

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Supervisionado

Disciplina: Estágio Supervisionado

Professor Orientador: Edson Guedes da Costa

Empresa: FAPESQ

Aluno: Ronimack Trajano de Souza

Mat.: 29721524

Campina Grande, março de 2003



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	2
A EMPRESA	2
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 INTRODUÇÃO	4
1.2 NORMAS RECOMENDADAS	4
1.3 ROTEIRO DE CÁLCULO - DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES	5
1.3.1 Critérios básicos para divisão dos circuitos	12
1.3.2 Cálculo de Iluminação – Método dos Lúmens	12
1.3.3 Dimensionamento das tomadas	15
1.3.4 Dimensionamento dos condutores	15
1.3.5 Dimensionamento da proteção	17
1.3.6 Dimensionamento dos eletrodutos	18
1.3.7 Sistemas de distribuição	18
1.3.7.1 Sistema monofásico a dois condutores (F - N).....	18
1.3.7.2 Sistema trifásico a três condutores (3F)	18
1.3.7.3 Sistema trifásico a três condutores (3F - N)	18
1.3.8 Sistema de aterramento	18
1.3.9 Nível de proteção dos componentes utilizados.....	19
1.4 Distribuição De Energia Elétrica	20
1.5 Medição De Energia Elétrica	20
2 METODOLOGIA E TAREFAS DESENVOLVIDAS.....	21
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
4 BIBLIOGRAFIA	23
5 ANEXO: Projeto de instalações elétricas do curtume de Cabaceiras	24

APRESENTAÇÃO

A disciplina Estágio Supervisionado é uma disciplina do curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG, com carga horária de 120 horas.

O estágio supervisionado foi desenvolvido junto a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ, situada na Rua Emiliano Rosendo da Silva, s/n, Bodocongó – 58.109-772 – Caixa Postal 435, Campina Grande – PB, sob a orientação do Professor Edson Guedes da Costa do Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG.

Os objetivos da disciplina Estágio Supervisionado é possibilitar ao aluno que está concluindo o curso de Engenharia a oportunidade de realizar trabalhos em uma empresa, colocando em prática os conhecimentos e habilidades adquiridas ao longo da formação acadêmica do graduando, e adquirir uma experiência profissional.

A EMPRESA

Situada no alto de Bodocongó, em Campina Grande, Paraíba, a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ, órgão vinculado a Secretaria de Indústria, Comércio, Turismo, Ciência e Tecnologia – SICTCT, tem desenvolvido projetos ligados ao desenvolvimento do Estado da Paraíba, através de convênios entre a FAPESQ e universidades e cooperativas. Sua sede tem sido celeiro de vários projetos como o Prossiga/PB, o COMPET – Programa de Modernização e Competitividade dos Setores Econômicos Tradicionais, a Mesorregião do Cristalino, a Avaliação Externa do PEQ – Programa Estadual de Qualidade, entre outros.

Dentre estes projetos, o COMPET é responsável pela instalação de um curtume na zona rural do município de Cabaceiras, Paraíba. O COMPET é um programa da SICTCT, apoiado pelo CNPq, inserido na proposta do Programa de Desenvolvimento Sustentável Governo do Estado da Paraíba. Seu objetivo é criar condições institucionais e estimular a adoção de tecnologias modernas, nas micro e pequenas empresas de couro-calçados e afins e sucro-alcooleiro do Estado, possibilitando a inserção de seus produtores em mercados mais competitivos.

A partir da necessidade de elaborar o projeto de instalação elétrica do curtume, e em comum acordo entre FAPESQ e UFCG tomou-se possível a realização do estágio na referida empresa.

1. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO

A proposta inicial para as atividades a serem desenvolvidas no estágio foi basicamente a elaboração do projeto elétrico de um curtume situado na Zona Rural do município de Cabaceiras. As etapas de desenvolvimento do projeto foram:

- Aquisição das plantas arquitetônicas da obra;
- Visitas periódicas ao canteiro de obras, a fim de se verificar as condições reais da instalação e comparar com as plantas arquitetônicas;
- Verificação das características funcionais da indústria, como nível de poluição no interior da indústria, ciclo de trabalho das máquinas, entre outros;
- Elaboração do projeto elétrico, com dimensionamento e localização dos pontos de luz, tomadas, quadros e definição das características dos componentes;
- Elaboração do memorial descritivo e,
- Acompanhamento da execução do projeto elétrico.

Dentre as atividades citadas acima, todas foram desenvolvidas exceto o acompanhamento de execução da obra, referente à parte elétrica. O acompanhamento da execução do projeto elétrico não foi realizado porque a empresa ainda não adquiriu o material elétrico necessário à execução da instalação elétrica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUÇÃO

A elaboração do projeto elétrico de uma instalação industrial deve ser precedida do conhecimento dos dados relativos às condições de suprimento e das características funcionais da indústria em geral. Normalmente o projetista recebe do interessado um conjunto de plantas da indústria, contendo, no mínimo, os seguintes detalhes:

a) Planta de situação

Tem a finalidade de situar a obra no contexto urbano

b) Planta baixa de arquitetura do prédio

Contém toda a área de construção, indicando com detalhes divisionais os ambientes de produção industrial, escritórios, dependências em geral e outros que compõem o conjunto arquitetônico.

c) Planta baixa

Contém a projeção aproximada de todas as máquinas, devidamente posicionadas, com a indicação dos motores a alimentar e dos painéis de controle respectivos.

d) Plantas de detalhes

Devem conter todas as particularidades do projeto de arquitetura que venham a contribuir na definição do projeto elétrico, tais como:

- vistas e cortes no galpão industrial;
- detalhes sobre a existência de pontes rolantes no recinto de produção;
- detalhes de colunas e vigas de concreto ou outras particularidades de construção;
- detalhes de montagem de certas máquinas de grandes dimensões.

O conhecimento desses e de outros detalhes possibilita ao projetista elaborar corretamente um excelente projeto.

É importante, durante a fase de projeto, conhecer os planos expansionistas dos dirigentes da empresa e, se possível, obter detalhes de futuro aumento efetivo de carga, bem como o local de sua instalação.

Qualquer projeto elétrico de instalação industrial deve considerar os seguintes aspectos:

- Flexibilidade;
- Acessibilidade;
- Confiabilidade.

2.2. NORMAS RECOMENDADAS

Todo e qualquer projeto deve ser elaborado com base em documentos normativos que, no Brasil, são de responsabilidade da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Cabe, também, seguir as normas particulares das concessionárias de serviço público ou particular que fazem o suprimento de energia elétrica da área onde está localizada a indústria. Estas normas, em geral, não colidem com as da ABNT, porém indicam ao projetista as condições mínimas exigidas para que se efetue o fornecimento de energia à indústria, dentro das particularidades inerentes a cada empresa.

A CELB – Companhia de Eletrificação da Borborema, concessionária exclusiva da Região da Borborema do Estado da Paraíba, possui um conjunto de normas técnicas que cobre todo o tipo de fornecimento de energia elétrica para os vários níveis de tensão de suprimento.

2.3. ROTEIRO DE CÁLCULO - DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

Para a elaboração de um projeto elétrico, seja ele predial, industrial outro tipo qualquer de instalação, é necessário o correto dimensionamento dos componentes para que os equipamentos elétricos possam funcionar em condições normais, além de garantir uma maior segurança à edificação e aos usuários que a freqüentam.

As etapas de elaboração de um projeto elétricas compreendem basicamente de:

- Projeto de iluminação, determinando principalmente o nível de iluminamento necessário à atividade ali desenvolvida;
- Dimensionamento da quantidade e potência elétrica das tomadas;
- Divisão da instalação em circuitos;
- Projeto de alimentação de motores, caso existam;
- Dimensionamento dos componentes como: condutores, eletrodutos, disjuntores etc. e,
- Elaboração do memorial descritivo.

O cálculo elétrico permitirá ao projetista determinar o valor da capacidade dos diversos componentes do sistema, tipo luminárias, tomadas, eletrodutos, elementos de proteção e condutores, a fim de que sejam especificados e quantificados.

Antes de expor as etapas necessárias ao dimensionamento dos componentes a serem utilizados na instalação, será enfocado alguns dos termos mais utilizados nos projetos de instalações elétricas.

Fluxo luminoso - é a quantidade total de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens (lm), na tensão nominal de funcionamento. A Figura 1 a forma de irradiação da luz produzida por uma lâmpada fluorescente compacta.

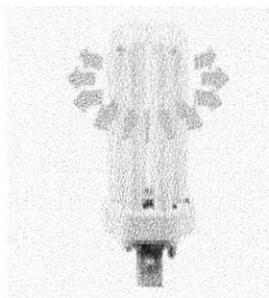


Figura 1 - Fluxo luminoso, forma de irradiação da luz

Intensidade luminosa (I) - se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o Fluxo Luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujo comprimento indica a intensidade luminosa. Portanto é o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto, conforme Figura 2.

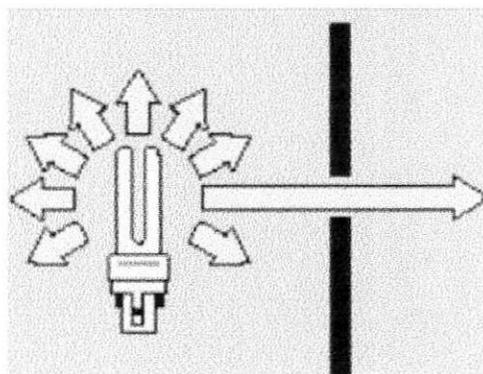


Figura 2 - Intensidade luminosa

Coefficiente de utilização - é a relação entre o fluxo luminoso que incide sobre o local onde se irá desenvolver a atividade, (fluxo útil) e o fluxo total emitido pelas lâmpadas. Ele dependerá do tipo do local, do acabamento das luminárias e da cor da parede e do teto.

Curva de distribuição luminosa - se num plano transversal à lâmpada, todos os vetores que dela se originam tiverem suas extremidades ligadas por um traço, obtém-se a Curva de Distribuição Luminosa (CDL). Em outras palavras, é a representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano. Para a uniformização dos valores das curvas, geralmente essas são referidas a 1000 lm. Nesse caso, é necessário multiplicar-se o valor encontrado na CDL pelo fluxo luminoso da lâmpada em questão e dividir o resultado por 1000 lm. A Figura 3 mostra uma curva típica de distribuição luminosa.

