente. É um termo com sentido estritamente qualitativo (isolação de um condutor, isolação de borracha, etc.), que não deve ser confundido com isolamento, este de sentido quantitativo (tensão de isolamento de 750V, resistência de isolamento de 5M Ω , etc.). [2]

A cobertura é um invólucro externo não-metálico e contínuo, sem função de isolação, destinado a proteger o fio ou cabo contra influências externas. Um fio coberto é um fio com ou sem revestimento, dotado apenas de cobertura. Por sua vez, um cabo coberto é um cabo dotado unicamente de cobertura. [7]

A isolação é aplicada sobre o condutor com a finalidade de isolá-lo eletricamente do ambiente que o circunda. Os materiais utilizados como isolação, além de alta resistividade, devem possuir alta rigidez dielétrica, sobretudo quando empregados em tensões elétricas superiores a 1 kV. São vários os materiais empregados na isolação de condutores: [7]

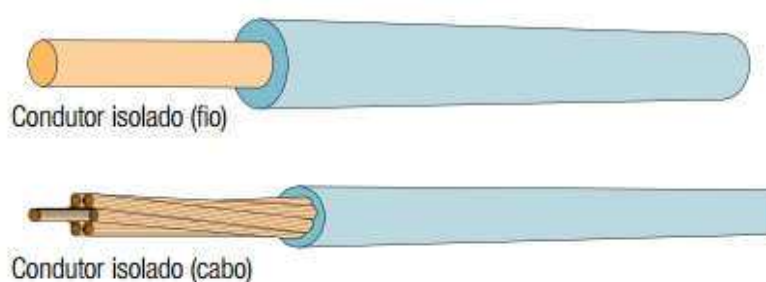
Tabela 1.1 - Materiais empregados na isolação de condutores

Polímeros Termoplásticos	Cloreto de polivinila (PVC), polietileno (PE), poliolefina livre de halogênio, etc.
Polímeros Termoflexíveis	Polietileno reticulado (XLPE), borracha etileno

	propileno (EPR), borracha de silicone, etc.
Outros Materiais	Papel impregnado, fibra de vidro, etc.

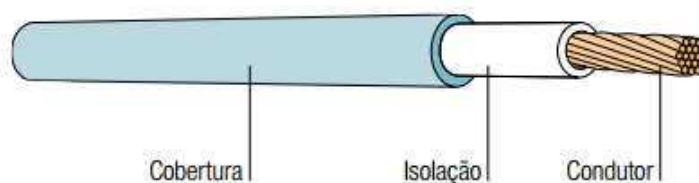
É denominado condutor isolado o fio ou cabo dotado apenas de isolamento. Observe-se que a isolamento não precisa necessariamente ser constituída por uma única camada (por exemplo, podem ser usadas duas camadas do mesmo material, sendo a camada externa especialmente resistente à abrasão). [7]

Figura 1.5 – Condutores isolados (fio e cabo)



Um cabo unipolar é um cabo constituído por um único condutor isolado e dotado, no mínimo, de cobertura. [7]

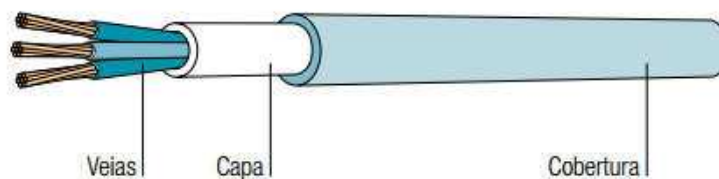
Figura 1.6 – Cabo unipolar



Um cabo multipolar é constituído por dois ou mais condutores isolados e dotado, no mínimo, de cobertura. Os condutores isolados constituintes dos cabos unipolares e multipolares são chamados de veias. [7]

Os cabos multipolares contendo 2, 3 e 4 veias são chamados, respectivamente, de cabos bipolares, tripolares e tetrapolares. [7]

Figura 1.7 – Cabo multipolar



O termo genérico cabo isolado indica um cabo constituído de uma ou mais veias e, se existentes, o envoltório individual de cada veia, o envoltório do conjunto das veias e os envoltórios de proteção do cabo, podendo ter também um ou mais condutores não isolados. [2]

Nos cabos uni e multipolares, a cobertura atua principalmente como proteção da isolação, impedindo seu contato direto com o ambiente, devendo, portanto, possuir propriedades compatíveis com a aplicação do cabo. Nas coberturas, podem ser utilizados vários materiais, sendo os mais comuns: [2]

Tabela 1.2 – Cobertura para cabos

Polímeros termofixos como neoprene, polietileno clorossulfonado (hypalon), borracha de silicone, etc.
Polímeros termoplásticos, tais como poliolefinas não halogenadas, PVC, polietileno, poliuretano, etc.

1.3.4.2. TEMPERATURA

Os cabos providos de isolação são caracterizados por três temperaturas, medidas no condutor propriamente dito, em regime permanente, em regime de sobrecarga e em regime de curto-circuito. [2]

A temperatura no condutor em regime permanente (ou em serviço contínuo) é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor em condições estáveis de funcionamento. A cada tipo (material) de isolação corresponde uma temperatura máxima para serviço contínuo, designada por θ_z . [7]

A temperatura no condutor em regime de sobrecarga é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor em regime de sobrecarga. Para os cabos de potência, estabelece-se que a operação em regime de sobrecarga, para temperaturas máximas especificadas em função da isolação, designadas por θ_{sc} , não deve superar 100 horas durante doze meses consecutivos, nem superar 500 horas durante a vida do cabo. [7]

A temperatura no condutor em regime de curto-circuito é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor durante o regime de curto-circuito. Para os cabos de potência, a duração máxima de um curto-circuito, no qual o condutor pode manter temperaturas máximas especificadas em função da isolação, designadas por θ_{cc} , é de 5 segundos. [7]

Tabela 1.3 Especificação de temperaturas de acordo com o material de isolamento do cabo

Material	Θ_z (°C)	Θ_{sc} (°C)	Θ_{cc} (°C)
PVC	70	100	160
EPR	90	130	250
XLPE	90	130	250

1.3.4.3. CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

A capacidade de condução de corrente (I_Z) de um condutor ou de um conjunto de condutores é a corrente máxima que pode ser conduzida pelo condutor, ou pelo conjunto de condutores, continuamente, em condições especificadas, sem que a sua temperatura em regime permanente ultrapasse a temperatura máxima para serviço contínuo. Nos fios e cabos providos de isolamento, a capacidade de condução de corrente depende de diversos fatores, a saber: [2]

- Material do condutor;
- Seção;
- Material da isolamento (que determina a temperatura máxima para serviço contínuo);
- Temperatura ambiente ou, no caso de cabos enterrados, temperatura do solo;
- Resistividade térmica do solo (para cabos enterrados);
- Agrupamento de fios e cabos;
- Agrupamento de condutos;

1.3.5. PAINÉIS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO

1.3.5.1. NORMA NBR IEC 60439-1

Esta norma foi publicada em 01/05/2003, substituindo a antiga NBR 6808 que deixou de vigorar. Esta norma é chamada de NBR IEC pois é uma norma equivalente a IEC. Vale aqui um breve comentário: a ABNT define que uma norma Brasileira é denominada “equivalente” quando é idêntica à norma internacional, caso contrário seria definida como “baseada” e é definida como os padrões estabelecidos para fabricação de painéis elétricos de baixa tensão. [8]

1.3.5.2. CONCEITO DE TTA

Estes conjuntos são destinados à conexão com a geração, a transmissão, a distribuição e a conversão de energia elétrica, para o acionamento, proteção e controle de equipamentos que consomem energia elétrica. [2]

Também se aplica a conjuntos que incorporam equipamentos de controles e/ou de potência, cujas frequências são elevadas (como por exemplo inversor de frequência). Neste caso, são aplicados requisitos adicionais apropriados. [2]

As aplicações de painéis de baixa tensão podem ser encontradas tanto em ambientes industriais como em instalações comerciais. [8]

São conjuntos construídos de acordo com um projeto elétrico e mecânico padrões, onde a performance do mesmo é assegurada por ensaios de tipo realizados individualmente nos

diversos componentes (barramentos, entradas, saídas, alimentadores, partidas, etc.) ou nos conjuntos completos. Geralmente os ensaios são realizados levando-se em conta o pior caso e reproduzindo-se a influência de componentes adjacentes. [8]

Os ensaios têm a finalidade de assegurar a performance do conjunto e minimizar possíveis perigos decorrentes de erros de projeto. Exemplos de possíveis riscos de se utilizar conjuntos não ensaiados: [8]

a. Se os limites de temperatura interna do conjunto ultrapassam os limites estabelecidos: [8]

- Envelhecimento acelerado de componentes;
- Redução da vida útil de componentes;
- Falhas prematuras de componentes;
- Risco de incêndio.

b. Se os limites de temperatura interna do conjunto ultrapassam os limites estabelecidos: [8]

- Risco de danos à estrutura dos conjuntos;
- Risco de danos aos componentes elétricos;
- Arcos elétricos acidentais.

A norma NBR IEC 60439-1 define que os seguintes tópicos devem ser objeto de análise: [8]

- Verificação dos limites de elevação da temperatura;
- Verificação das propriedades dielétricas;
- Verificação da corrente suportável de curto-circuito;
- Verificação da eficácia do circuito de proteção;
- Verificação das distâncias de escoamento e de isolamento;
- Verificação do funcionamento mecânico;
- Verificação do grau de proteção.

1.3.5.3. CONCEITO DE PTTA

São conjuntos construídos de acordo com um projeto elétrico e mecânico padrões, onde a performance do mesmo é garantida através de testes, cálculo ou inferência, a partir de resultados dos testes de componentes ou conjuntos similares. [2]

Os conjuntos PTTA são definidos devido à dificuldade de se testar todas as variações possíveis que podem ser implementadas nos conjuntos. Estas variações são necessárias devido às necessidades das diversas aplicações, onde muitas vezes a mesma aplicação apresenta requisitos distintos para diferentes usuários. [2]

1.3.5.4. APLICAÇÕES DOS PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO

Os painéis de distribuição e alimentação possuem abrangente aplicação, sendo elas: [8]

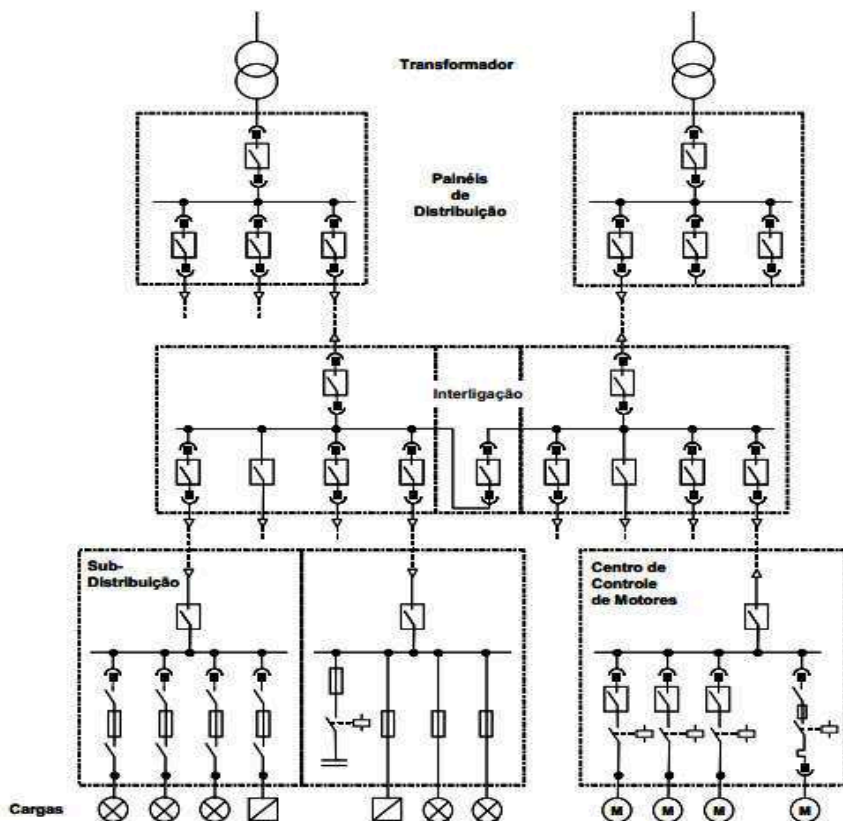
- Distribuição para Circuitos de Iluminação e Potência;
- Distribuição em Residências;
- Sistemas de Controle;
- Bancos de Capacitores;
- Centros de Controle de Motores;
- Distribuição;
- Sub-Distribuição;
- Derivação;
- Acionamentos com Inversores de Frequência para processos de variação de velocidade.

Cada aplicação apresenta requisitos técnicos específicos, que variam em função de: [8]

- Vista externa;
- Local de instalação;
- Condições de instalação com respeito à mobilidade;
- Grau de proteção;
- Tipo de invólucro;
- Método de montagem, por exemplo, partes fixas ou removíveis;
- Medidas para a proteção de pessoas;
- Forma de separação interna;
- Tipos de conexões elétricas de unidades funcionais.

De maneira geral o diagrama abaixo representa os tipos básicos de painéis de baixa tensão. [8]

Figura 1.8 – Topologia típica de uma instalação industrial



1.3.5.4.1. PAINÉIS DE DISTRIBUIÇÃO E SUB-DISTRIBUIÇÃO

Painéis completos (montados) que acomodam equipamentos para Proteção, Seccionamento e Manobra de energia elétrica [2]. As aplicações vão desde painéis de pequeno porte, como aqueles utilizados nas entradas das residências, até painéis de grande porte, como painéis auto-portantes formados por diversas colunas, sendo parte integrante dos sistemas de distribuição de energia em unidades residenciais (prédios, shopping center, hospitais, etc.) e industriais. [8]

Em uma instalação elétrica de grande porte é comum encontrarmos vários níveis de painéis de distribuição, desde o transformador até as cargas. Muitas vezes existe um painel de distribuição principal conectado diretamente ao transformador, com o objetivo de alimentar vários outros painéis de distribuição (Sub Distribuição), e estes alimentar painéis sucessivos até o nível das cargas. [8]

A complexidade e o projeto dos sistemas de distribuição estão diretamente relacionados com as necessidades inerentes a cada aplicação ou instalação, industrial ou comercial. [8]

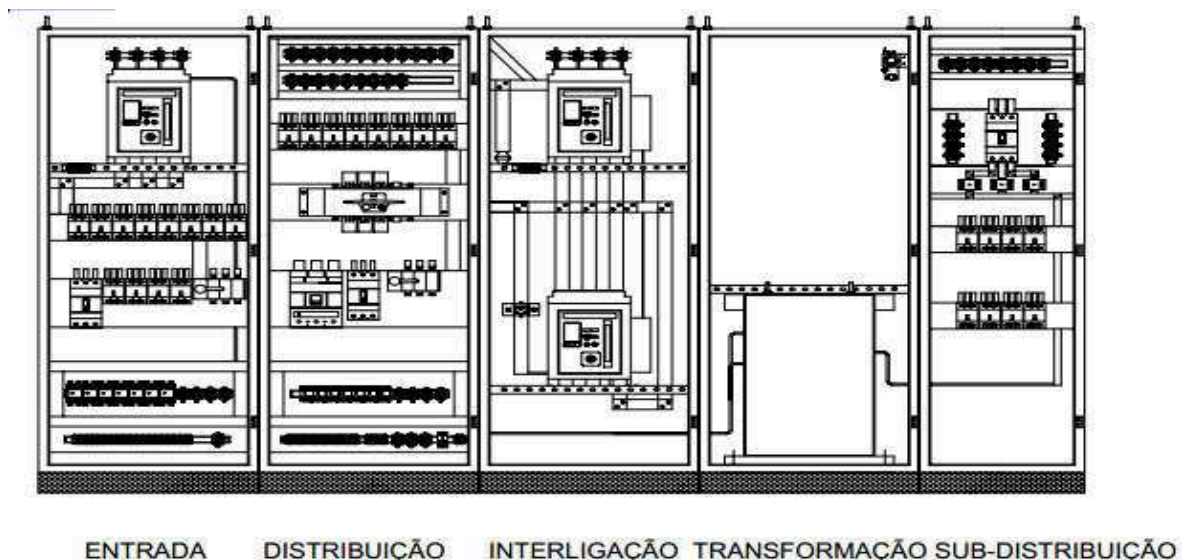
Nos painéis de distribuição é comum encontrar diversas funções montadas na mesma estrutura, mas também podemos encontrar colunas com funções específicas como: Entrada, Interligação e Saída. Estas funções em colunas poderão ser montadas em um único painel ou em painéis separados fisicamente, porem interligados eletricamente. [8]

O painel ou a coluna que recebe os cabos ou duto de barras para alimentação de todo o conjunto é normalmente conhecido como ENTRADA. Esta coluna geralmente abriga um disjuntor (disjuntor geral), ou uma chave seccionadora com fusíveis (chave geral). [8]

O painel ou a coluna onde são alocados equipamentos para conexão de dois conjuntos de barramentos independentes é conhecida como INTERLIGAÇÃO. Dependendo do circuito de distribuição de energia, os barramentos podem trabalhar permanentemente conectados, serem conectados em situações de emergência e manutenção ou selecionando a fonte alimentadora. Geralmente são utilizados disjuntores ou chaves seccionadoras como os dispositivos de manobra sendo comum encontrar esta configuração em “colunas” ou painéis individuais, denominados como Painel de Transferência. [8]

O painel ou a coluna de Distribuição é a qual a energia elétrica é fornecida a um ou mais circuitos de saída. [8]

Figura 1.9 – Layout típico de um painel de distribuição



1.3.5.4.2. CCM – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES

CCM's são painéis completos (montados) que acomodam equipamentos para Proteção, Seccionamento e Manobra de Cargas. Tem uma função específica nos sistemas de distribuição de energia elétrica em unidades comerciais e industriais. São os painéis onde estão conectados os cabos provenientes das cargas. [2]

Apesar de aproximadamente 85 % das cargas industriais serem motores (motivo do nome “Centro de Controle de Motores”), o termo “cargas” é abrangente, podendo significar qualquer equipamento que consuma energia elétrica, como estufas, resistores, etc. A utilização dos CCM's é destinada a instalações industriais em que apresentam: [2]

- Grande número de cargas que devam ser comandados;
- Deva ser assegurada máxima continuidade de operação;
- For necessário o acesso de pessoal não qualificado;
- For exigido alto nível de segurança para os operadores e pessoas de manutenção.

Dependendo do grau de separação interno encontrado em um CCM, o mesmo pode receber diferentes denominações físico/comerciais. [2]

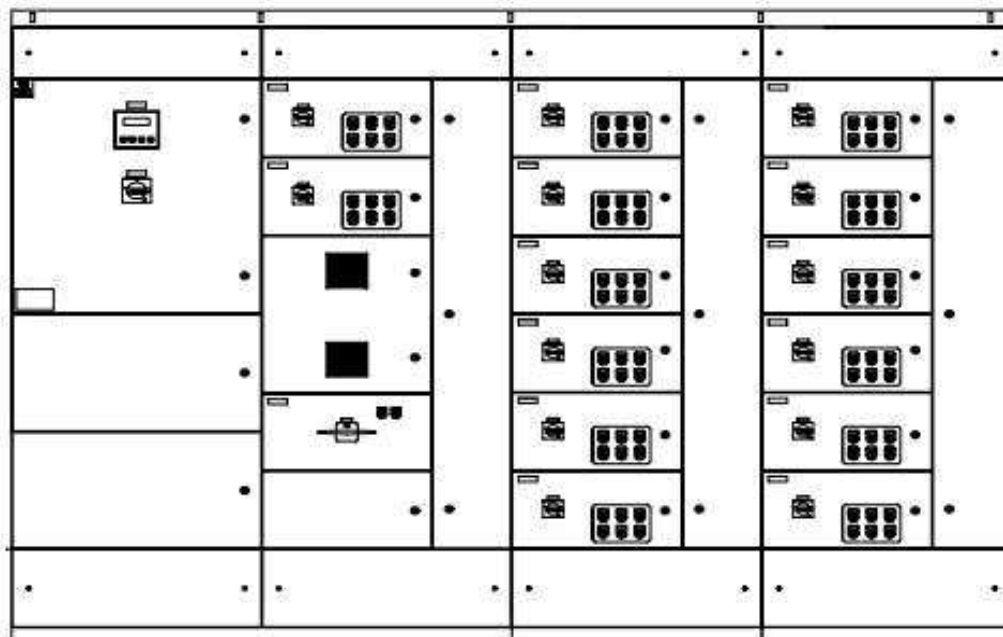
O **CCM NÃO COMPARTIMENTADO** apresenta uma placa de montagem única, onde os conjuntos de proteção e manobra de cada carga individual estão montados todos juntos nesta mesma placa. [2]

Um **CCM COMPARTIMENTADO** é aquele onde os equipamentos de proteção, e manobra de cada carga estão montados em compartimentos separados dentro do painel. Este CCM pode ser **FIXO** ou **EXTRAÍVEL**. [2]

No **CCM EXTRAÍVEL** dentro de cada compartimento é montada uma gaveta que pode ser removida do painel sem o auxílio de ferramenta. Os equipamentos para proteção e manobra da partida são montados dentro das gavetas, minimizando os tempos de parada pois pode-se substituir as gavetas rapidamente. [2]

No **CCM FIXO** dentro de cada compartimento é montada uma placa de montagem fixa não removível onde são que alocados os equipamentos para proteção e manobra da partida. [2]

Figura 1.10 – Layout típico de um CCM



1.3.5.4.3. CCM INTELIGENTE

Atualmente, é comum na utilização para acionamentos de motores de: inversores de frequência, reguladores de potência, sistemas de partida, controladores programáveis, que comandam uma série de parâmetros, sensores ou medidores digitais de grandezas elétricas que podem ser conectados em alguns tipos de rede de comunicação. [8]

A estes CCM's, damos o nome de CCM's inteligentes. Com a utilização dos CCM's inteligentes é possível receber antecipadamente um alarme de problemas potenciais, eliminar desligamentos desnecessários, isolar falhas de modo a reduzir o tempo de parada e distribuir ou equalizar as cargas enquanto o problema está sendo solucionado, além de poder reduzir os trabalhos de fiação, necessidades de espaço e tempo de instalação. [8]

O CCM pode ser implementado para receber equipamentos com comunicação em rede dentro das gavetas, possibilitando que o comando e sinalização das partidas sejam conectados ao sistema de controle através de redes de comunicação industrial. As redes de comunicação são conectadas através das tomadas de comando, possibilitando que as gavetas sejam operadas remotamente quando as mesmas estiverem nas posições de "TESTE" e "INSERIDA". Utilizada em conjunto com a fiação de comando, facilmente pode-se implementar estratégias de acionamento do tipo LOCAL / REMOTO. [8]

Os CCM's são conjuntos essenciais para a produção, e com o avanço da tecnologia e a necessidade de monitoramento e controle da produção, a utilização de redes é uma solução que possibilita reduzir tempo de parada de horas para minutos, com melhores e mais completos diagnósticos que localizam com precisão os pontos problemáticos durante o processo de produção, de modo que se possa saber o que e onde interferir e corrigir. [8]

Figura 1.11 – Layout típico de um CCM Inteligente



1.3.5.4.4. PAINEL DE CONTROLE

Painéis de controle são conjuntos montados com equipamentos de controle digital (ex.: Controladores Lógicos Programáveis – CLP's) ou, simplesmente com contadores e relês com a função de controlar e intertravar um determinado processo ou aplicação. [8]

Os painéis de controle geralmente têm a função específica de alocar este tipo de equipamento. Em grandes aplicações, os painéis de controle são encontrados como uma ou mais colunas de conjuntos fechados, podendo estar ou não fisicamente conectados às colunas dos painéis que contém equipamentos de potência. [8]

Os equipamentos de controle também podem ser instalados em compartimentos de painéis de distribuição e CCM's, por exemplo. Devido aos efeitos da compatibilidade eletromagnética (EMC) e perturbações nas redes de alimentação, não é recomendável que se tenha equipamentos de controle e potência instalados dentro de um mesmo compartimento em um conjunto. Entretanto, em sistemas pequenos, é comum encontrarmos este fato, tornando-se necessário neste caso, um cuidado redobrado no projeto de alocação de componentes e de cabos de potência e controle dos mesmos. [8]

Existem vários requisitos técnicos que precisam ser observados de modo a minimizarmos as influências por parte de ruídos e EMC, tanto aos equipamentos do próprio conjunto quanto aos equipamentos instalados próximos ao mesmo. [8]

Figura 1.12 – Layout típico de um painel de controle



1.3.5.4.5. PAINEL DE ACIONAMENTO – DRIVES

Conjuntos montados com equipamentos específicos para controle de velocidade de motores, junto com os equipamentos de alimentação, proteção e controle dos mesmos. Os drives trabalham com altas frequências internas, sendo um dos grandes emissores de poluição eletromagnética e um dos grandes geradores de harmônicas nas redes industriais. [8]

Outra característica é a de necessitarem de requisitos específicos com relação à dissipação térmica gerada pelo seu funcionamento. Por este motivo, a instalação de um Drive (soft start / inversor de frequência / conversor de frequência etc.) precisa seguir uma série de requisitos técnicos para garantir seu funcionamento correto e minimizar as influências causadas por ele. [8]

As características dos Painéis para Drives não são especificamente relativas à estrutura (chapa, barramentos, etc.), mas sim relativos à correta aplicação dos conceitos de engenharia para esta aplicação. Os principais cuidados que devem ser tomados ao se instalar um Drive em um painel são: [8]

- Correta disposição de componentes na placa de montagem, de modo a garantir as dissipações de calor de cada equipamento no interior do painel.
- Correta disposição dos cabos de comando e potência.

