



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

RENATO DEININGER EVANGELISTA



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

AS FIAÇÃO TÊXTIL



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2018

RENATO DEININGER EVANGELISTA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrotécnica

Professor André Dantas Germano, Dr. Eng.
Orientador

RENATO DEININGER EVANGELISTA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Coordenação do curso de graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor André Dantas Germano, Dr. Eng.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, pois sem ele nada disso seria possível, e depois aos meus pais, pelo apoio e suporte que sempre me deram para a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por essa oportunidade de estudar em uma faculdade de excelência e assim poder realizar o meu grande sonho de ser engenheiro eletricitista. A ele toda a hora de toda a glória.

Aos meus pais, Keyla e Lincoln, por todo o apoio que me deram para que eu saísse de casa e viesse buscar meu sonho, sempre pensando no meu futuro, e garantindo sempre ótimas condições de vida para que eu viesse chegar ao fim desse curso e poder seguir uma carreira vitoriosa.

Aos meus amigos, tanto aos que fiz na universidade, que me ajudaram nas horas mais difíceis e estiveram sempre ao meu lado nessa caminhada, quanto àqueles dos quais tive que me distanciar por vir morar em outra cidade, sempre torcendo por mim e oferecendo ajuda quando precisei.

Em especial à minha avó, Eunice, que me acolheu em sua casa nesses anos de curso, sempre atenciosa e preocupada com meu desempenho, e sempre uma boa companhia durante as semanas longe de casa.

Agradeço ao professor André pela orientação e total disponibilidade em ajudar a concluir este relatório da melhor forma possível.

Agradeço a AS Têxtil por ter dado esta oportunidade de desenvolver meu conhecimento adquirido na graduação de engenharia elétrica.

Agradeço a todos os funcionários da AS Têxtil pelo tratamento durante o período de estágio, sempre me auxiliado e orientando durante as tarefas realizadas.

RESUMO

O presente relatório tem como objetivo descrever as principais atividades realizadas pelo aluno Renato Deininger Evangelista durante o estágio integrado, realizado na empresa AS Fiação Têxtil, no período de 02 de Outubro de 2018 a 02 de Fevereiro de 2018, na cidade de Cajazeiras/PB. As atividades realizadas tiveram como objetivo colocar em prática os conhecimentos adquiridos durante a graduação. O estágio se deu em uma maior parte na linha de produção da fábrica, sendo realizadas atividades como troca e manutenção de motores, projetos de dimensionamento e redimensionamento de cabos de alimentação e o levantamento do material necessário para instalação dos circuitos redimensionados, detecção de erros nos painéis de comando da fábrica, acompanhamento e correção do fator de potência.

Palavras-chave: AS Têxtil, dimensionamento, fábrica, estágio, linha de produção, detecção de erros.

ABSTRACT

The purpose of this report is to describe the main activities carried out by the student Renato Deininger Evangelista during the integrated training course held at the company AS Fiação Têxtil, from October 2, 2018 to February 2, 2018, in the city of Cajazeiras/PB. The activities carried out had the objective of putting into practice the knowledge acquired during graduation. The stage took place mostly in the production line of the factory, being carried out activities such as exchange and maintenance of motors, designs of dimensioning and resizing of power cables and the lifting of the necessary material for this activity, detection of errors in the panels of factory control, power factor monitoring and correction

Key words: AS Têxtil, dimensioning, factory, stage, production line, error detection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Triangulo de Potência	17
Figura 2- Banco de capacitores 30 Kvar.....	19
Figura 3- Quadro de Distribuição da Fábrica	20
Figura 4- Disjuntores de Proteção dos Bancos de Capacitores.....	21
Figura 5- Disjuntor Reserva	22
Figura 6- Parte Integrante da Open End (Fuso).....	23
Figura 7- Diagrama Elétrico do Motor Trifásico.....	25
Figura 8- Valores Nominais do Umidificador	27
Figura 9- Método de Instalação.....	29
Figura 10- Fator de Correção de Temperatura	31
Figura 11- Fator de Correção de Agrupamento.....	32
Figura 12- Capacidade de Condução de Corrente	33
Figura 13- Limites de Queda de Tensão.....	34
Figura 14- Dimensionamento Pelo Critério da Queda de tensão.....	36
Figura 15- Passagem dos Cabos pela Subestação.....	37
Figura 16- Instalação do Transformador do Umidificador	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Amperes
BT/MT	Baixa Tensão para Média Tensão
FP	Fator de Potência
I	Corrente
KVA	Quilo Volt Amperes
KW	Quilo Watts
NBR	Norma Brasileira
mm ²	Milímetros Quadrados
P	Potência

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
SUMÁRIO	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	14
3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
4 ATIVIDADES REALIZADAS.....	16
4.1 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	16
4.2 ACOMPANHAMENTO DO FATOR DE POTÊNCIA	19
4.3 MANUTENÇÃO E TROCA DE PLACAS	23
4.4 INSTALAÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO	24
4.5.1 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE	28
4.5.2 CRITÉRIO DA QUEDA DE TENSÃO	34
5 CONCLUSÃO	38
6 BIBLIOGRAFIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O curso de Engenharia Elétrica da UFCG prepara o aluno para que ele fique pronto para ingressar no mercado de trabalho ao final da graduação. Para isso, na grade curricular o estágio obrigatório é, além de parte integrante, um fator determinante para a preparação do aluno.

O objetivo principal da realização do estágio é fazer com que o aluno diminua a distância entre a teoria, adquirida durante os anos de graduação, e a prática, exercendo atividades, sob supervisão de professores e profissionais da área. As empresas, em parceria com a universidade, contratam os estagiários, apresentando previamente um plano de atividades visando a formação sistêmica dos mesmos, dando ao aluno uma experiência que não se obtém durante o curso, ajudando a formar um engenheiro mais completo.

Neste documento são apresentadas as atividades realizadas durante o estágio e algumas considerações acerca da execução das mesmas.

O estágio foi realizado na empresa A S Fiação Têxtil, localizada no município de Cajazeiras, interior da Paraíba, no período de 02 de Outubro de 2018 a 02 de Fevereiro de 2018, totalizando um período de 692 horas. O estágio foi realizado sob a orientação do professor André Germano – DEE/UFCG.

A AS Têxtil, como o próprio nome já sugere, é uma empresa que atua exclusivamente no ramo da fiação têxtil, produzindo fios que são vendidos para empresas no ramo da tecelagem. É uma fábrica de pequeno porte, fundada a menos de uma década, a qual é gerida por uma família, onde o pai é o dono, e seu filho atua como gerente da fábrica. A fábrica apesar de pequena tem uma meta de produção diária na faixa de 7 toneladas de fio, de diferentes espessuras.

