universidade tecnológica federal do paraná

cAmpus ponta grossa

Carlos da conceição castilho neto

Fernando de almeida

lucas liebel camargo ribas

**PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA INDUSTRIAL**

**PONTA GROSSA**

2019

# **APRESENTAÇÃO**

O seguinte trabalho tem por propósito apresentar um projeto industrial seguindo as normas brasileiras referentes à área. Dessa forma, é especificado e detalhado o dimensionamento de todos os equipamentos necessários, bem como a planta e o diagrama unifilar, analisando desde o ponto de entrega em média tensão até os quadros de distribuição gerais de cada bloco, contendo as cargas motrizes e gerais.

1. **NORMAS UTILIZADAS**

O projeto foi feito de acordo com as normas atuais da ABNT, bem como Projetado de acordo com as normas vigentes da ABNT para edificações. Nesse sentido, as normas mais importantes utilizadas foram a NBR 5410, que trata de Instalações Elétricas de Baixa Tensão; e a NBR 14039, que orienta acerca de Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV.

# **DIVISÃO DE CARGAS**

A indústria tem uma área de cerca de 600 m², com um perímetro de cerca de 3608,48 m, contendo duas fábricas, dois depósitos, uma oficina, um laboratório, uma sede administrativa e centro de convivência. Para melhor ajuste e especificação do projeto, as cargas foram divididas conforme suas categorias, assim, obteve-se uma tabela com as cargas gerais (compreendendo as tomadas de uso geral – TUG e as cargas relativas à iluminação) e outra para as cargas motrizes (motores, CNC, soldas, ventiladores, injetora e ar-condicionado industrial). A Tabela 1 contém as cargas gerais:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cargas Gerais** | | | | |
| **Unidade** | **Circuito** | **Potência Instalada (kVA)** | **Tensão de Alimentação (V)** | **Fator de Potência** |
| **Fábrica 1** | Iluminação | 105 | 220 | 0,84 |
| TUG | 74 | 220 | 0,9 |
| **Fábrica 2** | Iluminação | 63 | 220 | 0,86 |
| TUG | 43 | 220 | 0,9 |
| **Depósito 1** | Iluminação | 22 | 220 | 0,9 |
| TUG | 8 | 220 | 0,9 |
| **Depósito 2** | Iluminação | 22 | 220 | 0,9 |
| TUG | 8 | 220 | 0,9 |
| **Oficina** | Iluminação | 73 | 220 | 0,86 |
| TUG | 92 | 220 | 0,9 |
| **Laboratório** | Iluminação | 76 | 220 | 0,9 |
| TUG | 38 | 220 | 0,9 |
| **ADM** | Iluminação | 37 | 127 | 0,89 |
| TUG | 29 | 127 | 0,89 |
| **Centro de Convivência** | Iluminação | 12 | 127 | 0,9 |
| TUG | 6 | 127 | 0,9 |
| TUE | 27,78 | 220 | 0,9 |

Tabela 1 – Cargas Gerais

A Tabela 2 contém as informações de potência, níveis de tensão, fator de potência, fator de simultaneidade e de utilização para as cargas motrizes. Optou-se por níveis de tensão iguais em cada bloco da indústria sempre que possível, e muito embora haja um motor de elevada potência na fábrica 1 sendo alimentado em 380V, o que por consequência faz com que a corrente de partida seja muito elevada, a economia ao utilizar-se um número menor de transformadores compensa é mais considerável. Alguns dos valores de fator de potência foram aproximados, considerando estimativas adequadas.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Unidade** | **Equipamento / Dispositivo de Partida** | **Modelo** | **Qtde** | **Potência (kW)** | **Potência Instalada Total (kW)** | **Tensão (V)** | **Fator de Potência** |
| **Fábrica 1** | [Motor 2 CV - Partida direta - Intermitente](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-2-cv-2P-L80-3F-220-380-440-V-60-Hz-IC411---TFVE---B14D/p/12219257) | W22 IR3 Premium 2 cv 2P L80 3F 220/380/440 V 60 Hz IC411 - TFVE - B14D | 60 | 1,5 | 90 | 380 | 0,79 |
| [Motor 400 CV - Partida direta](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-400-cv-4P-355M-L-3F-220-380-440-V-60-Hz-IC411---TFVE---B14D/p/12996749) | W22 IR3 Premium 400 cv 4P 355M/L 3F 220/380/440 V 60 Hz IC411 - TFVE - B14D | 1 | 294,2 | 294,2 | 380 | 0,84 |
| Motor 7,5 CV com Soft Starter SSW070017T5SZ | W22 IR3 Premium 7.5 cv 2P 112M 3F 380/660 V 60 Hz IC411 - TFVE - B34D | 4 | 5,5 | 22 | 380 | 0,82 |
| **Fábrica 2** | CNC | - | 5 | 115 | 575 | 380 | 0,89 |
| Ventilador 25 CV | W22 IR3 Premium 25 cv 2P 160M 3F 220/380/440 V 60 Hz IC411 - TFVE - B35D | 4 | 18,5 | 74 | 380 | 0,83 |
| Injetora - APTA 190 | - | 8 | 15,6 | 124,8 | 380 | 1 |
| **Oficina** | Compressor 15 CV com Soft Starter SSW070017T5SZ | W22 IR3 Premium 15 cv 2P 132M 3F 220/380 V 60 Hz IC411 - TFVE - B5D | 2 | 11 | 22 | 380 | 0,85 |
| Solda TIG | - | 5 | 12 | 60 | 220 | 0,95 |
| Solda MIG | - | 3 | 15 | 45 | 220 | 0,95 |
| [Ponte Rolante – 10 CV](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-10-cv-4P-132S-3F-220-380-V-60-Hz-IC411---TFVE---B35D/p/12460579) | W22 IR3 Premium 10 cv 4P 132S 3F 220/380 V 60 Hz IC411 - TFVE - B35D | 1 | 7,5 | 7,5 | 380 | 0,78 |
| **Laboratório** | [Ar Condicionado - Motor – 15 CV](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-15-cv-2P-132M-3F-220-380-440-V-60-Hz-IC411---TFVE---B3D/p/11401238) | W22 IR3 Premium 15 cv 2P 132M 3F 220/380/440 V 60 Hz IC411 - TFVE - B3D | 6 | 11 | 66 | 220 | 0,85 |
| No Break - 40KVA | - | 1 | 36 | 36 | 220 | 0,9 |
| **ADM** | [Ar Condicionado - 79KVA](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR4-Super-Premium/W22-IR4-Super-Premium-100-cv-2P-250S-M-3F-220-380-V-60-Hz-IC411---TFVE---B35D/p/13061389) | W22 IR4 Super Premium 100 cv 2P 250S/M 3F 220/380 V 60 Hz IC411 - TFVE - B35D | 1 | 75 | 75 | 380 | 0,87 |

