



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CEAU



Marlon de Oliveira Nunes Vieira

Estudo de adequação de um moinho de rolos à
Norma Regulamentadora 10

Ouro Preto, 2022

Marlon de Oliveira Nunes Vieira

**Estudo de adequação de um moinho de rolos à
Norma Regulamentadora10**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro.
Coorientador: Prof. Dr. Danny Augusto Vieira Tonidandel.

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Junho/2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

V657e Vieira, Marlon de Oliveira Nunes.

Estudo de adequação de um moinho de rolos à Norma Regulamentadora 10. [manuscrito] / Marlon de Oliveira Nunes Vieira. - 2022.

54 f.: il.: color., gráf., tab.. + Projeto Elétrico.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro.

Coorientador: Prof. Dr. Danny Augusto Vieira Tonidandel.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Moinho. 2. Segurança. 3. Normas - NR-10. 4. Projeto. 5. Elétrica. I. Monteiro, Paulo Marcos de Barros. II. Tonidandel, Danny Augusto Vieira. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Marlon de Oliveira Nunes Vieira

Estudo de adequação de um moinho de rolos à Norma Regulamentadora 10

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação

Aprovada em 14 de junho de 2022

Membros da banca

[Doutor] - Paulo Marcos de Barros Monteiro - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Doutor] - Danny Augusto Vieira Tonidandel - Coorientador (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Doutor] - Agnaldo José da Rocha Reis - (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Doutor] - Luis Fernando Rispoli Alves - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Danny Augusto Vieira Tonidandel, coorientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 04/07/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Danny Augusto Vieira Tonidandel, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/07/2022, às 10:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0345111** e o código CRC **50C71A1E**.

Sua maior riqueza é o que você sabe. Seu maior risco é o que você não conhece!

Robert T. Kiyosaki

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre batalharam para me fornecer as condições necessárias para poder estudar e que sempre sustentaram o peso da enxada para que eu pudesse me preocupar com o peso da caneta.

Ao meu orientador Paulo Monteiro, pela orientação neste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia de Controle e Automação e dos demais departamentos pelas contribuições, agregando sempre conhecimento e ciência durante todo o curso, refletindo agora neste trabalho.

Agradeço a Adriana Cristina Cardoso Rodrigues, da Seção de Ensino da Escola de Minas, por todo apoio fornecido a mim e aos demais alunos dos cursos de engenharia, prestando um atendimento humanizado.

Agradeço a todos os Funcionários da Fundação Gorceix que contribuíram fortemente para a conclusão desse projeto, em especial o Rogerio Veiga, do DEPAI-NAC, por toda supervisão, ensinamentos e oportunidade fornecida a mim.

Aos diversos amigos que fiz durante o tempo que morei em Ouro Preto-MG, dentre eles a República Fatal, agregados e familiares dos integrantes por todos os momentos de diversão e alegria e também por todos conselhos e cobranças. Agradeço aos alunos e ex-alunos da República Pif-Paf por todos momentos de descontração.

Agradeço a Luana Montteiro por toda ajuda concedida a mim durante a confecção desse trabalho.

E por fim, agradeço a Deus, por sempre ter me protegido com sua misericórdia e compaixão, me dando forças e obstinação para seguir o caminho que eu escolhi.

RESUMO

É de conhecimento geral que as empresas devem prezar pela proteção e integridade dos seus trabalhadores. Logo, a segurança é um dos fatores de extrema importância para o funcionamento de uma empresa, em especial empresas que trabalham com maquinário. Entretanto, para proporcionar a redução dos riscos, a empresa deve dispor de capital para realizar essas alterações, tornando a tarefa difícil de ser executada, principalmente em empresas de pequeno e médio porte. Considerando o exposto, será apresentado um estudo que visa diminuir possíveis riscos causadores de avarias e falhas na rede elétrica de um moinho de rolos, que possui acionamento simples por partida direta. O estudo será feito tendo embasamento na NR-10 e demais normas relacionadas, visando o aumento da segurança dos trabalhadores e terceiros, em conjunto com a redução nos custos da empresa. Serão utilizados os softwares CAdE Simu e AutoCAD Electrical para modelagem do projeto e verificação da sua viabilidade.

Palavras-chaves: Moinho; Segurança; NR-10; Projeto; Elétrica.

ABSTRACT

It is common knowledge that companies must value the protection and integrity of their workers. Therefore, safety is one of the extremely important factors for the functioning of a company, especially companies that work with machinery. However, to provide risk reduction, the company must have the capital to carry out these changes, making the task difficult to perform, especially in small and medium-sized companies. Considering the above, a study will be presented that aims to reduce possible risks causing damage and failures in the electrical network of an archaic roller mill, which has a simple drive by direct start. The study will be based on NR-10 and other related standards, aiming to increase the safety of workers and third parties, together with the reduction of company costs. CADe Simu and AutoCAD Electrical software will be used to model the project and verify its feasibility.

Key-words: Mill; Safety; NR-10; Project; Electric.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Matriz categoria de segurança do equipamento

Figura 2: Exemplo de Prancha de Projeto A3

Figura 3: Esquema de ligação do circuito

Figura 4: Simulação lógica

Figura 5: Capacidade de condução de corrente por secção do cabo

Figura 6: Tabela de tempo de partida do motor por fator de escolha

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NR-10 – Norma Regulamentadora 10

RS – Relé de Segurança

SEC – Chave Seccionadora

SR – Rearme de segurança

RT – Reset Temporizador

BL – Botão Liga

BD – Botão Desliga

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Formulário Individual de Campo

ANEXO 2: Checklist – Moinho de Rolos

ANEXO 3: Relatório de Vistoria

ANEXO 4: Manual de instruções

ANEXO 5: Projeto de adequação

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	10
1.1.1.	<i>Geral</i>	10
1.1.2.	<i>Específicos</i>	11
1.2.	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	11
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2.	REVISÃO DA LITERATURA	13
3.	DESENVOLVIMENTO	15
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
3.2.	METODOLOGIA	16
3.3.	FORMULÁRIO INDIVIDUAL DE CAMPO, CHECKLIST E RELATÓRIO DE VISTORIA	16
3.4.	PRANCHAS DE PROJETO	17
3.5.	MANUAL DE INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO	19
3.6.	SOFTWARES	19
4.	RESULTADOS	20
4.1.	PRIMEIRA FASE: LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	20
4.2.	SEGUNDA FASE: PROJETO DOS CIRCUITOS	21
4.2.1.	<i>Funcionamento do circuito</i>	23
4.2.2.	<i>Dimensionamento do circuito</i>	25
4.3.	TERCEIRA FASE: CRIAÇÃO DA PARTE DOCUMENTAL E ENCERRAMENTO	28
5.	CONCLUSÕES	29
6.	REFERÊNCIAS	30
7.	ANEXO 1	32
8.	ANEXO 2	33
9.	ANEXO 3	34
10.	ANEXO 4	37
11.	ANEXO 5	42

1. Introdução

Diversos acidentes ocorrem diariamente, em todas as empresas, principalmente em empresas onde são empregados maquinário para execução das atividades. Diante desse aspecto, criaram-se as normas regulamentadoras, que são responsáveis por gerir um modelo a ser seguido pelas empresas, visando a segurança dos trabalhadores e integridade dos equipamentos. Será abordado nesse estudo a NR-10, norma responsável por estabelecer premissas para a utilização de energia elétrica em quaisquer áreas da atividade industrial ou doméstica. Através dela são estabelecidas medidas de prevenção e manipulação, tendo como objetivo principal garantir a segurança e saúde dos trabalhadores e terceiros que lidam diretamente ou indiretamente com eletricidade.

Um painel elétrico de potência e comando industrial pode ser determinado como um compartimento, alocado junto ou separado da máquina que visa controlar, cuja função é comportar os dispositivos elétricos e eletrônicos utilizados no projeto, de maneira que obedeçam às especificações de distanciamento dos dispositivos, e facilitem a operação e manutenção dos mesmos. Em sua maioria são construídos em material metálico, com os mais diversos tamanhos, e possuem uma porta com sistema para trancamento, evitando assim o acesso de pessoas não autorizadas.

Para realização do projeto de adequação, utilizou-se como base um moinho de rolos que possui painel de acionamento por partida direta, sem qualquer forma de proteção ao operador. Ao longo do trabalho serão apresentados os cálculos, procedimentos e projetos desenvolvidos.

1.1. Objetivos gerais e específicos

1.1.1. Geral

Realizar o estudo de adequação de um moinho de rolos à Norma Regulamentadora 10, tendo em vista o aumento de segurança dos operadores e terceiros e a minimização do custo de implementação.

1.1.2. Específicos

Realizar o levantamento de perigos que a máquina oferece aos seres humanos, fundamentando-se na NR-10, e com base nesse levantamento, projetar as adequações para sanar o máximo de perigos diretamente na fonte de emissão dos mesmos, sem afetar a produtividade e funcionamento do equipamento.