A atividade realizada na fábrica é apenas a da fabricação do fio, através da matéria prima, uma mistura que tem como principal componente o algodão. A matéria prima chega em fardos prensados, e o primeiro passo é desbastar esse material, com uma máquina chamada de Unifloc. Os fardos são colocados um ao lado do outro, e essa máquina tem um braço que passa por cima dos blocos

prensados, descompactando o material e transformando-o em pedaços menores, que, por sua vez, são sugados e entregues para outras máquinas, onde será feita a limpeza da mistura.

O próximo passo do processo é transformar esse material que foi limpo em uma espécie de fita, que tem uma espessura ainda bem maior que a do produto final, o fio, e bem mais frágil. Essas fitas passam pelos chamados passadores, onde entram seis fitas e sai apenas uma, com uma consistência mais forte. Esses passadores são configurados de acordo com a espessura final do fio que será fabricado, portanto, a fita que sai de cada passador é destinada a uma máquina determinada.

A fita que sai dos passadores vai para uma máquina denominada de OPEN END, onde o processo final é realizado, transformando a fita em fio. As OPEN END, as quais são utilizadas na fábrica, tem capacidade de produzir 240 fios ao mesmo tempo, cada uma.

O último processo é o de umidificação do fio, onde são colocados cerca de 1200 Kg de fio na máquina, em cada processo. Uma das vantagens desse processo é que o fio se torna mais resistente.

A fábrica vende seus fios para vários estados, em diferentes regiões do Brasil.

As atividades realizadas pelo estagiário demandaram um vasto conhecimento da área da engenharia elétrica, destacando-se os conhecimentos adquiridos na área da eletrotécnica. O estagiário era responsável por auxiliar a equipe elétrica da fábrica, então, foram realizadas diversas atividades em diferentes setores da fábrica.

Por ser de médio porte, a fábrica recebia sua alimentação em média tensão, 13,8 KV, e, assim, obrigatoriamente, tinha uma subestação, sobre a qual o estagiário realizava um controle diário dos valores lidos na mesma, bem como dos dispositivos de proteção situados no quadro de distribuição.

A grande maioria do maquinário da fábrica possuía vários motores, geralmente trifásicos. Periodicamente se fazia a manutenção dos motores das máquinas, então era necessário ao estagiário utilizar conhecimentos relacionados a instalação de motores elétricos, e aprender, por exemplo, sobre rolamentos e sua lubrificação.

As máquinas da fábrica eram antigas e, por isso, era comum que alguns de

seus dispositivos, principalmente no painel de controle, apresentassem algum tipo de mal contato ou defeito. Cabia também ao estagiário detectar esses problemas e tomar as providências cabíveis, que poderia ser a manutenção ou a troca do dispositivo, esse processo era feito com a ajuda de um multímetro, testando a continuidade e/ou tensão em alguns terminais, e com o auxílio do diagrama elétrico da máquina em questão.

2 OBJETIVOS

O objetivo desse relatório é listar as atividades realizadas durante o estágio integrado, dando ênfase às mais importantes. Serão detalhadas algumas das atividades realizadas, apresentando-se os métodos, cálculos e bibliografias utilizadas.

3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No presente relatório, o capítulo 1 é introdutório, no qual a história da empresa é abordada, dando ênfase ao processo que leva à fabricação do seu produto, o fio. Ainda no supracitado capítulo, são explicitadas as atividades que foram realizadas durante o estágio.

O capítulo 2 define os objetivos buscados pelo aluno ao escrever o presente relatório.

O capítulo 3 é a estrutura do relatório, mostra como será feita a divisão do trabalho, visando o melhor entendimento.

O capítulo 4 é o relatório propriamente dito e faz a abordagem das atividades realizadas durante esse período, destacando-se as principais atividades. Apresentando fotos, tabelas, cálculos e fotos dessas atividades.

O capítulo 5 é conclusivo e destaca as principais conclusões do relatório, tomando por base a análise das atividades realizadas no estágio.

4 ATIVIDADES REALIZADAS

O estágio foi realizado na linha de produção da fábrica, e, por isso, as atividades realizadas durante esse período demandaram não só conhecimentos da área da engenharia elétrica, mas também de outras áreas, como segurança do trabalho, gerenciamento e conhecimentos específicos da área têxtil.

Dentre as principais atividades desenvolvidas, destacam-se:

- Troca de bancos de capacitores na subestação, para correção do fator de potência;
- Acompanhamento diário do fator de potência e demanda máxima consumida;
- Trocas e manutenção de placas utilizadas no comando dos fusos;
- Dimensionamento dos cabos de alimentação do umidificador de fios;
- Instalação de motor trifásico.

4.1 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Quando se usa Corrente Alternada, há dois tipos de Potência a serem consideradas: a Potência ativa e a potência reativa. A primeira é aquela que realiza o trabalho esperado, por exemplo, a produção de luz em uma lâmpada, a geração de calor em um chuveiro elétrico ou ainda o movimento do eixo de um motor. Já a potência reativa é utilizada para a produção e manutenção dos campos eletromagnéticos nas cargas indutivas, sendo também utilizada para a produção de campos elétricos nas cargas capacitivas.

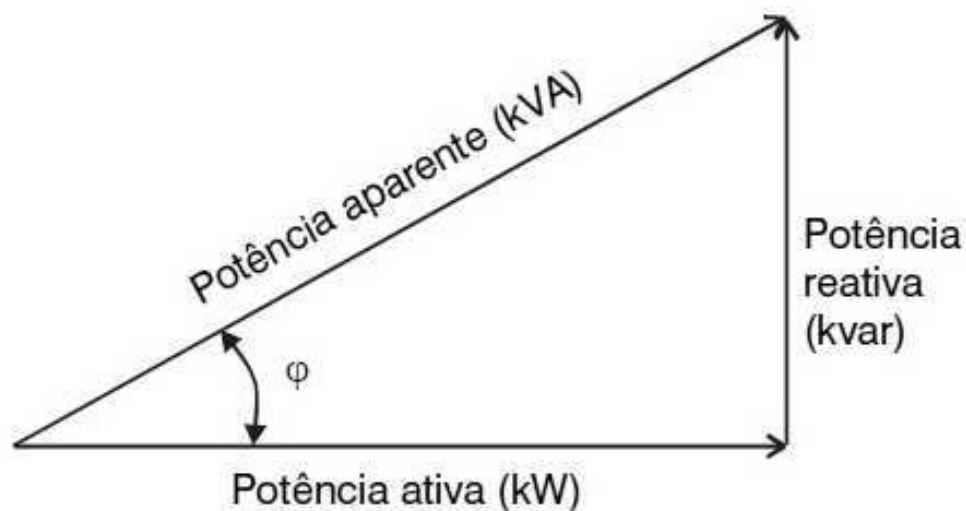
A maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa

indutiva, tais como: motores, transformadores, reatores para lâmpadas de descarga, fornos de indução, entre outros. As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação necessita tanto da potência ativa quanto da reativa.