- Correta seleção de filtros de entrada e saída.
- Correta especificação das proteções elétricas dos Drives.
- Correto cálculo da dissipação térmica, de modo a verificar a necessidade de arrefecimento ou ventilação

Figura 1.13 – Layout típico de um painel de acionamento de drives.



1.3.5.5. CONJUNTO DO TIPO ARMÁRIO

Uma coluna fechada, em princípio assentada no piso (auto-portante), que pode incluir várias seções, subseções ou compartimentos.

Figura 1.14 – Conjunto do tipo Armário



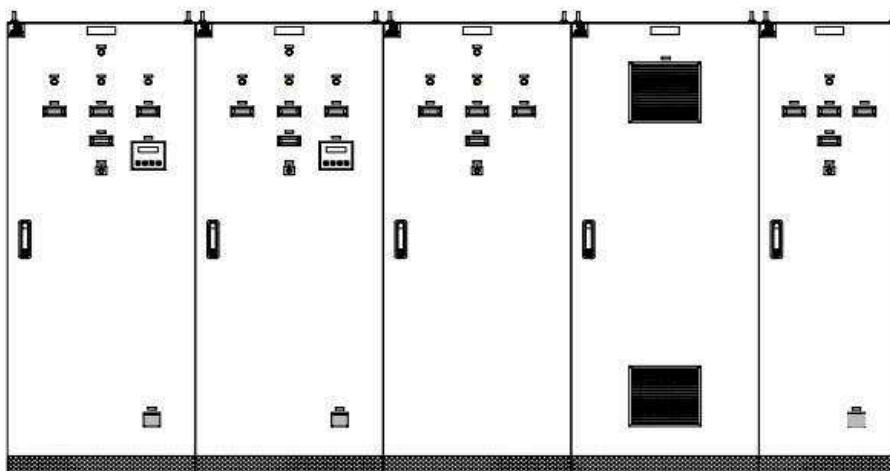
1.3.5.6. CONJUNTO DO TIPO MULTI-COLUNAS

Combinação de várias colunas ou armários, mecanicamente unidas.

Figura 1.15 – Conjunto do tipo multi-colunas (1)



Figura 1.16 – Conjunto do tipo multi-colunas (2)



1.3.5.7. CONJUNTO DO TIPO MESA DE COMANDO

Conjunto fechado, com um painel de controle horizontal ou inclinado ou uma combinação de ambos, que incorpora dispositivos de controle, de medição, de sinalização, etc.

Figura 1.17 – Conjunto do tipo mesa de comando



1.3.5.8. CONJUNTO DO TIPO MODULAR – CAIXA PADRÃO

Conjunto fechado em forma de caixa, em princípio para ser montado em um plano vertical.

Figura 1.18 – Conjunto do tipo caixa modular



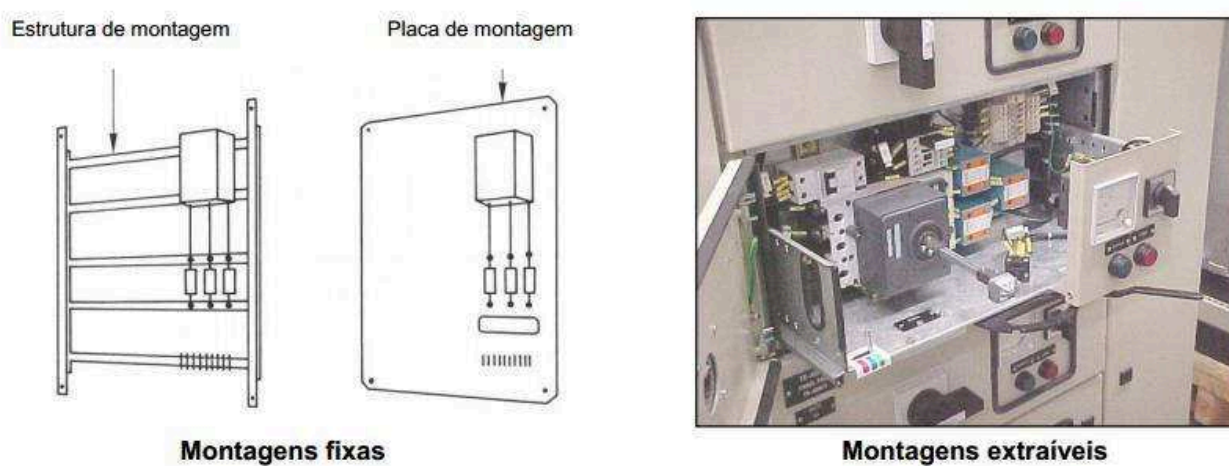
1.3.5.9. CONJUNTO COM MONTAGENS FIXAS E EXTRAÍVEIS

Os conjuntos podem apresentar características de se poder extrair componentes de uma forma segura e muitas vezes sem a necessidade de uma ferramenta. Esta funcionalidade facilita os trabalhos de manutenção, pois reduz os tempos de parada quando se tem de substituir ou reparar partes dos conjuntos. [2]

Na maioria das vezes, as operações de extração e inserção destes componentes se dá com o conjunto energizado, limitando a desconexão de energia à apenas aquele ramal que necessita de uma intervenção. [2]

A funcionalidade “Extraível” pode ser obtida tanto pelo projeto da estrutura do conjunto (utilização de compartimentos com gavetas extraíveis, onde componentes elétricos convencionais são montados dentro da gaveta), ou pela utilização de equipamentos elétricos com características extraíveis (utilização de disjuntores ou partidas de motores que podem ser removidos e substituídos sem a utilização de ferramentas especiais). [2]

Figura 1.19 – Exemplos de montagens fixas e extraíveis



1.3.5.10. SEPARAÇÃO INTERNA DOS CONJUNTOS – FORMA CONSTRUTIVA

Os conjuntos podem ser divididos internamente em compartimentos separados ou espaços protegidos fechados, por meio de divisões ou barreiras (metálica ou não metálica), de forma a obtermos as seguintes características: [8]

- Proteção contra contato com partes perigosas que pertençam a compartimentos adjacentes.
- Proteção contra a passagem de corpos estranhos sólidos de uma unidade de um conjunto para uma unidade adjacente.

Tabela 1.4 - Formas Típicas de separação por barreira ou particionamento

Critério principal	Subcritério	Forma
Nenhuma separação		Forma 1
Separação de barramentos das unidades funcionais	Terminais para condutores externos não separados do barramento	Forma 2a
	Terminais para condutores externos, separados do barramento	Forma 2b
Separação de barramentos das unidades funcionais e separação de todas as unidades funcionais entre si. Separação dos terminais para condutores externos das unidades funcionais, mas não entre elas	Terminais para condutores externos não separados do barramento	Forma 3a
	Terminais para condutores externos separados do barramento	Forma 3b
Separação de barramentos das unidades funcionais e separação de todas as unidades funcionais entre si, inclusive os terminais para condutores externos que são partes integrantes da unidade funcional	Terminais para condutores externos no mesmo compartimento, bem como a unidade funcional associada	Forma 4a
	Terminais para condutores externos não no mesmo compartimento que a unidade funcional associada, mas em espaços protegidos ou compartimentos individuais, separados e fechados	Forma 4b

Desta forma podemos classificar os conjuntos conforme a sua separação interna:

A forma de separação e graus mais elevados de proteção devem ser discutidos entre o fabricante e o usuário. Simbologia para representação das formas de separação entre partes ativas dos conjuntos funcionais: [8]

Figura 1.20 – Legenda das formas de separação

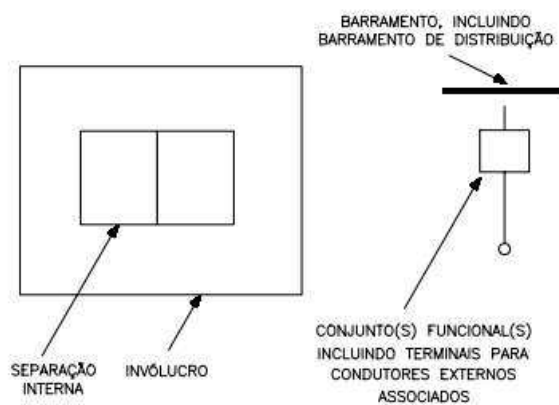
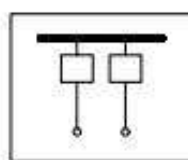
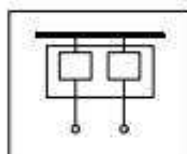


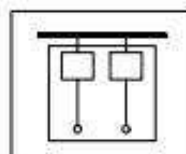
Figura 1.21 – Formas de separação



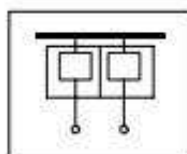
FORMA 1



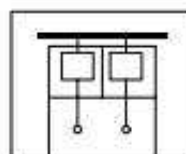
FORMA 2a



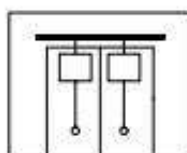
FORMA 2b



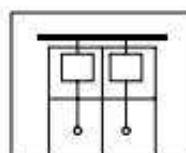
FORMA 3a



FORMA 3b



FORMA 4a



FORMA 4b

1.3.6. CURTO CIRCUITO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

1.3.6.1. CONCEITO

O cálculo das correntes de curto circuito em instalações elétricas tem diversos objetivos, sendo eles: [2]

- Enorme importância no planejamento e operação das redes e de seus equipamentos e instalações; [2]
- Permite antever as consequências dos problemas simulados; [2]
- Tomar medidas de segurança/proteção; [2]
- instalação e regulação de dispositivos que promovam a interrupção dos circuitos defeituosos; [2]
- Garantir que os componentes da rede percorridos pelas correntes de defeito consigam suportar os seus efeitos. [2]

Os valores das correntes de curto-circuito são baseados nos valores de impedância desde o ponto do defeito até a fonte geradora. As correntes de curto-circuito têm alta intensidade, mas duração muito curta e são provocadas inicialmente pela perda de isolamento de algum elemento energizado do circuito elétrico. Os valores de pico são estimados entre 10 a 100 vezes a corrente nominal no ponto do defeito e dependem da localização. [2]

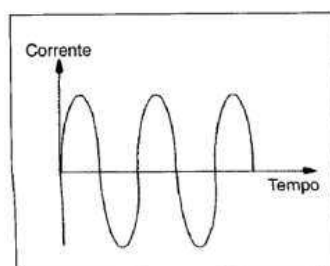
Durante todo o período de duração da falta as correntes de curto-circuito assumem formas diferentes em relação ao eixo de tempo e são classificadas em: [2]

- Corrente de curto circuito simétrica;
- Corrente de curto circuito assimétrica;

1.3.6.2. CORRENTE DE CURTO CIRCUITO SIMÉTRICA

É aquela em que o componente senoidal da corrente se forma simetricamente em relação ao eixo dos tempos. Devido ao longo período que essa corrente se estabelece no sistema, ela deve ser utilizada nos cálculos para determinar a capacidade que devem possuir os equipamentos para suportar os efeitos térmicos correspondentes. [2]

Figura 1.22 – Corrente de curto-circuito parcialmente simétrica

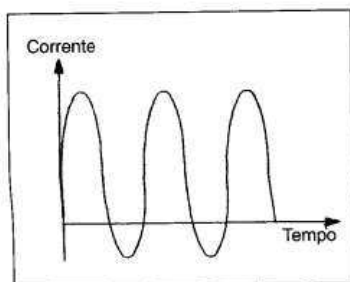


1.3.6.3. CORRENTE DE CURTO CIRCUITO ASSIMÉTRICA

É aquela em que o componente senoidal da corrente se forma assimetricamente em relação ao eixo dos tempos e pode assumir as seguintes características: [2]

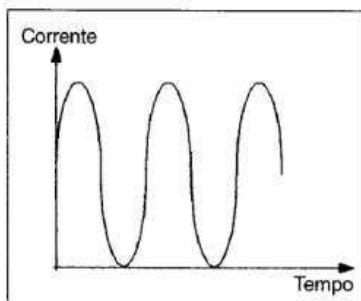
- Corrente Parcialmente Assimétrica: Neste caso a assimetria é de forma parcial;

Figura 1.23 – Corrente de curto-circuito parcialmente assimétrica



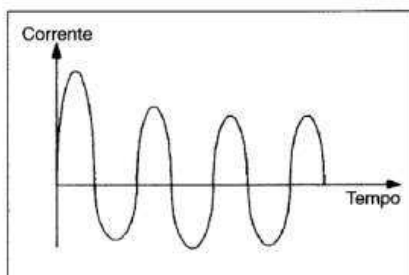
- Corrente Totalmente Assimétrica: Neste caso, toda a onda senoidal se situa acima do eixo dos tempos; [2]

Figura 1.24 – Corrente de curto-circuito totalmente assimétrica



- Corrente Inicialmente Assimétrica e Posteriormente Simétrica: Nos primeiros instantes do defeito, a corrente de CC assume a forma assimétrica e em seguida, devido aos efeitos atenuantes, adquire a forma simétrica. [2]

Figura 1.25 – Corrente de curto-circuito assimétrica e simétrica



1.3.6.4. CURTO CIRCUITO NOS TERMINAIS DOS GERADORES

Os geradores são a principal fonte de corrente de curto circuito. A corrente inicialmente tem valor muito elevado, que vai decaindo até atingir o regime permanente. Pode-se afirmar que o gerador é dotado de uma reatância interna variável, sendo inicialmente uma reatância pequena até atingir o valor da reatância síncrona, quando alcança o regime permanente. [2]

Para que se possa analisar os diferentes momentos das correntes de falta nos terminais do gerador temos que conhecer o comportamento de gerador quanto às reatâncias limitadoras. [2]

1.3.6.4.1. REATÂNCIA TRANSITÓRIA

É a reatância de dispersão do estator e da excitação do gerador, limitando a corrente de curto circuito após cessados os efeitos da reatância subtransitória, características: [2]

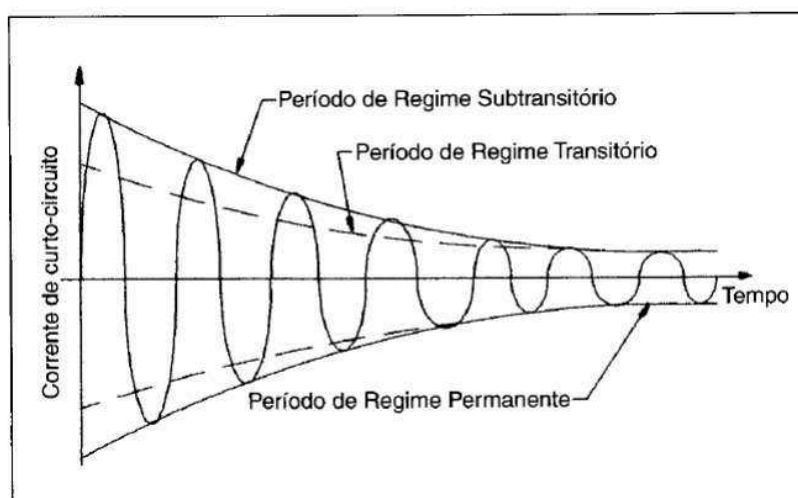
- Duração de cerca de 1,5 s.
- Valor médio de 36% na base da potência nominal para geradores hidráulicos e 23% para turbogeradores.

1.3.6.4.2. REATÂNCIA SÍNCRONA

É toda a reatância dos enrolamentos do gerador, limitando os efeitos da corrente de curto circuito após cessados os efeitos da reatância transitória. Inicia-se a partir daí a parte permanente de um ciclo completo da corrente de falta, características: [2]

- Seu valor é cerca de 150% na base da potência nominal para geradores hidráulicos e 120% para turbogeradores.

Figura 1.26 – Corrente de curto-circuito nos terminais do gerador



1.3.6.5. CURTO CIRCUITO DISTANTE DOS TERMINAIS DO GERADOR

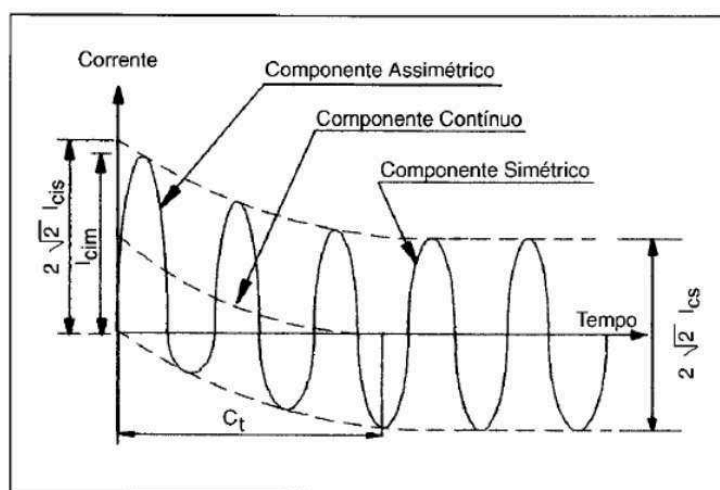
A impedância acumulada das linhas de transmissão e distribuição é tão grande que a corrente de curto circuito simétrica é a de regime permanente, acrescida apenas do componente de corrente contínua. [2]

A impedância da LT predomina sobre as impedâncias do sistema de geração. Nas instalações elétricas alimentadas por fontes distantes, a corrente alternada de curto-circuito permanece constante ao longo do período. Neste caso, a corrente CC inicial é igual a corrente permanente. [2]

A corrente de curto-circuito assimétrica apresenta dois componentes: [2]

- Componente simétrico: Parte simétrica da corrente CC.
- Componente Contínuo: Parte da corrente de CC de natureza contínua. Tem valor decrescente e é formado devido a propriedade do fluxo magnético de não variar bruscamente, fazendo com que as correntes de CC nas 3 fases se iniciem a partir do zero.

Figura 1.27 – Componentes de uma corrente de curto circuito



I_{cis} = Corrente eficaz inicial de curto circuito simétrica
 I_{rim} = Impulso da corrente CC

Com base nas curvas da figura anterior, é definido:

- Corrente alternada de curto-circuito simétrica: é a componente alternada da I_{cc} que mantém em todo o período uma posição simétrica em relação ao eixo do tempo. [2]
- Corrente eficaz de CC simétrica permanente (I_{cs}): é a corrente de CC simétrica, em valor eficaz, que persiste no sistema após decorridos os fenômenos transitórios. [2]
- Corrente eficaz inicial de curto circuito simétrica (I_{cis}): é a corrente de valor eficaz no instante do defeito. Quando o CC ocorre longe da fonte de suprimento, o valor da I_{cis} é igual ao valor da I_{cs} . [2]
- Impulso da corrente CC (I_{cim}): é o valor máximo da corrente de defeito, dado em valor instantâneo, que varia conforme o momento da ocorrência do fenômeno.
- Potência de curto circuito simétrica (P_{cs}): É a potência correspondente ao produto da tensão de fase pela corrente simétrica de curto circuito. [2]

1.3.6.6. CÁLCULO DAS CORRENTES DE CURTO CIRCUITO

As correntes de curto-circuito apresentam forma senoidal, cujo valor em qualquer instante é dado por: [10]

Equação 1.1 – Cálculo da corrente curto circuito

$$I_{cc}(t) = \sqrt{2} \cdot I_{cs} \cdot [\sin(\omega \cdot t + \beta + \theta) - e^{-\frac{t}{Ct}} \cdot \sin(\beta - \theta)]$$

Equação 1.2 – Cálculo da constante de tempo Ct

$$Ct = \frac{X}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R} \text{ (seg)}$$

Equação 1.3 – Cálculo de θ

$$\theta = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$$

Sendo:

- $I_{cc}(t)$: Valor instantâneo da corrente de curto circuito num determinado instante t;
- I_{cs} : Valor eficaz simétrico da corrente de curto circuito;
- t: Tempo durante o qual ocorreu o defeito até o ponto considerado em s;
- Ct: Constante de tempo;
- β : Deslocamento angular medido no sentido positivo da variação dv/dt , a partir de $V=0$, até o ponto $t=0$ (ocorrência do defeito);
- θ : Ângulo que mede a relação entre a reatância e a resistência do sistema;
- R: Resistência do circuito desde a fonte geradora até o ponto de defeito, em Ω ou pu;
- X: reatância do circuito desde a fonte geradora até o ponto de defeito, em Ω ou pu;
- $\omega \cdot t$: ωt = ângulo de tempo;
- F: Frequência do sistema;

O Primeiro termo representa o valor simétrico da corrente alternada da corrente de curto circuito de efeito permanente: $\sqrt{2} \cdot I_{cs} \cdot [\sin(\omega \cdot t + \beta + \theta)]$ [10]

O Segundo termo representa o valor do componente contínuo: $e^{-\frac{t}{Ct}} \cdot \sin(\beta - \theta)$ [10]

1.3.6.7. CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO

Quando as tensões nas 3 fases se anulam no ponto de defeito. Por serem geralmente de maior valor, são de fundamental importância em várias aplicações, sendo elas: [10]

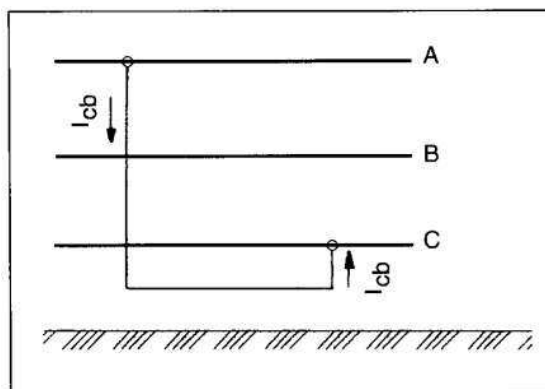
- Ajuste de dispositivos de proteção contra sobrecorrentes;
- Capacidade de interrupção de disjuntores;
- Capacidade térmica de cabos e equipamentos;

1.3.6.7. CURTO CIRCUITO BIFÁSICO

O defeito pode ocorrer em duas situações:

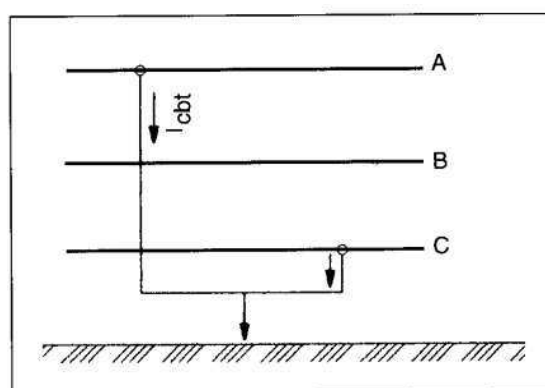
- Contato entre dois condutores de fases diferentes.

Figura 1.28 – Curto circuito Fase – Fase



- Contato entre dois condutores e o terra.