Para alcance desse objetivo, foram elaborados os seguintes passos a serem seguidos:

- Relatório de vistoria e análise preliminar de riscos.
- Identificação das necessidades e especificidades do circuito do equipamento, tendo como base as normas vigentes.
- Pesquisa nas obras já publicadas e em referenciais técnicos sobre medidas já tomadas para minimização dos riscos, em concordância com as normas NR-10.
- Confecção dos circuitos de adequação nos softwares levando em consideração as normas regulamentadoras NR-10 e NR-12.
- Elaboração da documentação do projeto, a qual se faz necessária à operação e manutenção segura do equipamento.

1.2. Justificativa do trabalho

Esse trabalho tem como principal justificativa a exemplificação de como se adequar máquinas de mineração à NR-10, visando garantir a integridade e proporcionar mais segurança aos operadores, juntamente com o melhor custo benefício.

Espera-se que seja capaz motivar outras empresas a seguirem esses passos para que possam proporcionar um ambiente com um teor de risco cada vez menor aos seus funcionários.

1.3. Estrutura do trabalho

O estudo apresentado segue a seguinte estrutura:

- No capítulo 1 é apresentada a introdução ao assunto, bem como os objetivos que levaram ao desenvolvimento desse estudo.
- No capítulo 2 está presente a revisão da literatura.
- Em seguida, no capítulo 3, tem-se o desenvolvimento do projeto, contendo a caracterização da área de estudo, a metodologia adotada, bem como a descrição

dos materiais e softwares adotados.

- No capítulo 4 são apresentados os resultados do projeto, contendo nesse tópico a descrição do funcionamento e dimensionamento do circuito confeccionado.
- No tópico 5 são apresentadas as conclusões do projeto, seguido do tópico 6 onde são dispostas as referências bibliográficas.
- Nos anexos, são dispostos em respectiva ordem: o Formulário Individual de campo, o Checklist, o Relatório de Vistoria, o Manual de Instruções e por fim, o projeto completo.

2. Revisão da Literatura

Como é de conhecimento geral, a eletricidade proporciona ao homem diversas facilidades, como por exemplo a utilização de maquinário para realização de tarefas, iluminação, automação de processos, dentre outros.

De acordo com Nunes (2016, p. 5)

No entanto, não só de aspectos positivos a eletricidade se dispôs ao homem. A eletricidade ao ser manipulada de forma errada pode ocasionar acidentes fatais. Fato este que até hoje não se é atentado adequadamente, mas que desde a criação do gerador de Otto von Guericke é de pleno conhecimento, pois foi com esse gerador eletrostático que se tem marcado na história o primeiro acidente com choque elétrico.

Porém esse risco é amplificado quando se utiliza de máquinas e equipamentos ultrapassados, os quais não se atentam as normas de segurança e não garantem a proteção dos operadores e terceiros contra possíveis acidentes. Segundo Corrêa (2011, p. 13)

Máquinas inseguras e obsoletas, que ainda incorporam grande parte dos maquinários utilizados no País, porém tem seu propósito principal centrado em duas vertentes do problema: a existência e a utilização de máquinas perigosas por não possuírem dispositivos de proteção ou segurança e a existência e utilização de máquinas de tecnologia obsoleta, favorecendo, agravando ou desencadeando a condição de risco.

Mendes (2001, p. 9) nos informa que

O acidente de trabalho é um dos principais focos de atenção do Ministério do Trabalho e Emprego. Preveni-lo, evitá-lo, eliminar a possibilidade de sua ocorrência são nossas prioridades. Um acidente de trabalho causa sofrimentos à família, prejuízos à empresa e ônus incalculáveis ao Estado. Tais eventos não devem ocorrer, essa é uma de nossas regras fundamentais. Um acidente começa muito antes da concepção do processo de produção e da instalação de uma empresa.

Segundo o site do Ministério do Trabalho e Previdência (Normas Regulamentadoras – NR, 2021, n.p), o Brasil possui 37 Normas Regulamentadoras em vigência, as quais tratam dos mais variados campos de atuação, e passam por frequente atualização, com o intuito de fornecer uma maior segurança.

Em sua obra, Geraldo de Oliveira (2007, p. 111), Desembargador do Tribunal Regional do Trabalho da 3 Região nos traz à seguinte conclusão:

O princípio constitucional de que a saúde é direito de todos e dever do Estado (art. 196), adaptado para o campo do Direito do Trabalho, indica que a saúde é direito do trabalhador e dever do empregador. Para isso, a Constituição garantiu no art. 7º, XXII, a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança. A segurança visa à integridade física do trabalhador e a higiene tem por objetivo o controle dos agentes do ambiente de trabalho para a manutenção da saúde no seu amplo sentido.

Dado o exposto, fica explícito a obrigatoriedade de toda empresa prezar pela integridade dos seus trabalhadores, revisando assim seus processos, adequando o maquinário e fornecendo EPI's com o intuito de zerar o número de acidentes.

3. Desenvolvimento

O Projeto foi desenvolvido na Fundação Gorceix, à qual foi criada por um grupo de ex-alunos da Escola de Minas com o intuito de fornecer assistência aos estudantes da Escola de Minas. A Fundação é uma instituição filantrópica sem fins lucrativos, cujo objetivo básico é amparar o aluno carente da Escola de Minas de Ouro Preto em suas necessidades.

Mais especificamente o projeto foi realizado no ano de 2019, sobre supervisão do DEPAI/NAC - Departamento de Análises e Inovação, criado para atender as demandas de caracterização tecnológica através de desenvolvimento de materiais, de novas tecnologias de processamento e análises de alta qualidade do setor minero metalúrgico.

O NAC - Núcleo de automação e controle, é o laboratório que atualmente desenvolve o projeto de adequação dos maquinários às normativas de segurança vigentes na legislação brasileira NR-10, NR-12 e NR-26.

Ressalto aqui que o trabalho conta com a autorização do DEPAI/NAC para ser publicado.

3.1. Caracterização da área de estudo

A NR-10 é uma norma regulamentadora, que tem obrigatoriedade de ser seguida na confecção, operação e manutenção de qualquer equipamento que envolva eletricidade. Em outras palavras, em seu escopo ela prevê procedimentos que devem ser rigorosamente respeitados para que o equipamento não ofereça riscos à segurança de qualquer trabalhador ou terceiros.

Essa norma é de extrema importância para os profissionais que possuem contato com a rede elétrica. Através dela é possível reduzir os riscos de acidentes envolvendo eletricidade, sejam acidentes com risco de morte até a redução do número de choques elétricos. Nela são dispostas medidas de controle como desenergização, aterramento e proteção. Também são dispostos EPI's que devem ser utilizados nas atividades, treinamentos necessários para capacitação dos profissionais desta área, proteção contra incêndios e explosões e também procedimentos que devem ser realizados em situações de emergência.

3.2. Metodologia

Realizou-se estudos sobre como implementar a NR10, planejamento de quadros elétricos, partidas de motores trifásicos e sobre o funcionamento dos diversos componentes a serem utilizados.

Para esse estudo foram utilizados os manuais de cada componente, material online e vídeo aulas, além de utilizar um software gratuito para treinamento, denominado CADe SIMU V3.0.

A partir desse momento, iniciou-se o projeto seguindo as seguintes etapas:

- Observação da atual condição do equipamento, coleta de dados do motor e proposição de alterações.
- Projeto do circuito seguindo as proposições da NR 10.
- Criação da parte documental do equipamento e encerramento do projeto.

Durante todas as etapas do projeto gerou-se diferentes documentos que possuem diferentes finalidades. Alguns são responsáveis por transmitir as informações técnicas do projeto para que este possa ser executado, outros são responsáveis por transmitir informações aos operadores e a terceiros, visando instruí-los sobre as demandas do equipamento e suas medidas de segurança.

3.3. Formulário individual de campo, Checklist e Relatório de Vistoria

Confeccionou-se os dois primeiros documentos a partir de observações feitas no equipamento. O Formulário Individual de Campo tem a função de identificar o equipamento e dizer de maneira sucinta se este equipamento precisa de projeto de adequação e qual o grau de adequação ao moinho.

O Checklist tem a função de fornecer uma visão geral sobre o estado do equipamento, levantando informações sobre componentes importantes.

O Relatório de Vistoria é o documento mais completo gerado na fase inicial de projeto. Neste documento estão contidas fotos do equipamento, descrição das partes que apresentam riscos à segurança, descrição de partes do equipamento que necessitam de adequações e propostas de melhoria na operação.

Esses documentos podem ser vistos preenchidos nos Anexos 1, 2 e 3.