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

A razão entre a potência ativa e a potência aparente é o chamado fator de potência (FP). O fator de potência indica com qual eficiência está sendo utilizada a energia, por exemplo, um alto fator de potência indica uma alta eficiência, e, inversamente a isso, um baixo fator de potência indica uma baixa eficiência energética, o que se explica melhor quando se apresenta o triângulo de potência, mostrado na figura 1, onde é possível representar as relações entre as potências ativa, reativa e aparente.

Figura 1- Triângulo de Potência.



Fonte: www.engeletrica.com.br

A legislação brasileira determina que o fator de potência seja mantido o mais próximo de 1, tanto pelas concessionárias como pelas indústrias.

A legislação também determina a forma de avaliação e o critério de

faturamento da energia reativa que exceder os novos limites. Esses limites são de 0,92, dependendo do horário. Assim, para os períodos entre 6 h e 24 h o fator deve ser no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa indutiva fornecida. Entre 24 h e 6 h, o mínimo estabelecido é 0,92 para energia e demanda de potência reativa capacitiva recebida.

A forma mais prática de se elevar o valor do fator de potência é através da instalação de capacitores nas grandes cargas indutivas, no barramento de BT (baixa tensão), na entrada de energia de AT (alta tensão) ou ainda na extremidade dos circuitos alimentadores, pois, com a inserção de capacitores haverá uma diminuição da potência reativa utilizada, já que a maioria dos equipamentos são indutivos, e conseqüentemente uma diminuição do fator de potência, visto que a potência ativa é mantida constante.

A figura 1 apresenta o triângulo de potência, onde é possível observar o que foi dito anteriormente.

Logo na primeira semana de estágio foi apresentado um problema no fator de potência da fábrica, estava abaixo do permitido, o que havia acarretado em uma multa de cerca de 5 mil reais na conta de energia do mês de Setembro. Como não existia nenhuma política de acompanhamento diário do fator de potência, o problema não foi detectado com antecedência, mas só no início do mês seguinte, quando chegou a fatura de energia.

Como no período em que houve alteração no fator de potência não houve nenhuma retirada de equipamento, e nem foi adicionado nenhum outro equipamento, sabia-se que o problema não estava nos cálculos realizados para dimensionamento dos bancos de capacitores. Então, foi feita uma vistoria na subestação, e foi detectado que haviam dois bancos de capacitores que estavam com uma corrente bem abaixo de sua corrente nominal.

Foi solicitada a troca de dois bancos de capacitores de 380 V/ 30 Kvar. Um dos bancos de capacitores instalados é apresentado na figura 2, onde pode-se constatar que se trata de um banco trifásico. Após a instalação dos bancos, o problema foi resolvido.

Para evitar que situações semelhantes a essa voltassem a acontecer, foi solicitado aos responsáveis que fosse feito um acompanhamento diário do fator de potência, bem como de alguns outros valores medidos no relógio da subestação, como, por exemplo, a demanda máxima medida durante o mês, com o objetivo de

se precaver de algum outro tipo de multa por parte da concessionária de energia.

Figura 2- Banco de capacitor 30Kvar.



Fonte: Próprio Autor

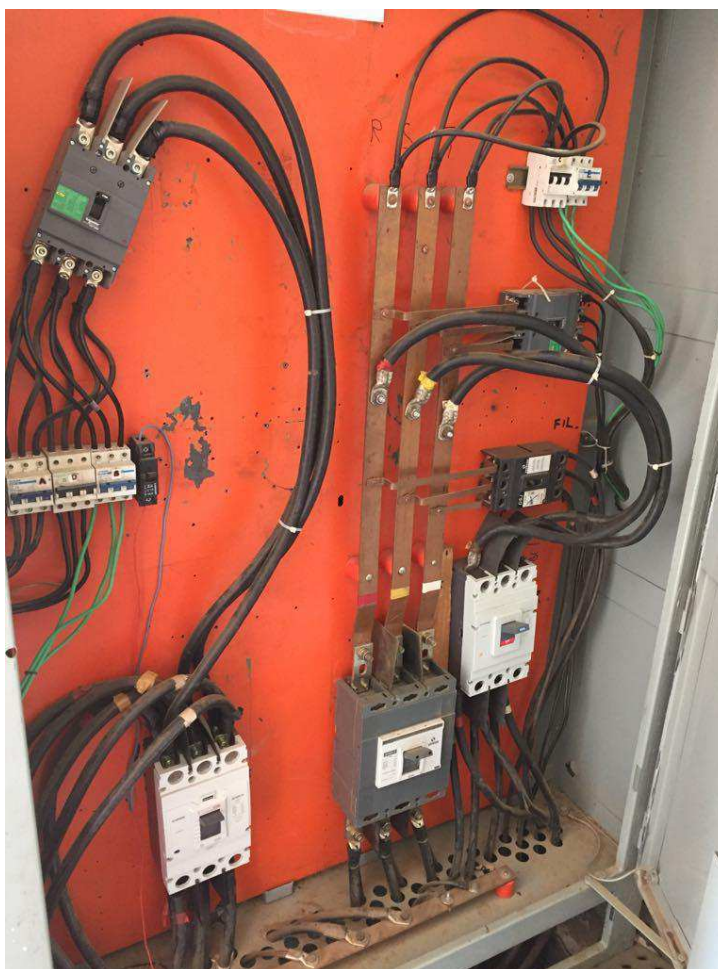
4.2 ACOMPANHAMENTO DO FATOR DE POTÊNCIA

Após o ajuste no fator de potência, foi sugerido ao gerente de produção da fábrica que fosse implantada uma política de acompanhamento dos valores lidos no relógio da subestação, com o propósito de evitar o pagamento de outros tipos de multas. E assim foi feito, todos os dias o estagiário tinha que fazer a leitura dos valores, dando ênfase as leituras que indicavam o fator de potência do último intervalo (intervalo de 15 minutos), bem como a máxima demanda registrada durante o mês, para que a mesma não ultrapassasse o valor de demanda contratada pela fábrica, o que também acarretaria em multa.

Além da leitura, era feita uma vistoria nos equipamentos da subestação, com a finalidade de detectar alguma possível anormalidade no funcionamento dos

equipamentos. Os que recebiam maior atenção nessas vistorias eram os bancos de capacitores, como é mostrado na figura 1, bem como os disjuntores, que eram localizados no quadro de distribuição. Esse quadro de distribuição é apresentado na figura 3, onde pode-se perceber a colocação dos disjuntores e do barramento de baixa tensão.

Figura 3- Quadro de Distribuição da Fábrica.