Figura 1.29 – Curto circuito Fase – Fase – Terra

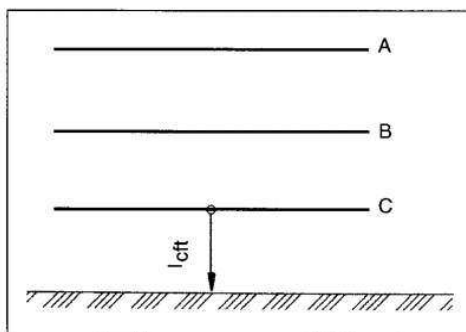


1.3.6.8. CURTO CIRCUITO FASE-TERRA

O defeito monopolar também pode ocorrer em duas situações:

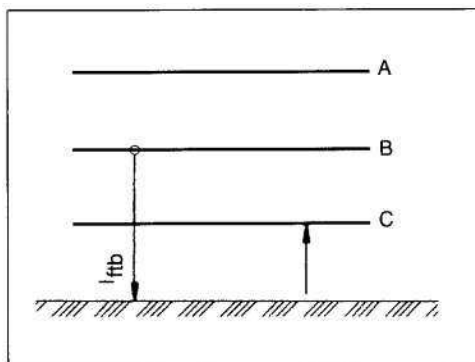
- Contato entre um condutor de fase e o terra:

Figura 1.30 – Curto circuito Fase – Terra



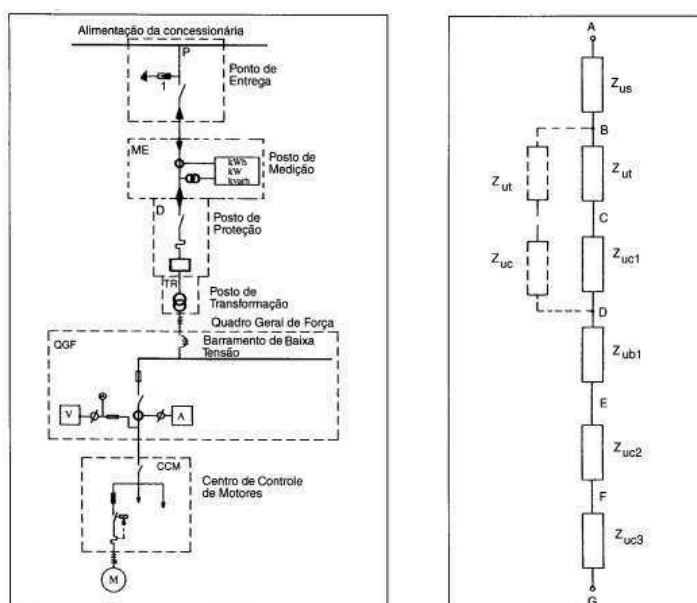
- Contato simultâneo entre dois condutores fase e o terra:

Figura 1.31 – Contato simultâneo entre dois condutores e terra



1.3.6.9. TRANSFORMAÇÃO EM IMPEDÂNCIAS

Figura 1.32 – Transformação de diagrama unifilar em diagrama de impedâncias



1.3.6.9.1. IMPEDÂNCIA REDUZIDA DO SISTEMA (ZUS)

Representa o valor final da impedância entre a fonte supridora de energia e o ponto de entrega da concessionária local. Pode ainda ser fornecido o valor da I_{cc} no ponto de entrega de energia. [10]

Se esses valores não forem conhecidos, pode-se usar o valor de capacidade de ruptura mínima do disjuntor de proteção geral de entrada. Este é o valor mais conservativo que se pode utilizar como base para determinar a impedância reduzida do sistema.

Na maioria das aplicações, a impedância do sistema de suprimentos é muito pequena, em relação ao valor da impedância. [10]

- Resistência (R_{us}): é muito pequena relativamente ao valor da reatância. Na prática, despreza-se seu efeito. [10]

Equação 1.4 – Resistência R_{us}

$$R_{us} = \sim 0$$

Reatância (X_{us}): considerando que se conheça o valor de I_{cc} no ponto de entrega, têm-se: [10]

Equação 1.5 – Resistência R_{us}

$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot V_{np} \cdot I_{cp} \text{ (kVA)}$$

- P_{cc} : Potência de curto-circuito no ponto de entrega (kVA);
- V_{np} : tensão nominal primária no ponto de entrega (kV);
- I_{cp} : corrente de curto-circuito simétrica (A).

O valor da reatância em PU é:

Equação 1.6 – Cálculo da reatância em PU

$$X_{us} = \frac{P_b}{P_{cc}} \text{ (pu)}$$

Equação 1.7 – Impedância em PU

$$Z_{us} = R_{us} + j \cdot X_{us} \text{ (PU)}$$

1.3.6.10. CORRENTE SIMÉTRICA DE CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO

Para a determinação das correntes de curto-circuito em qualquer ponto do sistema, é realizada a soma vetorial de todas as impedâncias calculadas até o ponto desejado: [10]

Equação 1.8 – Soma das impedâncias do sistema

$$Z_a(tot) = \sum_{i=1}^n (R_{ui} + j.X_{ui}) \text{ (PU)}$$

R_{ui} e X_{ui} são a resistência e reatância unitárias de cada impedância do sistema até o ponto onde se quer determinar os valores de curto-circuito. [10]

Equação 1.9 – Corrente de base

$$I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3}.V_b} \text{ (A)}$$

Equação 1.10 – Cálculo da corrente de curto circuito simétrica eficaz

$$I_{cc} = \frac{I_b}{1000.Z_a(tot)} \text{ (kA)}$$

Para se obter a corrente de curto-circuito simétrica nos terminais do transformador de forma mais simples: [10]

Equação 1.10 – Equação simplificada de cálculo de CC nos terminais do transformador

$$I_{cc} = \frac{I_n}{Z_{pt\%}} . 100 \text{ (A)}$$

- I_n: Corrente nominal do transformador (A)
- Z_{pt%}: Impedância percentual do transformador

Este valor é aproximado, pois não está incluída a impedância reduzida do sistema de suprimento.

1.3.6.11. CORRENTE ASSIMÉTRICA DE CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO

Equação 1.11 – Corrente de curto circuito assimétrica

$$I_{ca} = F_a . I_{cc} \text{ (kA)}$$

-F_a: Fator de assimetria, determinado conforme tabela:

Tabela 1.5 - Fator de assimetria

Relação X/R	Fator de assimetria (Fa)	Relação X/R	Fator de assimetria (Fa)	Relação X/R	Fator de assimetria (Fa)
0,40	1,00	3,80	1,37	11,00	1,58
0,60	1,00	4,00	1,38	12,00	1,59
0,80	1,02	4,20	1,39	13,00	1,60
1,00	1,04	4,40	1,40	14,00	1,61
1,20	1,07	4,60	1,41	15,00	1,62
1,40	1,10	4,80	1,42	20,00	1,64
1,60	1,13	5,00	1,43	30,00	1,67
1,80	1,16	5,50	1,46	40,00	1,68
2,00	1,19	6,00	1,47	50,00	1,69
2,20	1,21	6,50	1,49	60,00	1,70
2,40	1,24	7,00	1,51	70,00	1,71
2,60	1,26	7,50	1,52	80,00	1,71
2,80	1,28	8,00	1,53	100,00	1,71
3,00	1,30	8,50	1,54	200,00	1,72
3,20	1,32	9,00	1,55	400,00	1,72
3,40	1,34	9,50	1,56	600,00	1,73
3,60	1,35	10,00	1,57	1000,00	1,73

1.3.6.12. IMPULSO DA CORRENTE DE CURTO CIRCUITO

Equação 1.12 – Impulso da corrente de curto circuito

$$I_{cim} = \sqrt{2} \cdot I_{ca} \text{ (kA)}$$

1.3.6.13. CORRENTE BIFÁSICA DE CURTO CIRCUITO

Equação 1.13 – Corrente bifásica de curto circuito

$$I_{cb} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{cs} \text{ (kA)}$$

1.3.7. FATOR DE POTÊNCIA E CORREÇÃO

1.3.7.1. CONCEITO

A Correção do fator de potência através, principalmente, da instalação de capacitores tem sido alvo de muita atenção das áreas de projeto, manutenção e finanças de empresas interessadas em racionalizar o consumo de seus equipamentos elétricos. [9]

Objetivando otimizar o uso da energia elétrica gerada no país, o extinto DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica), atualmente com a denominação de

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), através do Decreto N° 479 de 20 de março de 1992 estabeleceu que o fator de potência mínimo deve ser 0,92. [9]

Além disso também foi estabelecido que, teria um novo fator de potência indutivo e capacitivo, a forma de avaliação e de critério de faturamento da energia reativa excedente a esse novo limite. [9]

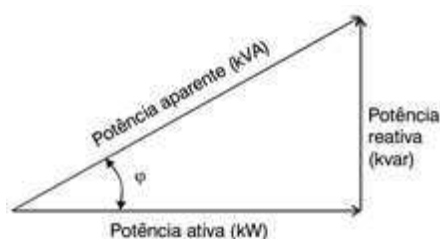
A maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, tais como: motores, transformadores, reatores para lâmpadas de descarga. As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação requer dois tipos de potência: [9]

- Potência ativa: potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento. É medida em kW.
- Potência Reativa: potência usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. É medida em kVar.

Assim, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa. [9]

O fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética. Um triângulo retângulo é frequentemente utilizado para representar as relações entre kW, kVar e kVA. [9]

Figura 1.33 – Triângulo de Potência



Equação 1.14 – Cálculo de Fator de Potência (1)

$$FP = \frac{kW}{kVA} = \cos \phi = \cos\left(\arctan \frac{kVar}{kW}\right)$$

Equação 1.15 – Cálculo de Fator de Potência (2)

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVarh^2}}$$

1.3.7.2. CONSEQUÊNCIA E CAUSAS DE UM BAIXO FATOR DE POTÊNCIA

1.3.7.2.1. PERDAS NA INSTALAÇÃO

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total ($I^2.R$). Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos. [9]

1.3.7.2.2. QUEDAS DE TENSÃO

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede. Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores. [9]

1.3.7.3. VANTAGENS DA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

1.3.7.3.1. MELHORIA DA TENSÃO

As desvantagens de tensões abaixo da nominal em qualquer sistema elétrico são bastante conhecidas. Embora os capacitores elevem os níveis de tensão, é raramente econômico instalá-los em estabelecimentos industriais apenas para esse fim. A melhoria da tensão deve ser considerada como um benefício adicional dos capacitores. [9]

A tensão em qualquer ponto de um circuito elétrico é igual à da fonte geradora menos a queda de tensão até aquele ponto. Assim, se a tensão da fonte geradora e as diversas quedas de tensão forem conhecidas, a tensão em qualquer ponto pode ser facilmente determinada. Como a tensão na fonte é conhecida, o problema consiste apenas na determinação das quedas de tensão. [2]

A fim de simplificar o cálculo das quedas de tensão, a seguinte fórmula é geralmente usada:

Equação 1.16 – Cálculo das quedas de tensão (1)

$$\Delta V = R.I.\cos\phi \pm X.I.\sen\phi$$

ΔV = Queda de tensão [V]

R = Resistência [Ω]

I = Corrente total [A]

ϕ = Ângulo do fator de potência

X = Reatância [Ω]

(+) = Para cargas com fator de potência atrasado

(-) = Para cargas com fator de potência adiantado. Os valores de ΔV , R e X são valores por fase. A queda de tensão entre fases para um sistema trifásico seria $\Delta V \cdot \sqrt{3}$.

Conhecido o fator de potência e a corrente total, as componentes da corrente são facilmente obtidas:

- $I_{kW} = I \cdot \cos\phi$
- $I_{kvar} = I \cdot \sin\phi$

onde:

- I_{kW} = corrente ativa
- I_{kvar} = corrente reativa

Assim, a equação acima pode ser escrita da seguinte forma:

Equação 1.17 – Cálculo das quedas de tensão (2)

$$V = R \cdot I_{kW} \pm X \cdot I_{kvar}$$

Por esta expressão, torna-se evidente que a corrente relativa à potência reativa opera somente na reatância. Como esta corrente é reduzida pelos capacitores, a queda de tensão total é então reduzida de um valor igual a corrente do capacitor multiplicada pela reatância. [10]

Portanto, é apenas necessário conhecer a potência nominal do capacitor e a reatância do sistema para se conhecer a elevação de tensão ocasionada pelos capacitores. [2]

Nos estabelecimentos industriais com sistemas de distribuição modernos e a uma só transformação, a elevação de tensão proveniente da instalação de capacitores é da ordem de 4 a 5%. [2]

1.3.7.3.2. REDUÇÃO DAS PERDAS

Na maioria dos sistemas de distribuição de energia elétrica de estabelecimentos industriais, as perdas RI^2t variam de 2,5 a 7,5% dos kWh da carga, dependendo das horas de trabalho a plena carga, bitola dos condutores e comprimento dos alimentadores e circuitos de distribuição. [2]

As perdas são proporcionais ao quadrado da corrente e como a corrente é reduzida na razão direta da melhoria do fator de potência, as perdas são inversamente proporcionais ao quadrado do fator de potência. [2]

Redução percentual das perdas:

Equação 1.18 – Redução percentual das perdas

$$\% \frac{\Delta P}{P_1} = 100 - \frac{100 \cdot \cos^2 \phi_1}{\cos^2 \phi_2}$$

1.3.7.3.3. VANTAGENS DA EMPRESA

- Redução significativa do custo de energia elétrica;

- Aumento da eficiência energética da empresa;
- Melhoria da tensão;
- Aumento da capacidade dos equipamentos de manobra;
- Aumento da vida útil das instalações e equipamentos;
- Redução do efeito Joule;
- Redução da corrente reativa na rede elétrica.

1.3.7.3.4. VANTAGENS DA CONCESSIONÁRIA

- O bloco de potência reativa deixa de circular no sistema de transmissão e distribuição;
- Evita as perdas pelo efeito Joule;
- Aumenta a capacidade do sistema de transmissão e distribuição para conduzir o bloco de potência ativa;
- Aumenta a capacidade de geração com intuito de atender mais consumidores;
- Diminui os custos de geração.

1.3.7.4. CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM BAIXA TENSÃO

1.3.7.4.1. TIPOS DE CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

A correção pode ser feita instalando os capacitores de quatro maneiras diferentes, tendo como objetivos a conservação de energia e a relação custo/benefício:

- Correção na entrada da energia de alta tensão: corrige o fator de potência visto pela concessionária, permanecendo internamente todos os inconvenientes citados pelo baixo fator de potência e o custo é elevado. [9]

- Correção na entrada da energia de baixa tensão: permite uma correção bastante significativa, normalmente com bancos automáticos de capacitores. Utiliza-se este tipo de correção em instalações elétricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização poucos uniformes. [9]
A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento. [9]

- Correção por grupos de cargas: o capacitor é instalado de forma a corrigir um setor ou um conjunto de pequenas máquinas (<10cv). É instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. Tem como desvantagem não diminuir a corrente nos circuitos de alimentação de cada equipamento. [2]

- Correção localizada: é obtida instalando-se os capacitores junto ao equipamento que se pretende corrigir o fator de potência. Representa, do ponto de vista técnico, a melhor solução, apresentando as seguintes vantagens: [2]

- reduz as perdas energéticas em toda a instalação;
- diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos;
- Pode-se utilizar em sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, economizando-se um equipamento de manobra;
- gera potência reativa somente onde é necessário.

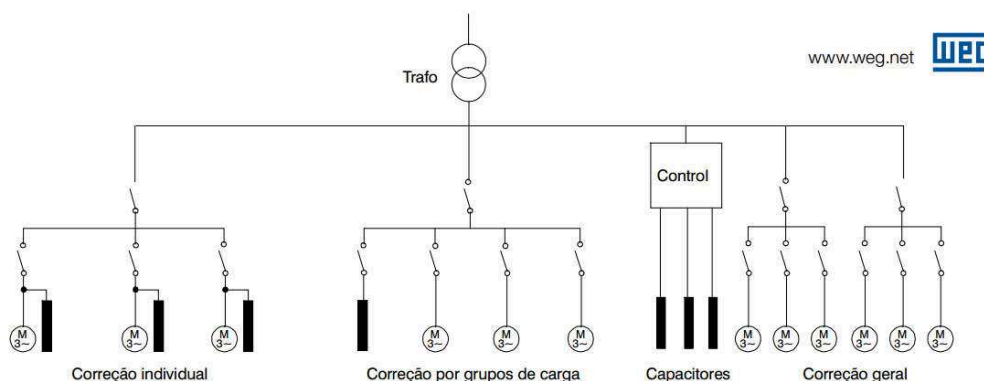
- Correção mista: no ponto de vista "Conservação de Energia", considerando aspectos técnicos, práticos e financeiros, torna-se a melhor solução.

Para a correção mista segue o seguinte critério:

- A instalação de um capacitor fixo diretamente no lado secundário do transformador.
- Motores de aproximadamente 10 cv ou mais, corrige-se localmente (cuidado com motores de alta inércia, pois não se deve dispensar o uso de contatores para manobra dos capacitores sempre que a corrente nominal dos mesmos for superior a 90% da corrente de excitação do motor). [9]
- Motores com menos de 10 cv corrige-se por grupos. [9]
- Redes próprias para iluminação com lâmpadas de descarga, usando-se reatores de baixo fator de potência, corrige-se na entrada da rede; [9]

Na entrada instala-se um banco automático de pequena potência para equalização final. Quando se corrige um fator de potência de uma instalação, consegue-se um aumento de potência aparente disponível e também uma queda significativa da corrente. [9]

Figura 1.34 – Tipos de correção de fator de potência



1.3.7.5. CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM REDES COM HARMÔNICAS

A tarefa de corrigir o fator de potência em uma rede elétrica com harmônicas é mais complexa, pois as harmônicas podem interagir com os capacitores causando fenômenos de ressonância. [9]

Harmônicas são frequências múltiplas da frequência fundamental ($H_2 = 120\text{Hz}$, $H_3 = 180\text{Hz}$, $H_4 = 240\text{Hz}$, etc.) e, na prática, observa-se uma única forma de onda distorcida. [9]

1.3.7.5.1. ORIGEM DAS HARMÔNICAS

As harmônicas têm sua principal origem na instalação de cargas não-lineares cuja forma de onda da corrente não acompanha a forma de onda senoidal da tensão de alimentação. Nos transformadores de força, são consequência da relação não linear entre o fluxo de magnetização e a corrente de excitação correspondente. [9]

1.3.7.5.2. CLASSIFICAÇÃO DAS HARMÔNICAS

Atualmente as cargas não lineares são classificadas em três categorias de acordo com a natureza da deformação:

- CATEGORIA 1 – Nesta categoria encontram-se os equipamentos com característica operativa de arcos voltaicos, tais como: fornos a arco, máquinas de solda, lâmpada de descarga e outros. A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade do arco voltaico. [9]
- CATEGORIA 2 – Nesta categoria encontram-se os equipamentos de núcleo magnético saturado, tais como: reatores e transformadores de núcleo saturados. A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade do circuito magnético. [9]
- CATEGORIA 3 – Nesta categoria encontram-se os equipamentos eletrônicos, tais como: inversores, retificadores, UPS, televisores, micro-ondas, computadores e outros. A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade dos componentes eletrônicos. [9]

1.3.7.5.3. PROBLEMAS CAUSADOS PELAS HARMÔNICAS

Altos níveis de distorção harmônica numa instalação elétrica podem causar problemas para as redes de distribuição das concessionárias e para a própria instalação, assim como para os equipamentos ali instalados. O aumento de tensão na rede causado pela distorção harmônica acelera a fadiga dos motores e as isolações de fios e cabos, o que pode ocasionar queimas, falhas e desligamentos. Adicionalmente, as harmônicas aumentam a corrente RMS (devido a ressonância série), causando elevação nas temperaturas de operação de diversos equipamentos e diminuição de sua vida útil. [2]
Essas ondas de frequência superior a fundamental, causam vários danos ao sistema, entre os quais podemos destacar: [9]

- Aumento das perdas nos estatores e rotores de máquinas rotativas, causando superaquecimento danoso às máquinas; [9]

- O fluxo de harmônicas nos elementos de ligação de uma rede leva a perdas adicionais causadas pelo aumento do valor RMS da corrente, além do surgimento de quedas de tensão harmônicas nas várias impedâncias do circuito. No caso dos cabos há um aumento de fadiga dos dielétricos, diminuindo sua vida útil e aumentando os custos de manutenção. O aumento das perdas e o desgaste precoce das isolações também podem afetar os transformadores do sistema elétrico; [9]

- Distorção das características de atuação de relés de proteção;

- Aumento do erro em instrumentos de medição de energia, que estão calibrados para medir ondas senoidais puras; [9]

- Interferência em equipamentos de comunicação, aquecimento em reatores de lâmpadas fluorescentes, interferência na operação de computadores e em equipamentos para variação de velocidade de motores, etc.; [9]

- Aparecimento de ressonâncias entre capacitores para correção de fator de potência e o restante do sistema, causando sobretensões e sobrecorrentes que podem causar sérios danos ao sistema. [9]

1.3.7.5.3. FATOR DE POTÊNCIA COM HARMÔNICAS

Quando há distorção harmônica na instalação elétrica o triângulo de potências sofre uma alteração, recebendo uma terceira dimensão provocada pela potência aparente necessária para sustentar a distorção da frequência fundamental (50/60 Hz). [9]

1.3.7.5.4. PROTEÇÃO CONTRA HARMÔNICAS

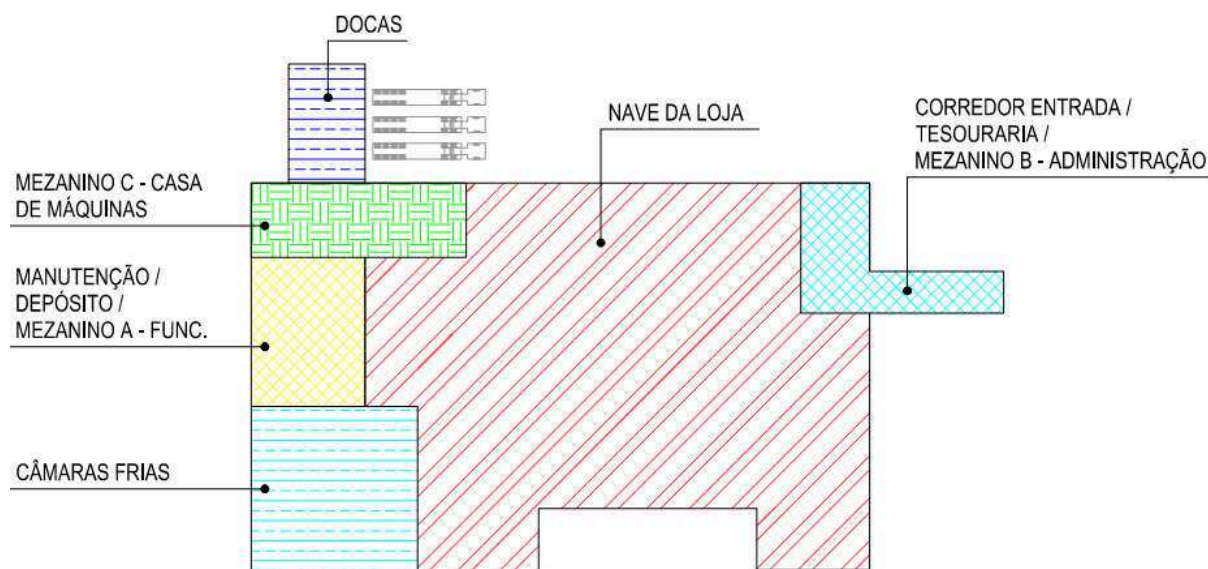
- Indutor Anti-harmônica: Protege os capacitores contra harmônicas e correntes de surto, porém as harmônicas permanecem na rede elétrica. [9]

- Filtro Anti-harmônica: Elimina uma harmônica específica da rede elétrica evitando assim problemas na instalação e nos equipamentos. Caso existam problemas com mais de uma harmônica, deve-se colocar um filtro individual para cada uma delas. [9]

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. LAYOUT DA LOJA

Figura 1.35 – Layout da Loja



2.2. NAVE DA LOJA, TESOURARIA E MEZANINO B (ADMINISTRAÇÃO)

O quadro elétrico que atende estas cargas é o QDFL-01 – Quadro de distribuição de iluminação e força.

2.2.1. ESTUDO LUMINOTÉCNICO E DIMENSIONAMENTO DE TOMADAS

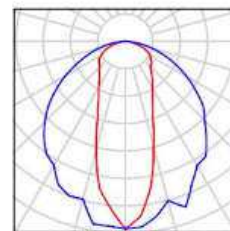
2.2.1.1. NAVE DA LOJA

Para a nave da loja, foram renderizados em 3D todos os detalhes, com o objetivo de se obter uma maior fidelidade ao real. Segundo a NBR 5413, o cálculo de iluminação deve possuir como resultado 300 – 500 - 750, sendo a unidade Lux e na seguinte sequência: Mínimo – Médio – Máximo.