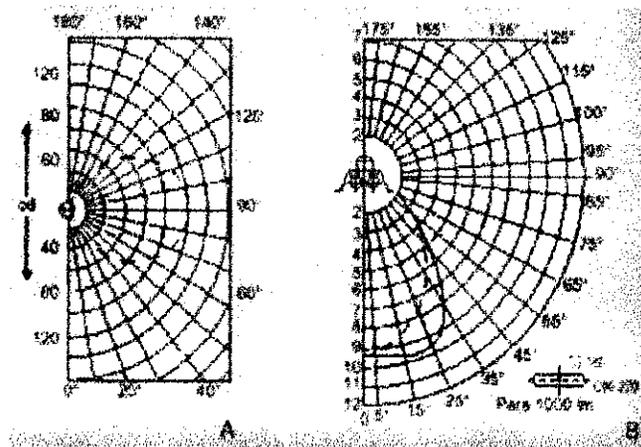


Figura 3 - Curva de distribuição de intensidade luminosa

Fator de depreciação - é a relação entre o fluxo luminoso produzido por uma luminária no fim do período de manutenção (tempo decorrido entre duas limpezas consecutivas de uma luminária) e o fluxo emitido pela mesma no início de seu funcionamento, geralmente os fabricantes de luminárias fornecem um valor médio do fator de depreciação, que varia segundo as características da luminária.

Iluminância (E) - é o fluxo luminoso sobre uma superfície situada a uma certa distância desta fonte, ou seja, é a quantidade de luz que está chegando em um ponto. Esta relação é dada entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância ($1/d^2$). A iluminância pode ser medida através de um luxímetro, porém, não pode ser vista. O que é visível são as diferenças na reflexão da luz. A iluminância também é conhecida como nível de iluminamento e é expressa em lux (lx). A equação que expressa esta grandeza é fornecida abaixo:

$$E = \frac{F}{S} \text{ (lux)}$$

F - fluxo luminoso, em Lúmens;

S - área da superfície iluminada, em m^2 .

São clássicos alguns exemplos de iluminância, ou seja:

- dia de sol de verão a céu aberto: 100.000 lux
- dia de sol encoberto no verão: 20.000 lux
- noite de lua cheia sem nuvens: 0,25 lux
- noite à luz de estrelas: 0,001 lux.

Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro, conforme pode ser observado na Figura 4. Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Considera-se por isso a iluminância média. É especificado por norma o valor mínimo de iluminância média para ambientes diferenciados pela atividade exercida relacionados ao conforto visual.

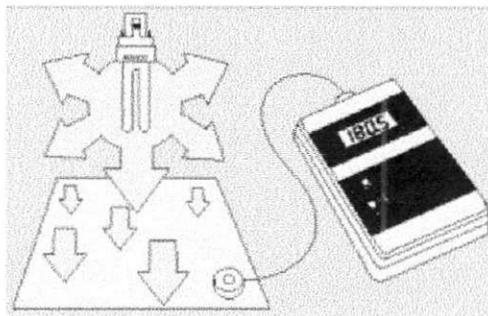


Figura 4 – Medindo a iluminância

Luminância (L) - das grandezas mencionadas, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos. Essa sensação de claridade é chamada de luminância. Em outras palavras, é a intensidade luminosa de uma fonte de luz produzida ou refletida por uma superfície iluminada. A equação que permite sua determinação é:

$$L = \frac{I}{S} \times \cos \alpha$$

S – superfície iluminada;

α - ângulo entre a superfície iluminada e a vertical, que é ortogonal à direção do fluxo luminoso;

I – intensidade luminosa.

Como os objetos refletem a luz diferentemente uns dos outros, fica explicado porque a mesma iluminância pode dar origem a luminâncias diferentes. Vale lembrar que o coeficiente de reflexão é a relação entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente em uma superfície. Esse coeficiente é geralmente dado em tabelas, cujos valores são função das cores e dos materiais utilizados.

As Figura 5 e 6 explicam melhor os conceitos de luminância e iluminância.

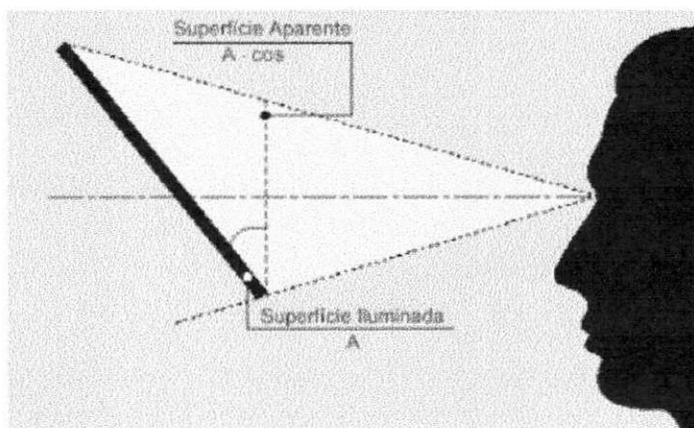


Figura 5 - Representação da superfície aparente para luminância

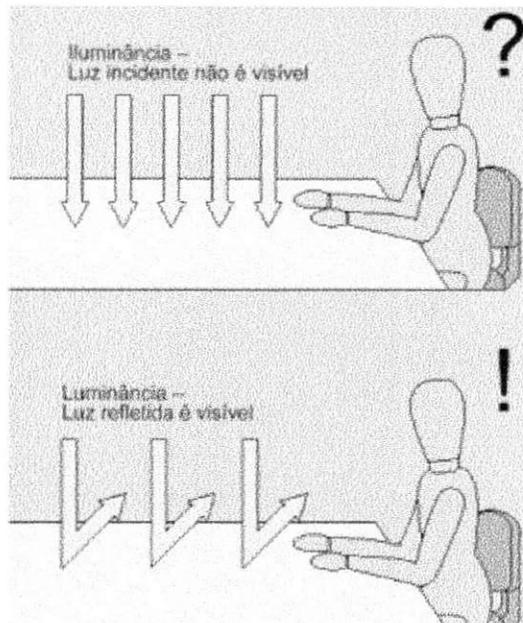


Figura 6 - Iluminância x Luminância

Ponto de luz – é o termo utilizado para designar fontes fixas de luz.

Tomada de Uso Específico (TUE) - alimentam aparelhos fixos ou estacionários, que embora possam ser removidos trabalham sempre num determinado local. É o caso dos chuveiros, torneiras elétricas, aparelhos de ar condicionado, estufas, etc.

Tomada de Uso Geral (TUG) - nelas são ligados aparelhos portáteis como abajures, aspiradores de pó, liquidificadores, etc.

Luminárias - são aparelhos destinados à fixação das lâmpadas, devendo apresentar as seguintes características básicas:

- serem agradáveis ao observador;
- modificarem o fluxo luminoso da luz;
- possibilitarem fácil instalação e posterior manutenção.

As luminárias devem ser aplicadas de acordo com o ambiente a iluminar e com o tipo de atividade desenvolvida no local. Em geral, são conhecidos os seguintes tipos:

- luminárias comerciais;
- luminárias industriais;
- luminárias para logradouros públicos;
- luminárias para jardins.

Em matéria de segurança, as luminárias são classificadas segundo três critérios:

- de acordo com o nível de proteção contra choque elétrico;
- de acordo com o grau de proteção contra penetração de pó, objetos sólidos e umidade e,

- de acordo com o material da superfície de apoio para o qual a luminária é projetada.

Na confecção do projeto de iluminação do ambiente, deve-se conhecer antecipadamente qual tipo de atividade será desenvolvida naquele ambiente, a fim de se estabelecer qual a luminária e lâmpada mais apropriada para a atividade ali desenvolvida.

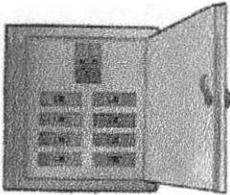
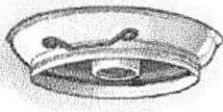
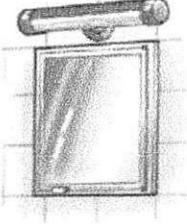
Iluminação de emergência - Ela deve ser projetada adequadamente, a fim de cobrir todas as áreas em que a falta de iluminação possa ocasionar riscos de acidentes ou perturbação na saída de pessoal. A iluminação de emergência não deve ser confundida com iluminação alternativa.

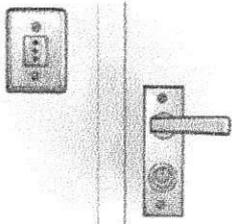
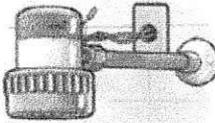
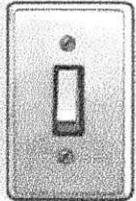
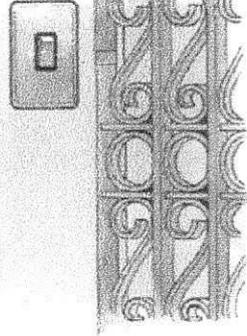
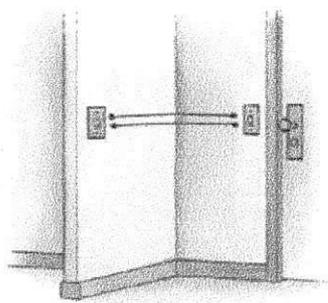
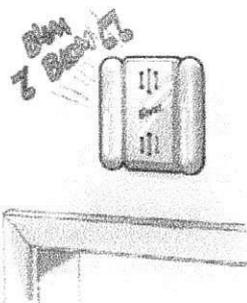
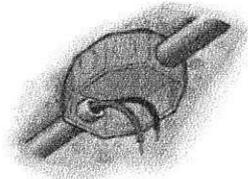
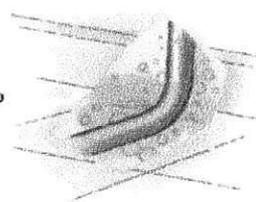
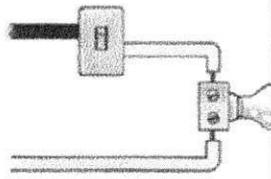
Condutor – é o fio responsável por conduzir a corrente elétrica que alimentará cada equipamento, ou seja, ele será o caminho por onde a corrente irá circular. A seção dos condutores deve ser a mesma para cada circuito, podendo diferenciar de um circuito para outro. A Norma Brasileira de instalações elétricas de baixa tensão, a NBR 5410/97 exige uma seção mínima do condutor para cada tipo de circuito. Por exemplo, circuitos de tomadas, não poderão utilizar condutores com seção inferior a 2,5 mm².

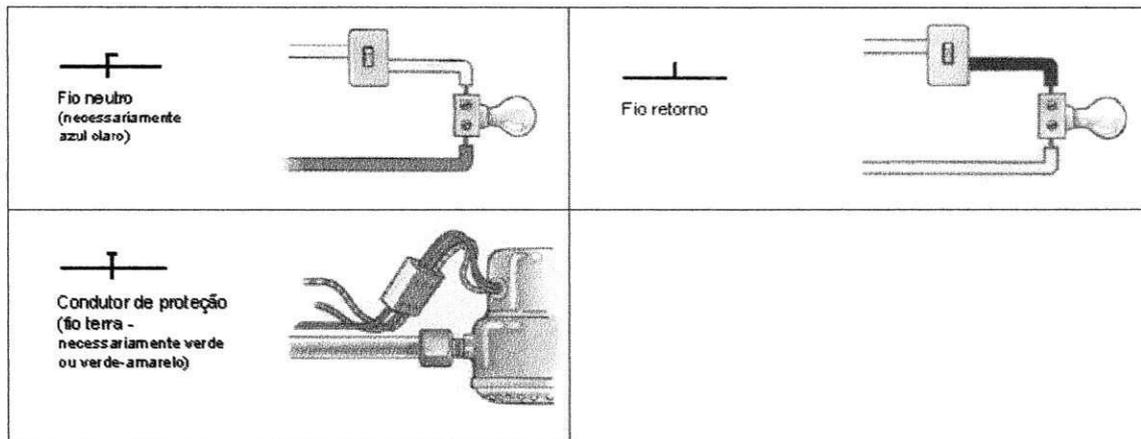
Simbologia gráfica - sabendo as quantidades de pontos de luz, tomadas e o tipo de fornecimento, o projetista pode dar início ao desenho do projeto elétrico na planta, seja ela residencial, predial ou industrial, utilizando-se de uma simbologia gráfica.