Fonte: Próprio Autor

Durante uma das leituras, foi detectado um fator de potência abaixo do permitido, e, após uma vistoria no quadro do subestação, foi visto que um disjuntor estava desarmado. A figura 4 apresenta o disjuntor, pela qual pode-se perceber que três disjuntores menores protegem, cada um, um banco de capacitor, e um disjuntor maior protege os três. O problema foi detectado no disjuntor que protegia apenas um banco de capacitor.

Figura 4- Disjuntores de Proteção dos Bancos de Capacitor.



Fonte: Próprio Autor

É sabido que quando há circulação de corrente, há também o aquecimento devido ao efeito Joule. Os equipamentos elétricos, bem como os cabos de alimentação, têm um limite máximo de aquecimento que pode ser suportado durante seu funcionamento. Nessas condições, os equipamentos reagem de formas diferentes, os cabos, por exemplo, podem derreter e assim expor seus condutores de cobre, podendo causar um curto circuito. No caso dos disjuntores, uma de suas reações pode ser o desarme, mesmo que a corrente que esteja passando por ele seja menor que a corrente nominal suportada.

Foi feito o acompanhamento dos disjuntores durante alguns dias, e mesmo com a corrente abaixo de sua corrente nominal, ele continuava disparando algumas vezes. Então, especulou-se que o disjuntor estava disparando devido à alta temperatura a que estava sendo submetido. A subestação não dispunha de nenhum tipo de ventilação forçada e, em alguns momentos do dia, a temperatura da cidade

chegava perto dos 40°C, com isso a temperatura interna da subestação era ainda maior.

Foi solicitada a compra de um novo disjuntor e, após ter sido feita a troca dos disjuntores, o problema foi extinto.

Para realizar a troca do disjuntor, foi necessário interromper toda a alimentação que chegava no quadro de distribuição localizado na subestação e, conseqüentemente, toda a alimentação da fábrica. A alternativa encontrada foi realizar essas atividades no domingo, o dia em que a fábrica não funcionava.

A fábrica tinha uma demanda contratada de 350 KW, a qual era suprida por dois transformadores de 300 KVA cada um. Os cabos de alimentação saindo de cada transformador destinavam-se a disjuntores diferentes. Durante a troca do disjuntor que protegia o banco de capacitores, foi detectado que um dos disjuntores, de 300 A, que recebia os cabos de alimentação de um dos transformadores, não desarmava manualmente, então, por precaução, foi efetuada também a troca desse disjuntor. O disjuntor reserva, que foi colocado, é apresentado na figura 5, por meio da qual pode-se observar os cabos de alimentação em seus terminais e, para um melhor entendimento da disposição desse disjuntor no quadro de distribuição, pode-se observar a figura 3, onde o quadro é apresentado por completo.

Figura 5- Disjuntor Reserva.



Fonte: Próprio Autor

4.3 MANUTENÇÃO E TROCA DE PLACAS

Como já mencionado anteriormente, a matéria prima passa por alguns processos até ser transformado no fio, e seu último processo é realizado no que se chama de fuso, apresentado na figura 6, pela qual pode-se observar a fita, que vem de processos anteriores, entrando pela parte de baixo, e, na parte de cima, o fio saindo pronto e sendo enrolado nos tubos, finalizando o produto.

Figura 6- Parte integrante da OPEN END (fuso).



Fonte: Próprio Autor

Os fusos possuem duas placas, que são localizadas em suas laterais, uma de cada lado. Elas dão o comando para o funcionamento do fuso e, em caso de quebra do fio, emite um sinal, entre outras funções. Como o algodão é o principal

material utilizado como matéria prima, durante a produção do fio sobe uma poeira, que vai se acumulando em vários lugares da máquina e aglomerando sujeira.

Essas placas de comando, por mais que sejam protegidas, também sofrem com a sujeira, e isso comumente gera um mal contato na placa. Quando ocorre esse problema, o fuso com a placa defeituosa para de funcionar, de forma que a mesma tem que ser trocada o mais rápido possível, pois um fuso inativo representa perdas na produção.

O procedimento realizado para a detecção da placa com defeito era feita da seguinte forma: energizava-se o fuso e, caso o mesmo não funcionasse, a provável causa era a abertura de algum contato que deveria estar fechado, interrompendo, assim, a passagem da corrente, impedindo-a de chegar aos motores. Após ser detectada a placa defeituosa, ela era trocada, e a placa que estava com defeito era separada para ser testada, a fim de saber se o problema era apenas algum mal contato devido ao acúmulo de sujeira ou algum problema nos componentes da placa, como a oxidação.

Esse teste era realizado verificando se os contatos do micro, aberto ou fechado, estavam funcionando corretamente. Caso não estivessem, a placa era descartada; caso tudo funcionasse corretamente, a placa agora passaria por uma limpeza, utilizando-se, para tanto, limpa contato e, então, ela estava pronta para substituir qualquer outra placa que apresentasse defeito.

4.4 INSTALAÇÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

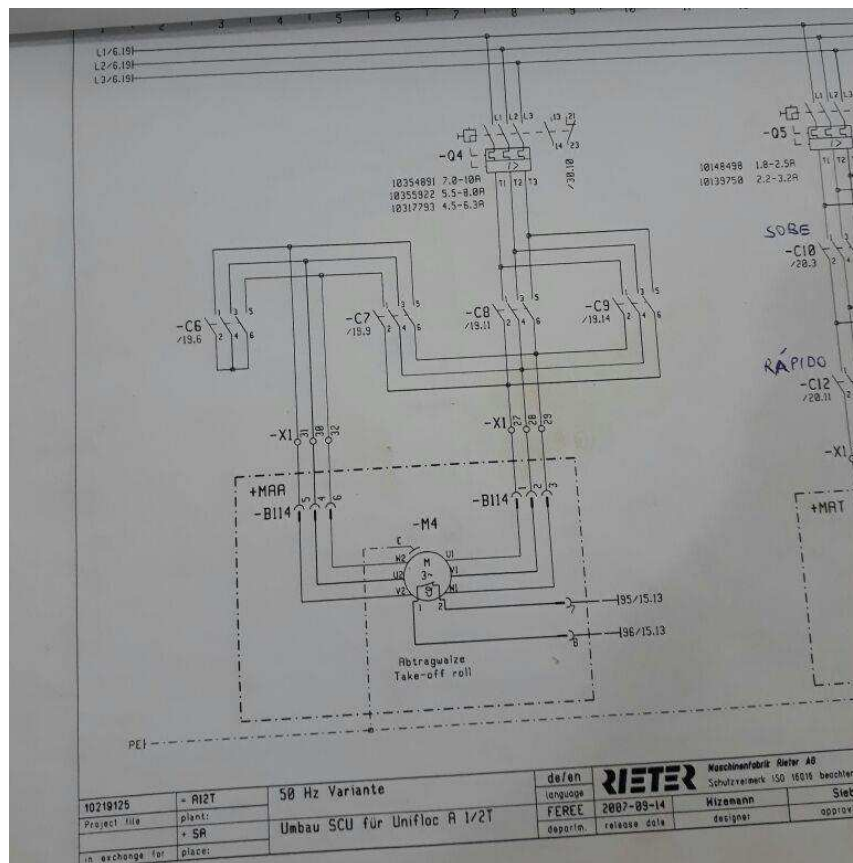
Durante uma inspeção de rotina na fábrica, foi observado que um dos motores da máquina que fazia a separação do material compactado estava apresentando pontos quentes em seus terminais, com isso, o motor teve que ser mandado para manutenção, tendo que ser feita uma rebobinagem de seus enrolamentos.