Outro aspecto importante que é averiguado nesta fase é a definição da categoria de segurança do equipamento, conforme previsto na NBR 14153 – Anexo B. A averiguação é realizada com base na imagem a seguir:

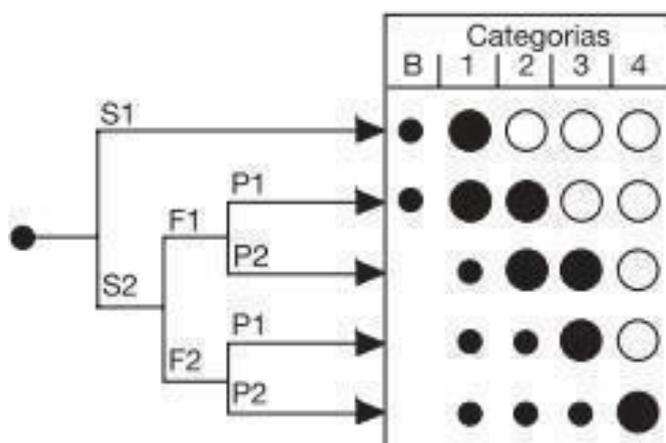


Figura 1: Matriz categoria de segurança do equipamento

Fonte: NBR 14153 – Anexo B

S: Grau da Lesão

- S1: Lesão leve (normalmente reversível)
- S2: Ferimento sério (normalmente irreversível) incluindo morte

F: Frequência da exposição ao risco

- F1: Raro a relativamente frequente e/ou baixo tempo de exposição
- F2: Frequente a contínuo e/ou tempo de exposição longo

P: Possibilidades de se evitar o risco

- P1: Possíveis sob condições específicas
- P2: Quase nunca possível

Conforme o equipamento se encaixa em cada um dos três aspectos a serem avaliados, é definida sua categoria de segurança, que será necessária para determinação no nível de segurança do circuito e dos componentes que o compõe.

Segundo a tabela de definição da categoria de segurança, o moinho no qual o projeto foi baseado está classificado como categoria 2, pois se encaixa em S2, F1, P1.

3.4. Pranchas de Projeto

Todos os circuitos, memoriais de cálculos e orçamentos, foram colocados em pranchas para plotagem, os quais possuem diversas dimensões para que seja possível a plotagem com uma boa resolução para leitura, sem desperdício de papel. Essas pranchas foram confeccionadas a partir do zero, visto que não existia nenhuma base de arquivos. Ao longo da confecção da prancha foram implementados carimbos personalizados, locais para dobragem correta das pranchas e sistema de coordenadas nas folhas para fácil identificação dos equipamentos no circuito, isso tudo obedecendo às normas vigentes sobre o assunto. O modelo de prancha em tamanho A3 pode ser visto na figura 4 a seguir:

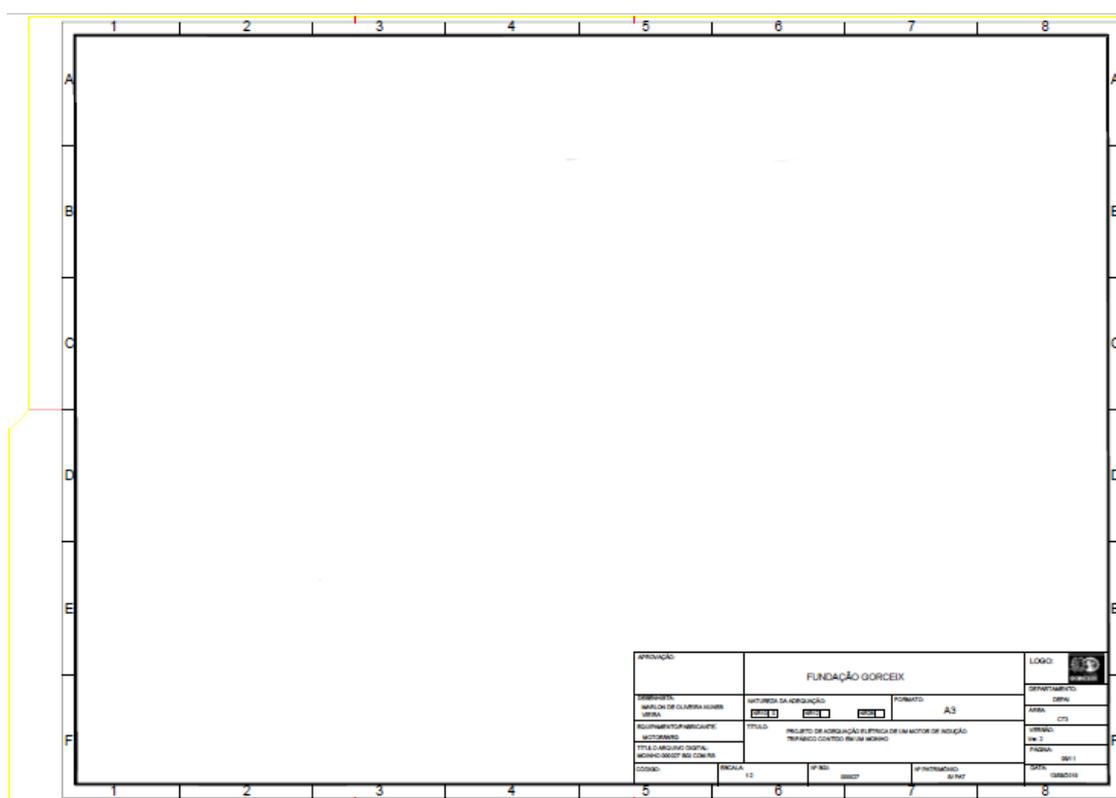


Figura 2: Exemplo de Prancha de Projeto A3

3.5. Manual de instruções de segurança, manutenção e operação do equipamento

Este documento solicitado pela própria NR-10, Norma Regulamentadora base do projeto, tem a função de transmitir ao operador ou a quem interessar as informações básicas relacionadas aos dispositivos de segurança que o equipamento possui, as instruções para se fazer a manutenção adequada e, conseqüentemente, maximizar a vida útil do equipamento, bem como instruções para uma operação correta e segura do equipamento. Esse documento pode ser visto no anexo 5.

3.6. Softwares

O CADe SIMU (2018) é um software com o qual podemos elaborar diagramas de comandos elétricos, desde partida direta de motores bem como partida de motores com soft-starters e inversores de frequência. Utilizou-se esse software para fazer a simulação do funcionamento do circuito e verificação da lógica pensada para o projeto. Após a fase de teste do circuito no primeiro software, passou-se o projeto para o Autocad Electrical (2017), que é desenvolvido pela companhia Autodesk Inc.

Tal software permite gerar em um ambiente virtual um protótipo do circuito, com materiais e condições reais e, a partir desse, gerar relatórios de quantidades de equipamentos utilizados e orçamentos que transmitem ao projetista as reais condições do projeto. Esse software também permite exportar as pranchas de desenho.

4. Resultados

Esse projeto teve duração de aproximadamente 2 semanas e meia, e contou com alguns empecilhos, dos quais se destacam principalmente o estado de conservação do equipamento, utilização de equipamentos desconhecidos e equívocos na interpretação da norma.

4.1. Primeira fase: levantamento de informações

Foi realizada inspeção do equipamento em campo, o qual encontrava-se em um galpão desativado há alguns anos. Esse equipamento se encontrava bastante deteriorado e, por isso, considerou-se necessário que fosse contemplado com um projeto de adequação.

Durante essa etapa foram realizados checklists e vistorias no equipamento, bem como coleta de imagens para documentação. Tendo em mãos os dados do equipamento iniciou-se a averiguação dos requisitos de operação da máquina, averiguando as alterações propostas pela norma.

No Relatório de Vistoria, ficou constatado que o equipamento tinha certas particularidades, a saber:

- Controle de rotação do moinho.
- Interrupção do processo por número de voltas ou tempo predefinido.
- Utilização de duas caixas para alocação dos equipamentos do circuito, uma contida no corpo do equipamento e outra em local de fácil acesso, contendo as botoeiras e sinaleiros de operação. Faz-se necessária a utilização de dois compartimentos para dispositivos, visto que apenas um compartimento seria desproporcional ao tamanho do equipamento.

4.2. Segunda fase: projeto dos circuitos

Nesta fase será apresentado o projeto propriamente dito. Como apresentado, o projeto possui certas particularidades, logo começamos a executar a confecção do circuito do mesmo no CADe SIMU, onde era possível executar e observar o funcionamento do projeto. Fez-se necessário a realização de duas simulações, devido à falta de um componente exigido pela NR-10 e que não se encontrava presente no software utilizado, o Relé de Segurança. Logo, confeccionou-se dois projetos, um com o relé de segurança que demonstrasse o esquema de ligação do mesmo, ou seja, onde cada fio seria encaixado, entretanto sua simulação não funciona e outro contendo o relé de segurança e que funcionasse na simulação para efeito de testes de lógica. Nas figuras a seguir temos representados os esquemas de ligação dos circuitos no CADe SIMU.