A simbologia apresentada na Tabela 1 é a usualmente empregada pelos projetistas. Porém, o projetista pode adotar uma simbologia própria identificando-a no projeto, através de uma legenda.

Tabela 1 – Simbologia adotada em projetos elétricos

Símbolo	O que representam	Símbolo	O que representam
 Quadro de distribuição		 Ponto de luz no teto 100 - potência de iluminação 2 - número do circuito a - comando	
 Ponto de luz na parede		 Tomada baixa monofásica  Tomada baixa monofásica com terra  Tomada baixa bifásica  Tomada baixa bifásica com terra	

<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Tomada média monofásica ⊕ Tomada média monofásica com terra ⊖ Tomada média bifásica ⊕ Tomada média bifásica 	<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Caixa de saída alta monofásica ⊕ Caixa de saída alta monofásica com terra ⊖ Caixa de saída alta bifásica ⊕ Caixa de saída alta bifásica com terra 
<p>S</p> <p>Interruptor simples</p> 	<p>⊖</p> <p>Botão de campainha</p> 
<p>S</p> <p>Interruptor paralelo</p> 	<p>6</p> <p>Campainha</p> 
<p>—————</p> <p>Eletroduto sobre a laje</p> 	<p>-----</p> <p>Eletroduto embutido na parede</p> 
<p>-----</p> <p>Eletroduto embutido no piso</p> 	<p>—+—</p> <p>Fio fase</p> 



2.3.1. Critérios básicos para divisão dos circuitos

Para que uma instalação elétrica tenha um desempenho satisfatório, deve se projetada levando-se em consideração as boas técnicas de divisão e seccionamento de circuitos prevista pela NBR 5410/97.

a) Toda instalação deve ser dividida, de acordo com a necessidade, em vários circuitos, a fim de:

- Evitar qualquer perigo e limitar as conseqüências de uma falta;
- Facilitar as verificações e os ensaios;
- Evitar os inconvenientes que possam resultar de um circuito único, tal como um só circuito de iluminação.

b) Cada circuito deve ser dividido de forma a poder ser associado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito.

c) Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam.

Devem ser previstos circuitos individuais de iluminação e tomadas de corrente. A alimentação de motores deve ser feita através de um circuito individualizado.

d) Em unidades residenciais e acomodações (quarto ou apartamentos) devem ser previstos circuitos independentes para equipamentos com corrente nominal superior a 10 A.

e) Nas instalações alimentadas com duas ou três fases, as cargas devem ser distribuídas entre as fases de modo a obter-se o maior equilíbrio.

f) Devem ser previstos circuitos para as partes de alimentação que devem ser comandadas separadamente (por exemplo, circuitos de segurança e de outros serviços essenciais), de forma que esses circuitos não sejam afetados pela falha de outros circuitos.

2.3.2. Cálculo de Iluminação – Método dos Lúmens

A iluminação é responsável atualmente por cerca de 17% de toda a energia consumida no Brasil (Mamede, 2001). No setor industrial, a participação do consumo da iluminação

é aproximadamente 2%, o que representa a produção de energia elétrica da Hidroelétrica de Sobradinho no Rio São Francisco, no Nordeste do Brasil.

Os recintos industriais devem ser suficientemente iluminados para proporcionar o máximo conforto aos usuários, obtendo assim o melhor rendimento possível na execução das tarefas. O nível de detalhamento das tarefas exige um iluminamento adequado para se ter uma percepção visual apurada.

Um bom projeto de iluminação, em geral, requer a adoção dos seguintes pontos fundamentais:

- Nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica;
- Distribuição espacial da luz sobre o ambiente;
- Escolha da cor da luz e seu respectivo rendimento;
- Escolha apropriada dos aparelhos de iluminação;
- Tipo de execução das paredes e do piso;
- Iluminação de acesso.

O projetista deve dispor das plantas de arquitetura da construção, com detalhes suficientes para fixar os aparelhos de iluminação. O tipo de teto é de fundamental importância, bem como a disposição das vigas de concreto ou dos tirantes de aço de sustentação, os quais, afinal, podem definir o alinhamento das luminárias.

Muitas vezes, é necessário complementar a iluminação do recinto para atender certas atividades específicas do processo industrial. Assim, devem ser localizados aparelhos de iluminação em pontos específicos e, muitas vezes na estrutura das próprias máquinas.

Numa planta industrial, há de se considerar ainda o desenvolvimento do projeto de iluminação dos escritórios, almoxarifados, laboratórios e área externa.

Um projeto de iluminação envolve a pré-determinação da iluminância (E), em um plano de trabalho (S). Uma vez conhecida a iluminância desejada, pode-se determinar o fluxo luminoso total necessário, considerando-se as proporções do cômodo a ser iluminado, as cores das paredes e do teto, a eficiência da luminária selecionada e respectiva curva de distribuição de luz.

Para facilitar o entendimento do método, observe o exemplo abaixo:

Deseja-se iluminar um ambiente destinado à garagem, adotando-se um nível de iluminamento médio (150 lux) e o método de cálculo da General Electric. O ambiente tem 26 metros de largura por 24 metros de comprimento e 3,5 metros de altura, cujo teto é considerado branco fosco com 75% de refletância e as paredes brancas com 50% de refletância.

Será necessário determinar o número de luminárias que proporcionarão ao local a iluminância adequada ao tipo de atividade visual a ser ali executada. As fórmulas a serem utilizadas são:

$$\phi = \frac{SxE}{uxd} \text{ (Fluxo Luminoso)}$$

$$n = \frac{\phi}{\varphi} \text{ (Quantidade de Luminárias)}$$

sabendo-se:

- Área útil do local: $S = 553 \text{ m}^2$
- Iluminância desejada: $E = 150 \text{ lux}$
- Fator de depreciação: $d = 0,75$ (referente à luminária e fornecido pelo fabricante)
- Coeficiente de utilização (u): para ser determinado, necessita-se primeiramente saber o índice do local indicado. Com as dimensões de largura 26 m, comprimento de 24 m e distância do foco luminoso ao chão estimada em 3,5m, acha-se um índice do local. Com valores de 75% de refletância para o teto e 50% de refletância para as paredes, obtem-se o valor do coeficiente de utilização que é 0,50.

• Fluxo luminoso por luminária: consulta-se o catálogo do fabricante, o fluxo luminoso inicial emitido por uma lâmpada fluorescente adotada é de 2350 lúmens. Para a luminária escolhida, com duas lâmpadas de 32W, tem-se 4700 lúmens, então:

$$\phi = \frac{553 \times 150}{0,5 \times 0,75} = 221200 \text{ Lúmens}$$

A quantidade de luminárias (n):

$$n = \frac{221200}{4700} = 47,06 \text{ luminárias}$$

Quando o número de luminárias obtido não for exato, deve-se atribuir um número maior de luminárias, garantindo assim uma distribuição uniforme das luminárias e buscando a homogeneidade da iluminação ao longo da área.

As luminárias a serem utilizadas para este tipo de instalação requerem uma maior proteção, tanto contra poeira como contra jatos d'água. O grau de proteção designado pelas letras IP (Proteção Internacional) deve ser no mínimo 55. A Figura 7 mostra o tipo da luminária a ser utilizada. O memorial descritivo traz todas as informações referentes à quantidade de luminárias utilizadas na instalação, bem como o nível de iluminamento em cada ambiente.

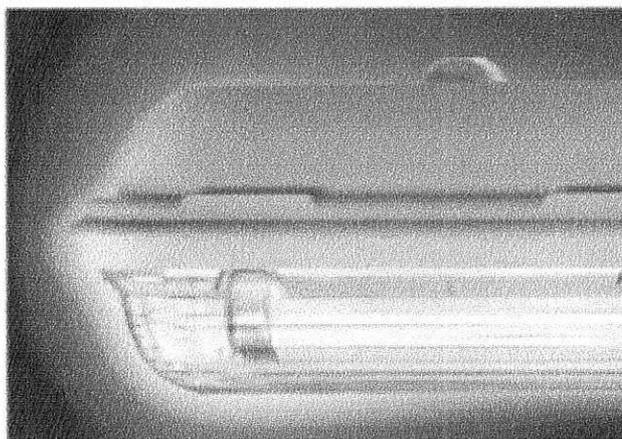


Figura 7 - Luminária com grau de proteção IP 55

2.3.3. Dimensionamento das tomadas

Em ambientes industriais, o número de tomadas a ser adotado é função de cada tipo de setor. Quando se tratar de tomada para uso específico de um determinado equipamento, a potência das tomadas deve ser dimensionada de acordo com a potência do equipamento.

Deve ser prevista colocação mínima de uma tomada de uso geral em todos os ambientes, seja industrial ou não. No entanto, dependendo das dimensões e/ou necessidades do ambiente este número deve ser alterado. O memorial descritivo traz as informações referentes a potência das tomadas utilizadas na instalação. Para os circuitos de motores, as tomadas a serem utilizadas para este tipo de instalação requerem uma maior proteção, tanto contra poeira como contra jatos d'água. O grau de proteção deve ser no mínimo 55. A Figura 8 mostra os modelos das tomadas e plugs a serem utilizados para alimentação dos motores.

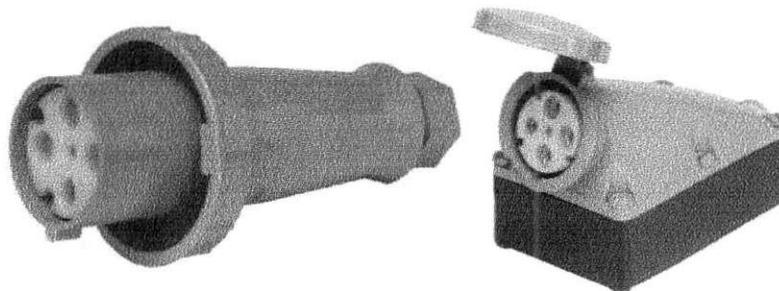


Figura 8 – Modelo das tomadas e plugs com IP 55

2.3.4. Dimensionamento dos condutores

O dimensionamento de um condutor deve ser precedido de uma análise detalhada das condições de sua instalação e da carga a ser suprida.

Os critérios mais utilizados para determinação da seção dos condutores são:

- Seção mínima;
- Capacidade de condução de corrente e,
- Queda de tensão.