A iluminação estará a 7m de altura e será distribuída em uma área de 4200m². A luminária a ser utilizada será do fabricante Lumicenter, mod. FHB03-S454, para 4 lâmpadas de 54W:

Figura 1.36 – Características técnicas – Luminária FHB03-S454

LUMICENTER FHB03-S454
Article No.:
Luminous flux (Luminaire): 18706 lm
Luminous flux (Lamps): 20000 lm
Luminaire Wattage: 224.0 W
Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 58 84 97 100 94
Fitting: 4 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000).



As figuras abaixo ilustram os resultados obtidos deste cálculo, estes resultados, por sua vez, atendem à NBR 5413.

Figura 1.37 – Renderização 3D

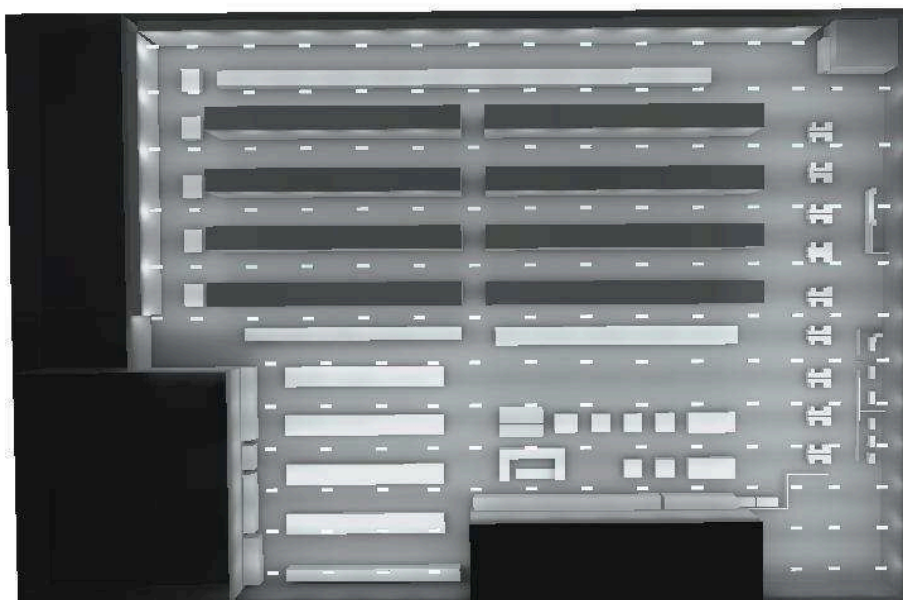
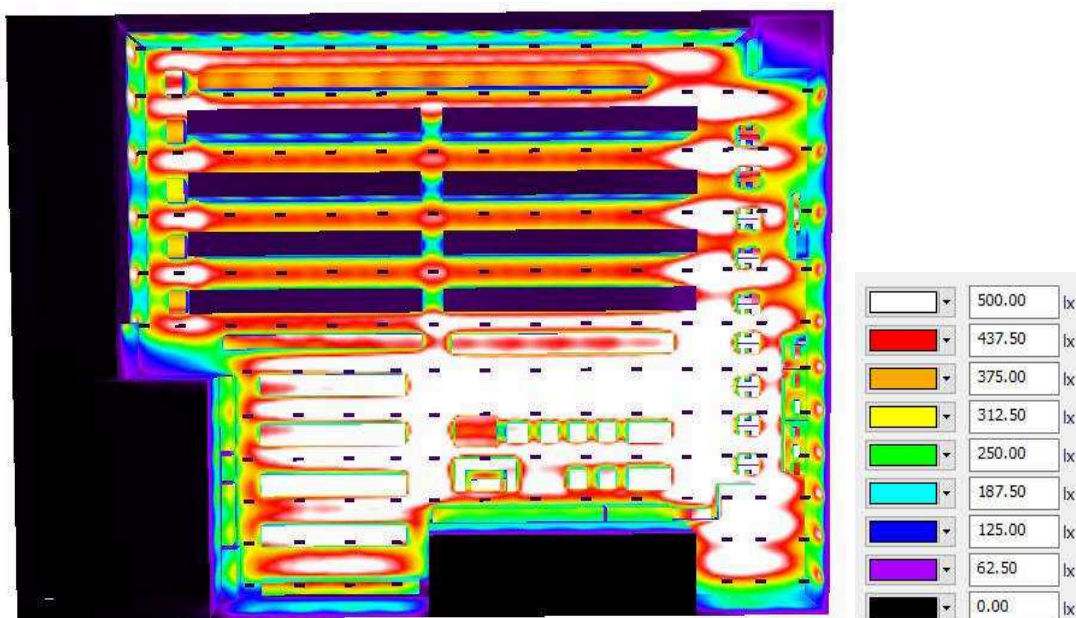


Figura 1.38 – Renderização 3D – Cores Falsas



Os dimensionamentos dos circuitos de iluminação ficaram divididos da seguinte forma:

Tabela 1.6 - Tabela de Cargas – Iluminação nave da loja

CIRCUITO	TIPO	QTD.	kW	FP	kVA	Obs.
LJ.1	FL.4X54	16	3,45	0,96	3,59	IL. CAIXAS
LJ.2	FL.4X54	15	3,24	0,96	3,60	IL. CAIXAS
LJ.3	FL.4X54	25	5,40	0,96	5,62	IL. CORREDORES
LJ.4	FL.4X54	25	5,40	0,96	5,62	IL. CORREDORES
LJ.5	FL.4X54	36	7,77	0,96	8,09	IL. NAVE
LJ.6	FL.4X54	36	7,77	0,96	8,09	IL. NAVE
LJ.7	FL.1X28	195	5,46	0,96	5,68	EXPOSITORES
LJ.8	FL.4X54	9	1,94	0,96	2,02	CORREDOR ENTRADA
LJ.9	FL.2X54	20	2,16	0,96	2,25	IL. EMERGÊNCIA
TOTAL			42,59		44,56	
LJ.A						

A distribuição de circuitos de tomadas utilizou a NBR 5410 como referência e foram distribuídas de acordo com as solicitações do cliente. Para o caso da nave da loja, não há nenhum enquadramento, tendo em vista sua especificidade e dimensões. Desta forma, foram distribuídas de acordo com as necessidades do cliente, sendo:

Tabela 1.7 - Tabela de Cargas – Tomadas nave da loja

CKT	UNIT.	QTD.	kW	FP.	kVA	Obs.
LJ.10	200W	4	0,80	0,80	1,00	CAIXAS 1-4

LJ.11	200W	4	0,80	0,80	1,00	CAIXAS 5-8
LJ.12	200W	4	0,80	0,80	1,00	CAIXAS 9-12
LJ.13	200W	4	0,80	0,80	1,00	CAIXAS 13-18
LJ.14	600W	18	10,80	0,80	13,50	TOM. SERVIÇO
LJ.15	300W	4	1,20	0,80	1,50	RACK TI
LJ.16	200W	4	0,80	0,80	1,00	BALANÇAS
LJ.17	300W	7	2,10	0,80	2,62	BAZAR
LJ.18	150W	22	3,30	0,80	4,12	CX. CENTRAL / GERÊNCIA
TOTAL L.J.B			21,40		26,75	

2.2.1.2. TESOURARIA

O layout indicado abaixo compreende a área da tesouraria. Observa-se que, por conta de dimensão, as áreas de cofre, carro forte e banheiros masculinos e femininos não precisarão de estudos luminotécnicos, pois conseguem comportar apenas uma luminária. Desta forma, somente foi elaborado estudo luminotécnico da tesouraria.

A iluminação estará a 3m de altura e será distribuída em uma área de 5,25m². A luminária a ser utilizada será do fabricante Lumicenter, mod. FAN05-E228, para 2 lâmpadas de 28W:

Figura 1.39 – Características técnicas – Luminária FAN-E228

LUMICENTER FAN05-E228
 Article No.:
 Luminous flux (Luminaire): 8900 lm
 Luminous flux (Lamps): 10000 lm
 Luminaire Wattage: 66.0 W
 Luminaire classification according to CIE: 100
 CIE flux code: 51 80 96 100 89
 Fitting: 2 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000).

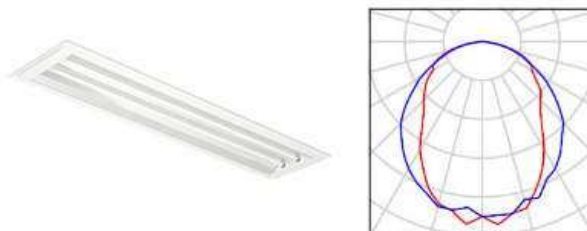
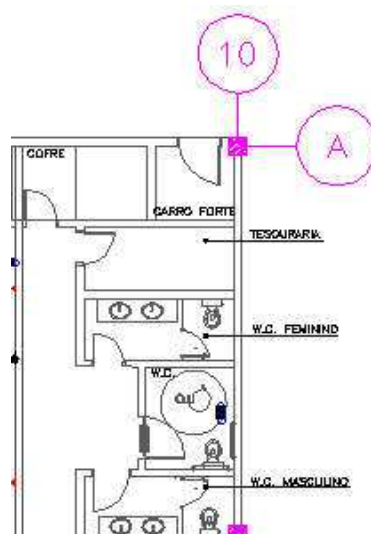


Figura 1.40 – Área da Tesouraria



Os dimensionamentos dos circuitos de iluminação ficaram divididos da seguinte forma:

Tabela 1.8 - Tabela de Cargas – Iluminação área tesouraria

CIRCUITO	TIPO	QTD.	kW	FP	kVA	Obs.
TES.1	FL.2X28	2	0,11	0,85	0,13	TESOURARIA
TES.2	FL.2X28	2	0,11	0,85	0,13	CARRO FORTE/COFRE
TES.3	FL.2X28	2	0,11	0,85	0,13	BANHEIROS
TOTAL TES.A			0,33		0,39	

Para os banheiros, foi considerada uma tomada de serviço e uma para secador de mãos. Já para a área da tesouraria, as tomadas foram dimensionadas de acordo com a necessidade do cliente.

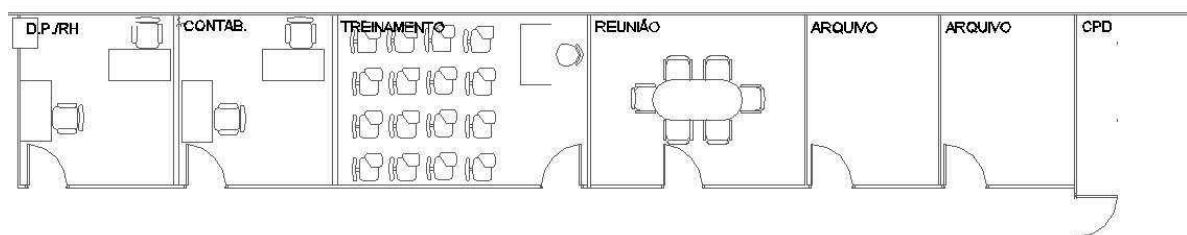
Tabela 1.9 - Tabela de Cargas – Tomadas área tesouraria

CKT	UNIT.	QTD.	kW	FP.	kVA	Obs.
TES.4	300W	4	1,20	0,80	1,50	TESOURARIA
TES.6	2500W	2	5,00	1,00	5,00	BANHEIROS (SECADOR)
TES.7	600W	2	1,20	0,80	1,50	BANHEIROS (SERVIÇO)
TOTAL TES.B			7,40		8,00	

2.2.1.3. MEZANINO B – ADMINISTRAÇÃO

O layout abaixo compreende a área do Mezanino B:

Figura 1.41 – Mezanino B (Administração)



A iluminação estará a 3m de altura. A luminária a ser utilizada será do fabricante Lumicenter, mod. FAN05-E228, para 2 lâmpadas de 28W:

Figura 1.42 – Características técnicas – Luminária FAN-E228

LUMICENTER FAN05-E228

Article No.:

Luminous flux (Luminaire): 8900 lm

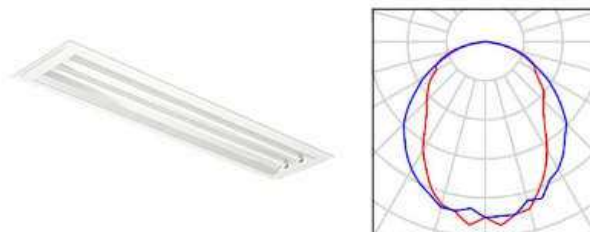
Luminous flux (Lamps): 10000 lm

Luminaire Wattage: 66.0 W

Luminaire classification according to CIE: 100

CIE flux code: 51 80 96 100 89

Fitting: 2 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000).



Os dimensionamentos dos circuitos de iluminação ficaram divididos da seguinte forma:

Tabela 1.10 - Tabela de Cargas – Iluminação mezanino B

CIRCUITO	TIPO	QTD.	kW	FP	kVA	Obs.
MEZB.1	FL.2X28	4	0,24	0,85	0,28	DP/RH CONTABILIDADE E
MEZB.2	FL.2X28	12	0,67	0,85	0,80	TREINAMENTO REUNIÃO E
MEZB.3	FL.2X28	16	0,89	0,85	1,05	ARQUIVOS, CPD CIRCULAÇÃO E
TOTAL MEZB.A			1,80		2,13	

Para os escritórios, foram consideradas tomadas de acordo com o layout das mesas, assim como para a sala de treinamento e CPD.

Tabela 1.11 - Tabela de Cargas – Tomadas mezanino B

CKT	UNIT.	QTD.	kW	FP.	kVA	Obs.
MEZB.4	300W	8	2,40	0,80	3,00	DP/RH CONTABILIDADE E
MEZB.5	300W	12	3,60	0,80	4,50	TREINAMENTO REUNIÃO E
MEZB.6	2500W	1	2,50	0,80	3,12	CPD
TOTAL MEZB.B			8,50		10,62	

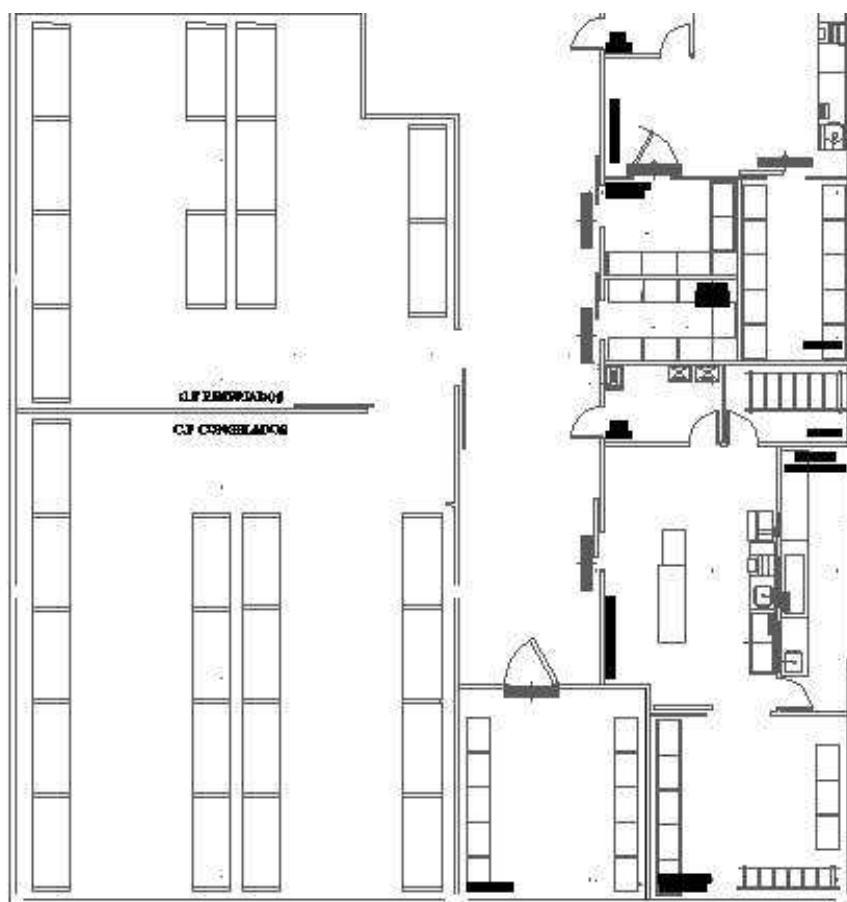
2.3. CÂMARAS FRIAS

O quadro elétrico que atende estas cargas é o QDFL-02 – Quadro de distribuição de iluminação e força.

2.3.1. ESTUDO LUMINOTÉCNICO E DIMENSIONAMENTO DE TOMADAS

O layout abaixo compreende a área das câmaras frias:

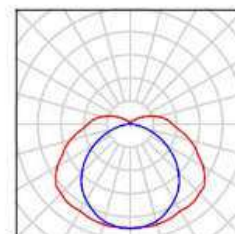
Figura 1.43 – Câmaras Frias



A iluminação estará a 3m de altura. A luminária a ser utilizada será do fabricante Lumicenter, IP65 (utilizada em ambientes onde há manipulação de alimentos), mod. FHT03-S228, para 2 lâmpadas de 28W:

Figura 1.44 – Características técnicas – Luminária FHT03-S228

LUMICENTER FHT03-S228
 Article No.:
 Luminous flux (Luminaire): 7964 lm
 Luminous flux (Lamps): 10000 lm
 Luminaire Wattage: 66.0 W
 Luminaire classification according to CIE: 88
 CIE flux code: 37 67 88 88 80
 Fitting: 2 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000)



Os dimensionamentos dos circuitos de iluminação ficaram divididos da seguinte forma:

Tabela 1.12 - Tabela de Cargas – Iluminação Câmaras Frias

CIRCUITO	TIPO	QTD.	kW	FP	kVA	Obs.
CF.1	FL.2X28	6	0,34	0,80	0,42	CÂM. RESFRIADOS
CF.2	FL.2X28	6	0,34	0,80	0,42	CÂM. CONGELADOS
CF.3	FL.2X28	2	0,11	0,80	0,14	CÂM. CARNES
CF.4	FL.2X28	4	0,22	0,80	0,28	EMBALAG. CARNES
CF.5	FL.2X28	4	0,22	0,80	0,28	ATEND. AÇOUGUE
CF.6	FL.2X28	1	0,06	0,80	0,07	HIGIEN. EQUIP.
CF.7	FL.2X28	2	0,11	0,80	0,14	CÂM. FRIOS
CF.8	FL.2X28	1	0,06	0,80	0,07	CÂM. QUEIJOS
CF.9	FL.2X28	6	0,34	0,80	0,42	PREPARO FRIOS
CF.10	FL.2X28	8	0,45	0,80	0,56	PREPARO AÇOUGUE
CF.11	FL.2X28	6	0,34	0,80	0,42	CIRCULAÇÃO
TOTAL CF.A			2,60		3,22	

Tabela 1.13 - Tabela de Cargas – Tomadas Câmaras Frias

CKT	UNIT.	QTD.	kW	FP.	kVA	Obs.
CF.12	600W	3	1,80	0,8	2,25	EMBALAG. CARNES
CF.13	300W	12	3,60	0,8	4,50	ATEND. AÇOUGUE
CF.14	300W	4	1,20	0,8	1,50	HIGIEN. EQUIP.
CF.15	450W	4	1,80	0,8	2,25	PREPARO FRIOS
CF.16	450W	6	2,70	0,8	3,38	PREPARO AÇOUGUE
TOTAL CF.B			11,10		13,88	

2.4. MEZANINO A (FUNCIONÁRIOS), DOCAS E MANUTENÇÃO

O quadro elétrico que atende estas cargas é o QDFL-03 – Quadro de distribuição de iluminação e força.

2.4.1. ESTUDO LUMINOTÉCNICO E DIMENSIONAMENTO DE TOMADAS

Os layouts abaixo compreendem a área do mezanino A, depósito, docas e manutenção:

Figura 1.45 – Manutenção e depósito e docas (1)

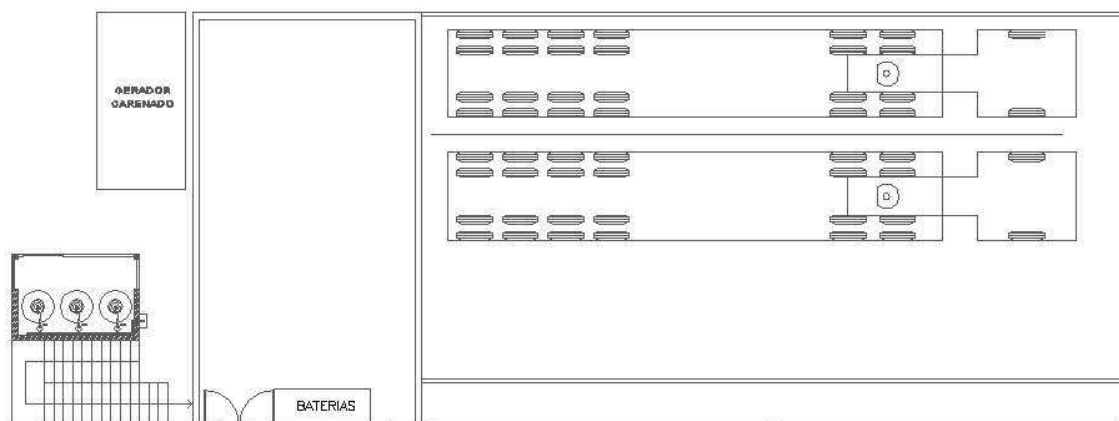


Figura 1.45 – Manutenção e depósito e docas (1)

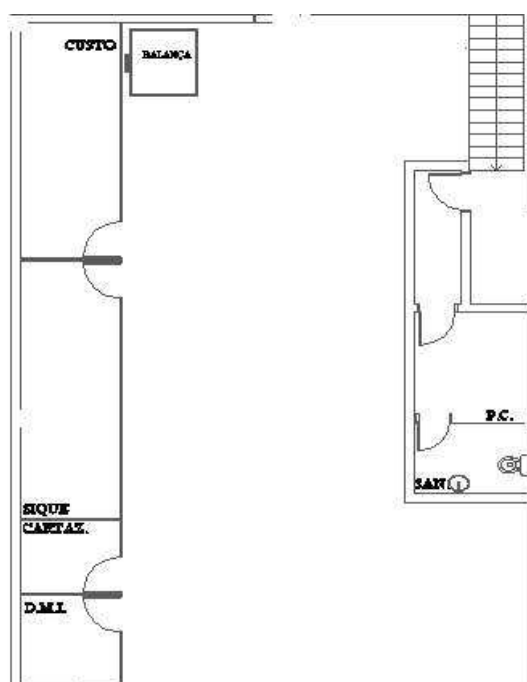
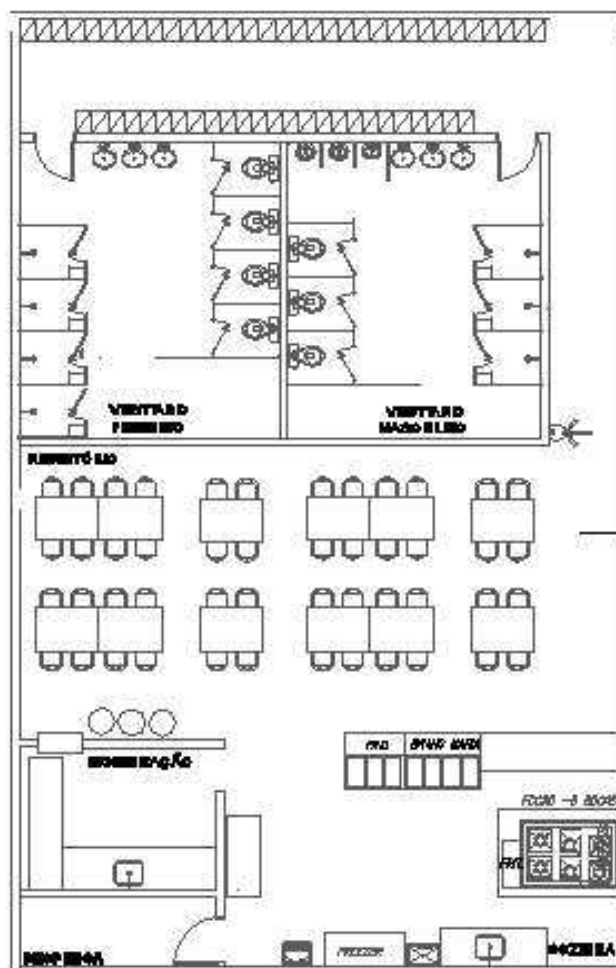


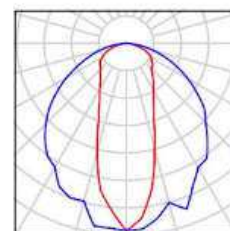
Figura 1.46 – Mezanino A (Funcionários)



Para as docas e depósito, a iluminação estará a 7m de altura. A luminária a ser utilizada será do fabricante Lumicenter, mod. FHB03-S454, para 4 lâmpadas de 54W:

Figura 1.47 – Características técnicas – Luminária FHB03-S454

LUMICENTER FHB03-S454
 Article No.:
 Luminous flux (Luminaire): 18706 lm
 Luminous flux (Lamps): 20000 lm
 Luminaire Wattage: 224.0 W
 Luminaire classification according to CIE: 100
 CIE flux code: 58 84 97 100 94
 Fitting: 4 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000).