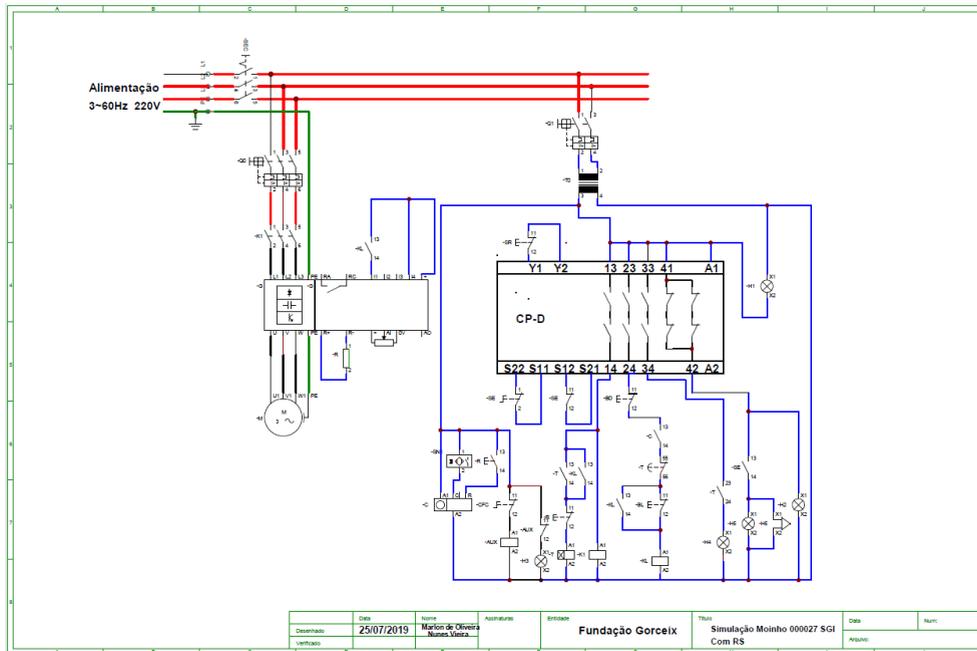


Figura 3: Esquema de ligação do circuito

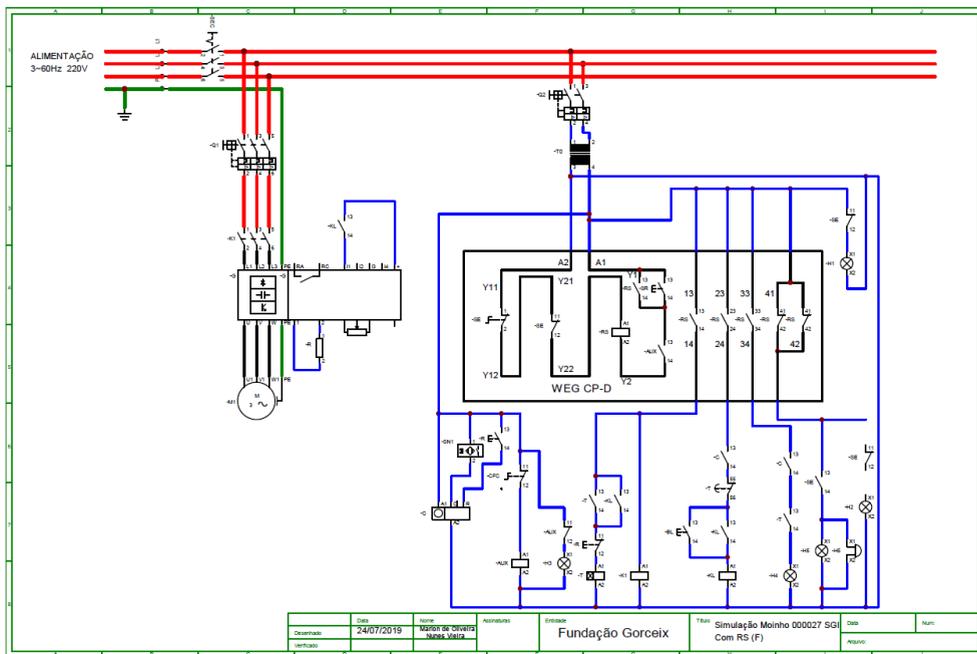


Figura 4: Simulação lógica

4.2.1. Funcionamento do circuito

O funcionamento do circuito se dá da seguinte maneira: para energizar o moinho, primeiro, deve-se, em primeiro lugar contatar o electricista responsável, pois esse irá abrir os quadros com sua chave pessoal, armar os disjuntores de comando e potência e, após isso, fechar a tampa do quadro. Feito isso, irá ligar o cabo de energia que acompanha o painel. Para isso, um plugue deve ser conectado no quadro contido no corpo do equipamento, já o outro deve ser conectado no quadro de distribuição de energia. A seguir, deve-se girar a chave seccionadora (SEC) para modificar sua posição de desliga para liga. Esta chave possui também encaixe para cadeados e etiqueta de identificação, o qual deve ser utilizado para travar o quadro na posição desliga ao se realizar qualquer tipo de manutenção. Vale frisar que cada electricista responsável pela manutenção deve possuir o conjunto de cadeado e etiqueta próprios, para que apenas o mesmo consiga destravá-lo com sua chave pessoal.

Em seguida, acende-se o sinal verde, que indica que o quadro está energizado, porém não está em funcionamento, e também o sinal azul, que significa que o relé de segurança está desarmado.

O moinho é acionado por um motor de indução trifásico. Para inicializar o moinho deve-se apertar o botão rearme (SR), o qual possui a cor azul e é acoplado ao sinal de mesma cor. Observa-se que o sinal azul apagará, indicando que o rearme foi ativado. Não é possível dar a partida no moinho sem acionar o botão de rearme. O sinal verde continuará aceso indicando que o quadro está energizado. Após pressionado o botão liga (BL) que possui a cor verde, o motor do moinho será acionado e começará a entrar em funcionamento. Observe que agora, no quadro de comando, o sinal verde continuou aceso e acendeu-se também o sinal vermelho, indicando que o equipamento está em funcionamento. É de extrema importância aguardar ao menos 5 segundos após sua partida para carregá-lo, evitando assim, sobrecargas de energia e danos às peças mecânicas do moinho.

O funcionamento do moinho se dá por ciclos de moagem, logo, fez-se necessária a adição de um temporizador e um contador de voltas, os quais são responsáveis por parar o circuito após o tempo ou pelo número de voltas pré-definido pelo operador. Após a paralisação do funcionamento do circuito, nota-se que o motor ainda continua em rotação e sua parada não ocorre imediatamente, devido ao fato de o equipamento possuir volante de inércia. Após o moinho estar imóvel, é necessário ativar a função reset do temporizador e do contador de voltas (R) caso tenha o desejo de reativar o moinho novamente. Para o funcionamento do contador de voltas, foi necessária a implantação de uma pequena chapa de metal acoplada ao corpo do moinho e devidamente posicionada. Cada vez que essa chave passa pelo sensor indutivo acoplado ao contador de voltas é adicionada uma volta a contagem. Após a paragem completa do moinho, seja por tempo ou por número de voltas, o sinaleiro vermelho é apagado, e o verde permanece em funcionamento, indicando que o moinho está energizado, porém não está em funcionamento.

É possível também, por meio do inversor de frequência definir alguns parâmetros como a rampa de aceleração, rampa de desaceleração, tornando o arranque e a frenagem do moinho mais rápida, entretanto deve-se atentar para esse tempo, pois uma arrancada ou frenagem bruscas podem vir a danificar o moinho. É possível também definir a velocidade de giro do motor através da frequência configurada no inversor de frequência.. Foi utilizado o inversor de frequência VF-S7 da Toshiba devido a empresa já possuir este equipamento em suas dependências.

Para parar o moinho, basta pressionar o botão desliga (BD) na cor vermelho, acoplado junto ao botão liga. Após este procedimento, observa-se no quadro de comando que o sinaleiro vermelho apagou, entretanto o sinaleiro verde continuou aceso, indicando que o equipamento não está mais em funcionamento, porém está energizado. Nesta operação, não se faz necessário acionar o botão rearme do relé de segurança novamente para ligar o equipamento.

Em caso de emergência, deve-se pressionar o botão de emergência, o qual é do tipo cogumelo e se encontra na cor vermelha. Feito isso, o circuito desarma imediatamente, e o sinaleiro vermelho escuro junto com o alarme sonoro é acionado, indicando o estado de perigo. O circuito só estará apto à partida após o botão de emergência ser girado para destravar após a situação de perigo ser sanada. O sinaleiro verde e o azul são apagados durante esse estado, evitando que atenção do operador seja desviada para eles, a qual deve estar voltada apenas para o estado de emergência. Após resolvida a emergência o sinaleiro verde é acionado indicando que o painel está energizado. O sinaleiro azul também é acionado indicando que o relé de

segurança foi desarmado, necessitando assim acionar o botão de rearme do relé de segurança novamente antes de religar o circuito.

Em caso das tampas do moinho estarem abertas, o motor e o circuito de comando são desarmados imediatamente e acende-se o sinaleiro amarelo. Para energizar o circuito novamente deve-se fechar as tampas do moinho. Então o sinaleiro amarelo será desligado. O sinaleiro verde continua acionado, mostrando que o quadro ainda está energizado. O sinaleiro azul também foi acionado indicando que o relé de segurança foi desarmado, necessitando assim acionar o botão rearme novamente antes de religar o circuito.

4.2.2. Dimensionamento do circuito

Para se construir um projeto elétrico, é necessário que sejam realizados uma série de procedimentos que compõem o planejamento geral. Um desses procedimentos é a parte de dimensionamento dos componentes utilizados, no qual são realizados os devidos cálculos com as seguintes finalidades: atender as demandas do projeto, dispor os componentes fisicamente de forma mais eficiente possível e promover melhor economia na hora da compra. Os dados do motor, são coletados e alimentados na prancha número 1 do projeto para facilitar o seu acesso.