Para o critério da seção mínima, adota-se $1,5 \text{ mm}^2$ para os circuitos de iluminação e $2,5 \text{ mm}^2$ para os circuitos de força.

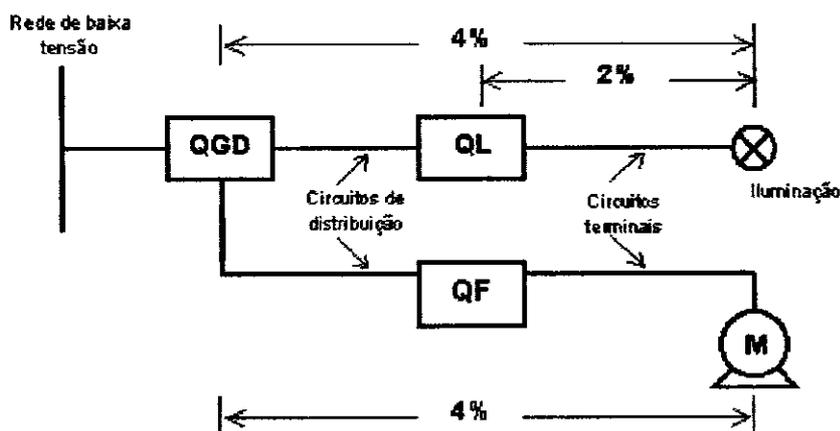
Para o critério da capacidade de condução de corrente deve se observar a corrente nominal de cada circuito corrigida. Na correção da corrente nominal do circuito considera-se a temperatura do ambiente, a quantidade de condutores dentro do eletroduto.

Para o critério do limite da queda de tensão, após o dimensionamento da seção do condutor pela capacidade de condução de corrente, é necessário saber se esta seção está apropriada para provocar uma queda de tensão no ponto terminal do circuito, de acordo com os valores mínimos estabelecidos pela norma NBR 5410/97, ou obedecendo aos limites definidos pelo

projetista para aquela planta em particular. A Tabela 2 e a Figura 9 indicam os valores de queda de tensão permissíveis para cada tipo de alimentação da instalação.

Tabela 2 - Limites de queda de tensão

Tipo da instalação	Queda de tensão permissível
Instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão.	4%
Instalações alimentadas diretamente por subestação transformadora, a partir de uma instalação de alta tensão.	7%
Instalações que possuam fonte própria.	7%



QGD – Quadro Geral de Distribuição
 QL – Quadro de Luz
 QF – Quadro de Força

Figura 9 – Queda de tensão parcial nos circuitos terminais

Para o dimensionamento dos condutores através do critério da queda de tensão é necessário conhecer o produto entre a soma das potências (em Watts) e a distância (em metros) para iluminação e tomadas de uso específico. Para as tomadas de uso geral, é necessário conhecer o fator de potência do equipamento, bem como o fator V/A.km. Com estes resultados, consulta-se tabelas fornecidas pelos fabricantes de cabos elétricos obtendo-se a seção adequada para o condutor em cada caso. O memorial descritivo em anexo mostra detalhadamente todos os passos para se determinar a seção dos condutores.

Um condutor mal dimensionado, além de implicar a operação inadequada da carga, representa um elevado risco de incêndio para o patrimônio, principalmente quando existe associado um deficiente projeto de proteção. Os fatores básicos que envolvem o dimensionamento de um condutor são:

- Tensão nominal;

- Freqüência nominal;
- Potencia ou corrente de carga a ser suprida;
- Fator de potência da carga;
- Tipo de sistema: monofásico, bifásico ou trifásico;
- Método de instalação dos condutores;
- Tipos de carga: iluminação, motores, capacitores, etc;
- Distância da carga ao ponto de suprimento;
- Corrente de curto-circuito.

A potência demandada é a potência total multiplicada pelo fator de demanda. O fator de demanda é a relação entre a demanda máxima do sistema e a carga total conectada a ele, durante um intervalo de tempo considerado. A carga conectada é a soma das potências nominais contínuas dos aparelhos consumidores de energia elétrica. O fator de demanda é, usualmente menor que a unidade. Seu valor somente é unitário se a carga conectada total for ligada simultaneamente por um período suficientemente grande, tanto quanto o intervalo de demanda.

O fator de demanda para motores varia segundo o número de motores em operação, já para circuitos de iluminação e tomadas, varia segundo o número de circuitos. O valor do fator de demanda para cada tipo de circuito é tabelado, e fornecido em livros de instalações elétricas.

Cabe ao projetista a decisão sobre a previsão da demanda da instalação, a qual deve se tomada em função das características da carga e do tipo de operação da industria.

Para que um condutor esteja adequadamente dimensionado é necessário que se projetem os elementos de proteção a ele associado de maneira que as sobrecargas e sobrecorrentes presumidas do sistema não afetem a sua isolação.

A maioria absoluta das instalações industriais emprega o cobre como elemento condutor dos fios e cabos elétricos. A NBR 5410/97 restringe a aplicação dos condutores de alumínio quando somente permite seu uso para seções iguais ou superiores a 10 mm².

Os fios e cabos são isolados com diferentes tipos de compostos isolantes, sendo os mais empregados o PVC (cloreto de polivinila), o EPR (etileno-propileno) e o XLPE (polietileno reticulado), cada um com suas características químicas, elétricas e mecânicas próprias, acarretando assim o seu emprego em condições específicas para cada instalação.

2.3.5. Dimensionamento da proteção

Devem ser utilizados disjuntores nos circuitos terminais de tomadas e iluminação, dimensionados de acordo com a corrente nominal do circuito. Estes disjuntores devem ser alojados no quadro de distribuição.

Nos circuitos de força, referentes à alimentação dos motores, devem ser utilizados chaves de partida dimensionadas com a respectiva proteção, tanto contra sobrecarga, quanto contra corrente de curto-circuito.

2.3.6. Dimensionamento dos eletrodutos

Os eletrodutos devem ser dimensionados de acordo com a quantidade de condutores de neles serão alojados. Podem ser utilizados eletrodutos e curvas de PVC rígido rosqueável ou não, ou ainda em aço carbono.

2.3.7. Sistemas de distribuição

Dependendo da grandeza da carga instalada e do seu tipo, podem ser utilizados vários sistemas de distribuição, ou seja:

2.3.7.1 Sistema monofásico a dois condutores (F - N)

É o sistema comumente utilizado em instalações residenciais isoladas e em prédios comerciais e residenciais com um número reduzido de unidades de consumo e de pequena carga.

2.3.7.2 Sistema trifásico a três condutores (3F)

É o sistema secundário que pode estar conectado em triângulo ou estrela com o ponto neutro isolado. Seu uso é mais comum em instalações industriais onde os motores representam a carga preponderante.

2.3.7.3 Sistema trifásico a três condutores (3F - N)

É o sistema secundário de distribuição mais comumente utilizado nas instalações elétricas industriais. Normalmente, é utilizada a configuração estrela com o ponto neutro aterrado.

2.3.8. Sistema de aterramento

A NBR 5410/97, para classificar os sistemas de aterramento das instalações, utiliza a seguinte simbologia:

a) Primeira letra: situação da alimentação em relação ao terra:

- T – um ponto diretamente aterrado;
- I – isolação de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de uma impedância.

b) Segunda letra: situação das massas em relação à terra:

- T – massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto de alimentação;
- N - massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto de aterramento normalmente é o ponto neutro).

c) Outras letras (eventuais): disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

- S – funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;

- C – funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (condutor PEN);

Os sistemas de aterramento conhecidos são:

- Sistema TN;
- Sistema TT;
- Sistema IT;

2.3.9. Nível de proteção dos componentes utilizados

Determinadas as características elétricas dos componentes tipo luminárias, tomadas, eletrodutos e os demais componentes elétricos da instalação, será necessário determinar as características físicas dos componentes, Grau de Proteção IP (Proteção Internacional) que classifica os componentes de acordo com o grau de proteção proporcionado contra a entrada de corpos estranho, poeira e umidade. A designação é feita pelas letras "IP" seguidas de dois algarismos, onde o primeiro algarismo indica a proteção contra a entrada de corpos estranhos e poeira. O segundo algarismo indica o grau de vedação contra água. Os componentes devem ser selecionados e instalados de modo a evitar que possam provocar incêndio, tanto sob condições operacionais normais como no caso de uma falta. Assim, ao selecionar as luminárias, tomadas, eletrodutos, etc, devem ser consideradas as propriedades de proteção contra incêndio do material que os constitui, das superfícies em que serão montadas e de outras superfícies que possam ser termicamente influenciadas. Além disso, deve ser levada em conta a distância mínima exigida com relação a materiais inflamáveis, bem como os tipos de local em que se admite o uso do componente, ou para os quais eles foram concebidos. Entende-se como superfície de montagem qualquer parte de uma construção, de uma mobília ou de outra estrutura em que um componente, de um modo ou de outro, possa ser fixado, suspenso ou colocado em uso normal, e que é destinada a suportar o componente em questão. Os materiais da superfície de montagem são classificados em:

- Materiais facilmente inflamáveis,
- Materiais de inflamabilidade normal e
- Materiais não-inflamáveis.

Os materiais *facilmente inflamáveis* são aqueles que não podem ser classificados como de inflamabilidade normal ou baixa, nem como incombustíveis. Exemplos: fibra de madeira e materiais à base de madeira com espessura de até 2 mm. Os materiais de *inflamabilidade normal* são aqueles cuja temperatura de ignição é de, pelo menos, 200°C e que não se deformam ou enfraquecem nesta temperatura. Exemplos: madeira e materiais à base de madeira com mais de 2 mm de espessura. Por fim, os *materiais não-inflamáveis* (incombustíveis) são aqueles incapazes de manter a combustão. Materiais tais como metal, gesso e concreto são considerados incombustíveis.

2.4. Distribuição de Energia Elétrica

A distribuição de energia elétrica deve ser feita por meio de um barramento monofásico ou trifásico localizado no quadro de distribuição da instalação.

O quadro de distribuição deve se localizado em local de fácil acesso.

2.5. Medição de Energia Elétrica

A medição pode ser feita em baixa ou alta tensão. Os medidores serão colocados no quadro de medição em local acessível à medição por funcionários da empresa fornecedora.

3. METODOLOGIA E TAREFAS DESENVOLVIDAS

A primeira etapa de execução do projeto constou basicamente do estudo da Norma NBR 5410, e revisão bibliográfica de livros que tratam de projetos elétricos industriais, como também pesquisa sobre as características funcionais do curtime, para se especificar os componentes apropriados.

Foram realizadas visitas periódicas a obra, a fim de constatar os detalhes contidos nas plantas arquitetônicas.

Em uma segunda etapa do projeto, iniciou-se o cálculo dos parâmetros necessários no projeto da instalação, desenho das plantas de iluminação, tomadas e circuitos de motores. Terminada as etapas de cálculo e desenho, iniciou-se uma pesquisa de preços para estimar o orçamento das despesas da instalação elétrica.