Tabela 2 – Levantamento de Cargas Motrizes

Os motores escolhidos são todos da empresa WEG. Primou-se pelos modelos com menor fator de potência. O motor escolhido referente ao ar-condicionado do bloco administrativo possui uma potência aparente ligeiramente acima do solicitado (86kVA).

# **SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA**

De maneira geral, as escolhas relacionadas à distribuição de energia em média e em baixa tensão foram feitas baseando-se em critérios imprescindíveis para o bom funcionamento da indústria com o menor custo necessário, como por exemplo, a flexibilidade, que consiste na capacidade do sistema se adaptar a diferentes alterações de carga; e na confiabilidade, que consiste na medida do impacto gerado quando ocorrem faltas em determinados pontos do sistema. Além disso, os custos operacionais, que se relacionam à eficiência energética; e os custos de manutenção, que se fazem presentes durante todo o período de funcionamento da indústria são fatores altamente relevantes.

4.1. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EM MÉDIA TENSÃO

O sistema escolhido para a distribuição de energia em média tensão foi uma combinação do modelo radial com primário em anel e do modelo radial simples convencional, sendo o primeiro deles utilizado para todos os blocos, exceto o centro de convivência, que por ficar mais distante das duas fábricas foi ligado diretamente ao ponto de entrega, reduzindo custos através da economia em cabos. A ilustração dos dois modelos utilizados está na Imagem 1.

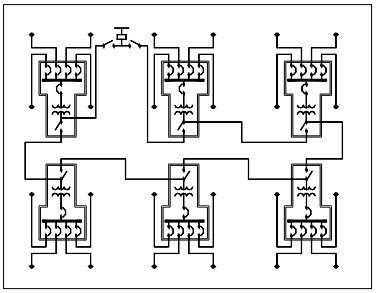
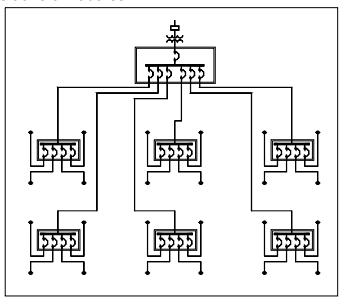
 

Imagem 1 – a) Modelo radial com primário em anel; b) Modelo radial simples convencional

Além disso, escolhendo esse modelo todos os blocos (com exceção do centro de convivência) terão um cabo de redundância, o que confere maior confiabilidade ao sistema. Caso ocorra alguma falha em um desses cabos em redundância, é mais simples isolar e corrigir essa falha sem que haja prejuízos maiores, como uma eventual parada na linha de montagem.

4.2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EM BAIXA TENSÃO

O modelo escolhido para a distribuição em baixa tensão do projeto foi o modelo radial simples. Esse padrão foi escolhido por questão de redução de custos, visto que essa configuração requer menos investimento inicial quando comparada com opções de sistemas de distribuição maior número de alimentadores. A Imagem 1b ilustra esse sistema.

4.2.1. Aterramento

O sistema de aterramento escolhido para todos os blocos (exceto o laboratório) foi o esquema TN-S, que possui um condutor neutro e um terra, sendo que esse neutro é aterrado na entrada e o condutor utilizado como terra é conectado aos equipamentos e ligado à malha de terra na subestação.