Para as áreas de manutenção e vestiários/banheiros/circulação do mezanino A, a iluminação estará a 3m de altura. A luminária a ser utilizada será do fabricante Lumicenter, mod. FAN05-E228, para 2 lâmpadas de 28W:

Figura 1.48 – Características técnicas – Luminária FAN-E228

LUMICENTER FAN05-E228

Article No.:

Luminous flux (Luminaire): 8900 lm

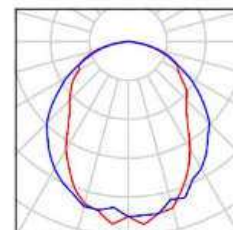
Luminous flux (Lamps): 10000 lm

Luminaire Wattage: 66.0 W

Luminaire classification according to CIE: 100

CIE flux code: 51 80 96 100 89

Fitting: 2 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000).



Para o refeitório/cozinha/depósitos do mezanino A, a iluminação estará a 3m de altura. A luminária a ser utilizada será do fabricante Lumicenter, IP65 (utilizada em ambientes onde há manipulação de alimentos), mod. FHT03-S228, para 2 lâmpadas de 28W:

Figura 1.49 – Características técnicas – Luminária FHT03-S228

LUMICENTER FHT03-S228

Article No.:

Luminous flux (Luminaire): 7964 lm

Luminous flux (Lamps): 10000 lm

Luminaire Wattage: 66.0 W

Luminaire classification according to CIE: 88

CIE flux code: 37 67 88 88 80

Fitting: 2 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000).

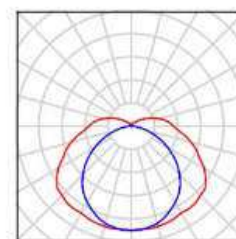


Tabela 1.14 -Tabela de Cargas – Iluminação Mezanino A, depósito, docas e manutenção

CIRCUITO	TIPO	QTD.	kW	FP	kVA	Obs.
MEZA.1	FL.4X54	12	0,67	0,96	0,70	DOCAS
MEZA.2	FL.4X54	24	1,34	0,96	1,40	DEPÓSITO
MEZA.3	FL.2X28	18	1,01	0,8	1,26	MANUTENÇÃO
MEZA.4	FL.2X28	4	0,22	0,8	0,28	PC (MONITORAMENTO)
MEZA.5	FL.2X28	12	0,67	0,8	0,84	VESTIÁRIOS
MEZA.6	FL.2X28	10	0,56	0,8	0,70	ARMÁRIOS/CIRCULAÇÃO
MEZA.7	FL.2X28	10	0,56	0,8	0,70	REFEITÓRIO
MEZA.8	FL.2X28	4	0,22	0,8	0,28	COZINHA A
MEZA.9	FL.2X28	2	0,11	0,8	0,14	COZINHA B
MEZA.10	FL.2X28	2	0,11	0,8	0,14	COZINHA C
MEZA.11	FL.2X28	2	0,11	0,8	0,14	PREPARO ALIMENTOS/DEPÓSITO
TOTAL MEZA.A			5,60		6,58	

Tabela 1.15 - Tabela de Cargas – Tomadas Mezanino A, depósito, docas e manutenção

CKT	UNIT.	QTD.	kW	FP.	kVA	Obs.
MEZA.12	21000W	6	126,00	0,95	132,63	DOCAS

MEZA.13	600W	10	6,00	0,8	7,50	DEPÓSITO
MEZA.14	600W	15	9,00	0,8	11,25	MANUTENÇÃO
MEZA.15	300W	8	2,40	0,8	3,00	PC (MONITORAMENTO)
MEZA.16	2500W	2	5,00	1	5,00	VESTIÁRIOS
MEZA.17	300W	6	1,8	0,8	2,25	ARMÁRIOS/CIRCULAÇÃO
MEZA.18	300W	10	3	0,8	3,75	REFEITÓRIO
MEZA.19	2500W	2	5	0,95	5,26	COZINHA A
MEZA.20	1400W	1	1,4	0,92	1,52	COZINHA B
MEZA.21	600W	5	3	0,8	3,75	COZINHA C
MEZA.22	300W	6	1,8	0,8	2,25	PREPARO ALIMENTOS/DEPÓSITO
TOTAL MEZA.B			164,40		178,17	

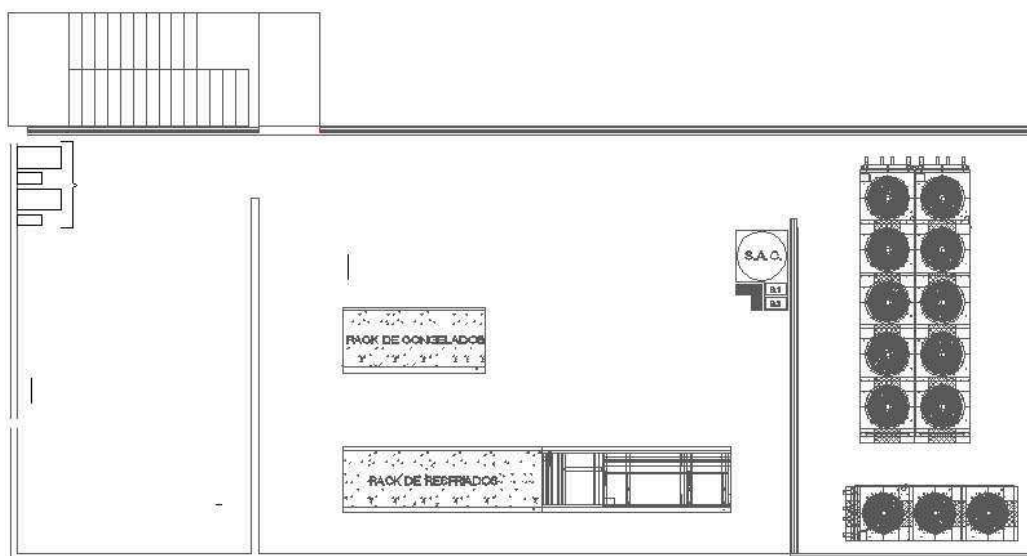
2.5. MEZANINO C (CASA DE MÁQUINAS)

O quadro elétrico que atende estas cargas é o QDFL-04 – Quadro de distribuição de iluminação e força.

2.5.1. ESTUDO LUMINOTÉCNICO E DIMENSIONAMENTO DE TOMADAS

O layout abaixo compreende a área do mezanino C (Casa de máquinas):

Figura 1.50 – Mezanino C (Casa de máquinas)



A iluminação estará a 3m de altura. A luminária a ser utilizada será do fabricante Lumicenter, mod. FAN05-E228, para 2 lâmpadas de 28W:

Figura 1.51 – Características técnicas – Luminária FAN-E228

LUMICENTER FAN05-E228
 Article No.:
 Luminous flux (Luminaire): 8900 lm
 Luminous flux (Lamps): 10000 lm
 Luminaire Wattage: 66.0 W
 Luminaire classification according to CIE: 100
 CIE flux code: 51 80 96 100 89
 Fitting: 2 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000).

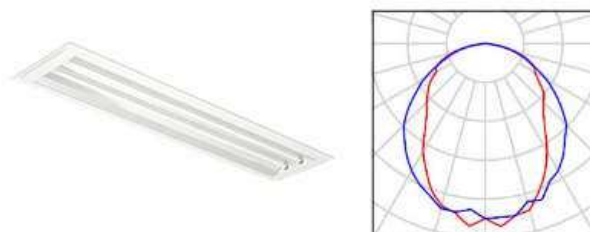


Tabela 1.16 -Tabela de Cargas – Iluminação Mezanino C

CIRCUITO	TIPO	QTD.	kW	FP	kVA	Obs.
MEZC.1	FL.2X28	6	0,34	0,8	0,42	SALA DOS PAINES
MEZC.2	FL.2X28	12	0,67	0,8	0,84	ÁREA RACKS REFRIG.
MEZC.3	FL.2X28	6	0,34	0,8	0,42	ÁREA COMPRESS. REFRIG.
TOTAL MEZC.A			1,34		1,68	

Tabela 1.17 - Tabela de Cargas – Tomadas Mezanino C

CKT	UNIT.	QTD.	kW	FP.	kVA	Obs.
MEZC.4	300W	6	1,80	0,8	2,25	SALA DOS PAINES
MEZC.4	300W	8	2,40	0,8	3,00	ÁREA RACKS REFRIG.
MEZC.6	300W	6	1,80	0,8	2,25	ÁREA COMPRESS. REFRIG.
TOTAL MEZC.B			6,00		7,50	

2.6. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO ALIMENTAR

O dimensionamento do sistema de refrigeração alimentar é por conta de uma empresa especializada. Esta empresa tem por função fornecer ao projetista elétrico todas as características de seus equipamentos e este, por sua vez, tem a função de considerar tais cargas em seu dimensionamento, pois são muito relevantes nesta instalação.

Por se tratar de uma carga extremamente indutiva, todos os equipamentos são fornecidos com o fator de potência já corrigido para 0,92 indutivo.

Especificamente para este caso, deve-se prever somente a alimentação geral do painel de refrigeração, cabendo à empresa responsável executar demais ligações elétricas.

O quadro de cargas listado abaixo foi fornecido por esta empresa:

Tabela 1.18 - Tabela de Cargas – Sistema de refrigeração alimentar

CKT	UNIT.	QTD.	kW	FP.	kVA	Obs.
REFR.1	30kW	5	150,00	0,92	163,04	COMPRESSOR DE RESFRIADO
REFR.2	21,2kW	5	106,00	0,92	115,22	COMPRESSOR DE CONGELADO

REFR.3	2,35kW	5	11,75	0,92	12,77	CONDENSADOR DE RESFRIADO
REFR.4	2,70kW	5	13,50	0,92	14,67	COND. DE CONGELADO
REFR.5	25kW	1	25,00	0,92	27,17	CÂMARA DE CONGELADO
REFR.6	28,5kW	1	28,50	0,92	30,98	CÂMARA DE RESFRIADO
REFR.7	0,66kW	48	31,68	0,92	34,43	EXPOSITORES HORIZ.
TOTAL REFR			366,43		398,29	

2.7. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ININTERRUPTA (UPS)

Existem cargas na loja que são prioritárias e devem ser alimentadas por uma fonte de alimentação ininterrupta (UPS – Uninterruptible Power Supply), ou simplesmente No-Break's. Estas cargas são cargas que prioritariamente trabalham em conjunto com o sistema de TI ou são o sistema de TI propriamente dito, ou seja, são cargas que estão constantemente “conversando” com o CPD (Centro de processamento de dados) da loja. São os casos dos caixas, rack's de TI, balanças, embaladores de carnes e frios do açougue, balanças, sistema de CFTV, caixa central, etc.

Estas cargas foram identificadas anteriormente em amarelo nos quadros de cargas. Desta forma, elas serão consideradas no dimensionamento de proteções e condutores mais a frente, porém, serão elas que definirão a potência necessária dos nobreaks a serem comprados.

O Fator de demanda foi definido de acordo com a tabela abaixo e será usado para todos os demais casos, em alguns casos, o fator de demanda é definido pelo projetista:

Tabela 1.19 - Determinação de demanda de circuitos

Carga instalada (kW)	Fator de Demanda
$0 < C \leq 1$	0,86
$1 < C \leq 2$	0,75
$2 < C \leq 3$	0,66
$3 < C \leq 4$	0,59
$4 < C \leq 5$	0,52
$5 < C \leq 6$	0,45
$6 < C \leq 7$	0,40
$7 < C \leq 8$	0,35
$8 < C \leq 9$	0,31
$0 < C \leq 10$	0,27
$C > 10$	0,24

Tabela 1.20 - Dimensionamento do sistema de UPS

CKT	kVA	FD	TOTAL	Obs.
LJ.9	2,25	1,00	2,25	IL. EMERGÊNCIA
LJ.10	1,00	0,86	0,86	CAIXAS 1-4
LJ.11	1,00	0,86	0,86	CAIXAS 5-8
LJ.12	1,00	0,86	0,86	CAIXAS 9-12
LJ.13	1,00	0,86	0,86	CAIXAS 13-18

LJ.15	1,50	0,75	1,13	RACK TI
LJ.16	1,00	0,86	0,86	BALANÇAS
LJ.18	4,12	0,52	2,14	CX. CENTRAL / GERÊNCIA
TES.4	1,50	0,86	1,29	TESOURARIA
MEZB.6	3,12	0,59	1,84	CPD
CF.12	2,25	0,66	1,49	EMBALAG. CARNES
CF.13	4,50	0,52	2,34	ATEND. AÇOUGUE
CF.15	2,25	0,66	1,49	PREPARO FRIOS
CF.16	3,38	0,59	1,99	PREPARO AÇOUGUE
MEZA.15	3,00	0,66	1,98	PC (MONITORAMENTO)
TOTAL			22,23	POTÊNCIA ESCOLHIDA: 2 NO-BREAKS DE 25 KVA QUE IRÃO TRABALHAR EM REDUNDÂNCIA

2.7. QUADRO DE CARGAS, DEMANDA PREVISÍVEL, DIMENSIONAMENTO DE TRANSFORMADOR, GRUPO GERADOR, CONDUTORES E PROTEÇÕES

Com os dados informados e calculados anteriormente, faz-se necessário a somatória de todas as cargas, considerando o fator de demanda, de modo a se obter as proteções, condutores e potências nominais de transformadores e geradores. A tensão nominal da loja em média tensão é 11,4kV e a tensão nominal em baixa tensão será 0,38kV, ambas em 60Hz.

Os painéis elétricos dimensionados serão:

Tabela 1.21 - Lista de painéis elétricos da loja

QGBT – QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO
QDFL-01 – Q. FORÇA E LUZ (NAVE E MEZANINO B)
QDFL-02 – Q. FORÇA E LUZ (CÂMARAS FRIAS)
QDFL-03 – Q. FORÇA E LUZ (DOCAS, MANUT. E MEZ. A)
QDFL-04 – Q. FORÇA E LUZ (MEZANINO C)
QREFR – Q. DE REFRIGERAÇÃO
QUPS – Q. DE NO-BREAK'S

2.7.1. QUADRO QDFL-01

Tabela 1.22 - Quadro de Cargas QDFL-01

CKT	kVA	FD	KVAd	FASES	I (A)	DISJ. (A)	CABO	OBS.:
LJ.1	3,59	1,00	3,59	3	5,44	25	3x3c#4,0mm ² + N + PE	IL. CAIXAS
LJ.2	3,60	1,00	3,60	3	5,45	25	3x3c#4,0mm ² + N + PE	IL. CAIXAS
LJ.3	5,62	1,00	5,62	3	8,52	25	3x3c#4,0mm ² + N + PE	IL. CORREDORES
LJ.4	5,62	1,00	5,62	3	8,52	25	3x3c#4,0mm ² + N + PE	IL. CORREDORES
LJ.5	8,09	1,00	8,09	3	12,26	25	3x3c#4,0mm ² + N + PE	IL. NAVE
LJ.6	8,09	1,00	8,09	3	12,26	25	3x3c#4,0mm ² + N + PE	IL. NAVE
LJ.7	5,68	1,00	5,68	3	8,61	16	3x3c#2,5mm ² + N + PE	IL. EXPOSITORES
LJ.8	2,02	1,00	2,02	1	9,18	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. ENTRADA

LJ.14	13,50	0,24	3,24	1	14,73	25	1x1c#4,0mm ² + N + PE	TOM. SERVIÇO
LJ.17	2,62	0,66	1,73	1	7,86	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	BAZAR
TES.1	0,13	0,86	0,11	1	0,51	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	TESOURARIA
TES.2	0,13	0,86	0,11	1	0,51	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	CARRO FORTE/COFRE
TES.3	0,13	0,86	0,11	1	0,51	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	BANHEIROS
TES.6	5,00	0,52	2,60	1	11,82	25	1x1c#4,0mm ² + N + PE	BANHEIROS (SECADOR)
TES.7	1,50	0,75	1,13	1	5,11	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	BANHEIROS (SERVIÇO)
MEZB.1	0,28	0,86	0,24	1	1,09	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	DP/RH E CONTABILIDADE
MEZB.2	0,80	0,86	0,69	1	3,13	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	TREINAMENTO E REUNIÃO
MEZB.3	1,05	0,75	0,79	1	3,58	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	ARQUIVOS, CPD E CIRCULAÇÃO
MEZB.4	3,00	0,66	1,98	1	9,00	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	DP/RH E CONTABILIDADE
MEZB.5	4,50	0,52	2,34	1	10,64	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	TREINAMENTO E REUNIÃO
TOTAL			57,38	3	86,93	125	AS CARACTERÍSTICAS DO DISJUNTOR E CABOS DE ALIMENTAÇÃO SERÃO DETERMINADOS PELO ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE.	

2.7.2. QUADRO QDFL-02

Tabela 1.23 - Quadro de Cargas QDFL-02

CKT	kVA	FD	kVAd	FASES	I (A)	DISJ. (A)	CABO	OBS.:
CF.1	0,42	1,00	0,42	1	1,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. CÂM. RESFRIADOS
CF.2	0,42	1,00	0,42	1	1,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. CÂM. CONGELADOS
CF.3	0,14	1,00	0,14	1	0,64	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. CÂM. CARNES
CF.4	0,28	1,00	0,28	1	1,27	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. EMBALAG. CARNES
CF.5	0,28	1,00	0,28	1	1,27	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. ATEND. AÇOUGUE
CF.6	0,07	1,00	0,07	1	0,32	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. HIGIEN. EQUIP.
CF.7	0,14	1,00	0,14	1	0,64	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. CÂM. FRIOS
CF.8	0,07	1,00	0,07	1	0,32	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. CÂM. QUEIJOS
CF.9	0,42	1,00	0,42	1	1,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. PREPARO FRIOS
CF.10	0,56	1,00	0,56	1	2,55	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. PREPARO AÇOUGUE
CF.11	0,42	1,00	0,42	1	1,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. CIRCULAÇÃO
CF.14	1,50	0,75	1,13	1	5,11	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	HIGIEN. EQUIP.
TOTAL			4,35	3	6,55	25	AS CARACTERÍSTICAS DO DISJUNTOR E CABOS DE ALIMENTAÇÃO SERÃO DETERMINADOS PELO ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE.	

2.7.3. QUADRO QDFL-03

Tabela 1.24 - Quadro de Cargas QDFL-03

CKT	kVA	FD	KVAd	FASES	I (A)	DISJ. (A)	CABO	OBS.:
MEZA.1	0,70	1,00	0,70	3	1,06	16	3x3c#4,0mm ² + N + PE	IL. DOCAS
MEZA.2	1,40	1,00	1,40	1	6,36	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. DEPÓSITO
MEZA.3	1,26	1,00	1,26	1	5,73	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. MANUTENÇÃO
MEZA.4	0,28	1,00	0,28	1	1,27	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. PC (MONITORAMENTO)
MEZA.5	0,84	1,00	0,84	1	3,82	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. VESTIÁRIOS
MEZA.6	0,70	1,00	0,70	1	3,18	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. ARMÁRIOS/CIRCULAÇÃO
MEZA.7	0,70	1,00	0,70	1	3,18	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. REFEITÓRIO
MEZA.8	0,28	1,00	0,28	1	1,27	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. COZINHA A
MEZA.9	0,14	1,00	0,14	1	0,64	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. COZINHA B
MEZA.10	0,14	1,00	0,14	1	0,64	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. COZINHA C
MEZA.11	0,14	1,00	0,14	1	0,64	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. PREPARO ALIMENTOS/DEPÓSITO
MEZA.12	132,63	0,40	53,05	3	80,38	100	3x3c#35mm ² + N + PE	DOCAS
MEZA.13	7,50	0,35	2,63	1	11,93	25	1x1c#4,0mm ² + N + PE	DEPÓSITO
MEZA.14	11,25	0,24	2,70	1	12,27	25	1x1c#4,0mm ² + N + PE	MANUTENÇÃO
MEZA.16	5,00	0,52	2,60	1	11,82	25	1x1c#4,0mm ² + N + PE	VESTIÁRIOS
MEZA.17	2,25	0,66	1,49	1	6,75	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	ARMÁRIOS/CIRCULAÇÃO
MEZA.18	3,75	0,59	2,21	1	10,06	25	1x1c#4,0mm ² + N + PE	REFEITÓRIO
MEZA.19	5,26	0,45	2,37	3	3,59	16	3x3c#2,5mm ² + N + PE	COZINHA A
MEZA.20	1,52	0,75	1,14	1	5,18	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	COZINHA B
MEZA.21	3,75	0,59	2,21	1	10,06	25	1x1c#4,0mm ² + N + PE	COZINHA C
MEZA.22	2,25	0,66	1,49	1	6,75	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	PREPARO ALIMENTOS/DEPÓSITO
TOTAL			78,46	3	118,88	150	AS CARACTERÍSTICAS DO DISJUNTOR E CABOS DE ALIMENTAÇÃO SERÃO DETERMINADOS PELO ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE.	

2.7.4. QUADRO QDFL-04

Tabela 1.25 - Quadro de Cargas QDFL-04

CKT	kVA	FD	kVAd	FASES	I (A)	DISJ. (A)	CABO	OBS.:
MEZC.1	0,42	0,86	0,36	1	1,64	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	SALA DOS PAINELIS
MEZC.2	0,84	0,86	0,72	1	3,28	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	ÁREA RACKS REFRIG.
MEZC.3	0,42	0,86	0,36	1	1,64	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	ÁREA COMPRESS. REFRIG.
MEZC.4	2,25	0,66	1,49	1	6,75	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	SALA DOS PAINELIS
MEZC.5	3,00	0,66	1,98	1	9,00	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	ÁREA RACKS REFRIG.
MEZC.6	2,25	0,66	1,49	1	6,75	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	ÁREA COMPRESS. REFRIG.
TOTAL			6,39	3	9,69	25	AS CARACTERÍSTICAS DO DISJUNTOR E CABOS DE ALIMENTAÇÃO SERÃO DETERMINADOS PELO ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE.	

2.7.5. QUADRO QREFR

O valor de demanda da refrigeração foi informado pela empresa responsável:

Tabela 1.26 - Quadro de Cargas QREFR

CKT	kVA	FD	KVAd	FASES	I (A)	DISJ. (A)	CABO	OBS.:
TOTAL	398,29	0,65	258,88	3	392,25	600		AS CARACTERÍSTICAS DO DISJUNTOR E CABOS DE ALIMENTAÇÃO SERÃO DETERMINADOS PELO ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE.

2.7.6. QUADRO QUPS

Tabela 1.27 - Quadro de Cargas QUPS

CKT	kVAd	FASES	I (A)	DISJ. (A)	CABO	OBS.:
LJ.9	2,25	1	10,23	25	1x1c#2,5mm ² + N + PE	IL. EMERGÊNCIA
LJ.10	0,86	1	3,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	CAIXAS 1-4
LJ.11	0,86	1	3,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	CAIXAS 5-8
LJ.12	0,86	1	3,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	CAIXAS 9-12
LJ.13	0,86	1	3,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	CAIXAS 13-18
LJ.15	1,13	1	5,14	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	RACK TI
LJ.16	0,86	1	3,91	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	BALANÇAS
LJ.18	2,14	1	9,73	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	CX. CENTRAL / GERÊNCIA
TES.4	1,29	1	5,86	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	TESOURARIA
MEZB.6	1,84	1	8,36	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	CPD
CF.12	1,49	1	6,77	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	EMBALAG. CARNES
CF.13	2,34	1	10,64	25	1x1c#2,5mm ² + N + PE	ATEND. AÇOUGUE
CF.15	1,49	1	6,77	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	PREPARO FRIOS
CF.16	1,99	1	9,05	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	PREPARO AÇOUGUE
MEZA.15	1,98	1	9,00	16	1x1c#2,5mm ² + N + PE	PC (MONITORAMENTO)
TOTAL	22,23	1	101,09	125A		AS CARACTERÍSTICAS DO DISJUNTOR E CABOS DE ALIMENTAÇÃO SERÃO DETERMINADOS PELO ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE.