Levando em consideração que o motor, o qual se deseja alimentar nesse projeto possui corrente nominal de 3.08 A, utilizou-se a tabela da figura 4 para calcular a secção dos fios:

PVC/70°C - NBR- 6148 ABNT			
Série Métrica (mm ²)	Amperes	Série Métrica (mm ²)	Amperes
1,5	15,5	70	171
2,5	21	95	207
4	28	120	239
6	36	150	272
10	50	185	310
16	66	240	364
25	89	300	419
35	111	400	502
50	134	500	578

Figura 5: Capacidade de condução de corrente por secção do cabo

Fonte: NBR-614

Sendo assim definiu-se:

- 4 mm² da alimentação até o disjuntor tripolar e do disjuntor até os contatores.
- 2.5 mm² da saída dos contatores tripolar até a saída para os motores e aterramento da tampa.
- 1.5 mm² para todo o circuito de comando.

Para o cálculo do dimensionamento do Disjuntor Tripolar, usamos a seguinte fórmula:

$$I_n * (I_p/I_n) / I_d = \text{FATOR}$$

Sendo:

- FATOR = número que será usado posteriormente para interpretar o gráfico do disjuntor.
- I_n = Corrente nominal do motor.
- I_p = Corrente de pico do motor.
- I_d = Corrente de desarme disjuntor que se pretende usar, esse valor deve fazer com que o ponto de encontro dos dados se mantenha entre as duas curvas da tabela da figura 5 a seguir:

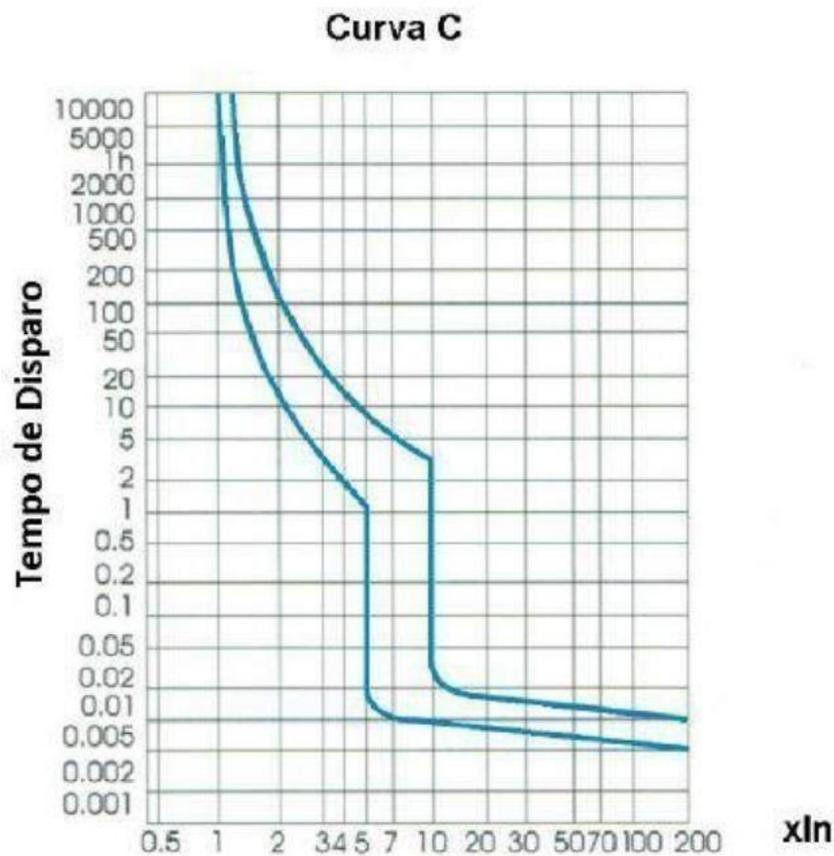


Figura 6: Tabela de Tempo de partida do motor por fator de escolha

Fonte: Catálogo JNG Materiais Elétricos (2017)

Logo, tem-se:

$$\text{FATOR} = [(3,08 * 6.2)/6]$$

$$\text{FATOR} = 3,18$$

Com isso, utilizou-se o valor do FATOR para interpretar o gráfico da curva C do disjuntor, cujo se relaciona com o tempo de 5 segundos, o qual seria o tempo máximo de partida dos motores.

Conforme estipulado na Norma IEC 694, a duração do curto circuito é de 1s. No entanto, se necessário poderá ser utilizado o valor de 3s para a duração da corrente de pico de partida do motor. Logo, para margem de segurança, utilizou-se o valor de 5 segundos.

Para o dimensionamento do disjuntor bipolar usado no circuito de comando, calculou-se o somatório das demandas de corrente de cada componente, sendo:

- Bobina do Contator: 400 mA
- Sinaleiros: 25 mA * 3 = 75 mA
- Sinalizador sonoro luminoso: 30Ma
- TOTAL: 505 mA

Sendo assim, optou-se pelo disjuntor de corrente de desarme igual a 2 A.

Para o contator optou-se pelo que suporte o trânsito de corrente de até 9A, baseando-se na corrente nominal do motor, que é 3,08A. Para o relé termomagnético, optou-se pelo relé que possui a faixa de corrente entre 2,5 a 4A, baseando-se na corrente nominal do motor.

A caixa do quadro de comando foi escolhida estrategicamente de forma que todos os componentes se disponham de maneira organizada e seja proporcional ao equipamento. Por esse motivo, fez-se necessário dividir o circuito em uma caixa localizada na parte de baixo do equipamento e outra com o comando e sinaleiros localizada na parte de operação do equipamento. Os modelos escolhidos foram o CC Plast da marca LEGRAND, referência 913445, de dimensões 468x318x160 mm e o BRCE da marca BRUM, referência BRCE-30.20.20, de dimensões 300x200x200 mm, os quais são comercialmente padronizados. Seus graus de proteção são IP 67 e IK 09 para o CC Plast e IP 66 para o BRCE.

Para a Chave Fim de Curso, optou-se por um do tipo termoplástico pois possui maior grau de proteção (IP) em relação à concorrente (Alumínio). Essas chaves são necessárias para interrupção da contagem de tempo quando a porta do equipamento é aberta, ou para acender um sinaleiro informando que a porta está aberta. O modelo escolhido foi o pistão metálico, pelas características da máquina em questão. Para o temporizador e o contador de voltas foram selecionados os modelos NT240 e o NC400 da NOVUS, respectivamente, por atenderem as

necessidades e terem um preço acessível. Já o inversor de frequência, foi selecionado o modelo ATV12H075M2 da Schneider Electric, o qual a Fundação já possui em seu estoque.

Levando em consideração categoria de segurança do equipamento, o número de entradas necessárias para os botões e sensores e as saídas para os sinaleiros e contadores, optou-se pelo relé de segurança WEG CP-D. Já a fonte de alimentação foi selecionada levando em conta a corrente e tensão necessárias para a alimentação do relé de segurança e o seu custo/benefício. O modelo escolhido foi o MDR-6024 da MEANWELL com entrada de 120/220V e saída de 24V e 2.5A.

Feitos os orçamentos, começam os projetos propriamente ditos, que consistem na confecção do circuito de potência, circuito de comando, uma vista frontal da disposição dos equipamentos no quadro e máscaras de furo em tamanho real, as quais tem a função de servir como guia para furar as placas de fixação dos componentes, bem como a tampa do quadro para aplicação das botoeiras e sinaleiros.

4.3. Terceira fase: criação da parte documental e encerramento

Após a conclusão da etapa anterior, tem início a terceira fase e última. Essa fase se baseia basicamente na criação de documentos que serão utilizados para indicar formalmente as intervenções que deverão ser feitas e para servir de guias para operação e manutenção segura do equipamento. Cada equipamento que passou pelo processo de intervenção possui os seguintes documentos:

- Orçamento contendo todos os equipamentos necessários para confecção dos quadros, facilitando a compra e a escolha dos equipamentos.
- Pranchas de Projeto: Esses documentos têm a função de relatar todos os detalhes técnicos para que os circuitos e painéis relativos à adequação possam ser confeccionados e instalados.
- Manual de Instruções de Segurança, Operação e Manutenção: Documento exigido pela legislação. Têm a função de transmitir a todos as informações para a utilização do equipamento de forma correta e segura.

5. Conclusões

O desenvolvimento desse tipo de projeto é uma alternativa para que cada vez mais empresas possam garantir a saúde e o bem-estar de seus funcionários e se adequar a legislação vigente. Pois, no cenário atual, diversas empresas, apesar de ser um requisito legal, não possuem seus equipamentos adequados as normas regulamentadoras, gerando assim riscos de acidentes.

Por fim, frisamos mais uma vez que o projeto não foi implementado fisicamente devido a falta de verba devido a pandemia, entretanto o projeto encontra-se totalmente aplicável no campo da empresa e servido como base para desenvolvimento como base para futuras adequações em outros maquinários.

Deixo aqui como sugestão para continuidade do trabalho apresentado, onde é possível aprimorar a adequação, aumentar a segurança e diminuir os custos:

Viabilidade do serviço com base na mão de obra e tempo de serviço;

Projeto visando a adequação das máquinas a NR-26 – SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

Comparação da viabilidade, facilidade de implementação e custos na utilização de inversores de frequência ou CLP`s.