Esse sistema se mostra eficiente por não precisar, obrigatoriamente, de interruptores diferenciais residuais para funcionar, visto que a corrente de curto-circuito percorre uma impedância muito baixa, o que faz com que ela seja elevada, e, portanto, detectada por disjuntores ou fusíveis. Isso torna o custo do sistema mais barato.

Em segunda análise, contudo, se no sistema TN-S o condutor neutro for rompido, o sistema se transforma em TT, e nesse caso seria importante a instalação de dispositivos DR, visto que a corrente é bem menor do que no sistema original. Logo, tendo em vista a importância do aterramento com relação à segurança dos operadores, o esquema TN-S é o mais adequado por tornar possível (com a utilização do DR) um aterramento seguro mesmo na ocorrência da perda do neutro.

Para o laboratório, como existe uma necessidade operacional através da qual a variação de tensão nos circuitos de TUG deve ser abaixo de 4%, e a corrente de curto-circuito fase-terra deve ser limitada em 400A. Assim, o sistema mais adequado é o IT, que realiza a inserção de uma alta impedância, limitando a corrente de falta a um valor determinado, de modo que uma primeira falta não desligue o sistema (para que não haja a interrupção de processos importantes). Nesse caso é ideal utilizar dispositivos para a monitoração da isolação dos condutores.

1. **Determinação dos valores de baixa tensão E cargas ligadas EM SEUS RESPECTIVOS QUADROS TERMINAIS DE CARGAS**

Antes de realizar os cálculos necessários para se saber a demanda requerida de cada setor, foram definidos os níveis de tensão com base nos equipamentos utilizados (Tabela 2), conforme a Tabela 3.

Vale destacar que as subestações devem abrigar os equipamentos que irão operar em média tensão, exceto quando houver apenas chaves selecionadora em poste ou para raio. Tendo como finalidade a proteção geral, transformação, medição em média tensão e chaves selecionadoras.

Na planta serão na totalidade modulares, localizadas em caixas de alvenaria e compreende ao mesmo local de alocação dos transformadores, previamente discutido neste memorial, permitindo maior flexibilidade caso haja aumento da fábrica, necessitando alocação de mais transformadores e também em virtude de que a distribuição dos cabos no projeto foi subterrânea, facilitando o processo.

Quanto a subestação que recebe a entrada de energia em média tensão (SE0), esta está alocada seguindo alinhamento da planta e a menos de 10m do muro, conforme determina a concessionária.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Bloco** | **Subestação** | **Nível de tensão** |
| Fábrica 1 | SE1 - TR1 | 380V/220V |
| Centro de Convivência | SE2 – TR2 | 220V/127V |
| Fábrica 2 | SE3 - TR3 | 380V/220V |
| Depósito 1 | SE4 – TR4 | 220V/127V |
| Depósito 2 | SE4 – TR4 | 220V/127V |
| Oficina | SE5 – TR5 | 380V/220V |
| Laboratório | SE6 – TR6 | 380V/220V |
| ADM | SE7 – TR7 | 380V/220V |

Tabela 3: Níveis de tensão para cada bloco

Por mais que existam diferentes tipos de cargas com diferentes tipos de potências, optou-se em procurar utilizar uma potência padrão para cada bloco, afim de minimizar os gastos e simplificar o projeto.

Da mesma maneira com base nos sistemas de média e baixa tensão e nas cargas utilizadas em cada unidade a tabela abaixo foi estabelecida com a finalidade de se visualizar com maior clareza a distribuição das SE’s, QDG’s, QD’s e CCM’s. Optou-se inserir um QDG por bloco, afim de concentrar um comando em geral em um único ponto.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bloco** | **Comando** | | | **Carga** |
| Fábrica 1 | SE1 | QDG\_1 | CCM\_1 | 20 x Motor 2CV |
| CCM\_2 | 20 x Motor 2CV |
| CCM\_3 | 20 x Motor 2CV |
| CCM\_4 | Motor 400CV |
| CCM\_5 | 4 x Motor 7,5CV |
| QD\_1 | Iluminação |
| TUG |
| Centro de Convivência | SE2 | QDG\_2 | QD\_2 | Iluminação |
| TUG |
| TUE ( 20x Chuveiros) |
|  |  |  |  |  |
| Fábrica 2 | SE3 | QDG\_3 | QD\_3 | 5 x CNC |
| QD\_4 | 4 x Ventilador 25CV |
| QD\_5 | 8 x Injetora |
| QD\_6 | Iluminação |
| TUG |
| Depósito 1 | SE4 | QDG\_4 | QD\_7 | Iluminação |
| TUG |
| Depósito 2 | QD\_8 | Iluminação |
| TUG |
| Oficina | SE5 | QDG\_5 | CCM\_6 | 2 x compressor 15CV |
| QD\_9 | 5 x Solda TIG |
| QD\_10 | 3 x Solda MIG |
| CCM\_7 | Ponte Rolante - 10CV |
| QD\_11 | Iluminação |
| TUG |
| Laboratório | SE6 | QDG\_6 | CCM\_8 | 6 x Motor 15CV ( ar cond.) |
| QDNB | No Break |
| QD\_12 | Iluminação |
| TUG |
| ADM | SE7 | QDG\_7 | CCM\_9 | Ar cond. 79kVA |
| QD\_13 | Iluminação |
| TUG |