Concluídas as etapas anteriores, iniciou-se a confecção do memorial técnico, mostrado em anexo.

Para a realização deste projeto foram seguidas as determinações expressas nas seguintes normas de instalações elétricas em baixa tensão NBR 5410/97.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluído o estágio, pode-se observar por parte do estagiário, a importância da disciplina Estágio Supervisionado. Primeiro, os objetivos propostos pela disciplina e citados anteriormente, foram atingidos com êxito. Segundo existe também o lado profissional, pois nesta fase o aluno é tratado não mais como um simples estudante, e sim um profissional que está na empresa não para cumprir obrigações junto com a universidade, mas principalmente, os compromissos firmados com a empresa.

Durante o estágio houve a oportunidade de vivenciar experiências não tão comuns no dia-dia de graduado, enquanto que na universidade quase sempre se tem um professor para sanar suas dúvidas, na empresa, quase sempre o estagiário tem que trabalhar sem o tão bem vindo auxílio dos professores, discutindo soluções para determinados problemas, com os mais variados tipos de profissionais.

5. BIBLIOGRAFIA

- Creder, Hélio. Instalações Elétricas. 14ª edição. Editora LTC. 2000
- Niskier, Júlio. Instalações Elétricas. 3ª edição. Editora LTC. 1990
- Mamede Filho, João. Instalações Elétricas. 6ª edição. Editora LTC. 2001
- Catálogo Lumincenter
- Catálogo General Electric
- Catálogo de Dimensionamento de condutores da Pirelli
- Catálogo Steck 2002

6. ANEXO: Projeto de instalações elétricas do curtume de Cabaceiras

	Buchas				
30	Nº 6	un	200	0,07	13,00
	Nº 8	un	100	0,03	2,50
	Terminal de conexão para cabo 240 mm² tipo pressão				
	2,5 mm ²	un	15	1,00	15,00
31	4,0 mm ²	un	50	1,00	50,00
	6,0 mm ²	un	20	1,00	20,00
	240,0 mm ²	un	10	9,00	90,00
32	Corrente 3 mm	m	100	2,55	255,00
33	Caixa de ligação 4x4" com quatro furos tipo rosca de 3/4"	un	50	10,00	500,00
34	Caixa de ligação 4x4" com oito furos tipo rosca de 3/4"	un	5	10,00	50,00
35	Fita isolante de 19 mm de largura, em rolo de 20 m	un	5	5,50	27,50
36	Rebite	un	100	0,02	2,20
37	Trilho de alumínio (barra de 2 m)	un	3	7,00	21,00
Custo total estimado do material elétrico					16531,05

Projeto Elétrico do Curtume de Cabaceiras

Memorial Descritivo

Empresa contratante: FAPESQ

Obra: Curtume

Endereço: Zona Rural do município de Cabaceiras

Autor: Ronimack Trajano de Souza

Mat.: 2971524

Campina Grande, fevereiro de 2003

ÍNDICE

1. OBJETIVOS	2
2. METODOLOGIA E ESPECIFICAÇÕES	2
3. UNIDADE CONSUMIDORA	2
4. FORNECIMENTO DE ENERGIA	2
5. ATERRAMENTO	3
6. CONEXÕES ENTRE QUADRO, TOMADAS, LUMINÁRIAS E INTERRUPTORES	3
7. CONDUTORES ELÉTRICOS	4
8. PROTEÇÃO	5
9. QUADRO DE MEDIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO	5
10. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	5
11. AS PLANTAS	5
12. MEMORIAL DE CÁLCULO.....	6
12.1. Cálculo da seção dos Condutores.....	6
12.1.1. Cálculo da seção dos condutores para os circuitos de iluminação e TUG's.....	6
12.1.1.1. Critério da seção mínima	6
12.1.1.1.1 Circuitos de iluminação	6
12.1.1.1.2 Circuitos de força.....	6
12.1.1.2. Critério da capacidade de condução de corrente	6
12.1.1.3. Critério da queda de tensão	7
12.1.1.3.1 Circuitos de iluminação e TUG's.....	7
12.1.1.3.2 Circuitos de força – TUG's	8
12.1.1.3.3 Circuitos de força – máquinas	11
12.2. Cálculo da iluminância por ambiente	16
12.3. Cálculo das tomadas.....	17
13. QUADROS DE ALIMENTAÇÃO.....	19
14. LISTA DE MATERIAL.....	21

1. OBJETIVOS

O presente memorial tem como objetivos:

- Projetar as instalações elétricas necessárias à energização de uma unidade consumidora industrial, caracterizada no item 3, atendendo as normas da ABNT 5410 ao perfil de carga exigido pelo cliente futuro usuário da instalação;
- Ser uma documentação que auxilie os profissionais responsáveis pela execução do projeto e posteriores manutenções.

Serão citadas neste memorial algumas considerações sobre a instalação elétrica da edificação.

A relação de material necessária à instalação será apresentada no decorrer do memorial.

É importante ressaltar que hipótese alguma poderá ocorrer mudanças na execução do projeto elétrico sem uma prévia consulta ao engenheiro responsável.

2. METODOLOGIA E ESPECIFICAÇÕES

Para realização deste projeto foram seguidas as determinações expressas nas normas:

- Instalações elétricas em baixa tensão NBR 5410 (NB3) da ABNT;
- Eletrodutos de PVC NBR 6150;
- Eletrodutos de aço NBR 5624.

Todo o material comprado deve possuir selo de qualidade, e obedecer às normas brasileiras, tendo necessariamente as especificações mínimas exigidas neste memorial.

3. UNIDADE CONSUMIDORA

A unidade consumidora está situada na zona rural do município de Cabaceiras – Paraíba.

4. FORNECIMENTO DE ENERGIA

O fornecimento de energia elétrica à unidade consumidora será na forma aérea, com ramal de entrada trifásico. A unidade consumidora apresenta uma carga demandada prevista de 172,70 kVA, alimentada a quatro condutores com seção nominal de 240 mm², 13,8 kV e frequência de 60 Hz.

5. ATERRAMENTO

O sistema de aterramento usado será o TN-S, com malha de terra composta por três hastes cobreadas de 2,4 metros completamente anterradas, dispostas em forma de triângulo, interligadas através de um condutor de cobre de 25 mm². O afastamento entre as hastes deve ser igual ou superior a três metros. Este aterramento será distribuído por toda a instalação, através do condutor de proteção (PE).

Junto à caixa de medição de energia elétrica, será feito um aterramento (utilizando-se uma única haste de terra cobreada de no mínimo 2,4 metros, na qual será conectada a massa da caixa de medição).

Todos os quadros (geral e de distribuição), devem ter sua massa conectada ao condutor de proteção.

Todas as tomadas da instalação devem ser do tipo 2P+T, conectadas ao condutor de proteção (PE).

Todas as carcaças dos motores e partes metálicas das máquinas devem ser conectadas ao condutor de proteção (PE).

Cuidado especial deve se verificado quando da efetuação das emendas de todos os condutores da instalação, com especial atenção ao condutor de proteção.

6. CONEXÕES ENTRE QUADRO, TOMADAS, LUMINÁRIAS E INTERRUPTORES

Os eletrodutos que servirão de conexão entre as caixas de suporte das luminárias deverão ser fabricados em aço inoxidável, com tamanho de ¾", sendo estes do tipo rosqueável. Entre as luminárias, tomadas e interruptores, deverá ser utilizados eletrodutos e curvas de PVC rígido rosqueável, na cor cinza de preferência, conforme o tipo do condutele utilizado. Entre o quadro de distribuição e as caixas das luminárias ou outras caixas se necessário, deverá ser utilizados eletrodutos e curvas de PVC rígido rosqueável, fixados por buchas e arruelas em PVC.

Todas as tomadas de energia de uso geral, como também as tomadas de energia referentes à estufa e à autoclave, bem como os interruptores serão montados em conduteles. Sendo que em alguns casos serão necessários conduteles duplos.

As luminárias serão fixadas em caixas de ligação, fabricadas em alumínio dotadas de juntas de vedação, com entradas rosqueadas, com alta resistência mecânica e resistência à corrosão. As luminárias utilizadas devem possuir no mínimo IP 55, ou seja, proteção contra poeira e jatos de água.

Deverão ser previstas limpezas nas luminárias em períodos semanais ou quando se achar necessário, de forma a aumentar o nível de claridade no interior da indústria. Como sugestão para aumentar o nível de iluminação dos ambientes é aconselhável colocar telhas transparentes para aproveitar a luz do dia, e usar cores claras na pintura das paredes.

Todos os condutores devem ser na cor cinza e possuir as mesmas características de material, diferenciando-se apenas quanto ao modelo, sendo todos do tipo corpo e tampa em alumínio de alta resistência mecânica e resistência à corrosão, com entradas rosqueadas.

Os condutores devem ser fixados na parede, utilizando-se dois parafusos e buchas tipo nº 6.

As tomadas que energizarão as máquinas devem ser fixadas na parede, utilizando-se dois parafusos e buchas tipo nº 8.

Os eletrodutos que servirão de conexão entre as caixas de tomadas e interruptores, deverão ser fixados com abraçadeiras em PVC, sendo que a cada 0,90 m aproximadamente, o eletroduto deverá se fixado a parede por uma braçadeira, proporcionando segurança e alinhamento perfeito.

As braçadeiras devem ser fixadas na parede, utilizando-se parafusos e buchas tipo nº 6.

Os cabos que energizarão as máquinas serão colocados em canaletas de PVC perfuradas, com tamanho mencionado no projeto.

Para auxiliar na ventilação no interior na canaleta, deverá ser produzida em madeira, uma peça para suporte dos cabos, conforme figura abaixo, com acabamento de forma a não ferir os cabos.

As dimensões da peça devem obedecer às dimensões do interior da canaleta, observa-se que a peça possui três aberturas, sendo estas utilizadas para alojar os cabos.

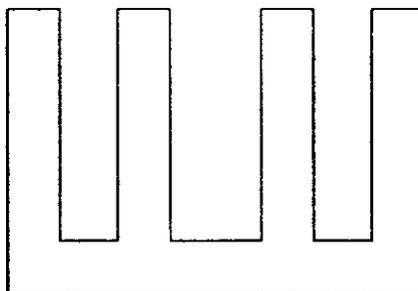


Figura 1 - Modelo da peça colocada no interior da canaleta.

7. CONDUTORES ELÉTRICOS

O dimensionamento dos condutores foi efetuado de forma a atender os critérios de capacidade de condução de corrente, queda de tensão e seção mínima, conforme pode ser observado no memorial de cálculo.

Os condutores fase devem apresentar cor vermelha, os condutores neutro cor preta, enquanto que os de proteção devem ser verdes. Já os condutores de retorno devem ter cor branca.

Os condutores devem ser do tipo fio pirastic AF e cabo sintenax AF com isolação mínima de 750 V em tensão alternada.

8. PROTEÇÃO

Serão utilizados disjuntores termomagnéticos nos circuitos terminais de tomadas e iluminação. Estes disjuntores serão fixados em trilho de alumínio e localizados no quadro de distribuição QDC1.