2.7.7. QUADRO QGBT

Tabela 1.28 - Quadro de Cargas QGBT

QUADRO ELETRICO	kVAd	FASES	I (A)
QDFL-01	57,38	3	86,93
QDFL-02	4,35	3	25
QDFL-03	78,46	3	118,88
QDFL-04	6,39	3	9,69
QREFR	258,88	3	392,25
QUPS	2 x 50 =	1	2 x

	100,00		101,09
TOTAL	505,46	3	765,85

2.7.8. DIMENSIONAMENTO DE TRANSFORMADOR E GRUPO GERADOR DE ENERGIA

Com base na tabela 1.28, obteve-se um valor de demanda de 505,46kVA e uma corrente trifásica de 765,85A.

Vale ressaltar que o grupo gerador foi projetado apenas para atender as cargas da loja em regime de EMERGÊNCIA, ou seja, não é necessário manter a mesma potência entre gerador e transformador, sendo ainda que, em caso de uso do grupo gerador, algumas cargas de refrigeração serão desligadas automaticamente.

Desta forma, por decisão do projetista, os valores de potência do transformador e do grupo gerador ficaram da seguinte forma:

Tabela 1.29 - Seleção de Transformador e Gerador

TRANSFORMADOR	Transformador trifásico a seco, bobinas encapsuladas a vácuo em resina Epóxi, fabricante União Transformadores, potência 630kVA, Tensão Primária 13.200/12.600/12.000/11.400/10.800/10.200, Tensão Secundária 380/220V, Impedância percentual 5,75%, Classe 15kV, Nível Básico de Impulso (NBI) 95kV, Grupo de ligação Dyn1, Deslocamento Angular 30°, Frequência 60Hz, Grau de proteção IP21 (uso abrigado).
GRUPO GERADOR	Grupo gerador Stemac, linha Diesel, montado em container IP54, potência 460/447/334kVA (Emergência/Principal/Contínua), trifásicos, FP 0,8, 380/220VCA, com Quadro de transferência automático, motor Scania DC13 072A.

2.8. ESTUDO DE CURTO CIRCUITO, COORDENAÇÃO, SELETIVIDADE E PROTEÇÃO – ALIMENTADOR TRANSFORMADOR E GERADOR

2.8.1. ESTUDO DE CURTO CIRCUITO, COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE

Com todas as informações obtidas pelas etapas anteriores, toma-se necessário definir todas as correntes de curto circuito do sistema, desde o alimentador até as cargas. Este estudo é importante principalmente por conta de dimensionamento dos equipamentos e barramentos de todos os painéis elétricos. Foi fornecido pelo shopping os dados de curto circuito do ponto de entrega.

Com estes dados em mãos e os demais obtidos ao longo deste projeto, o software Schneider Ecodial ® é alimentado e é dimensionado e calculado todos os parâmetros.

Além do estudo de curto circuito, o software é capaz de fornecer de forma automática a coordenação e seletividade de todas as proteções entre si e entre proteção e cabos.

Figura 1.52 – Resultados – Alimentador Transformador

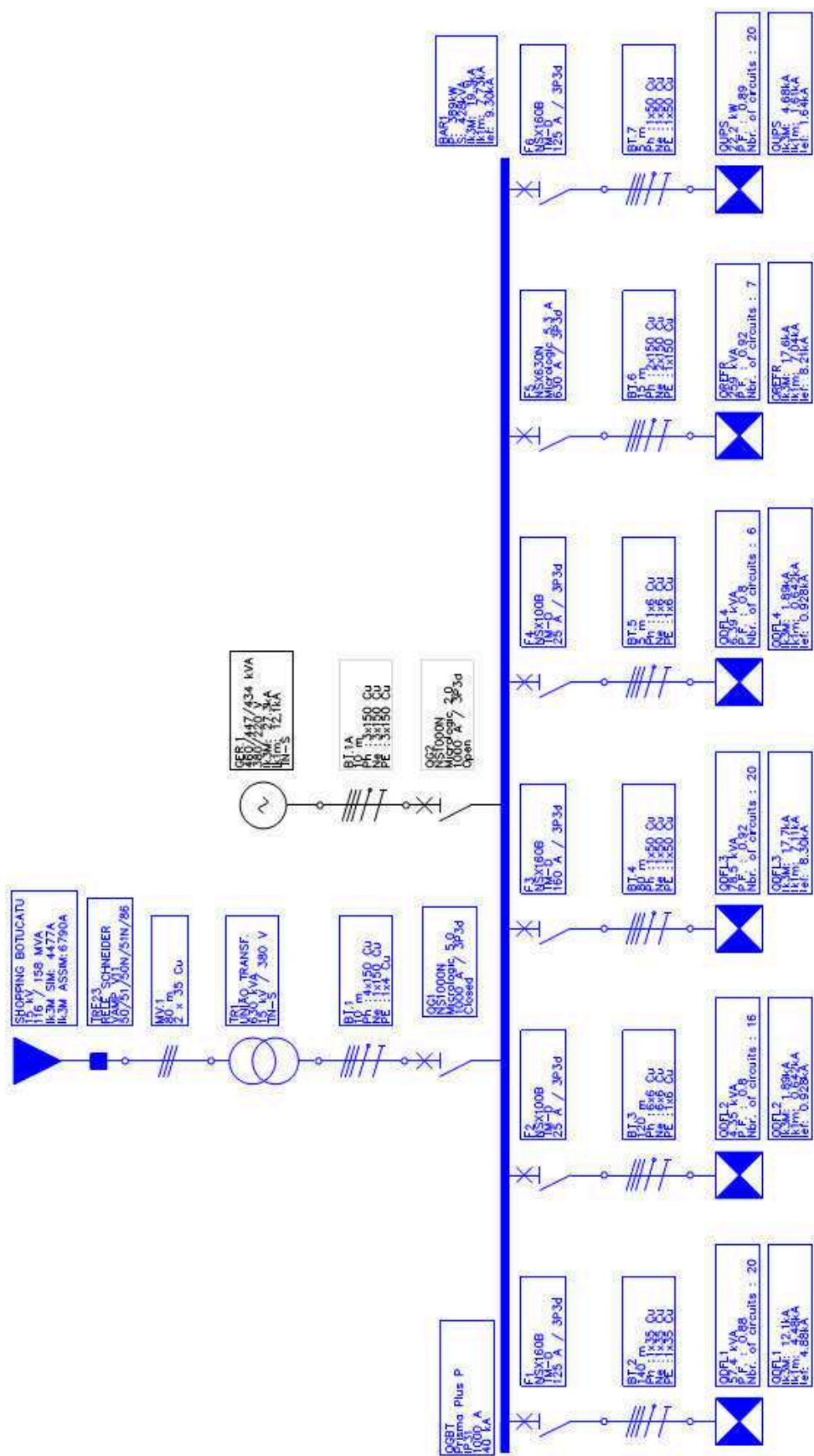
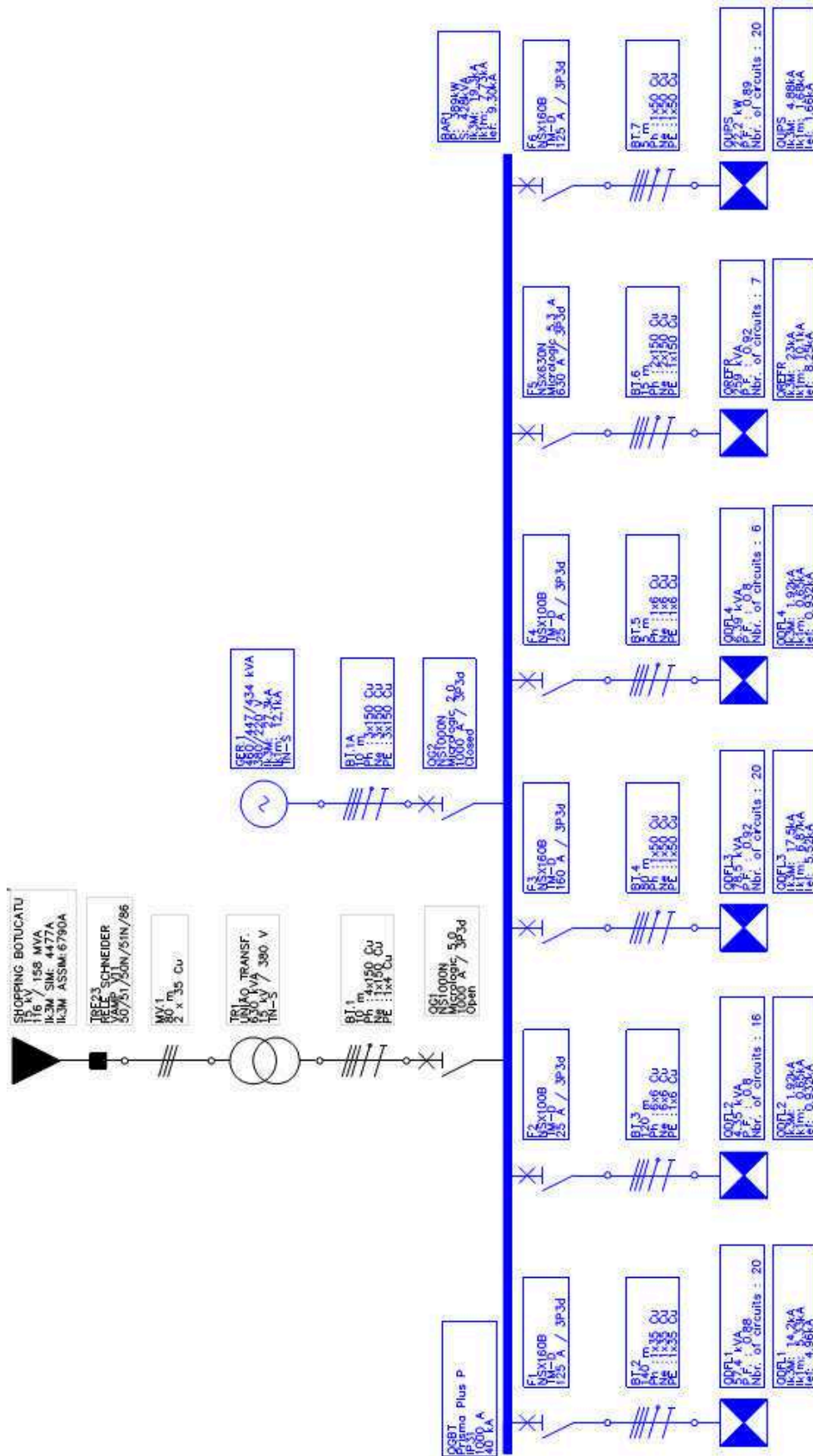


Figura 1.53 – Resultados – Alimentador Grupo Gerador



2.8.2. ESTUDO DE PROTEÇÃO EM MÉDIA TENSÃO – CLASSE 15KV

As correntes de curto circuito e as impedâncias no ponto de entrega são referentes ao alimentador TRE23 e poderão sofrer alterações em função de eventuais alterações na configuração do sistema elétrico. A tensão nominal é 11,4kV/60Hz.

O Máximo valor de curto circuito previsto nas barras de baixa tensão (15 KV) das subestações é de 10 kA simétrico.

Tabela 1.30 - Características do sistema dimensionado

Carga Total (kWd)	389
Demanda (kVAd)	428
Demanda a Contratar (kVA)	430
Tarifação	Horo-Sazonal AZUL
Transformadores	1x 500Kva

Tabela 1.31 - Correntes de curto circuito informados pelo Shopping

ICC	Simétrico (A)	Assimétrico (A)
Trifásico	4477	6790
Bifásico	3877	5880
Fase – Terra	2873	4081
Fase – Terra – Mínimo	169	172
Impedância Seq. Positiva	0,3390 + j1,4969	
Impedância Seq. Zero	1,3728 + j3,8822	

Figura 1.54 – Ajustes de proteção do Alimentador

The screenshot displays the protection settings for the TRE23 feeder. It is organized into three columns for FASE, NEUTRO, and GS. Each column contains a list of parameters with their respective values. The 'Pick up Temp' and 'Pick up Inst' values are highlighted in bold. The interface also includes a 'Gestão de Ativos Sudeste' button, an 'Atual' status indicator, and an 'Observações' field at the bottom. The user's name 'Mauro S. Nakaya' and the date '05/05/2012' are shown at the bottom of the screen.

	FASE	NEUTRO	GS
Fabricante	SIEMENS	SIEMENS	SIEMENS
Tipo	7SJ6316	7SJ6316	7SJ6316
Tap Temp	5	1	0,1
Pick up Temp	600	120	12
Curva	0,2	0,3	4 seg.
Caract Curva	MI (IEC)	MI (IEC)	Tempo Def.
Tap Inst	35	24	
Pick up Inst	4200	2880	

Observações: [Empty text area]

Resp. Mauro S. Nakaya Data 05/05/2012

2.8.2.1. Parâmetros do transformador TR1 – 500kVA

- Alta Tensão: 13.200/12.600/12.000/11.400/10.800/10.200V
- Baixa Tensão: 380/220V
- Perda em vazio (P_o / I_o): 1,16kW / 0,81A
- Ensaio em Curto Circuito (P_{cc} / I_{cc}): 8,03kW / 20,92A
- Impedância percentual: 5,75%

Equação 1.19 – Cálculo de corrente nominal

$$I_n = \frac{P \text{ (kVA)}}{\sqrt{3} \times FP \times E_o} = \frac{500}{\sqrt{3} \times 0,95 \times 11,4} = 26,65A$$

Equação 1.20 – Cálculo de corrente Irush

$$I_{rush} = 14 \times I_n = 14 \times 26,65 = 373,1A$$

A corrente de curto fornecida do alimentador é 4477A com impedância $Z_s=1,53\Omega$:

Equação 1.21 – Cálculo de corrente Irush real

$$Z_{inrush} = \frac{11400}{\frac{\sqrt{3}}{373,1}} = 17,64\Omega$$

$$Z_{tot} = 1,53 + 17,64 = 19,17\Omega$$

$$I_{rush} \text{ (real)} = \frac{11400}{\frac{\sqrt{3}}{19,17}} = 343,34A$$

2.8.2.2. PARÂMETROS DE AJUSTE DO RELÉ DE PROTEÇÃO – PEXTRON URP-1439T

2.8.2.2.1. Proteção das fases:

- Unidade Temporizada (51)

O relé não deve operar para a corrente de carga máxima presumida. A corrente de partida I_p (pick-up) do relé deverá ser 1,2 vezes a corrente nominal para a demanda contratada que é de 430kW.

Equação 1.22 – Ajuste do parâmetro 51

$$I_p = \frac{430}{11,4 \times \sqrt{3}} \times 1,2 = 26,13A$$

Adotado o valor de 30A.

- Unidade Instantânea (50)

Equação 1.23 – Ajuste do parâmetro 50

$$I_{inst} = 1,2 \times I_{rush} = 1,2 \times 343,34 = 412A$$

Adotado o valor de 410A.

2.8.2.2.2. PROTEÇÃO DE NEUTRO:

- Unidade Temporizada (51N)

Equação 1.24 – Ajuste do parâmetro 51N

$$I_{pN} = 0,25 \times I_p = 0,25 \times 26,13 = 6,53A$$

Adotado o valor de 10A.

- Unidade Instantânea (50N)

Equação 1.25 – Ajuste do parâmetro 51

$$I_{instN} = 0,25 \times I_{inst} = 0,25 \times 412 = 103A$$

Adotado o valor de 100A.

2.8.2.2.3. PROTEÇÃO 51GS, CURVA ADOTADA E DIAL DE TEMPO

Para o elemento instantâneo de terra, adotou-se o múltiplo mínimo para garantir coordenação com a montante, conforme análise gráfica, resultando em corrente de partida definida em 6A e tempo definido de 400ms.

Curva adotada: MI

Dial de tempo: 0,2

2.8.2.2.4. RESUMO DE PARAMETRIZAÇÃO DO RELÉ PEXTRON URP-1439T

Tabela 1.32 -Resumo da parametrização do relé de proteção

Relés	Fase	Neutro	51GS
Fabricante	Pextron		
Tipo	URP-1439 T		
I _p (primario)	30	10	
I _{inst}	410	100	
Curva	MI	MI	
DT	0,20	0,20	
I def (primário)	x	x	6,00

T def	x	x	400 ms
I inst	730	180	
V Disparador 27	154V		
T Disparador 27	20s		
Disparador 59	240s Inabilitada		
RTC	200/5A (40)		

2.8.2.3. CARACTERÍSTICAS DO RELÉ DE PROTEÇÃO – PEXTRON URP-1439T

Relé de proteção indireta, digital, microprocessado, trifásico mais neutro:

Tipo – URP 1439 T - Pextron

Funções – 27 / 27-0 / 47 / 50 / 50N / 51 / 51N-GS / 59 / 86

Faixas de ajustes:

Fases:

I_p – 0,25 – 16 x RTC

Curva – NI, MI, EI, Long, IT, I²T

DT – 0,1 a 2s

I_{def} – 0,25 100A x RTC

Tdef – 0,1240s

I_{inst} – 1 100 A x RTC

Neutro:

I_p – 0,15 6,50A x RTC

Curva – NI, MI, EI, Long, IT, I²T

DT – 0,1 a 2s

I_{def} – 0,15 50A x RTC

Tdef – 0,1240s

I_{inst} – 0,15 50A x RTC

Ground Sensor:

I_{def} – 0,15 50A x RTC

Tdef – 0,1240s

Figura 1.55 – Relé de proteção Pextron UPR-1439T



2.8.2.4. CARACTERÍSTICAS DO DISJUNTOR DE PROTEÇÃO

O disjuntor utilizado será tripolar isolado em gás SF₆, 630A, 17,5kV, 250MVA (12,5kA), equipado com bobina de abertura, fechamento e motorização (220VCA), contatos auxiliares de posição (7NA + 7NF), instalação fixa, NBI 95kV, Fabricante Schneider Electric.

Figura 1.56 – Disjuntor de proteção SF₆ – Schneider Electric

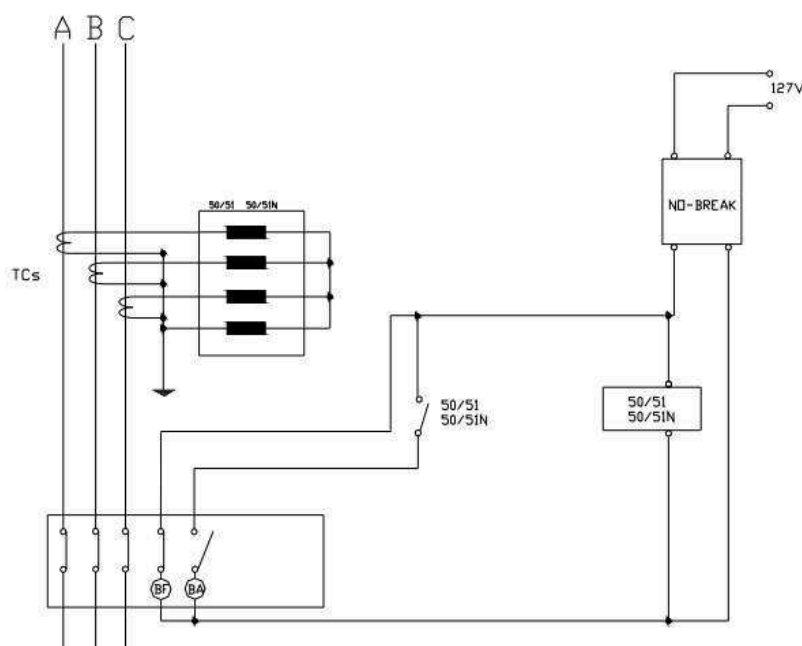


2.8.2.5. DIAGRAMA FUNCIONAL DO COMANDO DA PROTEÇÃO

O diagrama funcional mostra as ligações dos TC'S, o relé de sobrecorrente, as bobinas dos disjuntores (liga, desliga e mínima tensão).

A fonte alimentadora auxiliar, para garantir os acionamentos dos relés de sobrecorrente e a bobina de abertura do disjuntor geral, no momento de uma falta de energia será um Nobreak.

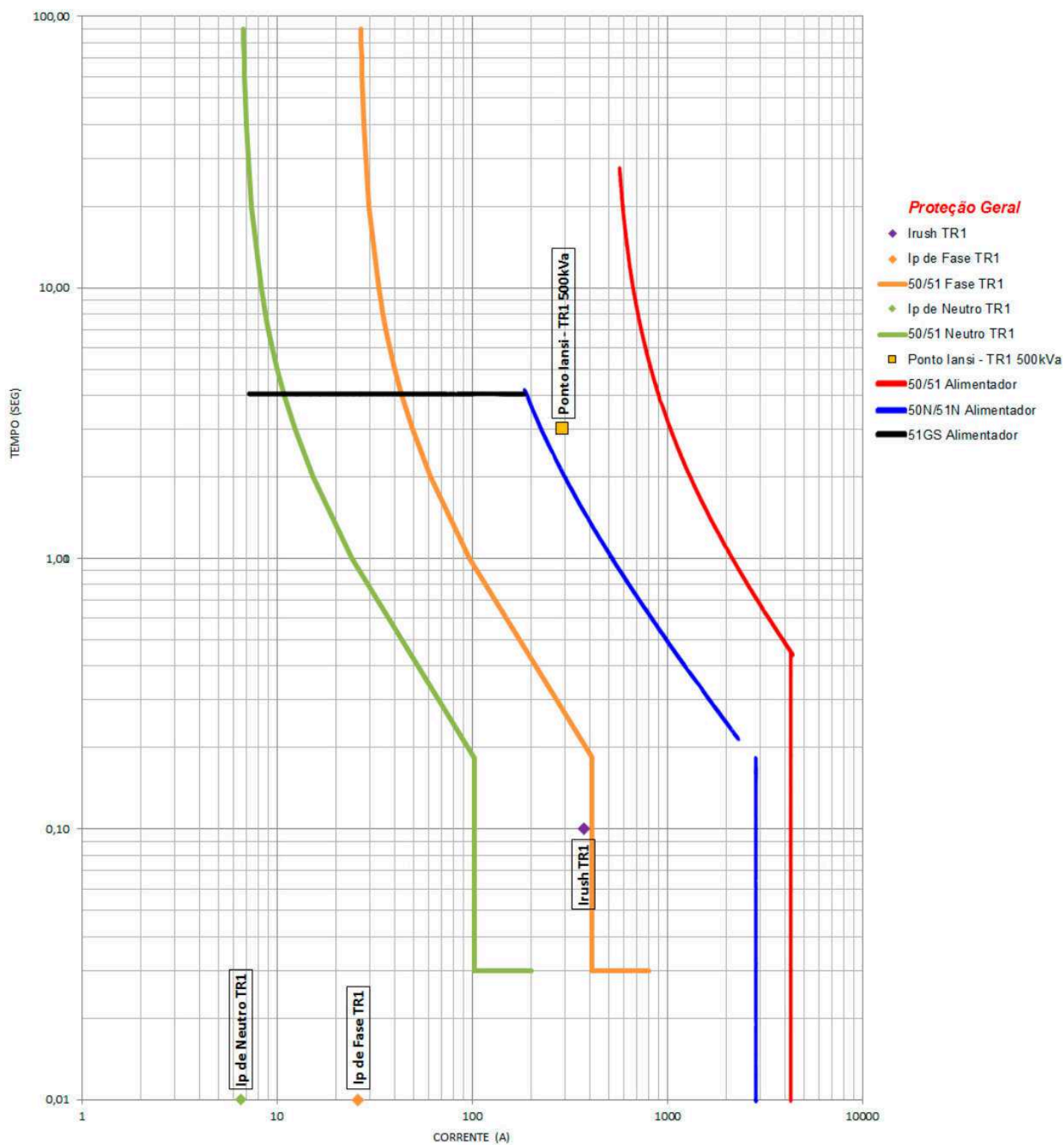
Figura 1.57 – Diagrama funcional do comando da proteção



2.8.2.6. CURVAS DE PROTEÇÃO

Para plotagem das curvas de proteção, foi criado um software em Microsoft Office Excel ®.