Coube ao estagiário instalar o motor reserva. Com o auxílio do diagrama elétrico do motor, que é mostrado na figura 7, é possível notar que o motor é de duas velocidades, sendo controlado por quatro contactores. Dependendo de quais contactores estivessem atuados no momento, o motor girava para um lado ou para

o outro, já que era feita a troca de uma de suas fases e, conseqüentemente, mudava o sentido do campo magnético girante, fazendo com que o rotor mudasse seu sentido de rotação. Os outros dois contactores controlavam a velocidade do motor, através da mudança da forma do fechamento dos seus terminais.

Após a instalação do motor, foram feitos testes no mesmo: com a ajuda de um multímetro, foram verificadas as tensões de linha e de fase nos terminais do motor; foi verificado se o motor estava respondendo satisfatoriamente quando os contactores eram energizados, ou seja, se estava mudando seu sentido de rotação e sua velocidade de acordo com os seus botões de comando. Após realizados os testes, a máquina foi liberada para voltar a funcionar normalmente.

Figura 7- Diagrama Elétrico do Motor Trifásico.



Fonte: Próprio Autor.

4.5 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

O dimensionamento de condutores consiste em determinar a seção mínima dos mesmos, de forma que possam suportar tanto o aquecimento exercido pela passagem de corrente, como também a queda de tensão sofrida.

O objetivo principal dos cálculo de dimensionamento é determinar a seção nominal dos condutores de fase, de acordo com a corrente que os condutores possam suportar em condições nominais de funcionamento. O condutor de neutro e de proteção são determinados em função dos condutores de fase.

O dimensionamento técnico de um circuito corresponde à aplicação dos diversos itens da NBR 5410:2004, relativos à escolha da seção de um condutor e do seu respectivo dispositivo de proteção.

Para que um circuito seja corretamente dimensionado, é necessário aplicar os critérios da norma, como: capacidade de condução de corrente e queda de tensão, que serão apresentados com mais detalhes nas seções 4.5.1 e 4.5.2, respectivamente.

Ao finalizar os cálculos de cada método, é possível que cada um deles resulte em uma seção diferente, então, nesses casos, a seção a ser finalmente escolhida é a maior dentre as obtidas, isso tem que ser adotado, já que o engenheiro deve procurar sempre as condições mais desfavoráveis ao circuito, seja ela, nesse caso, a queda de tensão ou a capacidade de condução de corrente, para que se garanta a segurança do circuito e dos equipamentos ligados a essa instalação, devendo ser escolhida obrigatoriamente a maior seção.

Durante a realização do estágio, a fábrica adquiriu um umidificador de fios, e coube ao estagiário fazer os cálculos do dimensionamento dos condutores de alimentação do novo equipamento.

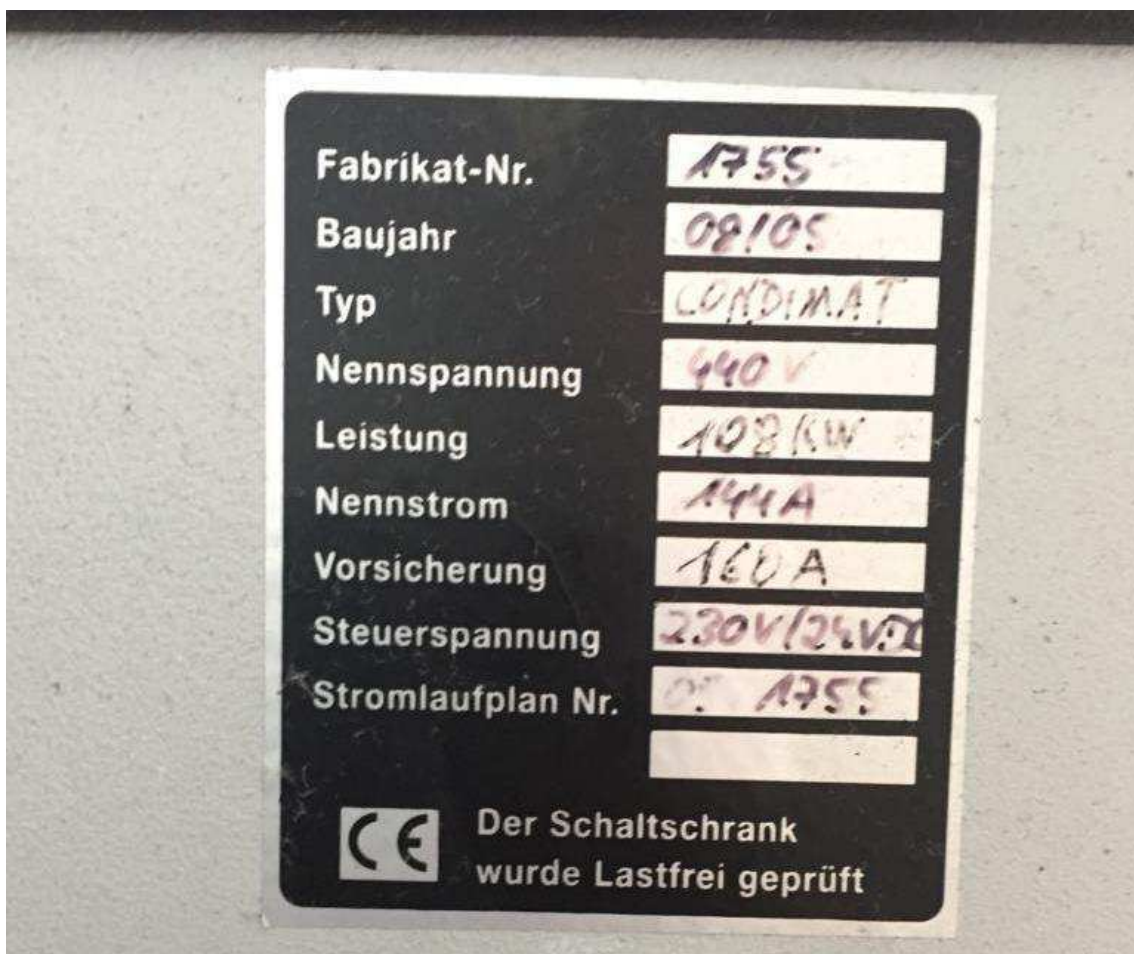
O equipamento tinha uma potência de 108 KW e tinha seu fator de potência de 0,98 indutivo, devido ao uso de resistências muito altas e pouca utilização de motores. Sua tensão de entrada era de 440 V, e como a tensão de saída da subestação era de 380 V, o primeiro passo foi solicitar um transformador de 380 para 440 V, com uma potência de 120 KVA. A figura 8 apresenta os dados de placa do máquina em questão, onde esses valores são dados na língua oficial do país fabricante, Alemanha. Os dados mais importantes dessa placa estão

destacados no texto.