6. Referências

AutoCAD Electrical (2017), Software para execução de projetos elétricos. Desenvolvido por Autodesk. [Download em 23 de novembro de 2018]. Disponível em <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/autocad-electrical/downloads/caas/downloads/downloads/PTB/content/autocad-electrical-2017-service-pack-1.html>

CADe SIMU (2018), Software para execução de projetos elétricos. Desenvolvido por Juan Lus Vilanueva Montoto. [Download em 22 de novembro de 2018]. Disponível em <https://www.cadesimu.net>

Catálogo JNG Materiais Elétricos (2017) - Curva Característica C. [imagem online]. Disponível em: <{56B60113-9950-4AB2-AC53-66EBB97D121A}_{E669F047-D86D-4243-A1BF-0F6B9E09E281}_{79BBB7D4-8DF7-499A-BF91-B788FDAF39C7}_Catálogo 2016.2017 geral - comprimido.pdf (jng.com.br)> [Acesso em 20 de novembro de 2019]

Corrêa, M. U., (2011). SISTEMATIZAÇÃO E APLICAÇÕES DA NR-12 NA SEGURANÇA EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. Dissertação de Curso de Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. [Consultado em 1 de dezembro de 2019]. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/836/MONOGRAFIA%20-%20Martinho%20Ullmann%20Corrêa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Geraldo de Oliveira, S., (2007). ESTRUTURA NORMATIVA DA SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHADOR NO BRASIL. REVISTA DO TRIBUNAL REGIONAL DO TRABALHO DA 3ª REGIÃO. 45(75), 107–130. [Consultado em 25 de novembro de 2019]. Disponível em: https://www.trt3.jus.br/escola/download/revista/rev_75/Sebastiao_Oliveira.pdf

Mendes, R., (2001). Máquinas e Acidentes de Trabalho. Coleção Previdência Social [em linha]. 13, 86. [Consultado em 3 de dezembro de 2019]. Disponível em: http://www2.mte.gov.br/seg_sau/pub_cne_acidentes_trabalho.pdf

Normas Regulamentadoras - NR. Ministério do Trabalho e Previdência. [Consultado em 5 de dezembro de 2019]. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>

Nunes, E. d. G. S., (2016). PREVENÇÃO CONTRA CHOQUE ELÉTRICO EM EDIFICAÇÕES PREDIAIS DO DISTRITO FEDERAL: ESTUDO EXPLORATÓRIO DAS NORMAS NR 10, NBR 5410 e NBR 5419. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. [Consultado em 1 de dezembro de 2019]. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/17175/1/2016_EduardoGodoiSaldanha_tcc.pdf

7. ANEXO 1

Formulário Individual de campo | NR-10

Responsável pela vistoria: <i>Marlon de Oliveira Nunes</i>	
Data: <i>26/09/2018</i>	Local Vistoriado: <i>Galpão de Armazenamento</i>
Equipamento: <i>000027</i>	Fabricante: <i>Desconhecido</i>
Descrição do Equipamento: <i>Motivo de ralos de médio porte, bem desgastado.</i>	

Análise Elétrica (NR-10):

Especificações do motor:

TIPO		POTÊNCIA		TENSÃO
PARTIDA DIRETA	INVERSOR / POT.	PROPRIETÁRIO	W / HP	V
<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Fundação Goiana</i>	<i>0,75 W / 1,0 HP</i>	<i>220 / 380</i>
CORRENTE	F.P.	LIGAÇÃO / TOMADA	I.P.	Fabricante:
<i>A</i>	<i>Cos Ø</i>	<i>Quantidade de fases</i>	<i>6,2</i>	<i>Desconhecido</i>
<i>3,08 / 1,78</i>	<i>0,82</i>	<i>3</i>		

Necessita de quadro de acionamento separado? Sim Não

Materiais e Custos:

Materiais necessários para confecção de peças:

Nome:	Unidade:	Quantidade:	Preço Un:	Preço Total:
<i>Isola. Peq</i>	<i>VF57</i>	<i>1</i>	<i>Em estoque</i>	<i>0,00</i>
<i>Temperizador</i>	<i>-</i>	<i>1</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Contatos de relé</i>	<i>-</i>	<i>1</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Dois caixas Sprinkler</i>	<i>-</i>	<i>2</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Pintura</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

Dimensões (cm):	Altura: <i>1 m</i>	Comprimento: <i>1,5 m</i>	Largura: <i>1 m</i>
------------------------	--------------------	---------------------------	---------------------

Aprovação:

Aprovado pela Segurança do Trabalho? Sim Não
 Aprovado pelo responsável DEPAI/NAC? Sim Não

Observações:

Marlon de Oliveira Nunes Vieira

Vistoriador

8. ANEXO 2

Rua Carlos Walter
 Mineiros Campos 37
 Vila Itacolomy - Ouro Preto, MG 31400-000
 (51) 3358-1474
 DEPAI - Departamento de Análises e Inspeções
 depai@gorcem.org.br



Estado de conservação do equipamento

Responsável pela vistoria: <i>Martim de Oliveira</i>	
Data: <i>26/03/2018</i>	Local Vistoriado: <i>Galpão de Armazenamento</i>
Equipamento: <i>000027</i>	Fabricante: <i>Desconhecido</i>

Estado de conservação física do equipamento:

Pinturas:

Ruim Ótimo

Amassados:

Ruim Ótimo

Trincas nas estruturas e nas soldas:

Ruim Ótimo

Estado de conservação do motor do equipamento:

Motor:

Ruim Ótimo

Estado da base do motor de fixação:

Ruim Ótimo

Pintura:

Ruim Ótimo

Aletas:

Ruim Ótimo

Tampa de conexões elétricas:

Ruim Ótimo

Proteção traseira do motor, hélice da refrigeração:

Ruim Ótimo

Possui quadro de energia?
 SIM NÃO

Alguma obs sobre o quadro?
Quadro de partida direta simples.

9. ANEXO 3

Rua Carlos Walter
Marinho Campos, 57
Vila Itacolomy - Ouro Preto - MG - 35400-000
-11-35 59 7474
DEPAI - Departamento de Análises e Inovações
depaio@gorceix.org.br



Relatório de Vistoria: Moinho 000027	
Número do Documento	000027
Responsável	Marlon de Oliveira
Dia	26/09/2018
Local	Galpão de Armazenamento
Horário	10:00
Máquina Observada	Moinho de Rolos
SGI/PAT	000027
Descrição	Moinho de médio porte, bem desgastado
Modelo	Desconhecido
Fabricante	Desconhecido

Vistas



Figura 1 – Vista Superior



Figura 2 - Vista Lateral



Figura 3 - Placa do motor

Alterações a serem efetuadas com base na NR-10

- Motor: Como o motor se encontra na parte inferior do equipamento telas de arame galvanizado serão adicionadas ao contorno da base da máquina para protegê-lo sem atrapalhar a troca de calor com o meio.
- Controle de rotação do moinho (inversor de frequência)
- Interrupção do processo por número de voltas ou tempo predefinido.
- Utilização de duas caixas para alocação dos equipamentos do circuito, uma contida no corpo do equipamento e outra em local de fácil acesso, contendo as botoeiras e sinaleiros de operação. Isso se faz necessário pelo fato de que se utilizasse apenas uma caixa para o painel elétrico, ela ficaria desproporcional ao tamanho do equipamento.

10. ANEXO 4

Manual de instruções

Instruções operacionais

Uma boa inspeção irá garantir muitos anos de operação de sucesso do seu moinho. Não confie apenas na memória para controlar a manutenção periódica necessária do moinho: faça sempre um registro por escrito para obter maior precisão das suas informações. A realização regular de inspeções de pré-partida e de manutenção irá lhe proporcionar economias com a eliminação de paradas não programadas e com o aumento da vida útil do moinho.

Energização do Moinho

Para energizar o britador, primeiro, deve-se, em primeiro lugar contactar o electricista responsável, pois esse irá abrir o quadro com sua chave pessoal, e armar os disjuntores de comando e potência e após isso fechar a tampa do quadro. Feito isso irá ligar o cabo de energia que o acompanha. Para isso, um plugue deve ser conectado no quadro contido no corpo do equipamento, já o outro deve ser conectado no quadro de distribuição de energia. A seguir, deve-se girar a chave seccionadora para modificar sua posição de DESLIGA para LIGA.



Figura 1: Chave Seccionadora

Em seguida o sinaleiro verde, que indica que o quadro está energizado, e o sinaleiro azul, que significa que o relé de segurança está desarmado, ficam acesos.



Figura 2: Sinaleiro verde e sinaleiro azul

Partida do Moinho

O moinho é acionado por um motor de indução trifásico. Não coloque carga (minério) no equipamento durante seu ciclo de acionamento (5 segundos após a partida). Para inicializar o moinho, siga os procedimentos abaixo:

1. Certifique-se de que o moinho está parado e descarregado.
2. Aperte o botão de rearme (AZUL, acoplado ao sinaleiro AZUL). Observe que o sinaleiro AZUL apagará, indicando que o rearme foi ativado. Não é possível dar a partida no moinho sem acionar o botão de rearme. O sinaleiro verde continuará aceso indicando que o quadro está energizado.