Figura 1.58 – Curvas de proteção



2.9. CÁLCULO DE FATOR DE POTÊNCIA PRESUMIDO E CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

Conforme indicado anteriormente, todas as cargas não possuem fator de potência unitário, ou seja, ideal para um sistema de instalações elétricas. Desta forma, é usual que se execute toda a instalação para efetuar a medição das potências ativas e reativas para se definir um valor de banco de capacitores que deve ser instalado.

Por outro lado, com as cargas listadas e definidas conforme executado anteriormente, é possível presumir o valor de fator de potência que esta instalação terá quando todas as cargas estiverem ligadas no sistema. É evidente que este estudo terá como resultado somente uma estimativa de banco de capacitores, mas é um método assertivo, desde que as cargas informadas anteriormente estejam coerentes com o real.

Calculando-se as potências ativas e reativas do sistema, é possível definir o valor do fator de potência presumido e, por sua vez, é definido a parcela de energia reativa capacitiva necessária para regularizar o fator de potência dentro dos padrões estabelecidos pela concessionária. O objetivo de fator de potência será 0,98 indutivo.

Como citado anteriormente, a correção de fator de potência não se torna necessária apenas para evitar multas por parte da concessionária de energia, mas sim por efficientizar o uso de energia da instalação.

2.9.1. CARGAS INSTALADAS – POTÊNCIA ATIVA, REATIVA E FATOR DE POTÊNCIA

Tabela 1.33 - Resumo das cargas instaladas e fator de potência presumido

TAG DO PAINEL	P (kW)	S (kVA _d)	Q (kVA _r ind.)	FP
QGBT	389	428	178,502	0,90887 ind.

Observa-se na tabela 1.33 que o fator de potência está abaixo de 0,92 ind. Desta forma, a instalação não é eficiente e, mais do que isso, irá receber diversas e severas multas por fator de potência da concessionária.

Para correção do fator de potência, parte-se do princípio que a potência ativa é constante. Desta forma, é necessário definir qual o valor de kVA_r indutivo a instalação deve ter para ter seu fator de potência com valor 0,98 ind.:

Equação 1.26 – Cálculo de potência reativa para FP 0,98

$$\begin{aligned}
 P &= 389 \text{ kW} \\
 FP' &= 0,98 \text{ ind.} \\
 S' &= \frac{P}{FP'} = \frac{389}{0,98} = 396,94 \text{ kVA} \\
 Q' &= \sqrt{S'^2 - P^2} = \sqrt{396,94^2 - 389^2} = 78,996 \text{ kVA}_r
 \end{aligned}$$

Conforme indicado na equação 1.26, observa-se que, para se obter um fator de potência 0,98 ind., é necessário que a potência reativa diminua de 178,502kVA_r para 78,996kVA_r:

Equação 1.27 – Cálculo do banco de capacitores

$$CAP = 178,502 - 78,996 = 99,506 \text{ kVAr cap.}$$

Portanto, conclui-se que um banco de capacitores de 100kVAr será suficiente para atender o fator de potência de 0,98 ind. Este banco pode ter seu acionamento de forma semiautomática, ou seja, com seus estágios sendo acionados por um relé temporizado com função de programação semanal e diária.

2.10. ESTUDO DE CASO – VIABILIDADE PARA UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO LED

A tecnologia de iluminação LED vem ganhando cada vez mais mercado em substituição às suas concorrentes: Fluorescente, vapor de sódio e vapor metálico.

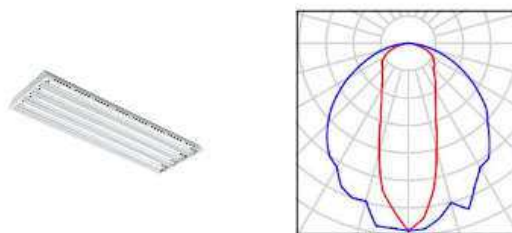
Desta forma, em novos empreendimentos e empreendimentos existentes, há o recorrente assunto de se a utilização de tais luminárias é o ideal.

Portanto, este estudo de caso vem com o objetivo de elucidar tais questões e verificar a possibilidade e retorno de se utilizar estas luminárias. Este estudo não pode ser usado como via de regra para todos os casos, mas pode ser utilizado como base para estudo de outros empreendimentos.

Foi considerada apenas na área da nave da loja, onde se concentram as maiores cargas de iluminação. Foi feito estudo luminotécnico para se obter a quantidade de luminárias LED necessárias para equivaler a iluminação feita por lâmpadas fluorescentes. O estudo de luminárias fluorescentes já foi efetuado anteriormente (total de 154 luminárias). Foram utilizadas luminárias 4x54W:

Figura 1.59 – Características técnicas – Luminária FHB03-S454

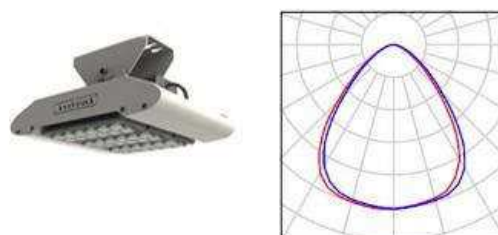
LUMICENTER FHB03-S454
 Article No.:
 Luminous flux (Luminaire): 18706 lm
 Luminous flux (Lamps): 20000 lm
 Luminaire Wattage: 224.0 W
 Luminaire classification according to CIE: 100
 CIE flux code: 58 84 97 100 94
 Fitting: 4 x T5 54W/840 (Correction Factor 1.000).



A luminária LED selecionada para o estudo é do fabricante Intral, mod. Ágata:

Figura 1.60 – Características técnicas – Luminária Intral Ágata

Intral 09818 LHP-109 4EMP ÁGATA 150W BRANCO FRIO
 08/06/2016
 Article No.: 09818
 Luminous flux (Luminaire): 16842 lm
 Luminous flux (Lamps): 16631 lm
 Luminaire Wattage: 150.0 W
 Luminaire classification according to CIE: 100
 CIE flux code: 66 92 98 100 101
 Fitting: 1 x - (Correction Factor 1.000).



A primeira diferença entre as duas luminárias é a curva de distribuição de luz. Nota-se que a luminária FHB03 possui uma abertura maior em seu eixo longitudinal, enquanto que a luminária Ágata possui uma abertura igual entre seus eixos.

Por outro lado, ambas luminárias são consideradas “High bay”, ou seja, indicadas para instalação em pé direito elevado (acima de 5m). O estudo resultou em 145 luminárias:

Figura 1.61 – Renderização 3D

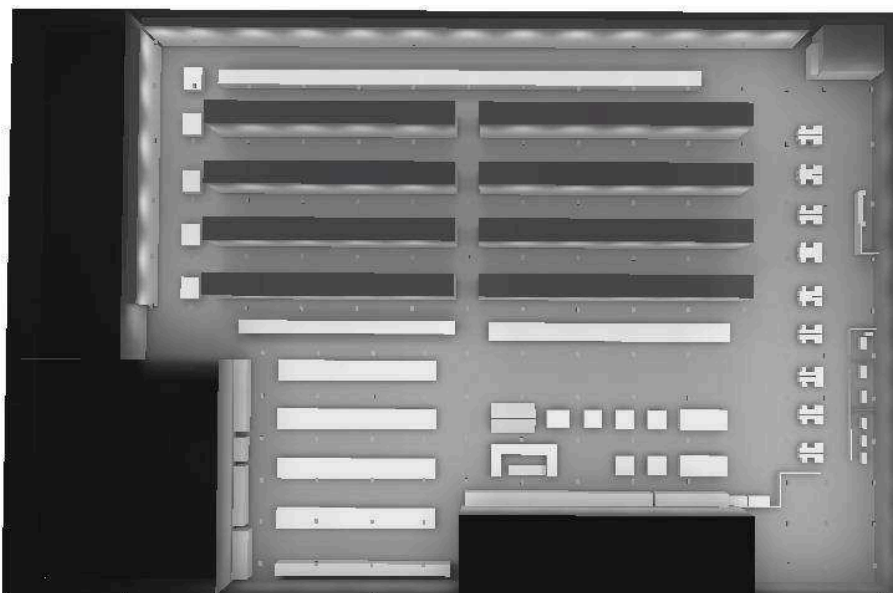
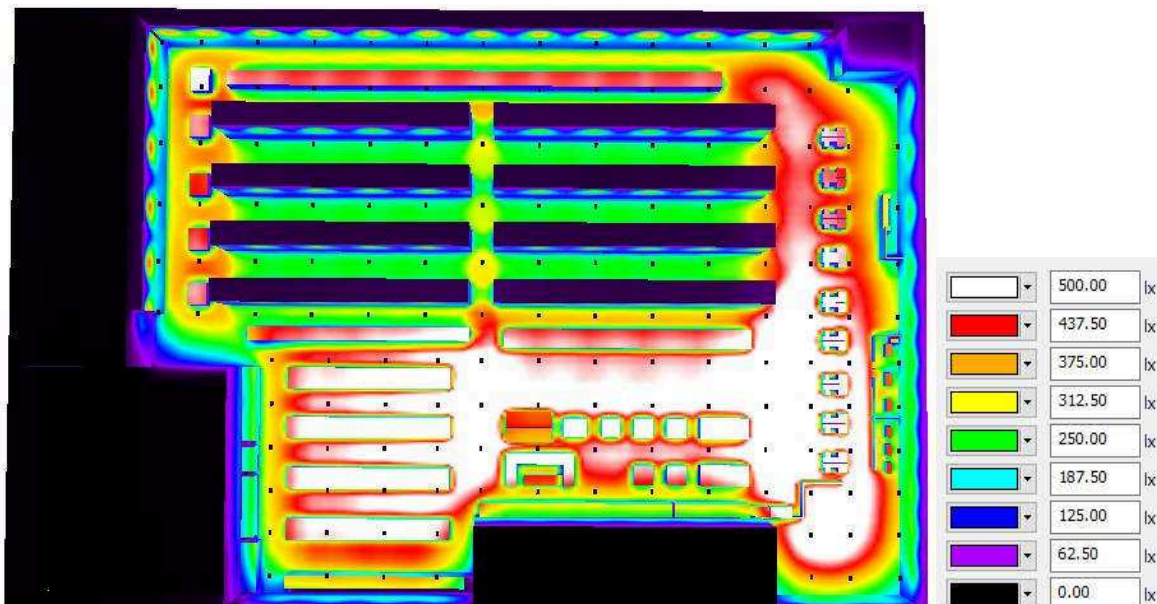


Figura 1.62 – Renderização 3D – Cores Falsas



Com os números de luminárias fluorescentes e LED definidos, é elaborado:

Tabela 1.34 - Diferença de custos de energia

TIPO	POT. (W)	QTD.	HORAS DIA	kWh/DIA	CUSTO kWh	CUSTO ANUAL	DIFERENÇA ANUAL (A)
LED	150	145	14	304,50	0,28354	R\$24.865,32	R\$14.571,33
FL	224	154	14	482,94	0,28354	R\$39.436,65	

Tabela 1.35 - Payback para utilização de luminária LED

TIPO	CUSTO UNIT	CUSTO TOTAL	DIFERENÇA CUSTO (B)	PAYBACK (B / A)
LED	R\$920,30	R\$133.443,50	R\$59.508,10	4,08 anos
FL	R\$480,10	R\$73.935,40		

Observa-se que, com base nas tabelas 1.34 e 1.35, o tempo de retorno para um investimento em luminárias LED ainda é alto, cerca de 4 anos. Por outro lado, a garantia das luminárias LED é de 5 anos, ou seja, após o payback.

Convém citar também que há o custo de manutenção que não foi considerado neste cálculo. Para este caso específico, este custo ajuda a melhorar o payback em torno de 3 meses.

Portanto, conclui-se que o fator limitante de utilização de luminárias LED para este empreendimento é seu alto custo, tendo em vista que em termos de iluminação, esta possui a iluminância praticamente a mesma da luminária fluorescente e os resultados se equivalem.

Desta forma, enquanto os preços para esta tecnologia não baixarem, o payback continuará alto, girando em torno de 2 a 4 anos o que, em alguns empreendimentos, não torna viável sua utilização, que é o caso.

3. RESULTADOS OBTIDOS

A obra foi executada entre julho e setembro de 2016. Toda a documentação técnica, principalmente os itens elaborados por este trabalho foram seguidos, salvo pequenas mudanças de projeto que se tornaram necessárias por interferências não previstas.

Desta forma obtivemos, através de um sistema de gestão e aquisição de dados online, as medições de energia elétrica da obra, sendo apresentadas e avaliadas mais à frente.

O objetivo deste tópico é comparar os resultados obtidos em relação ao projetado, considerando, assim, determinados itens, desvios e aspectos que devem ser atentados em próximos projetos.

Os dados foram obtidos de forma diária e mensal.

Será avaliado também a curva de demanda da loja, com o objetivo de verificar se a tarifação e demanda escolhidas atendem da melhor forma possível com relação à operação da loja gerando, assim, um custo menor de energia.

Com os dados obtidos, será verificada a necessidade de instalação do banco de capacitores indicado no item 2.9.

Serão apresentadas diversas informações, sendo elas:

- Potência ativa (kW);
- Potência reativa (kVAr);
- Potência aparente (kVA);
- Fator de potência (adm.);

3.1. MEDIÇÕES DO DIA 04 DE OUTUBRO DE 2016

Figura 1.63 – Potência Ativa (kW) - 04/10/2016

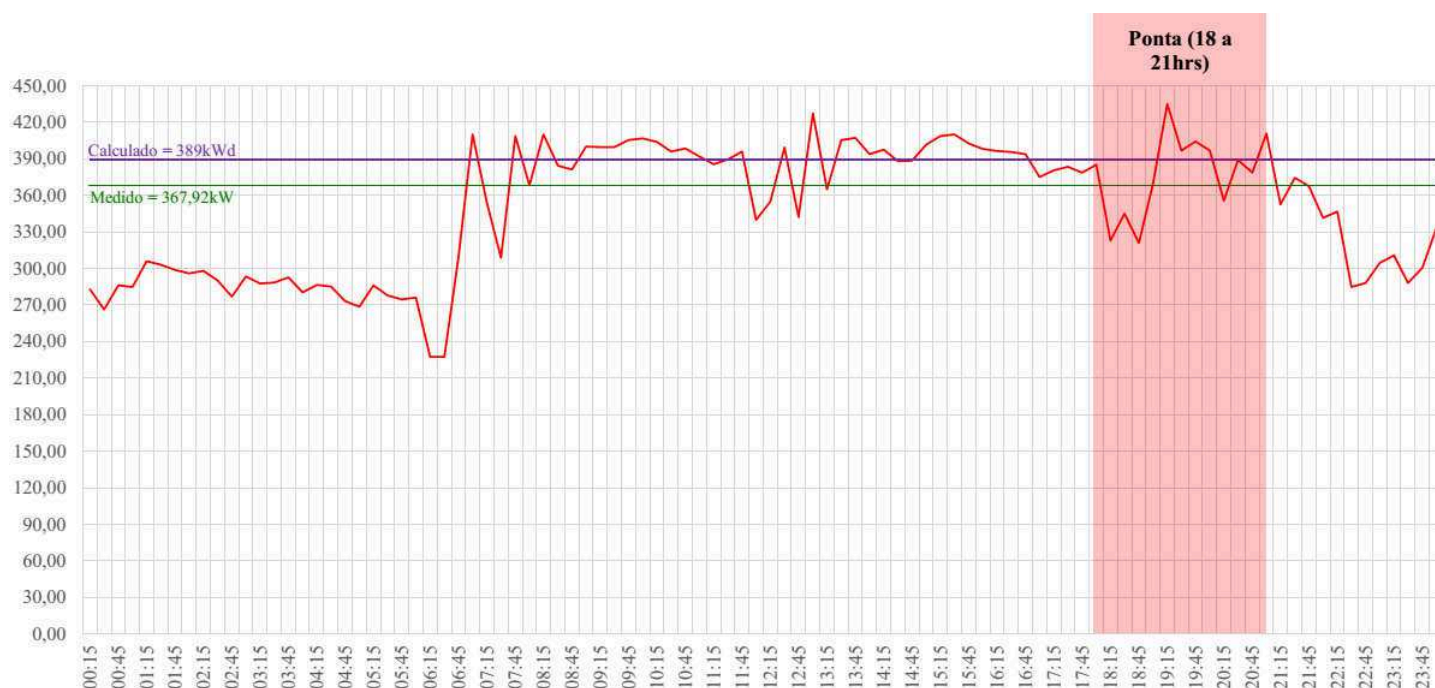


Figura 1.64 – Potência Reativa (kVAr ind.) - 04/10/2016

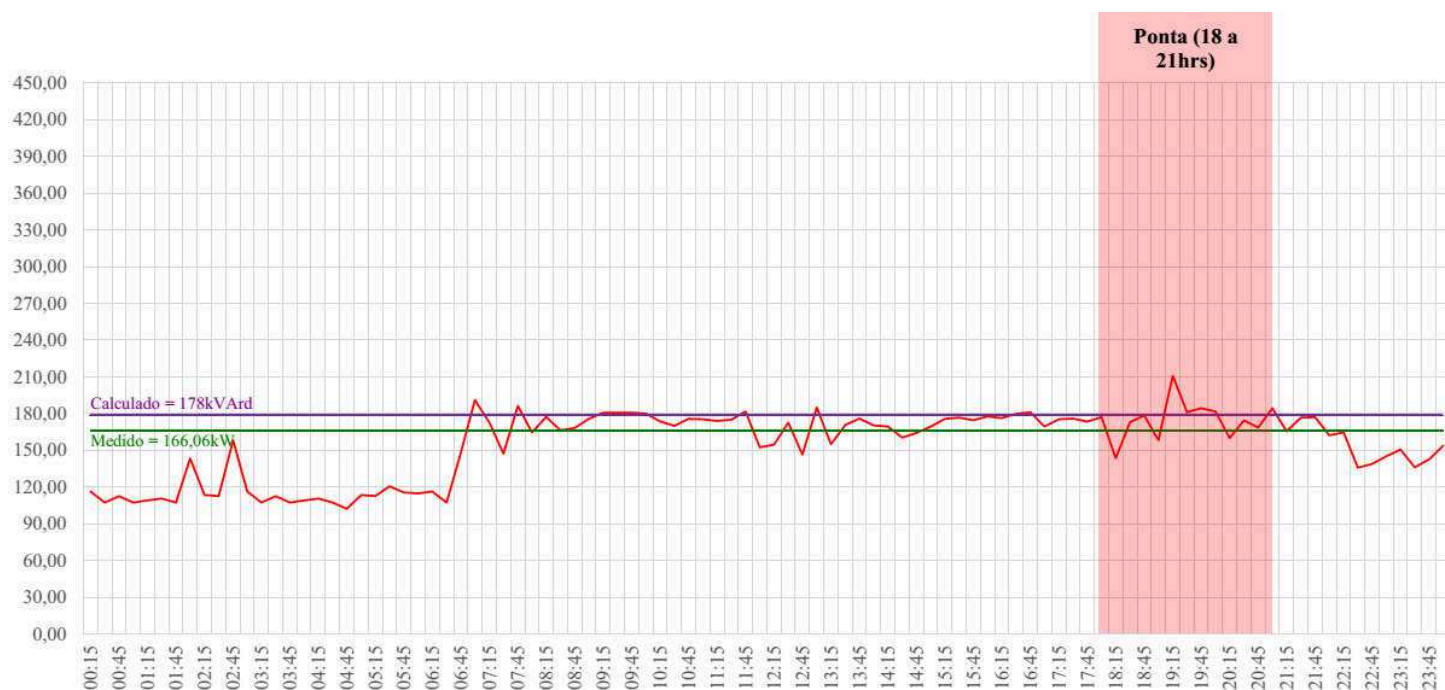


Figura 1.65 – Potência Aparente (kVA) - 04/10/2016

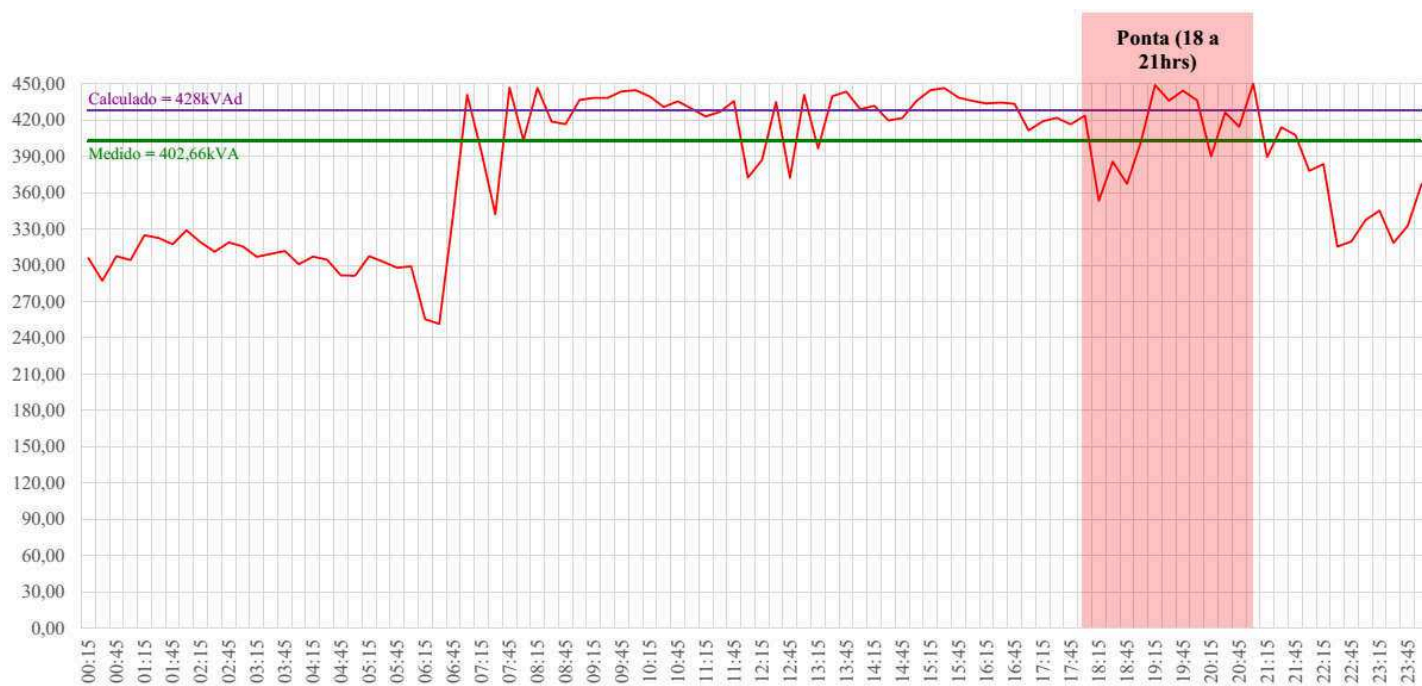
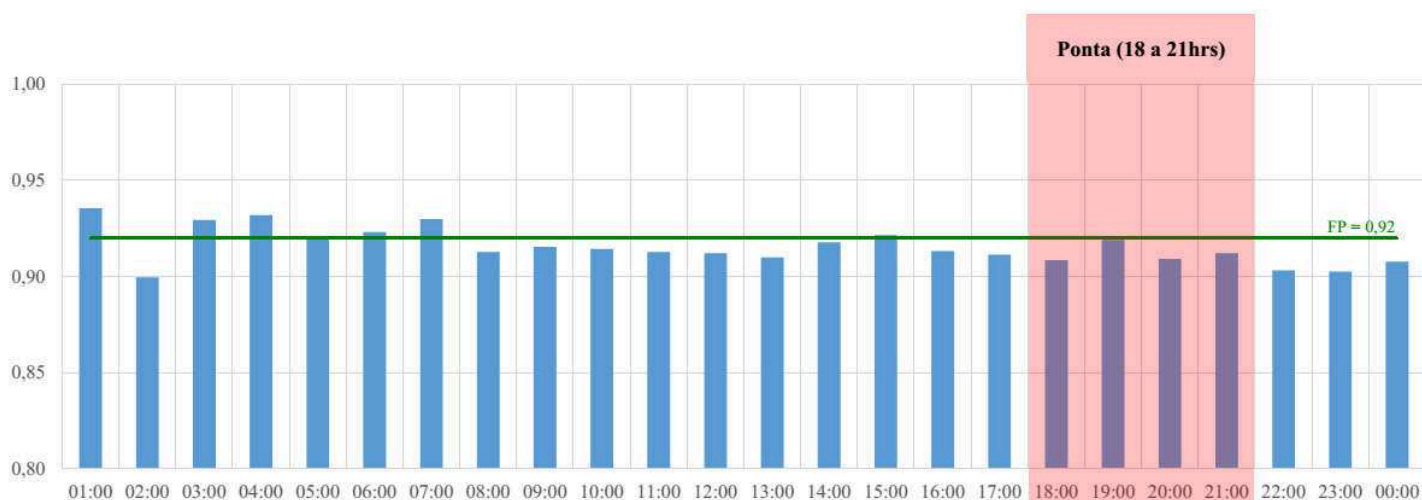


Figura 1.66 – Fator de Potência – 04/10/2016



Com base nos resultados obtidos acima, observa-se que, em um dia de operação normal do sistema (04/10/2016 – Terça-feira), as cargas da loja se comportaram bem próximo do projetado.