Tabela 4: Distribuição das SE’s, QDG’s, QD’s e CCM’s

1. **Cálculo de demanda dos QD’s e CCM’s**

O cálculo de demanda, foi utilizado um fator de demanda igual 1 para todas as cargas de iluminação e tomadas de uso geral, já para cargas motrizes foram utilizados os fatores de simultaneidade e utilização com o propósito de não haver um superdimensionamento do projeto que por sua vez resulta em gastos desnecessários.

6.1 Demanda dos Quadros de Distribuição (QD)

Como o fator de potência da iluminação e das tomadas de uso geral foram previamente estabelecidos foi-se possível calcular a potência ativa e reativa de cada carga com as equações 1 e 2, posteriormente estas mesmas equações são utilizadas para o cálculo de demanda dos motores.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |
|  |  |
|  | (2) |
|  |  |

Onde:

* - Potência Ativa;
* - Potência aparente instalada;
* - Fator de potência.

Desta maneira, foi-se possível calcular a demanda dos QD’s com a equação 3.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

O PELO N DE CABOS?L, CONSIDERAR DIVISos no diagrama de impedancias

Onde:

* – Demanda do quadro de distribuição;
* – Potência ativa total;
* – Potência reativa total.

Assim obteve-se a demanda de cada QD para cada bloco, conforme a tabela abaixo:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bloco** | **Circuito** | **Potência Ativa (W)** | **Soma Pot. Ativa (W)** | **Potência Reativa (VAr)** | **Soma Pot. Reativa (VAr)** | **Demanda (kVA)** | **Fator de Potência** |
| **Fábrica 1** | Iluminação | 88200 | 154800 | 56971,57 | 89227,42 | 178,67449 | 0,86638 |
| TUG | 66600 | 32255,85 |
| **Fábrica 2** | Iluminação | 54180 | 92880 | 32148,52 | 50891,79 | 105,90878 | 0,876981 |
| TUG | 38700 | 18743,27 |
| **Depósito 1** | Iluminação | 19800 | 27000 | 9589,578 | 13076,7 | 30 | 0,9 |
| TUG | 7200 | 3487,119 |
| **Depósito 2** | Iluminação | 19800 | 27000 | 9589,578 | 13076,7 | 30 | 0,9 |
| TUG | 7200 | 3487,119 |
| **Oficina** | Iluminação | 62780 | 145580 | 37251,46 | 77353,33 | 164,85471 | 0,883081 |
| TUG | 82800 | 40101,87 |
| **Laboratório** | Iluminação | 68400 | 102600 | 33127,63 | 49691,45 | 114 | 0,9 |
| TUG | 34200 | 16563,82 |
| **ADM** | Iluminação | 32930 | 58740 | 16870,54 | 30093,39 | 66 | 0,89 |
| TUG | 25810 | 13222,86 |
| **Centro de Conv.** | Iluminação | 10800 | 41200 | 5230,679 | 19954,07 | 45,777778 | 0,9 |
| TUG | 5400 | 2615,339 |
| TUE | 25000 | 12108,05 |

Tabela 4: Demanda dos QD’s

Vale destacar que a Tabela 4 e a Tabela 7, que será posteriormente abordada, possuem a finalidade de mostrar com maior clareza os cálculos realizados, os valores dos QD’s e CCM’s estão dispostos de maneira mais clara na Tabela 8.

6.2 Demanda do Centro de controle do motor (CCM)

Para o cálculo da demanda das cargas dos CCMs foram utilizados parâmetros de acordo com a equação 4, onde se leva em consideração o fator de utilização e o fator de simultaneidade. Os valores obtidos estão contidos na Tabela 7.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Onde:

* N é a quantidade de motores;
* FU é o fator de utilização;
* FS é o fator de simultaneidade;
* D é a Demanda calculada;
* P é a potência do motor em CV;
* é o rendimento do motor;
* FP é o fator de potência.