A potência de entrada de um transformador é igual à sua potência de saída menos as perdas, ou seja, o produto da tensão de entrada pela corrente de entrada é igual ao produto da tensão de saída pela corrente de saída, isto é, se a tensão de saída é maior do que a tensão de entrada, obrigatoriamente a corrente de saída é menor do que a corrente de entrada, que é o caso do transformador utilizado. Para efeito de dimensionamento, é mais viável que o transformador fique mais próximo do quadro ao qual esteja recebendo sua alimentação, no caso, do quadro de distribuição da subestação, e, por isso, o transformador foi instalado na subestação.

A corrente nominal do umidificador era de 144 A, valor esse que foi tomado como base para os cálculos de dimensionamento, que serão apresentados nas seções 4.5.1 e 4.5.2, de acordo com os métodos da capacidade de condução de corrente e da queda de tensão.

Figura 8- Valores nominais do umidificador.



O último dado necessário para se fazer um correto dimensionamento foi a distância percorrida pelo circuito, saindo do transformador até a entrada da máquina, a qual a distância era de 135 metros.

Após a apresentação dos valores e dos tipos de métodos que foram usados durante os passos do projeto de dimensionamento utilizados, as próximas seções a serem apresentadas serão as fundamentações teóricas dos métodos de capacidade de condução de corrente e de queda de tensão, bem como os cálculos utilizados no projeto.

4.5.1 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

Ao circular uma corrente elétrica em um condutor, ocorrem perdas por efeito Joule, isto é, um aquecimento é gerado, e esse calor é dissipado, ou seja, é transferido para o ambiente, degradando a isolação dos condutores.

O objetivo do dimensionamento pelo critério da capacidade de corrente é garantir uma vida útil satisfatória aos condutores de isolação submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de corrente, em situações normais de operação e durante um grande período de tempo.

O primeiro passo para determinar a seção do condutor pelo método da capacidade de corrente é encontrar o método de referência que será utilizado na instalação. A maneira como os condutores são instalados influencia na capacidade de troca térmica entre os condutores e o ambiente. São esses alguns métodos de referência presente na NBR 5410:

- Eletrodutos embutidos ou aparentes;
- Canaletas ou badejas;
- Subterrâneos;
- Diretamente aterrados ou ao ar livre;
- Cabos unipolares ou multipolares.

A NBR 5410:2004, define as diversas maneiras de instalar, codificando-as conforme uma letra e um número. O código corresponde ao método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente.


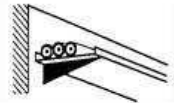

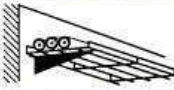
Para um circuito com diferentes maneiras de instalar, deve-se considerar a

condição mais desfavorável de troca térmica com o ambiente.

Na instalação do umidificador, foram utilizados cabos unipolares, e esses seriam instalados em bandejas perfuradas dispostas horizontalmente. Ao consultar a tabela 33 da NBR 5410, que está apresentada na figura 9, é possível observar que o método de instalação seria o número 13, ou seja, o método F.

Figura 9- Método de Instalação.

Tabela 33 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)

Fonte: NBR 5410:2004.

A corrente nominal ou corrente de projeto é a corrente que os condutores de um circuito de distribuição ou circuito terminal devem suportar, levando-se em consideração as suas características nominais.

A corrente nominal deve ser calculada levando-se em consideração, nesse caso, de circuito trifásico, o valor da tensão de linha, a potência ativa do circuito assim como seu fator de potência e também seu rendimento.

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_l \cdot \text{fp} \cdot \eta} \quad [1]$$

onde,

- I_p é a corrente de projeto;
- P é a potência, em KW, do circuito;

- V_l é a tensão de linha;
- f_p é o fator de potência;
- n é o rendimento da máquina.

No caso que está sendo relatado não foi preciso fazer o cálculo, já que os seus valores nominais já haviam sido fornecidos pelo fabricante. Assim, a corrente nominal utilizada no cálculo foi de 144 A.

O próximo passo é determinar o número de condutores carregados no circuito, ou seja, aqueles condutores que efetivamente são percorridos pela corrente elétrica. No caso relatado, o umidificador, por ser trifásico sem neutro, possui 3 condutores carregados.

Após definir todas as variáveis necessárias:

- Tipo de isolamento dos condutores;
- Método de referência (Maneira de instalar o circuito);
- Corrente nominal ou corrente de projeto;
- Número de condutores carregados.

O próximo passo é definir qual será a seção do condutor a ser utilizada no circuito.

As capacidades de condução de corrente dadas pela NBR, referem-se ao funcionamento contínuo em regime permanente, em corrente contínua ou corrente alternada com frequência de 50 Hz ou 60 Hz, e para uma temperatura ambiente de 30°C ou uma temperatura de solo de 20°C.

Já que nem sempre todos os circuitos são submetidos as mesmas condições, então é preciso que se faça uma correção da corrente de projeto, para que se possa utilizar os valores dados pela NBR. Esses fatores são:

- Fator de correção de temperatura (FCT);
- Fator de correção de agrupamento (FCA);
- Fator de correção devido à resistividade térmica do solo (FCR).

O FCT é usado em ambientes cuja temperatura seja diferente de

30°C. O valor da temperatura ambiente a se utilizar é o da temperatura do meio circundante, quando o condutor considerado não estiver carregado.

Para o caso analisado, foi medida uma temperatura, no horário mais quente do dia, de 40°C dentro do galpão por onde os cabos deveriam passar, sendo assim, utilizou-se esse valor para achar o FCT de acordo com a tabela 40 da NBR 5410, que é apresentada na figura 10, onde é possível ver que o fator a ser utilizado é 0,87, valor, esse, utilizado para calcular a corrente corrigida, como pode ser observado na equação 2.