É notável que a operação diária da loja se restringe a horários entre 06:00hrs e 22:00hrs, ou seja, horário de funcionamento normal de uma loja de supermercado. Ao longo do dia, as cargas da loja se comportam com um consumo próximo de 420kVA.

Observa-se também que, em período de ponta, o regime de consumo permanece o mesmo que nas demais horas do dia, com uma média de 402,66kVA. Desta forma, a demanda contratada de 430kVA atende às necessidades da loja assim como a tarifação em categoria horo-sazonal Azul.

Com relação ao fator de potência, é necessária a correção, pois ao longo do dia este apresenta valores menores que 0,92 ind., principalmente nos períodos de ponta.

3.2. MEDIÇÕES DO MÊS DE OUTUBRO DE 2016

Figura 1.67 – Potência Ativa (kW) – Outubro/2016

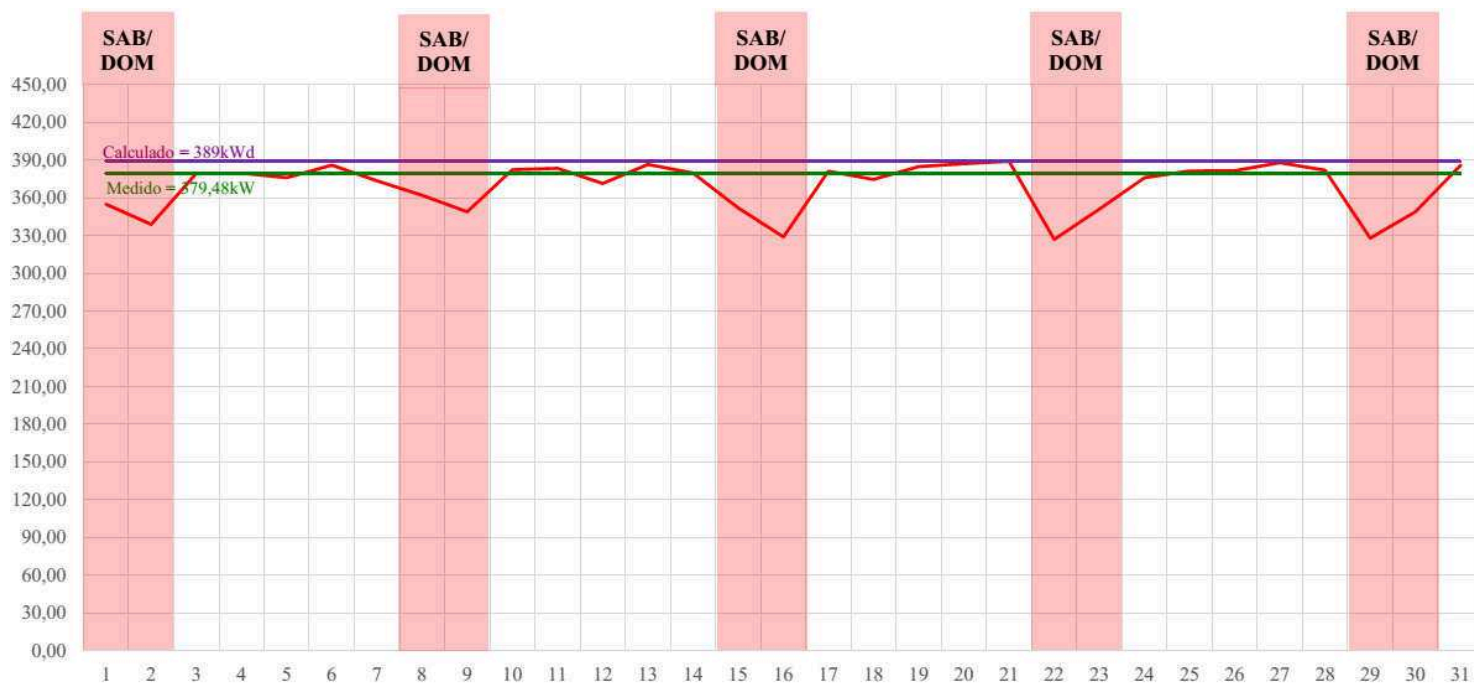


Figura 1.68 – Potência Reativa (kVAr ind.) – Outubro/2016

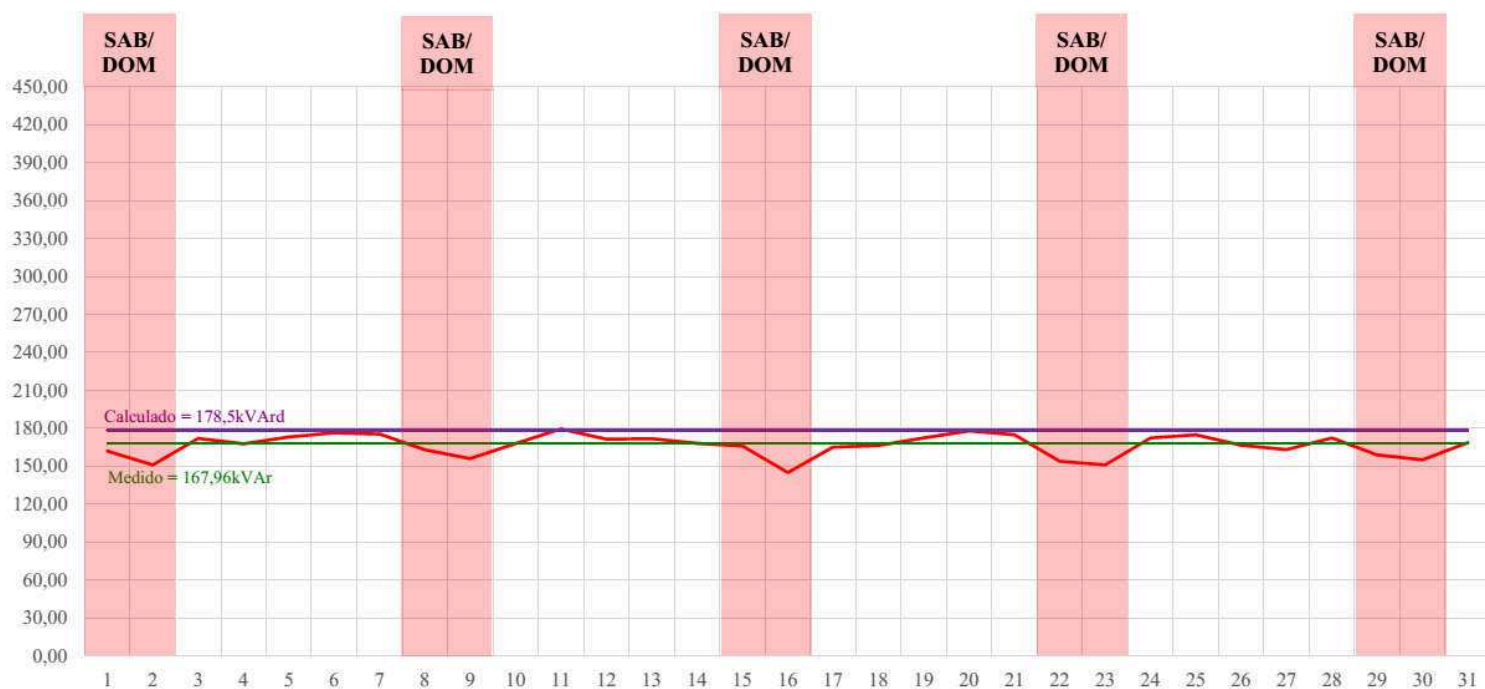


Figura 1.69 – Potência Aparente (kVA) – Outubro/2016

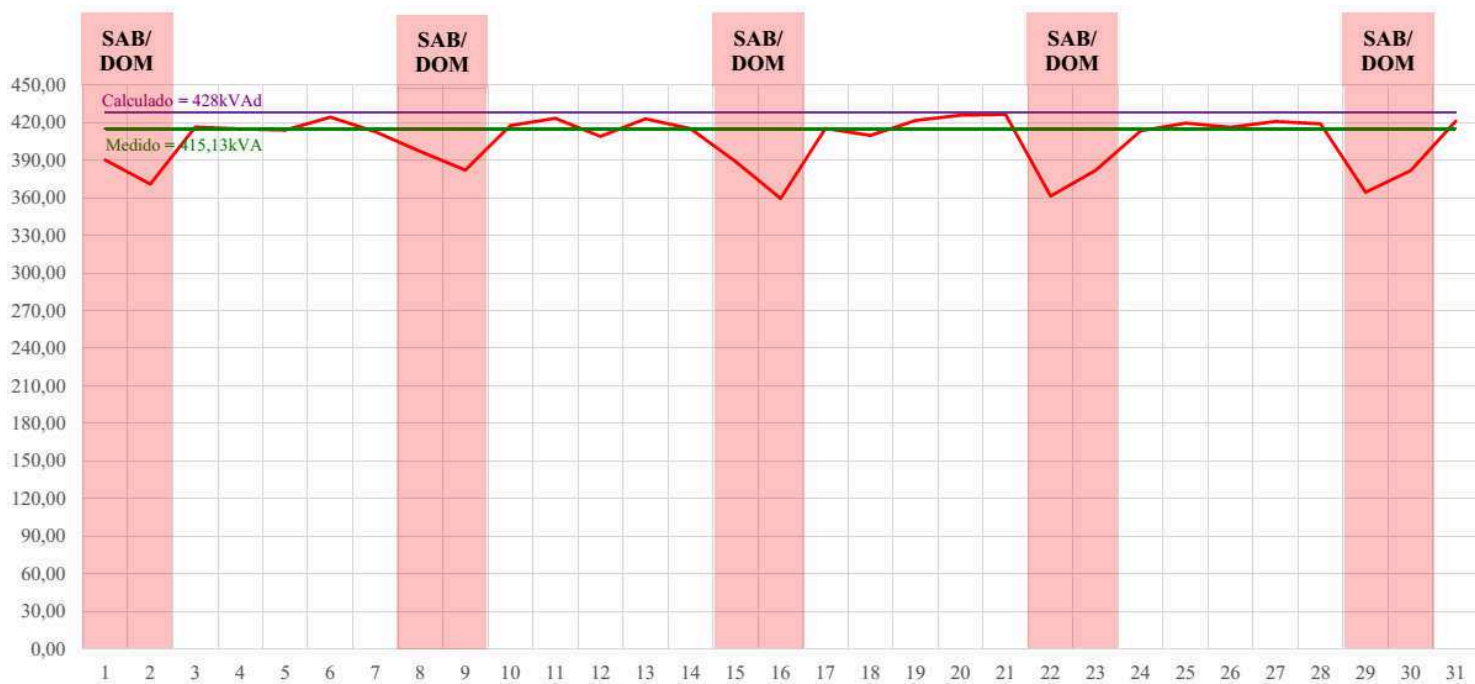
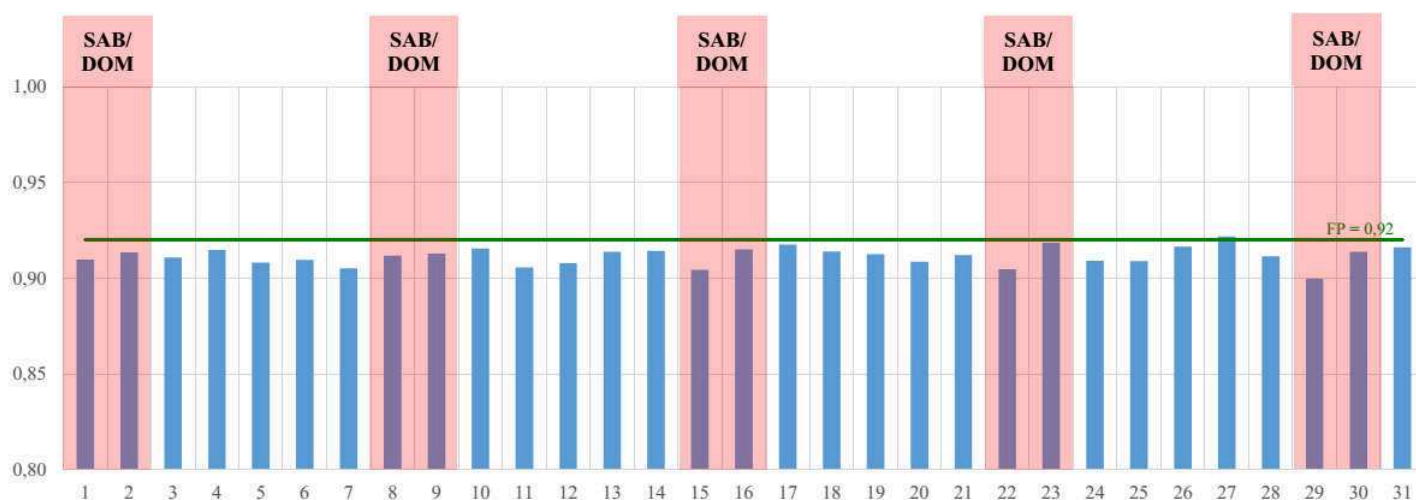


Figura 1.70 – Fator de Potência – Outubro/2016



Com base nos resultados obtidos acima, observa-se que, no mês de outubro, o consumo da loja se mantém em um número constante em torno de 415kVA e, aos finais de semana, este consumo diminui para 395kVA, em média. Tal fato reflete a operação da loja, pois a mesma funciona em horários menores de funcionamento aos finais de semana, tomando em relação ao funcionamento durante a semana.

Observa-se também que, durante todo o mês de outubro, o regime de consumo tem uma média de 415,13kVA. Desta forma, a demanda contratada de 430kVA atende às necessidades da loja.

Com relação ao fator de potência, é necessária a correção, pois ao longo do mês este apresenta valores menores que 0,92 ind.

3.3. CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

Conforme indicado anteriormente nos itens 2.9, 3.1 e 3.2, é necessária a instalação de um banco de capacitores para correção de fator de potência, pois certamente a loja está sendo multada por excedentes de reativos indutivos. Um problema grave diz respeito ao fator de potência estar abaixo de 0,92 ind. principalmente em períodos de ponta, onde a energia possui a tarifação mais cara e, conseqüentemente o valor da multa será maior.

Portanto, foi instalado o banco de capacitores de 100kVAr sugerido pelo item 2.9 deste projeto. Este banco de capacitores é do tipo semiautomático e terá seu funcionamento limitado de segunda à Sábado, das 06:00hrs às 00:00hrs.

Os resultados após a instalação estão indicados abaixo:

Figura 1.71 – Correção de Fator de Potência – 03/11/2016

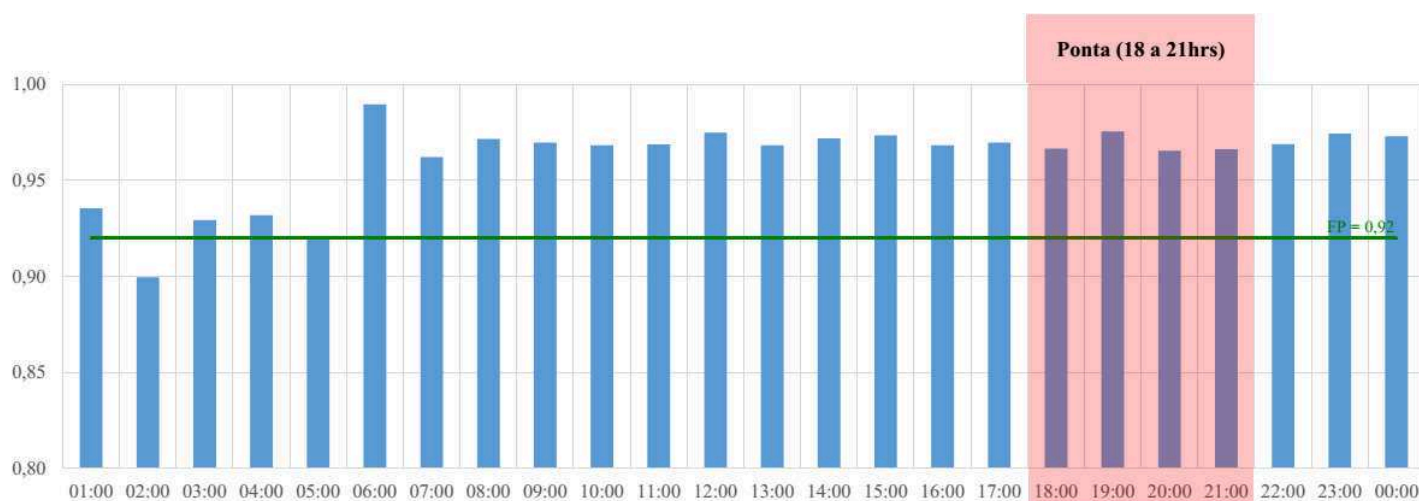
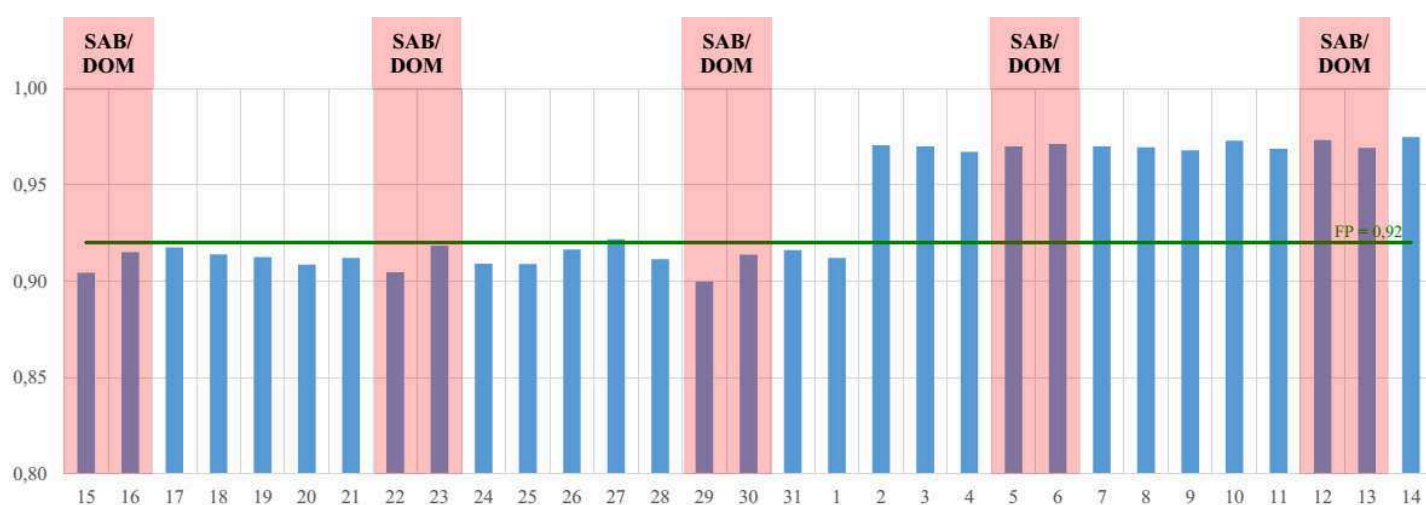


Figura 1.72 – Correção de Fator de Potência – outubro a novembro/2016



O banco de capacitores foi instalado no dia 02 de novembro de 2016, conforme pode-se perceber na figura 1.72.

Observa-se que o resultado foi satisfatório e regularizou o fator de potência da instalação, deixando este acima de 0,92 ind. no período em que a concessionária estabelece para multas, conforme figura 1.71.

Desta forma, conclui-se que o banco de capacitores indicado e projetado atendeu de forma positiva para a correção do fator de potência do empreendimento.

4. CONCLUSÃO

Sistemas elétricos de potência podem assumir infinitas características e dimensões, sendo amplamente aplicados nos mais diversos casos, seja industrial, comercial ou até mesmo residencial. Tecnologias estão sendo geradas cada vez mais com a atual globalização de mercados e tecnologia e, não somente, novidades e inovações são a tendência de mercado.

Este trabalho teve por objetivo enumerar e apresentar técnicas viáveis e eficientes para projetos de instalações elétricas de baixa e média tensão. Portanto, para aferir a assertividade, foi necessário obter e avaliar os parâmetros obtidos após a execução da obra.

Observou-se que, para cálculos luminotécnicos e estudos de viabilidade para o uso de luminárias LED, o tipo de luminária utilizada, assim como potência e fluxo luminoso influencia grandemente no resultado, tornando, assim, um sistema mais eficiente a um menor custo. Desta forma, o custo das luminárias LED ainda é um fator determinante e muitas vezes negativo para a implementação de tal tecnologia, pois o tempo de retorno costuma ser alto quanto maior for o custo desta tecnologia.

Com relação ao dimensionamento de cargas e dos painéis elétricos, ficou evidente a importância de se utilizar softwares para dimensionamento de condutores e cálculo de curto-circuito, pois com base neste, foram dimensionadas todas as proteções e características mecânicas necessárias dos painéis.

Com relação ao fator de potência, antes mesmo de executar o projeto, foi elaborado um estudo para cálculo e correção presumido, utilizando todos os parâmetros dimensionados nas etapas predecessoras. Com base nesses dados, foi verificado que o fator de potência com a loja funcionando em regime normal estaria fora dos padrões pré-estabelecidos pela concessionária de energia. Desta forma, foram executados cálculos para se obter a potência reativa capacitiva necessária a se alcançar os valores desejados. Ou seja, foi dimensionado o banco de capacitores necessário. Com a loja funcionando, observou-se que o fator de potência de fato estava incorreto e, como ação corretiva, foi instalado o banco de capacitores sugerido. O resultado foi positivo e atendeu as expectativas.

Com base na pesquisa realizada e na avaliação dos dados obtidos como resultados, pode-se concluir que um projeto bem elaborado possui pequenos desvios entre o projetado e o obtido em campo, sendo garantida principalmente a segurança da instalação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LIMA FILHO, DOMINGOS LEITE; *Projetos de Instalações Elétricas Prediais*, Editora Érica, São Paulo, 1997.

[2] MAMEDE FILHO, J., *Instalações Elétricas Industriais*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

[3] FLARYS, F., *Eletrotécnica Geral*. 1. ed. Barueri: Editora Manole Ltda., 2006.

[4] RIZZONI, G., *Fundamentos de Engenharia Elétrica*. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

[5] CLAUDIO, J. C., *Motores e Geradores*, 2014. Disponível em: <<http://www.mecanica.ufrgs.br/mmotor/apostila.pdf>>. Acesso em: 11 de Mai. 2016.

[6] PRYSMIAN, *Manual Prysmian de Instalações Elétricas*, 2010. Disponível em: <http://br.prysmiangroup.com/br/files/manual_prysmian.pdf>. Acesso em: 12 de Mai. 2016

[7] VANDERSON, F., *Introdução às instalações elétricas de baixa tensão*, 2007. Disponível em: <http://www.ufjf.br/flavio_gomes/files/2011/03/Material_Curso_Instalacoes_I.pdf>. Acesso em: 10 de Mai. 2016.

[8] LAVILL, *Painéis elétricos e CCM's de baixa tensão*, 2010. Disponível em: <<http://www.lavill.com.br/catalogos/c2.pdf>>. Acesso em: 13 de Mai, 2016.

[9] WEG, *Manual para correção de fator de potência*, 2012. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 13 de Mai., 2016.

[10] MARDEGAN, C. S., *Proteção e Seletividade em Sistemas Elétricos Industriais*. 1. ed. São Paulo: Atitude Editorial Ltda., 2012.