Onde os fatores de simultaneidade e de demanda para os motores são tabelados e foram retirados do livro Instalações Elétricas Industriais 8ed de João Mamede Filho, conforme as tabelas abaixo:

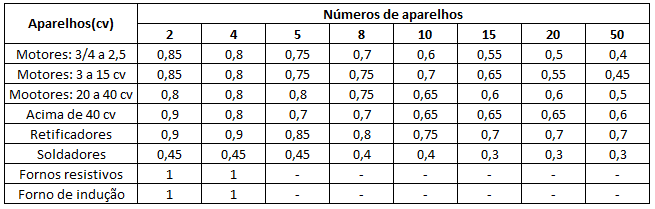


Tabela 5: Fatores de Simultaneidade

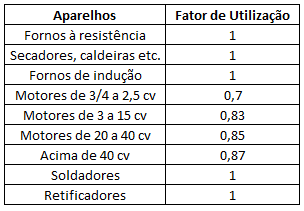


Tabela 6: Fatores de Utilização

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bloco** | **Equipamento / Dispositivo de Partida** | **Qtde** | **Potência Unitária (kW)** | **Potência Instalada Total (kW)** | **Tensão de Alimentação (V)** | **Fator de Potência (75% de carga)** | **Fator de Utilização** | **Fator de Simultaneidade** | **Rendimento (para 75% de carga)** | **Demanda (kVA)** |
| **Fábrica 1** | [Motor 2CV - Partida direta - Intermitente](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-2-cv-2P-L80-3F-220-380-440-V-60-Hz-IC411---TFVE---B14D/p/12219257) | 60 | 1,5 | 90 | 380 | 0,79 | 0,7 | 0,4 | 0,85 | **37,52792** |
|
|
| [Motor 400CV - Partida direta](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-400-cv-4P-355M-L-3F-220-380-440-V-60-Hz-IC411---TFVE---B14D/p/12996749) | 1 | 294,2 | 294,2 | 380 | 0,84 | 0,87 | 1 | 0,964 | **316,08625** |
|
| Motor 7,5CV com Soft Starter SSW070017T5SZ | 4 | 5,5 | 22 | 380 | 0,82 | 0,83 | 0,8 | 0,894 | **19,92688** |
|
| **Total** | | 65 |  | 406,2 |  |  |  |  |  | **373,54** |
| **Fábrica 2** | CNC | 5 | 23 | 115 | 380 | 0,89 | 0,83 | 0,75 | 0,9 | **89,3726** |
|
| Ventilador 25CV | 4 | 18,5 | 74 | 380 | 0,83 | 0,85 | 0,8 | 0,924 | **65,6131** |
|
| Injetora - APTA 190 | 8 | 32,9 | 263,2 | 380 | 1 | 0,83 | 0,75 | 0,9 | **182,04667** |
|
| **Total** | | 17 |  | 912,2 |  |  |  |  |  | **337,03** |
| **Oficina** | Compressor 15CV com Soft Starter SSW070017T5SZ | 2 | 11 | 22 | 380 | 0,85 | 0,83 | 0,85 | 0,913 | **20** |
|
| Solda TIG | 5 | 12 | 60 | 220 | 0,95 | 1 | 0,4 | 0,9 | **28,07018** |
|
| Solda MIG | 3 | 15 | 45 | 220 | 0,95 | 1 | 0,9 | **21,05263** |
|
| [Ponte Rolante - 10CV](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-10-cv-4P-132S-3F-220-380-V-60-Hz-IC411---TFVE---B35D/p/12460579) | 1 | 7,5 | 7,5 | 380 | 0,78 | 0,83 | 1 | 0,916 | **8,71263** |
|
| **Total** | | 11 |  | 134,5 |  |  |  |  |  | **77,84** |
| **Laboratório** | [Ar Condicionado - Motor - 15CV](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-15-cv-2P-132M-3F-220-380-440-V-60-Hz-IC411---TFVE---B3D/p/11401238) | 6 | 11 | 66 | 220 | 0,85 | 1 | 0,75 | 0,913 | **63,78455** |
|
|
| No Break - 40KVA | 1 | 36 | 36 | 220 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | **40** |
|
| **Total** | | 7 |  | 102 |  |  |  |  |  | **103,78** |
| **ADM** | [Ar Condicionado - 79KVA](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Uso-Geral/W22/W22-IR4-Super-Premium/W22-IR4-Super-Premium-100-cv-2P-250S-M-3F-220-380-V-60-Hz-IC411---TFVE---B35D/p/13061389) | 1 | 75 | 75 | 380 | 0,87 | 1 | 1 | 0,954 | **90,36362** |
|
| **Total** | | 1 | 75 | 75 |  |  |  |  |  | **90,36362** |