A corrente de curto-circuito máxima segundo o Guia NBR 5410 da revista Eletricidade Moderna para um transformador de 225 kVA, cabo de 240 mm² e comprimento do circuito de 30 metros é 6 kA. Então, assumindo o pior caso, a corrente máxima de interrupção dos disjuntores deve ser 6 kA. A corrente de curto-circuito presumida foi calculada para o quadro geral, QDC2, que é o ponto onde a corrente de curto-circuito apresenta-se com valor máximo.

Nos circuitos de força, referentes à alimentação dos motores, serão utilizadas as chaves de partida já existente para cada máquina. Para as novas máquinas, deverá ser feito um projeto de chaves de partida suave para cada máquina.

9. QUADRO DE MEDIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

O quadro de medição deverá ser padrão CELB.

Os quadros de distribuição, em número de dois, devem possuir além dos barramentos de fase e neutro, isolados da massa do quadro, um barramento de proteção não isolado da massa do quadro, fazendo o aterramento do quadro e possibilitando a distribuição do condutor de proteção (PE) aos diversos circuitos de distribuição.

10. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

O ponto de acionamento das máquinas poderá ser localizado junto às máquinas ou no quadro de alimentação geral.

A fim de evitar problemas com a instalação elétrica, é aconselhável que as máquinas não sejam ligadas no mesmo instante tempo, devendo-se esperar um tempo de no mínimo 10 segundos entre a energização de uma máquina e outra.

11. AS PLANTAS

O projeto elétrico consta de duas plantas, sendo uma referente à instalação de luminárias e tomadas de uso geral, e outra referente instalação das máquinas.

12. MEMORIAL DE CÁLCULO

12.1. Cálculo da seção dos Condutores

Para o cálculo da seção dos condutores a ser adotada na instalação de cada circuito, foram utilizados três critérios, sendo eles: seção mínima, capacidade de condução de corrente e queda de tensão. Para o critério da seção mínima, foi adotado $1,5 \text{ mm}^2$ para os circuitos de iluminação e $2,5 \text{ mm}^2$ para os circuitos de força. Para o critério da queda de tensão foi adotada uma queda de tensão máxima de 3%, para os circuitos de iluminação e 4% para os circuitos de força, e um fator de potência de 0.8 para as tomadas de força.

Os resultados aqui mencionados foram calculados para condutores em eletroduto aparente e de seção circular sobre a parede, método de referência para a capacidade de condução de corrente – B1. Sendo a seção do condutor utilizada, a que apresenta maior seção quando comparados os três critérios.

12.1.1. Cálculo da seção dos condutores para os circuitos de iluminação e TUG's

12.1.1.1. Critério da seção mínima

12.1.1.1.1 Circuitos de iluminação

Os circuitos para iluminação são os circuitos 1, 2 e 3 sendo que a seção correspondente a este critério determina uma seção de $1,5 \text{ mm}^2$.

12.1.1.1.2 Circuitos de força

Os circuitos de força são os circuitos 4, 5, 6, 7 e 8 sendo que a seção correspondente a este Critério determina uma seção de $2,5 \text{ mm}^2$.

12.1.1.2. Critério da capacidade de condução de corrente

Este critério consiste em determinar o valor da corrente máxima que percorrerá o condutor e, de acordo com o método de instalação.

Tabela 1 - Capacidade de condução de corrente em ampères para o método B1 (Mamede, 2001)

Seção nominal (mm^2)	B1	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados
1,5	17,5	15,5
2,5	24	21
4,0	32	28
6,0	41	36
10,0	57	50
16,0	76	68
25,0	101	89

Como se trata de circuitos monofásicos com tensão de alimentação 220 V, o cálculo da corrente de cada circuito pode ser obtido utilizando-se a Equação 1.

Equação 1 – Expressão para o cálculo da corrente nominal para circuitos monofásicos

$$i = \frac{S}{V} \text{ onde,}$$

I - representa a corrente elétrica do circuito em Ampères;

S - a potência elétrica do circuito em Volt-Ampères;

V - a tensão elétrica do circuito em Volts e,

Na Tabela 2 para o cálculo da seção do condutor pelo critério da capacidade de condução de corrente, foi efetuada uma correção no valor nominal da corrente, por haver mais de um circuito por eletroduto. Os cabos serão alojados em eletrodutos aparentes, tendo como fator de correção correspondente 0,7 para os circuitos 1, 3 e 6, e um fator de correção 0,80 para os demais. O valor fator de correção da corrente foi determinado observando-se a quantidade de circuitos dispostos nos eletrodutos. Também foi determinada a seção mínima equivalente do condutor através de consulta a Tabela 1, na coluna correspondente a 2 condutores carregados, já que se trata de circuitos trifásicos.

Tabela 2 - Cálculo da corrente nominal e determinação da seção pelo critério da capacidade de condução de corrente para os circuitos de iluminação e TUG's

Circuito	Potência (VA)	Corrente (A)	Corrente corrigida (A)	Seção (mm ²)
1	1847,83	$i = \frac{1847,83}{220} = 8,40$	12,00	1,5
2	2065,22	$i = \frac{1900}{220} = 9,39$	11,73	1,5
3	1521,74	$i = \frac{1521,74}{220} = 6,92$	9,88	1,5
4	3800	$i = \frac{3800}{220} = 17,27$	21,59	2,5
5	5400	$i = \frac{5400}{220} = 24,55$	30,68	4,0
6	3400	$i = \frac{3400}{220} = 15,45$	22,08	2,5
7	2500	$i = \frac{2500}{220} = 11,36$	14,20	1,5
8	2400	$i = \frac{2400}{220} = 10,91$	13,64	1,5

12.1.1.3. Critério da queda de tensão

12.1.1.3.1 Circuitos de iluminação e TUG's

Após o dimensionamento da seção do condutor pela capacidade de corrente de carga, é necessário saber se esta seção está apropriada para provocar uma queda de tensão no

ponto terminal do circuito, de acordo com os valores mínimos estabelecidos pela Norma NBR 5410/97, ou estabelecendo os limites definidos pelo projetista para a planta em particular.

Sendo conhecidos os valores da corrente elétrica e a distância de cada ponto do circuito, pode-se determinar os valores da seção dos condutores para os circuitos de iluminação através de consulta a Tabela 3. Será mostrado apenas o produto final do cálculo "Soma das potências x distância".

Tabela 3 - Soma das potências em Watts x distância em metros, 220 V, (Creder, 2000)

Seção nominal (mm ²)	Queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
1,5	21054	42108	63162	84216
2,5	35090	70180	105270	140360
4,0	56144	112288	168432	224576

a) Circuito 1:

No circuito 1 todos os pontos de iluminação possuem a mesma potência, 100 W, já incluso as perdas do reator utilizado, e um fator de potência de 0,92.

$$\text{Soma das potências x distância} = 56.860$$

Consultando a coluna correspondente a uma queda de tensão de 3% na Tabela 3 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

b) Circuito 2

No circuito 2 todos os pontos de iluminação possuem a mesma potência, 100 W e fator de potência de 0,92.

$$\text{Soma das potências x distância} = 60.970$$

Consultando a coluna correspondente a uma queda de tensão de 3% na Tabela 3 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

c) Circuito 3

No circuito 3 parte dos pontos de iluminação possuem uma potência, 100 W e outros uma potência de 50 W, sendo que para todos os pontos de iluminação o fator de potência é 0,92.

$$\text{Soma das potências x distância} = 54.590$$

Consultando a coluna correspondente a uma queda de tensão de 3% na Tabela 3 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

12.1.1.3.2 Circuitos de força – TUG's

Os valores de queda de tensão $\overline{\Delta U}$ em $V/A \cdot km$ para os condutores isolados, pode ser obtido pela Equação 2.

Equação 2 – Expressão para o cálculo da queda de tensão

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_b \cdot L} \text{ onde,}$$

ΔU - representa a queda de tensão em V

$\overline{\Delta U}$ - representa a queda de tensão em V/A·km

I_b - representa a corrente de projeto em A, Tabela 2

L - comprimento do circuito em km

Admitindo uma queda de tensão máxima de 4%, temos:

$$4\% \text{ de } 220 \text{ V} \rightarrow \Delta U = 8,8 \text{ V}$$

$$4\% \text{ de } 380 \text{ V} \rightarrow \Delta U = 15,2 \text{ V}$$

Sendo assim, determinando o valor de $\overline{\Delta U}$ pode-se determinar o valor da seção através de consulta a Tabela 4 coluna corresponde a "Eletroduto (material não magnético)", circuito monofásico com o fator de potência 0,8.

Tabela 4 - Queda de tensão em V/A.km

Seção nominal (mm ²)	Eletroduto (material não magnético)		Cabos Tripolares e tetrapolares	
	Circuito monofásico		Circuito trifásico	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95
1,5	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14,3	16,9	12,4	14,7
4,0	8,96	10,6	7,76	9,14
6,0	6,03	7,07	5,22	6,12
10,0	3,63	4,23	3,14	3,66
16,0	2,32	2,68	2,01	2,32
25,0	1,51	1,71	1,31	1,48

Fonte: Catálogo Pirelli

Como os circuitos em sua maioria dispõem de mais de um ponto de tomada, será calculada a queda de tensão observando a corrente em cada trecho do circuito, ou seja, a corrente em cada condutor que interliga um ponto de tomada a outro.

d) Circuito 4

$$8,8 = \overline{\Delta U} \cdot (0,91 \cdot 4,5 + 1,82 \cdot 4,5 + 2,73 \cdot 4 + 3,64 \cdot 4 + 4,55 \cdot 4 + 5,45 \cdot 6 + 6,36 \cdot 5 + 7,27 \cdot 5 + \dots \\ \dots + 8,18 \cdot 8,5 + 0,91 \cdot 7,5 + 10,0 \cdot 9,2 + 0,91 \cdot 3 + 2,73 \cdot 6,7 + 0,91 \cdot 5,2 + 3,64 \cdot 2,5 + 1,82 \cdot 5,7 + \dots \\ \dots + 5,45 \cdot 8 + 15,45 \cdot 8,5 + 0,91 \cdot 4 + 1,82 \cdot 4,7 + 17,27 \cdot 23,7) / 1000$$

$$\overline{\Delta U} = \frac{8,8}{0,949} = 9,28 \frac{\text{V}}{\text{A} \cdot \text{km}}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito monofásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 4,0 mm².

e) Circuito 5

A carga correspondente ao circuito 5 possui fator de potência unitário, então para este caso a seção do condutor será determinada pelo produto "soma das potências x distância".

$$\text{Soma das potências x distância} = 82.080$$

Consultando a coluna correspondente a uma queda de tensão de 4% na Tabela 3 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

f) Circuito 6

$$8,8 = \overline{\Delta U} \cdot (0,91 \cdot 2,5 + 1,82 \cdot 6,6 + 0,91 \cdot 3,6 + 0,91 \cdot 4,5 + 0,91 \cdot 4,3 + 4,55 \cdot 15,4 + 5,45 \cdot 5 + 6,36 \cdot 4,9 + \dots \\ \dots + 0,91 \cdot 4,9 + 7,27 \cdot 8,4 + 1,82 \cdot 3,5 + 3,64 \cdot 4,7 + 10,91 \cdot 4,7 + 11,82 \cdot 5 + 12,73 \cdot 7,7 + 14,55 \cdot 19,2) / 1000 \\ \overline{\Delta U} = \frac{8,8}{0,731} = 12,04 \frac{V}{A \cdot km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito monofásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 4,0 mm².

g) Circuito 7

A carga correspondente ao circuito 5 possui fator de potência unitário, então para este caso a seção do condutor será determinada pelo produto "soma das potências x distância".

$$\text{Soma das potências x distância} = 50.750$$

Consultando a coluna correspondente a uma queda de tensão de 4% na Tabela 3 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

h) Circuito 8

$$8,8 = \overline{\Delta U} \cdot (2,73 \cdot 1,8 + 5,45 \cdot 1,2 + 8,18 \cdot 1,7 + 9,09 \cdot 3 + 0,91 \cdot 2 + 11,82 \cdot 10,7) / 1000 \\ \overline{\Delta U} = \frac{8,8}{0,181} = 48,62 \frac{V}{A \cdot km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

i) Alimentador do quadro de iluminação e TUG's

A potência total em VA para o quadro de iluminação e TUG's é de 22.934,78 VA, o que resulta em uma corrente de:

$$i = \frac{22.934,78}{\sqrt{3} \cdot 380} = 34,85 A$$

De acordo com o critério da capacidade de condução de corrente, Tabela 1, a seção do condutor determinada para o alimentador geral é de 6 mm².