Figura 10- Fator de Correção de Temperatura.

Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82

Fonte: NBR 5410:2004.

O fator de correção de agrupamentos (FCA) de circuitos é usado quando existem vários circuitos no mesmo eletroduto, calha, bandeja, etc. O mesmo leva em consideração não só a quantidade de circuitos, como também a disposição dos cabos e a tabela dos métodos de referência.

Para encontrar o FCA adequado ao projeto em questão, foi feita uma inspeção nas eletrocalhas instaladas na fábrica, pelas quais o circuito de alimentação do umidificador iria passar. Foi observado que o pior trecho possuía três circuitos. Assim, ao consultar a tabela 42 da NBR, que é apresentada na figura 11, é possível observar que o FCA utilizado para fins de cálculo foi 0,70, sendo esse valor utilizado para calcular a corrente corrigida, como pode ser observado na equação 2.

Figura 11- Fator de Correção de Agrupamento.

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: NBR 5410:2004.

O próximo passo a ser executado é calcular a corrente corrigida, que nada mais é do que uma corrente fictícia do circuito, obtida pela aplicação dos fatores de correção à corrente de projeto normalizada e, assim, esse valor se adequa aos valores da tabela de capacidade de condução de corrente.

$$I_c = \frac{I_p}{FCT \cdot FCA \cdot FCR} \quad , \quad [2]$$

onde,

- I_c é a corrente corrigida;
- I_p é a corrente de projeto;
- FCA é o valor encontrado para o fator de correção de agrupamento;
- FCT é o valor encontrado para o fator de correção de temperatura;
- FCR é o fator de correção de resistividade; esse valor é 1, pois como os cabos não passam pelo solo não tem correção em relação a resistividade do solo.

Assim,

$$I_c = \frac{144}{0,87 \cdot 0,7} = 236,45 \text{ A.}$$

Depois de encontrado o valor da corrente corrigida, encontrou-se o valor da seção nominal dos cabos de alimentação, com o auxílio da tabela 38 da NBR 5410:2004, que é apresentada na figura 12, por meio da qual pode-se perceber que a melhor escolha, é a seção de 95 mm², a qual foi adotada ao final do projeto.

Figura 12- Capacidade de Condução de Corrente.

Tabela 38 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G
Condutores: cobre e alumínio
Isolação: PVC
Temperatura no condutor: 70°C
Temperatura ambiente de referência: 30°C

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
	Método E	Método E	Método F	Método F	Justapostos	Espaçados	
						Método G	Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Cobre						
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311

Fonte: NBR 5410:2004.

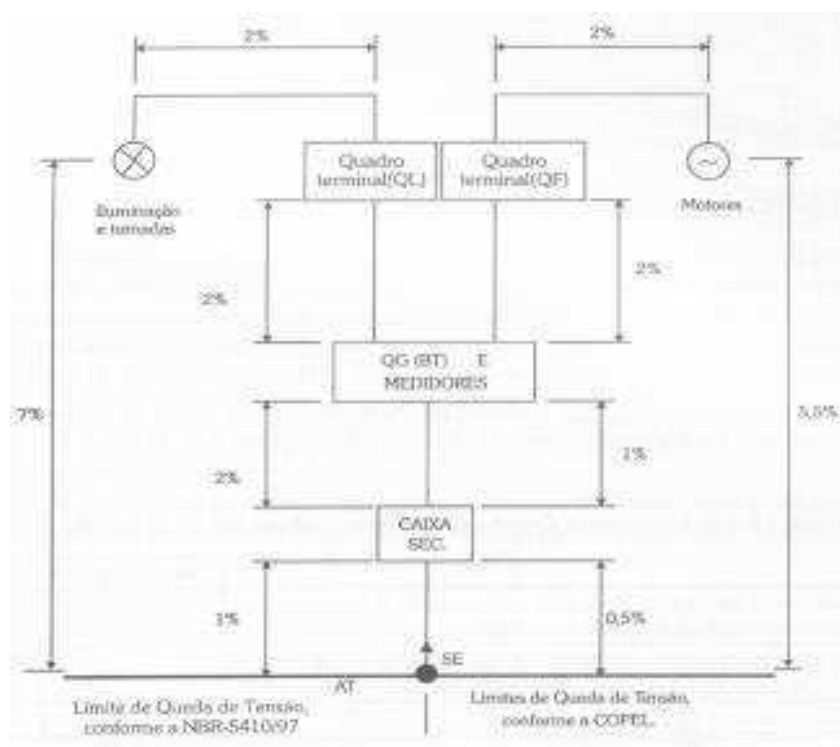
4.5.2 CRITÉRIO DA QUEDA DE TENSÃO

A queda de tensão provocada pela passagem de corrente elétrica nos condutores dos circuitos de uma instalação deve estar dentro de determinados limites máximos, a fim de não prejudicar o funcionamento dos equipamentos ligados aos circuitos terminais.

Uma queda de tensão acentuada nos circuitos alimentadores, faz com que os equipamentos recebam em seus terminais uma tensão inferior aos valores nominais. Isso é prejudicial ao desempenho dos equipamentos, que além de não funcionarem satisfatoriamente (redução de torque ou impossibilidade de partida de motores, redução de potência nos circuitos de iluminação e etc) poderão ter sua vida útil reduzida.

A figura 13 apresenta os limites de queda de tensão permitidos pela NBR 5410, onde pode-se observar que, para o caso em questão, onde o circuito começa no quadro de distribuição terminal e vai até a máquina, a queda de tensão máxima permitida é de 2%.

Figura 13- Limites de Queda de Tensão.



Fonte: NBR 5410:2004.

Para um correto dimensionamento de condutores utilizando-se o método do critério do limite de queda de tensão, deve-se seguir levar em conta uma série de fatores:

- Maneira de instalar o circuito;
- Material de eletroduto (magnético ou não magnético);
- Tipo do circuito (monofásico ou trifásico);
- Corrente e projeto, I_p , em Amperes;
- Fator de potência médio do circuito;
- Comprimento do circuito em km;
- Tipo de isolamento do condutor;
- Tensão, V , do circuito em Volts;
- Queda de tensão, $e(\%)$, admissível.

A queda de tensão unitária do circuito é calculada da seguinte forma:

$$\Delta V_{unit} = \frac{e(\%) \cdot V}{I_p \cdot l} \quad , \quad [3]$$

onde,

- ΔV_{unit} é a queda de tensão unitária;
- $e(\%)$ é a queda de tensão admissível;
- V é a tensão de linha do circuito;
- I_p é a corrente de projeto;
- l é o comprimento do circuito em km.

O limite máximo de queda de tensão permitido, como já foi visto, no circuito do umidificador, é de 2%. A tensão de linha de sua alimentação é de 440V. A corrente de projeto é de 144 A e o comprimento do circuito, de 135 metros, ou seja, 0,135km.