Tabela 7: Demanda das cargas

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bloco** | **Comando** | | | **Demanda (kVA)** |
| Fábrica 1 | SE1 | QDG\_1 | CCM\_1 | 12,509 |
| CCM\_2 | 12,509 |
| CCM\_3 | 12,509 |
| CCM\_4 | 316,086 |
| CCM\_5 | 19,927 |
| QD\_1 | 178,675 |
| Total = Demanda QDG\_1 | | | | 552,215 |
| FP QDG\_1 | | | | 0,89 |
| Centro de Convivência | SE2 | QDG\_2 | QD\_2 | 45,778 |
| Total = Demanda QDG\_2 | | | | 45,778 |
| FP QDG\_2 | | | | 0,9 |
| Fábrica 2 | SE3 | QDG\_3 | QD\_3 | 89,3726 |
| QD\_4 | 65,613 |
| QD\_5 | 182,0467 |
| QD\_6 | 105,908 |
| Total = Demanda QDG\_3 | | | | 442,94 |
| FP QDG\_3 | | | | 0,93 |
| Depósito 1 | SE4 | QDG\_4 | QD\_7 | 30 |
| Depósito 2 | QD\_8 | 30 |
| Total = Demanda QDG\_4 | | | | 60 |
| FP QDG\_4 | | | | 0,9 |
| Oficina | SE5 | QDG\_5 | CCM\_6 | 20 |
| QD\_9 | 28,070 |
| QD\_10 | 21,053 |
| CCM\_7 | 8,713 |
| QD\_11 | 164,855 |
| Total = Demanda QDG\_5 | | | | 242,69 |
| FP QDG\_5 | | | | 0,905 |
| Laboratório | SE6 | QDG\_6 | CCM\_8 | 63,785 |
| QDNB | 40 |
| QD\_12 | 114 |
| Total = Demanda QDG\_6 | | | | 217,785 |
| FP QDG\_6 | | | | 0,89 |
| ADM | SE7 | QDG\_7 | CCM\_9 | 90,364 |
| QD\_13 | 66 |
| Total = Demanda QDG\_7 | | | | 156,364 |
| FP QDG\_7 | | | | 0,88 |

Tabela 8: Demanda dos QD’s, CCM’s e QDG’s.

# **Localização dos Quadros, Subestações e Ponto de Entrega**

## QDLs e CCMs

Para definir a posição dos QDLs e CCMs foi considerado que as cargas de cada região estão distribuídas igualmente por toda a sua área, e dessa forma optou-se por posicionar o QDL e/ou CCM exatamente no centro de carga dessa região (no meio da área), excetuando-se o QDL\_1 (Bloco Montagem) que por ser um bloco muito longo, preferiu-se posicionar o QDL\_1 na parede do bloco, e o QDL\_4, QDL\_5, CCM\_AC\_CPD e CCM\_AC\_ADM, que por não serem ambiente fabril, também posicionou-se na parede do bloco. Este posicionamento pode ser observado mais precisamente nas representações gráficas das figuras 1 e 2.

## Subestações

Para encontrar um ponto ideal para as subestações, foi utilizado o método da média de posições. Encontrar um lugar que contenha a média de todas as cargas de uma determinada localização implica no lugar com os menores custos de materiais. Infelizmente, este método sempre resulta em subestações que ficam na parte interna do ambiente fabril, sendo necessário realizar alterações para o projeto real.

### SE1

O ponto de referência para a região da fábrica 1 foi o canto inferior direito do local, usando as posições relativas de ‘x’ e de ‘y’, conforme as Equações 5 e 6:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

## SE2

O ponto de referência para a região do centro de convivência foi o canto inferior do local, usando as posições relativas de ‘x’ e de ‘y’, conforme as Equações 5 e 6:

## SE3

O ponto de referência para a região da fábrica 2 foi o canto inferior direito do local, usando as posições relativas de ‘x’ e de ‘y’, conforme as Equações 5 e 6:

## SE4

Para os depósitos, foi considerado que as cargas de iluminação e de TUGs estão distribuídas uniformemente, então, optou-se por colocar a subestação centralizada e à direita dos depósitos a fim de dar continuidade ao sistema de distribuição.

## SE5

O ponto de referência para a região da oficina foi o canto inferior direito do local, usando as posições relativas de ‘x’ e de ‘y’, conforme as Equações 5 e 6:

## SE6

O ponto de referência para a região do laboratório foi o canto superior direito do local, usando as posições relativas de ‘x’ e de ‘y’, conforme as Equações 5 e 6:

## SE7

Para o bloco administrativo, foi considerado que as cargas de iluminação e de TUGs estão distribuídas uniformemente. Então, optou-se por colocar a subestação o mais próximo possível do sistema de ar condicionado, a fim de dar continuidade ao sistema de distribuição e reduzir o uso de materiais.

## Distribuição das SE’s e Ponto de entrega

Com todas as regiões calculadas, basta estipular os melhores valores possíveis para cada subestação, e com esses valores, encontrar a melhor localização do ponto de entrega. A tabela a seguir apresenta os valores calculados (posições relativas já citadas) e os valores optados (posição total, com a origem no canto inferior direito da planta baixa).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Local** | **SE** | **x calc** | **y calc** | **x real** | **y real** |
| Fabrica 1 | 1 | 155,92 | 37,96 | 665 | 191,5 |
| Centro de convivência | 2 | 27,60 | 84,39 | 1087,8 | 690,7 |
| Fábrica 2 | 3 | 31,48 | 49,39 | 135,22 | 436,36 |
| Depósitos 1 e 2 | 4 | 125,51 | 307,76 | 125 | 308 |
| Oficina | 5 | 29,16 | 39,38 | 1087,8 | 690,7 |
| Laboratório | 6 | 11,02 | 16,56 | 8 | 170 |
| Administrativo | 7 | 322,11 | 109.89 | 322,11 | 109.89 |
| Ponto de Entrega |  | 398,8 | 337,33 | 374.56 | 10 |

Tabela 9: Distribuição das SE’s e PE.