A potência total para o quadro de iluminação e TUG's é de 20.580 W, com uma distância de um metro para o barramento geral.

A seção do condutor será determinada pelo produto "soma das potências x distância".

Soma das potências x distância = 20.580

Observa para este caso que através de consulta a Tabela 3 a queda de tensão para o alimentador é menor que 1%, mesmo utilizando um cabo de 1,5mm².

Tabela 5 - Comparação entre os três critérios para os circuitos de iluminação e TUG's e determinação da seção do condutor

Circuito	Critério utilizado			Seção escolhida (mm ²)
	Capacidade de condução (mm ²)	Seção mínima (mm ²)	Queda de tensão (mm ²)	
1	1,5	1,5	1,5	1,5
2	1,5	1,5	1,5	1,5
3	1,5	1,5	1,5	1,5
4	2,5	2,5	4,0	4
5	4,0	2,5	1,5	4
6	2,5	2,5	4,0	4
7	1,5	2,5	1,5	2,5
8	1,5	2,5	1,5	2,5
Alimentador geral	6	2,5	1,5	6

12.1.1.3.3 Circuitos de força – máquinas

Como se trata de circuitos trifásicos com tensão de alimentação 380 V, a equação correspondente para o cálculo da corrente de cada circuito é:

Equação 3 – Expressão para o cálculo da corrente nominal para os circuitos com motores

$$i = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot fp \cdot \eta} \text{ onde,}$$

i - representa a corrente elétrica nominal do circuito em Ampères;

P - a potência elétrica do circuito em Watts;

V - a tensão elétrica do circuito em Volts e,

η - rendimento do motor e,

fp - fator de potência da máquina.

Na Tabela 6 é calculada a corrente nominal de cada circuito. Por algumas máquinas não possuírem dados de placa suficientes, foi atribuído um rendimento de 80% para todas as máquinas e um fator de potência 0,8. O valor da corrente nominal obtida através da Equação 3. Para o cálculo da seção do condutor pelo critério da capacidade de condução de corrente, foi efetuada uma correção no valor nominal da corrente, por haver mais de um circuito por eletroduto. Os cabos serão alojados em canaletas, tendo como fator de correção correspondente 0,75 para os circuitos 1 a 14, e um fator de correção 0,82 para os demais. O valor fator de correção da corrente foi determinado observando-se a quantidade de circuitos dispostos nas canaletas. Na Tabela 6 a coluna "corrente corrigida" representa a corrente calculado utilizando-se os fatores de correção correspondentes. Também foi determinada a seção mínima equivalente do condutor através de

consulta a Tabela 1, na coluna correspondente a 3 condutores carregados, já que se trata de circuitos trifásicos.

Tabela 6 - Cálculo da corrente nominal e seção do condutor em mm².

Circuito	Descrição	Potência (W)	Corrente (A) fp=0,8	Corrente Corrigida (A)	Seção (mm ²)
1	Fulão de remolho	7360	18,64	24,85	4
2	Descarnadeira	12144	30,75	41,00	10
3	Fulão de curtimento	7360	18,64	24,85	4
4	Enxugadeira	9568	24,23	32,31	6
5	Rebaixadeira	13248	33,55	44,73	10
6	Fulão de recurtimento	14720	37,27	49,69	10
7	Fulão de recurtimento	14720	37,27	49,69	10
8	Estiradeira	15000	37,98	50,64	10
9	Vácuo	8800	22,28	29,71	6
10	Moliça	6250	15,83	21,11	4
11	Fulão de bater	5152	13,05	17,40	2,5
12	Togglin	736	1,86	2,48	1,5
13	Máquina de lixar	10304	26,09	34,79	6
14	Máquina de aspirar	1500	3,80	5,07	1,5
15	Túnel de secagem	7360	18,64	22,73	4
16	Prensa	8800	22,28	27,17	4
17	Lustradeira	2208	5,59	6,82	1,5
18	TUG's e iluminação	20.580	34,85	34,85	6

a) Circuito 1 - Fulão de remolho

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * I} = \frac{152 \cdot 1000}{13,98 \cdot 18} = 60,40 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

b) Circuito 2 - Descarnadeira

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * I} = \frac{152 \cdot 1000}{23,06 \cdot 22} = 29,96 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

c) Circuito 3 - Fulão de curtimento

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * I} = \frac{152 \cdot 1000}{13,98 \cdot 28} = 38,83 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

d) Circuito 4 – Enxugar

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{18,17 * 33} = 25,35 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

e) Circuito 5 – Rebaixadeira

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{25,16 * 49} = 12,33 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 4 mm².

f) Circuito 6 - Fulão de recurtimento

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{27,96 * 46} = 11,82 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 4 mm².

g) Circuito 7 - Fulão de recurtimento

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{27,96 * 43} = 12,64 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 2,5 mm².

h) Circuito 8 - Estiradeira

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{28,49 * 47} = 11,35 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

i) Circuito 9 - Vácuo

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{16,71 * 50} = 18,19 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 2,5 mm².

j) Circuito 10 - Moliça

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{11,87 * 48} = 26,68 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

k) Circuito 11 - Fulão de bater

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{9,78 * 52} = 29,89 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

l) Circuito 12 - Togglin

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{1,40 * 55} = 197,40 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

m) Circuito 13 - Máquina de lixar

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{19,57 * 58} = 13,39 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 2,5 mm².

n) Circuito 14 - Máquina de aspirar

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{2,85 * 62} = 86,02 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

o) Circuito 15 - Túnel de secagem

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{13,98 * 18} = 60,40 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

p) Circuito 16 - Prensa

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{16,71 * 28} = 32,49 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

q) Circuito 17 - Lustradeira

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{4,19 * 28} = 129,56 \text{ V/A.km}$$

Consultando a coluna correspondente na Tabela 4, circuito trifásico com fator de potência 0,8 determina-se para o condutor deste circuito uma seção de 1,5 mm².

r) Alimentador geral de baixa tensão

A potência demandada total em VA para a instalação é de 172.699,88 VA, o que resulta em uma corrente de:

$$i = \frac{172.699,88}{\sqrt{3} * 380} = 262,39 \text{ A}$$

De acordo com o critério da capacidade de condução de corrente, a seção do condutor determinada para o alimentador seria de 150 mm², porém para esta instalação é necessário que se utilize um transformador de 225 kVA, então a seção do condutor para o alimentador geral será calculada para uma potência de 225 kVA, o que determina uma seção de 240 mm².

$$i = \frac{225.000}{\sqrt{3} * 380} = 341,85 \text{ A}$$

A distância entre o transformador e o quadro é de aproximadamente 30 metros, então, admitindo-se uma queda de tensão de 3%, e um fator de potência de 0,95, tem-se:

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I_B * l} = \frac{15,2 * 1000}{341,85 * 30} = 1,48 \text{ V/A.km}$$

Observa para este caso que a queda de tensão para o alimentador é bem menor que 1%, utilizando cabos de 240 mm² para o alimentador geral.

Tabela 7 - Comparação entre os três critérios para os circuitos de motores e seção do condutor

Circuito	Descrição	Critério utilizado, seção do condutor, mm ²)			Seção escolhida (mm ²)
		Capacidade de condução	Seção mínima	Queda de tensão	
1	Fulão de remolho	4	2,5	1,5	4
2	Descarnadeira	10	2,5	1,5	10
3	Fulão de curtimento	4	2,5	1,5	4
4	Enxugar	6	2,5	1,5	6
5	Rebaixadeira	10	2,5	4	10
6	Fulão de recurtimento	10	2,5	4	10
7	Fulão de recurtimento	10	2,5	2,5	10
8	Estiradeira	10	2,5	1,5	10
9	Vácuo	6	2,5	2,5	6
10	Moliça	4	2,5	1,5	4
11	Fulão de bater	2,5	2,5	1,5	2,5
12	Togglin	1,5	2,5	1,5	2,5
13	Máquina de lixar	6	2,5	2,5	6
14	Máquina de aspirar	1,5	2,5	1,5	2,5
15	Túnel de secagem	4	2,5	1,5	4
16	Prensa	4	2,5	1,5	4
17	Lustradeira	1,5	2,5	1,5	2,5
18	TUG's e iluminação Alimentador geral	6 240	2,5 -	1,5 -	6 240

12.2. Cálculo da iluminância por ambiente

Para o cálculo do iluminamento por ambiente será utilizado a Equação 4.

Equação 4 - Cálculo da iluminância

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S}$$

E – iluminância, em lux;

u – coeficiente de utilização;

d – fator de depreciação;

n – número de luminárias;

φ - fluxo luminoso por luminária, em lumens;

S – área do ambiente, em m².

Os coeficientes d e φ são características intrínsecas da luminária e da lâmpada utilizada. Sendo seus valores 0,7 e 6000 respectivamente. O coeficiente de utilização depende das características do ambiente, como altura da luminária, cor das paredes e teto e, dimensões do ambiente.

Devido à falta de bibliografia sobre iluminação de curtumes, foi atribuído o seguinte iluminamento por ambiente:

a) Laboratório

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S} = \frac{0,42 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 6000}{2,6 \cdot 4,8} = 282,69 \text{ lumens}$$

b) Galpão

Por se tratar de um ambiente com dimensões não retangular, o galpão foi dividido em quatro áreas, a fim de facilitar os cálculos.