Então:

$$\Delta V_{unit} = \frac{0,02 \cdot 440}{144 \cdot 0,135} = 0,452$$

A figura 14 apresenta a tabela da NBR referente aos cálculo da queda de tensão unitária (ΔV_{unit}), onde é possível, com o valor de 0,452 calculado anteriormente, obter como resultado a seção de 95 mm², que é o mesmo valor obtido pelo uso do método anterior.

Portanto, a seção utilizada na instalação do circuito de alimentação do umidificador foi de 95 mm².

Figura 14-Dimensionamento pelo critério de Queda de Tensão.

Seção Nominal mm ²	Eletroduto e calha (5) (mat. não magnético)		Eletroduto e calha (5) (mat. não magnético)		Instalação ao ar livre (3)																			
	Pirastic Super Pirastic - Flex Super		Pirastic Super Pirastic - Flex Super		Cabos Simtenax, Volttenax e Voltalene																			
	Circ. Monofásico e Trifásico		Circuito Monofásico		Circuito Trifásico		Cabos Unipolares (4)												C. Uni/Bipolar		C. Tri Tetrapolar			
							Circuito Monofásico				Circuito Trifásico				Circuito Trifásico (2)				Circuito Monofásico		Circuito Trifásico			
							S=10 cm		S=20 cm		S=2D		S=10 cm		S=20 cm		S=2D							
		FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9	23,6	27,8	23,7	27,8	23,4	27,6	20,5	24,0	20,5	24,1	20,3	24,0	20,2	23,9	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7	14,6	17,1	14,7	17,1	14,4	17,0	12,7	14,8	12,7	14,8	12,5	14,7	12,4	14,7	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15	9,3	10,7	9,3	10,7	9,1	10,6	8,0	9,3	8,1	9,3	7,9	9,2	7,8	9,2	9,0	10,6	7,8	9,1
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14	6,3	7,2	6,4	7,2	6,1	7,1	5,5	6,3	5,5	6,3	5,3	6,2	5,2	6,1	6,0	7,1	5,2	6,1
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67	3,9	4,4	3,9	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,4	3,8	3,2	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,1	3,7
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33	2,6	2,8	2,6	2,8	2,4	2,7	2,2	2,4	2,3	2,5	2,1	2,4	2,0	2,3	2,3	2,7	2,0	2,3
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49	1,73	1,83	1,80	1,86	1,59	1,76	1,52	1,59	1,57	1,62	1,40	1,53	1,32	1,49	1,50	1,71	1,31	1,48
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09	1,33	1,36	1,39	1,39	1,20	1,29	1,17	1,19	1,22	1,22	1,06	1,13	0,98	1,09	1,12	1,25	0,97	1,08
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82	1,05	1,04	1,11	1,07	0,93	0,97	0,93	0,91	0,96	0,94	0,82	0,85	0,75	0,82	0,85	0,93	0,74	0,81
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59	0,81	0,76	0,87	0,80	0,70	0,71	0,72	0,67	0,77	0,70	0,63	0,62	0,55	0,59	0,62	0,67	0,54	0,58
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44	0,65	0,59	0,71	0,62	0,56	0,54	0,58	0,52	0,64	0,55	0,50	0,47	0,43	0,44	0,48	0,50	0,42	0,43

Fonte: NBR 5410:2004.

O comprimento total do circuito era de 135 metros, e como o circuito era trifásico, foi solicitada a compra de 405 metros de cabos flexíveis com seção de 95mm².

A instalação do circuito foi realizada em um domingo, dia em que a fábrica não funcionava, pois era preciso desligar a chave geral que alimentava o quadro de distribuição da subestação. Coube ao estagiário acompanhar todo o processo, desde a passagem dos cabos pelas eletrocalhas, saindo da subestação até o umidificador, como também a energização do circuito, bem como a aferição do correto funcionamento da instalação. Verificou-se, com o auxílio do multímetro, a tensão nos terminais do transformador e na entrada do umidificador, a fim de certificar que a queda de tensão estava dentro do permitido.

As figuras 15 e 16 são fotos retiradas durante a instalação, pelas quais é

possível observar a entrada dos cabos de alimentação do circuito na subestação e a instalação do transformador de 120 KVA na subestação, respectivamente.

Figura 15-Passagem dos cabos dentro da subestação.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 16-Instalação do transformador do umidificador.



Fonte: Próprio Autor.

5 CONCLUSÃO

Durante o período de estágio, foi possível acompanhar o dia-a-dia de uma fábrica, participando ativamente da linha de produção no que diz respeito à parte elétrica da mesma, desde a subestação até às máquinas utilizadas. Desta forma, foi possível criar um elo entre os conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso e a prática.

Uma das atividades que serviram para a criação desse elo, foi a correção do fator de potência, onde foi possível aplicar os conhecimentos acerca do triângulo de potência, oportunizada pela troca dos capacitores na subestação, diminuindo assim a potência reativa consumida pela fábrica, e como a potência ativa se manteve a mesma, o fator de potência aumentou.

Foi proporcionada também uma visão prática dos estudos teóricos pela instalação do motor trifásico, onde observou-se a mudança do sentido do campo girante, provocado pela mudança de uma das fases de alimentação do motor trifásico, fazendo com que o rotor girasse no sentido contrário, assim como a mudança de velocidade do rotor devido a mudança de fechamentos de seus terminais.

Foi possibilitado, ainda, ter-se uma noção real dos valores anteriormente apenas calculados em sala de aula, a exemplo das correntes necessárias para alimentar diferentes tipos de equipamentos, de potências diferentes, como no caso da instalação do umidificador, onde a corrente nominal era de 144 A, e também ter a noção, prática, da seção utilizada para conduzir essa quantidade de corrente.

As maiores dificuldades encontradas no estágio se deram durante a realização da troca do motor trifásico, assim como na realização do projeto de dimensionamento, pois coube ao estagiário, além de utilizar os conhecimentos da engenharia elétrica obtidos durante a graduação, revisar toda a teoria que envolvia os problemas para que não houvesse nenhum erro nas atividades, o que acarretaria em prejuízos para a empresa.

6 BIBLIOGRAFIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

CREDER, H., **Instalações Elétricas**, 14ª Edição, LTC.

LIMA, G., **Notas de Aula** CEFET-PE.

Manual de Correção do Fator de Potência. Disponível em < <http://www.engeletrica.com.br/fatordepotencia-manual-fatordepotencia.html> > Acesso em: 17 Fevereiro 2018.

FITZGERALD, A. E., **Máquinas Elétricas**, 6ª Edição, Mc Graw. 1976.

VIEIRA, A., **Manual de Correção do Fator de Potência**, CNI SESI. 1973.