1. **Determinação dos Transformadores e demanda geral**

## 8.1 DEFINIÇÃO DOS TRANSFORMADORES

O projeto elétrico dispõe de 7 transformadores em toda planta e estes transformadores foram escolhidos a partir das cargas demandadas e conectados no modo Triângulo – Estrela aterrado, com o intuito de obter dois níveis de tensão no secundário.

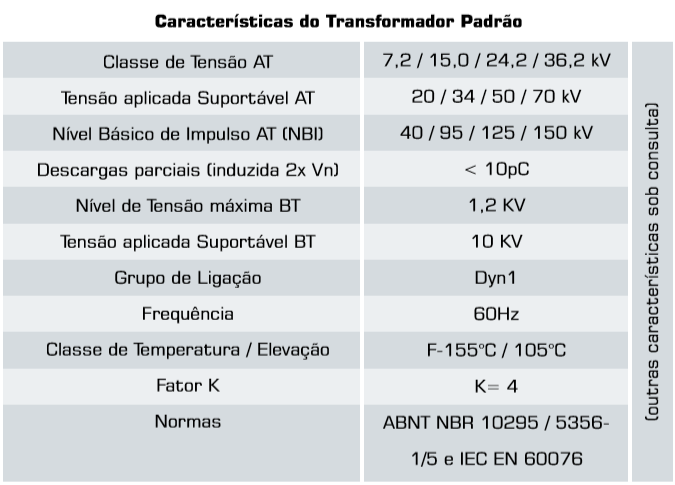
Todos os transformadores escolhidos foram da marca União, transformadores secos com bobinas encapsuladas a vácuo em resina epóxi, da série DRY PLUS.

Tabela 10: Características transformador marca União.

Os dados técnicos dos transformadores utilizados, com base no catálogo do fabricante, além das relações de tensões entre o primário e secundário, são:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bloco** | **Demanda (kVA)** | **Subestação** | **Potência (kVA)** | **Perda a Vazio (W)** | **Perdas totais (W)** | **Z (%)** | **Nível de Tensão** |
| **Fábrica 1** | 552,215 | SE1 - TR1 | 750 | 2000 | 115000 | 6 | 13,8kV - 380V/220V |
| **Centro de Conv.** | 45,778 | SE2 – TR2 | 112,5 | 600 | 2400 | 5 | 13,8kV - 220V/127V |
|
| **Fábrica 2** | 442,94 | SE3 - TR3 | 500 | 1650 | 8500 | 5 | 13,8kV - 380V/220V |
|
| **Depósito 1 e 2** | 60 | SE4 – TR4 | 112,5 | 600 | 2400 | 5 | 13,8kV - 220V/127V |
|
| **Oficina** | 242,69 | SE5 – TR5 | 300 | 1100 | 6000 | 5 | 13,8kV - 380V/220V |
|
| **Laboratório** | 217,785 | SE6 – TR6 | 225 | 1000 | 4000 | 5 | 13,8kV - 380V/220V |
|
| **ADM** | 156,364 | SE7 – TR7 | 225 | 1000 | 4000 | 5 | 13,8kV - 380V/220V |
|

Tabela 11: Transformadores Utilizados

## 8.2 DEMANDA GERAL

Para o cálculo da demanda geral da planta foi considerado a soma das potências dos transformadores a fim de ficar liberado toda a potência de transformação de todos eles, sendo assim, pode-se verificar a demanda geral desta indústria na equação abaixo:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

1. **CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊncia**

A correção do fator de potência foi realizada de forma setorizada, o que se deve ao fato de que para corrigir de forma geral seria necessária uma correção na parte de média potência da planta. Dimensionou-se os bancos de capacitores escolhendo o valor de 0,95, para que haja uma margem de segurança em relação ao fator mínimo imposto pela legislação vigente (0,92).

Dessa forma, calculou-se a potência ativa e a potência reativa em cada quadro, obtida através da potência aparente e do fator de potência inicial, que podem ser conferidos na tabela 8.

Logo em seguida, utilizando-se a função inversa do cosseno foi obtido o ângulo equivalente ao novo fator de potência (0,95), e em seguida, utilizando a tangente desse ângulo, foram calculadas as novas potências reativas para cada quadro.

Dessa forma, para se obter os valores referentes às potências reativas dos capacitores, foi realizada a seguinte subtração:

No caso do quadro geral 3, como o fator de potência já está acima de 0,93, optou-se por não realizar a correção deste, tendo em mente a economia realizada.

Foram escolhidos módulos de capacitores trifásicos com controladores automáticos. O controlador de 12 estágios é um dos mais facilmente encontrados nas indústrias e por isso foi escolhido para essa aplicação. O modelo escolhido foi o Controlador de Fator de Potência RVC-12 - 2GCA294987A0050, da fabricante ABB.