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S} = \frac{0,52 \cdot 0,7 \cdot 9 \cdot 6000}{7,5 \cdot 20,5} = 127,84 \text{ lumens}$$

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S} = \frac{0,52 \cdot 0,7 \cdot 10 \cdot 6000}{8,0 \cdot 20,4} = 133,82 \text{ lumens}$$

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S} = \frac{0,52 \cdot 0,7 \cdot 6 \cdot 6000}{12,7 \cdot 8,2} = 125,83 \text{ lumens}$$

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S} = \frac{0,52 \cdot 0,7 \cdot 6 \cdot 6000}{7,4 \cdot 15,0} = 118,05 \text{ lumens}$$

c) Expedição e Sala de entrada

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S} = \frac{0,5 \cdot 0,7 \cdot 3 \cdot 6000}{5,0 \cdot 10} = 126 \text{ lumens}$$

d) Sala técnica

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S} = \frac{0,45 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 6000}{3,7 \cdot 5,1} = 200,32 \text{ lumens}$$

e) Sala de lixar e aspirar

$$E = \frac{u \cdot d \cdot n \cdot \varphi}{S} = \frac{0,48 \cdot 0,7 \cdot 3 \cdot 6000}{5,1 \cdot 7,6} = 156,04 \text{ lumens}$$

f) Depósitos

Por se tratar de ambientes que não requerem altos índices de iluminância, foi atribuído uma luminária com duas lâmpadas para cada um desses ambientes.

Os parâmetros acima expressos foram calculados considerando uma altura de 2 metros entre o plano de trabalho à fonte luminosa, e uma refletância de 50% para as paredes e teto.

Como sugestão para aumentar a iluminância dos ambientes é aconselhável colocar telhas transparentes para aproveitar a luz do dia, e usar cores claras na pintura das paredes.

12.3. Cálculo das tomadas

As tomadas foram alocadas conforme localização das máquinas, para o caso de tomadas de uso específico, com potência determinada pela potência da máquina. Para as tomadas de uso geral, foi atribuída uma potência de 200 VA para cada uma, exceto no laboratório e sala técnica,

onde foi atribuída uma potência de 600 VA para as três primeiras tomadas e 200 VA para as demais, quando houver. A localização das TUG's foi definida observando-se os espaços apropriados e necessários à alocação.

As tomadas utilizadas para as máquinas (motores) devem possuir no mínimo IP 55, ou seja, proteção contra poeira e jatos de água.

13. QUADROS DE ALIMENTAÇÃO

Quadro Geral de Distribuição de cargas (Máquinas, tomadas e iluminação) - QDC2											
Circuito	Descrição	Potência (W)	Rendimento	Fator de potência	Potência (VA)	Fator de demanda	Demanda (VA)	Corrente (A)	Seção (mm ²)	Fase escolhida	
1	Fulão de remolho	7360	0,75	0,8	9200	0,83	7636	18,64	4	A, B e C	
2	Descarnadeira	12144	0,75	0,8	15180	0,85	12903	30,75	10	A, B e C	
3	Fulão de curtimento	7360	0,75	0,8	9200	0,83	7636	18,64	4	A, B e C	
4	Enxugar	9568	0,75	0,8	11960	0,83	9926,8	24,23	6	A, B e C	
5	Rebaixadeira	13248	0,75	0,8	16560	0,85	14076	33,55	10	A, B e C	
6	Fulão de recurtimento	14720	0,75	0,8	18400	0,85	15640	37,27	10	A, B e C	
7	Fulão de recurtimento	14720	0,75	0,8	18400	0,85	15640	37,27	10	A, B e C	
8	Estiradeira	15000	0,75	0,8	18750	0,85	15937,5	37,98	10	A, B e C	
9	Vácuo	8800	0,75	0,8	11000	0,83	9130	22,28	6	A, B e C	
10	Moliça	6250	0,75	0,8	7812,5	0,83	6484,375	15,83	4	A, B e C	
11	Fulão de bater	5152	0,75	0,8	6440	0,83	5345,2	13,05	2,5	A, B e C	
12	Togglin	736	0,75	0,8	920	0,7	644	1,86	2,5	A, B e C	
13	Máquina de lixar	10304	0,75	0,8	12880	0,83	10690,4	26,09	6	A, B e C	
14	Máquina de aspirar	1500	0,75	0,8	1875	0,7	1312,5	3,80	2,5	A, B e C	
15	Túnel de secagem	7360	0,75	0,8	9200	0,83	7636	18,64	4	A, B e C	
16	Prensa	8800	0,75	0,8	11000	0,83	9130	22,28	4	A, B e C	
17	Lustradeira	2208	0,75	0,8	2760	0,83	2290,8	5,59	2,5	A, B e C	
	QDC1	15380					20641,3	31,36	10	A, B e C	
Geral			Soma					172699,88	262,39	240	A, B e C

Quadro de Cargas QDC1 - Iluminação e TUG's										
Circuito	Descrição	Potência (W)	Fator de potência	Potência (VA)	Fator de demanda	Demanda (VA)	Corrente (A)	Disjuntor (A)	Seção (mm ²)	Fase escolhida
1	Iluminação	1700	0,92	1847,826	1,0	1847,83	8,40	10	1,5	C
2	Iluminação	1900	0,92	2065,217	1,0	2065,22	9,39	10	1,5	A
3	Iluminação	1400	0,92	1521,739	0,8	1217,39	6,92	10	1,5	B
4	TUG's	3040	0,8	3800	0,8	3040,00	17,27	20	4	B
5	Estufa	5400	1	5400	1,0	5400,00	24,55	25	4	A
6	TUG's	2720	0,8	3400	0,8	2720,00	15,45	20	4	C
7	Auto Clave	2500	1	2500	1,0	2500,00	11,36	15	2,5	C
8	TUG's	1920	0,8	2400	0,8	1920,00	10,91	15	2,5	B
Geral		20580				20710,43	31,47	50	10	A,B e C

14. LISTA DE MATERIAL

Para auxiliar na compra do material, é mostrada abaixo uma lista de material necessária a instalação elétrica da edificação, lembrando-se que a quantidade de alguns materiais, como os fios e cabos, por exemplo, estão com seus valores expressos de forma aproximada, podendo variar um pouco em quantidade, devido ao desperdício inerente a execução da instalação elétrica.

Relação de material necessária à instalação elétrica do Curtume de Cabaceiras						
Item	Material	Ud	Qd	Preço/Ud	Preço total	
1	Condutores monopolares, isolamento 750 V					
	Fase (cor vermelha)					
		1,5 mm ²	m	200	0,23	46,00
		2,5 mm ²	m	200	0,38	76,00
		4,0 mm ²	m	20	0,58	11,60
		10,0 mm ²	m	10	1,50	15,00
	Neutro (cor preta)					
		1,5 mm ²	m	350	0,23	80,50
		2,5 mm ²	m	200	0,38	76,00
		4,0 mm ²	m	200	0,58	116,00
	Retorno (cor branca)					
		1,5 mm ²	m	900	0,23	207,00
	Terra (cor verde)					
		2,5 mm ²	m	200	0,38	76,00
	4,0 mm ²	m	200	0,58	116,00	
2	Condutor em cobre nú 16 mm²	m	50	2,30	115,00	
3	Cabo flexível tetrapolar isolamento 750 V					
		2,5 mm ²	m	170	0,52	88,40
		4,0 mm ²	m	360	0,78	280,80
		6,0 mm ²	m	210	1,16	243,60
	240,0 mm ²	m	120	38,00	4560,00	
4	Eletroduto em aço carbono rosqueável (barra de 3m)					

	3/4"	un	90	7,70	693,00
5	Eletroduto de PVC rígido rosqueável (barra de 3m)				0,00
	3/4"	un	100	3,00	300,00
6	Luva para eletroduto de PVC rígido rosqueável				
	3/4"	un	60	0,25	15,00
7	Curvas de 90°, PVC rígido rosqueável				
	3/4"	un	10	0,50	5,00
	Conduletes em alumínio 3/4"				
	B	un	11	4,50	49,50
	C	un	19	4,50	85,50
8	E	un	18	4,50	81,00
	LL	un	6	4,50	27,00
	LR	un	8	4,50	36,00
	T	un	5	4,50	22,50
	Duplo tipo ED	un	4	12,00	48,00
9	Conduletes em alumínio 1"	un	1	7,50	7,50
	Tampa para conduletes em alumínio 2P+T padrão NEMA				
10	3/4"	un	45	1,50	67,50
	1"	un	1	2,00	2,00
11	Bucha de redução 1" para 3/4"	un	1	1,80	1,80
	Tomadas para conduletes com tampa				
12	2P + T NEMA 15 A	un	45	3,00	135,00
	3P NEMA 30 A	un	1	15,00	15,00
	Interruptores para conduletes com tampa				
	Paralelo de uma seção	un	7	2,50	17,50
13	Paralelo de duas seções	un	6	4,00	24,00
	Paralelo de uma seção + um simples	un	1	3,50	3,50
	Simplex	un	5	2,10	10,50
	Tomadas de sobrepor industrial 4 pólos a prova d'água 750 V, IP 55				
14	16 A	un	3	15,00	45,00
	32 A	un	10	22,00	220,00
	63 A	un	4	73,00	292,00

	Plugs para tomadas de sobrepôr industrial 4 pólos a prova d'água 750 V, IP 55				
15	16 A	un	3	15,00	45,00
	32 A	un	10	17,00	170,00
	63 A	un	4	60,00	240,00
	Disjuntor termomagnético monopolar corrente de curto-circuito 6 kA				
16	10A	un	3	4,00	12,00
	15A	un	2	4,00	8,00
	20A	un	2	4,00	8,00
	25A	un	1	4,00	4,00
	Disjuntor termomagnético tripolar corrente de curto-circuito 6 kA				
17	50 A	un	1	27,00	27,00
18	Quadro em aço 250x700x1200 mm c/ espaço p/ barramento	un	1	330,00	330,00
	Canaleta				0,00
19	110 x 50 mm	m	60	13,50	810,00
	110 x 80 mm	m	40	18,00	720,00
	Luminária IP 55				
20	Sobrepôr p/ fluorescente 1x40 W	un	5	6,20	31,00
	Sobrepôr p/ fluorescente 2x40 W com visor	un	47	70,00	3290,00
	Reator				
21	Simples 1 x 40 W	un	5	5,50	27,50
	Partida rápida 2 x 40 W	un	47	17,00	799,00
22	Conjunto soquete para fluorescente (par)	par	5	1,20	6,00
23	Starter	un	5	0,30	1,50
24	Lâmpada fluorescente 40 W	un	100	4,00	400,00
25	Hastes do tipo Cooperweld 2,40 m com terminal	un	4	8,00	32,00
26	Abraçadeira p/ eletroduto 3/4" em PVC tipo pressão	un	200	0,35	70,00
27	Barra em cobre 1 x 1/4"	m	3	25,00	75,00
28	Isolador de poliéster 750 V 25/40 mm	un	10	2,00	20,00
	Parafuso				
29	tipo 4,2/30	un	200	0,03	5,40
	tipo 4,8/40	un	100	0,05	5,00
	tipo 1/4" / 1/2" em latão com porca	un	150	0,25	36,75