Assim, foi obtida a tabela 12, contendo cada um dos valores referentes aos bancos de capacitores:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Quadro** | **S (kVA)** | **FP Antigo** | **P (kW)** | **Q (kVAr)** | **Q' (kVAr)** | **Qbanco (kVAr)** | **Qcapacitor (kVAr)** | **Qreal (kVAr)** | **Modelo** |
| QDG\_1 | 552,22 | 0,89 | 491,47 | 251,79 | 161,54 | 90,3 | 15,04 | 15 | UCWT15V40 N22 |
| QDG\_2 | 45,78 | 0,9 | 41,20 | 19,95 | 13,54 | 6,4 | 0,53 | 0,5 | UCWT0,5V25 L10 |
| QDG\_3 | 442,94 | 0,93 | - | - | - | - | - | - | - |
| QDG\_4 | 60,00 | 0,9 | 54,00 | 26,15 | 17,75 | 8,4 | 0,70 | 1 | UCWT1V25 L10 |
| QDG\_5 | 242,69 | 0,905 | 219,63 | 103,24 | 72,19 | 31,1 | 2,59 | 3 | UCWT3V49 L10 |
| QDG\_6 | 217,79 | 0,89 | 193,83 | 99,30 | 63,71 | 35,6 | 2,97 | 3 | UCWT3V49 L10 |
| QDG\_7 | 156,36 | 0,88 | 137,60 | 74,27 | 45,23 | 29,0 | 2,42 | 2 | UCWT2V25 L10 |

Tabela 12: Potência reativa dos capacitores de cada quadro

**AQUI**

# **Geração Própria**

Para o cálculo de geração própria, definiu-se que será utilizado geração própria somente para o administrativo, CPD e sistema de climatização. A Tabela 23 mostra o dimensionamento das cargas que serão alimentadas pela geração própria:

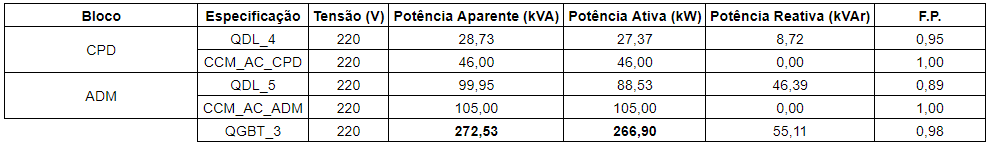


Tabela - Cargas Alimentadas pelo Gerador

Para dimensionar o gerador, deve-se suprir tanto a necessidade de potência aparente, quanto a potência ativa. Utilizando o catálogo de Geradores da WEG Alternadores Sícnronos obteve-se a seguinte correspondência as necessidades do projeto:

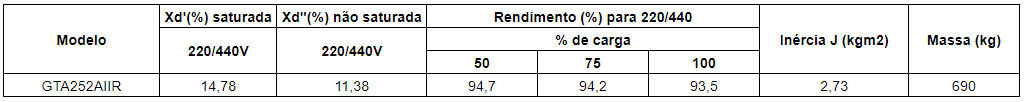


Tabela – Dados Gerador

Dado ao fato de que o gerador funcionará de forma isolada, somente na falta de energia no transformador 5, considerou-se o regime *stand-by* com temperatura ambiente de 27ºC. Admitindo uma elevação de temperatura de 163ºC, o modelo mencionado, ligado em 220/127, que permite a ligação do neutro aterrado para circulação da corrente de curto-circuito. Atendendo assim simultaneamente as demandas de potência aparente e ativa do bloco administrativo, CPD e o CCM do ar condicionado. Segue tabela com dados do gerador:



Tabela - Modelo Gerador

Para a proteção do gerador foi escolhido um disjuntor da fabricante SOPRANO, com os seguintes alimentadores de BT (mesmo catálogo utilizado em BT):

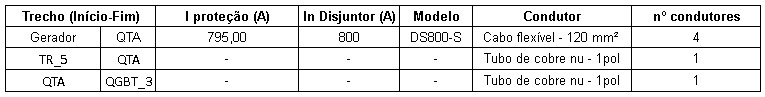


Tabela - Proteção Geração Própria

# **Geração Distribuída**

No bloco Montagem foi fornecido dados de uma usina fotovoltaica composta por 615 painéis de 325W cada um. Com esses dados foi realizado o cálculo abaixo:

Como pode ser visto, a potência da Usina Fotovoltaica Pfot não ultrapassa a potência do Transformador TR\_6 que é de 500kVA, ou seja, neste caso pode-se realizar a ligação dos inversores diretamente no QGBT\_4 .

Para isto, foi escolhido o modelo de inversor RENO-50K da fabricante Renovigi, apresentado no Anexo I, e sendo assim foram utilizados 4 (4x50kW) Inversores Solares para conexão da usina ao QGBT\_4, pois dessa maneira criando redundância, ou seja, no caso de falha de um inversor não será perdido completamente a potência gerada pela usina, conectada por dois alimentadores de 70mm2 ( 2x3#70(70)35 ), e protegida por disjuntor Soprano DS400-H.