Figura 3: Botão azul com sinaleiro acoplado

3. Aperte o botão LIGA (VERDE).



Figura 4: Botão liga-desliga conjugado e ressaltado

O motor do moinho será acionado e entrará em funcionamento. Observe que agora, no quadro de comando, o sinaleiro VERDE continuou aceso e acendeu-se também o sinaleiro VERMELHO, indicando que o equipamento está em funcionamento.



Figura 5: Sinaleiro vermelho

Importante: Espere pelo menos 5 segundos após sua partida para carregá-lo.

Parada do Moinho



Importante: Devido ao fato de o equipamento possuir volante de inércia, sua parada não ocorre imediatamente. Em hipótese alguma desligue o britador com carga dentro, pois não será possível retirá-la com ele desligado, travando futuramente seu reinício.

1. Para parar o moinho, basta pressionar o botão DESLIGA (VERMELHO).



2. Após este procedimento, observe no quadro de comando que o sinaleiro VERMELHO apagou, entretanto o sinaleiro VERDE continuou aceso, indicando que o equipamento **não está mais em funcionamento, porém está energizado**. Nesta operação, não se faz necessário acionar o botão REARME novamente para ligar o equipamento.

Parada de emergência

Em caso de emergência, pressione o botão de **EMERGÊNCIA** (VERMELHO COGUMELO).



Figura 5: Botão do tipo cogumelo

Observe que nesse caso, o circuito desarmou imediatamente, e o sinaleiro VERMELHO SONORO foi acionado, indicando o estado de perigo. O circuito só estará apto à partida após o botão cogumelo de **EMERGÊNCIA** ser girado para destravar (**APENAS DESTRAVE-O SE A EMERGÊNCIA TIVER SIDO REPARADA**).



Figura 6: Sinaleiro vermelho do tipo sonoro

O sinaleiro VERDE também permanece acionado indicando que o painel está energizado. O sinaleiro AZUL também foi acionado indicando que o relé de segurança foi desarmado, necessitando assim acionar o botão REARME novamente antes de religar o circuito.

Parada por tampa aberta

Em caso de alguma das tampas do moinho estarem abertas, o motor e o circuito de comandos são desarmados imediatamente e acende-se o sinalizador AMARELO. Para energizar o circuito novamente deve-se fechar as tampas do moinho. Então o sinalizador AMARELO será desligado.



Figura 7: Sinalizador Amarelo

Note que o sinalizador VERDE continua acionado, mostrando que o quadro ainda está energizado. O sinalizador AZUL também foi acionado indicando que o relé de segurança foi desarmado, necessitando assim acionar o botão REARME novamente antes de religar o circuito.

Risco de choque Elétrico durante a operação e manutenção do painel de comando

Devido ao risco de choque elétrico é obrigatória a utilização de: Capacete de segurança classe B, Botina de segurança sem material metálico, Luva Isolante de Borracha, Luva de Segurança, Manga Isolante de Borracha, Protetor Facial Contra Arco Elétrico, Vestimentas Especiais.

Além da obrigatoriedade no uso do EPI, os operadores devem receber treinamento adequado, bem como o pessoal técnico responsável pela manutenção, sendo necessário passar por reciclagem periódica conforme a NR-10.

Para garantir o cumprimento das funções de segurança, mesmo após a ocorrência de um defeito, foi selecionado o relé de segurança WEG CP-D, o qual possui categoria 4.

11. ANEXO 5

1) ALIMENTAÇÃO

A) TENSÃO NOMINAL/FREQUENCIA NOMINAL	220V/60Hz
B) CORRENTE NOMINAL A PARTIR DO DISJUNTOR GERAL	6 A

2) CARACTERÍSTICAS DO QUADRO

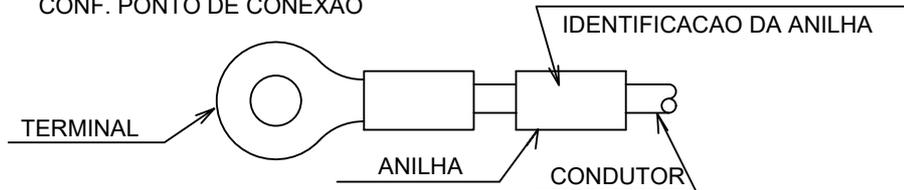
A) ENTRADA DE CABOS	INFERIOR
B) SAIDA DE CABOS	INFERIOR
C) FECHADURA PORTA	TIPO YALE
D) ÂNGULO DE ABERTURA DA PORTA	120°
E) EXPESSURA CHAPA CORPO E PORTA	1.2mm
F) EXPESSURA CHAPA PLACA DE MONTAGEM	1.5mm
G) PINTURA DO CORPO E PORTA	RAL 2003

3) CARACTERÍSTICAS DO MOTOR

A) TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO	220/380 V
B) CORRENTE NOMINAL PARA 220 V	3,08/1,78 A
C) VELOCIDADE DE GIRO	1730 RPM
D) POTÊNCIA	0.75 KW / 1 CV
E) I.P.	55

4) IDENTIFICACAO DOS TERMINAIS

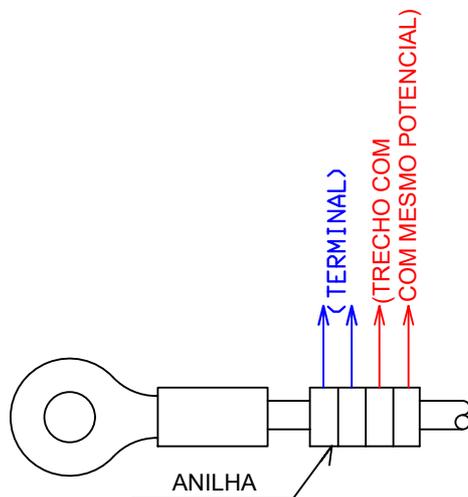
CONF. PONTO DE CONEXAO



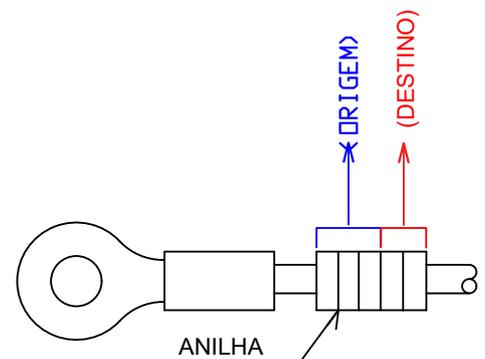
A) TIPO DO TERMINAL - FORÇA/OUTROS

OLHAL/PINO/GARFO

COMANDO



POTÊNCIA



FUNDAÇÃO GORCEIX



DEPARTAMENTO:

DEPAI

DESENHISTA:
MARLON DE OLIVEIRA NUNES
VIEIRA

NATUREZA DA ADEQUAÇÃO:

NR10 NR12 NR26

FORMATO:

A4

ÁREA:

CT3

EQUIPAMENTO/FABRICANTE:
MOTOR/WEG

TÍTULO:

PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO
TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO

PÁGINA:

01/11

TÍTULO ARQUIVO DIGITAL:
MOINHO 000027 COM RS

ESCALA:

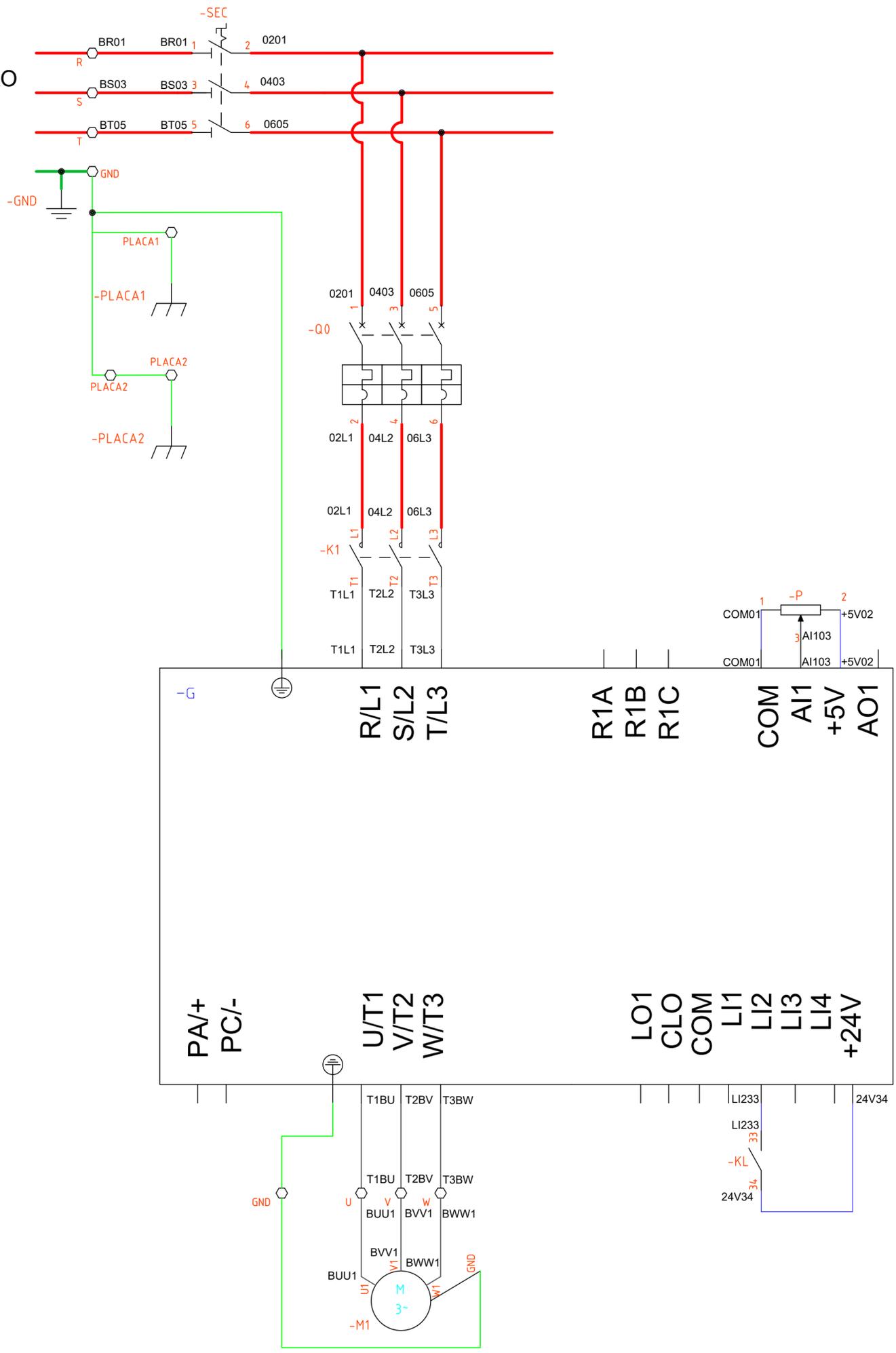
Nº PATRIMÔNIO:

000027

DATA:

13/09/2019

ALIMENTAÇÃO
3~60Hz 220V



**Sistema de anilhamento
Circuito de Potência**

O sistema de anilhamento possui 4 ou 5 anilhas. No caso de 4 anilhas, as 2 primeiras são referentes a origem e as 2 últimas são o destino (o B nas anilhas do circuito de potência significa borne). Já no caso de possuir 5 anilhas, as 3 primeiras são referentes ao terminal de origem e as 2 últimas referentes ao terminal de destino.

Legenda de fios

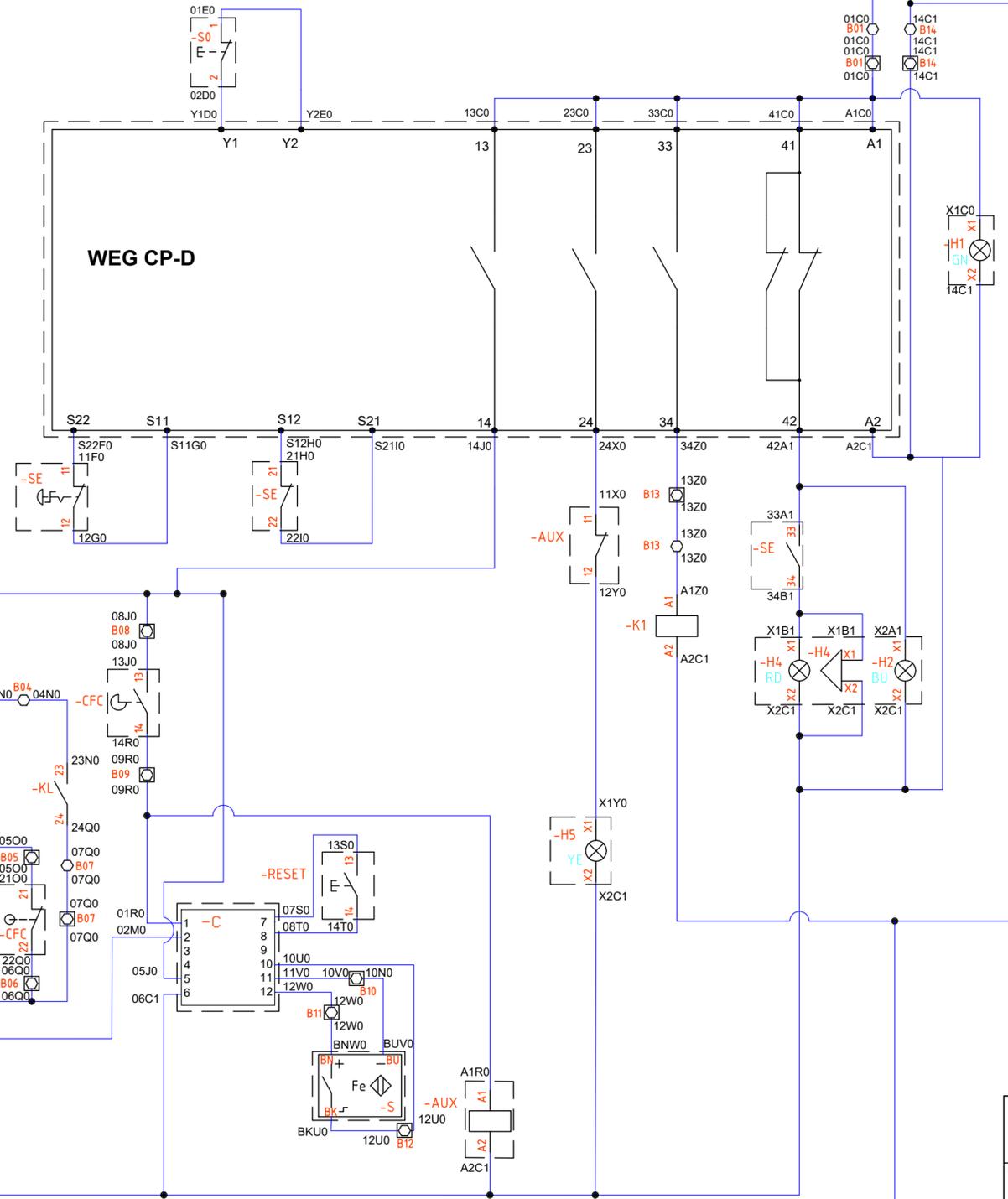
- Vermelho - Fio com secção de 4 mm²
- Preto - Fio com secção de 2.5 mm²
- Azul - Fio com secção de 1.5 mm²
- Verde - Fio que representa potencial Terra.

FUNDAÇÃO GORCEIX			DEPARTAMENTO: DEPAI
DESENHISTA: MARLON DE OLIVEIRA NUNES VIEIRA	NATUREZA DA ADEQUAÇÃO: NR10 <input checked="" type="checkbox"/> NR12 <input type="checkbox"/> NR26 <input type="checkbox"/>	FORMATO: A2	ÁREA: CT3
EQUIPAMENTO/FABRICANTE: MOTOR/WEIG	TÍTULO: PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO	PÁGINA: 02/11	
TÍTULO ARQUIVO DIGITAL: MOINHO 000027 COM RS	ESCALA: 1:1	Nº PATRIMÔNIO: 000027	DATA: 13/09/2019

Sistema de anilhamento
Circuito de Comando

O sistema de anilhamento possui 4 ou 5 anilhas. No caso de 4 anilhas as 2 primeiras são referentes ao terminal do componente e as 2 últimas são o trecho do circuito. Já no caso de possuir 5 anilhas, as 3 primeiras são referentes ao terminal do componente e as 2 últimas referentes ao trecho do circuito. As anilhas dos bornes de comando não possuem a letra B.

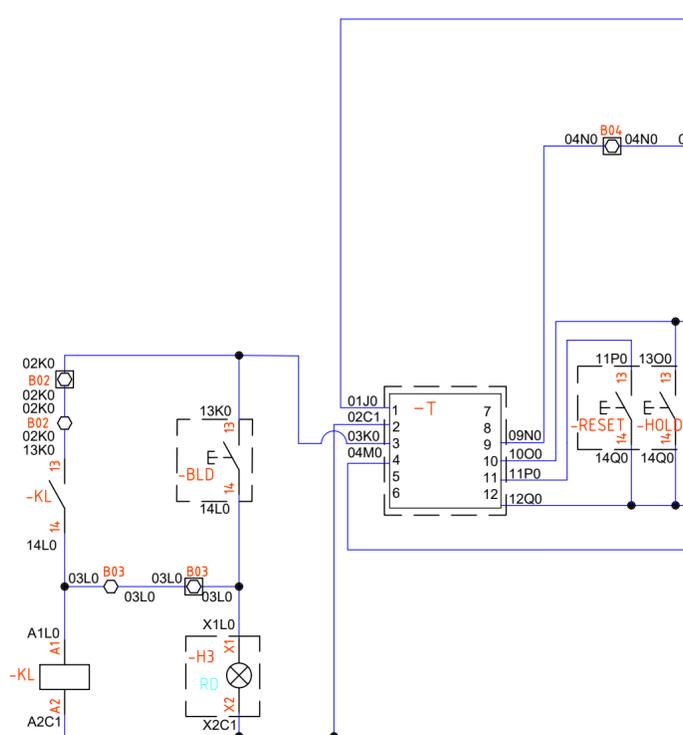
ALIMENTAÇÃO
3~60Hz 220V



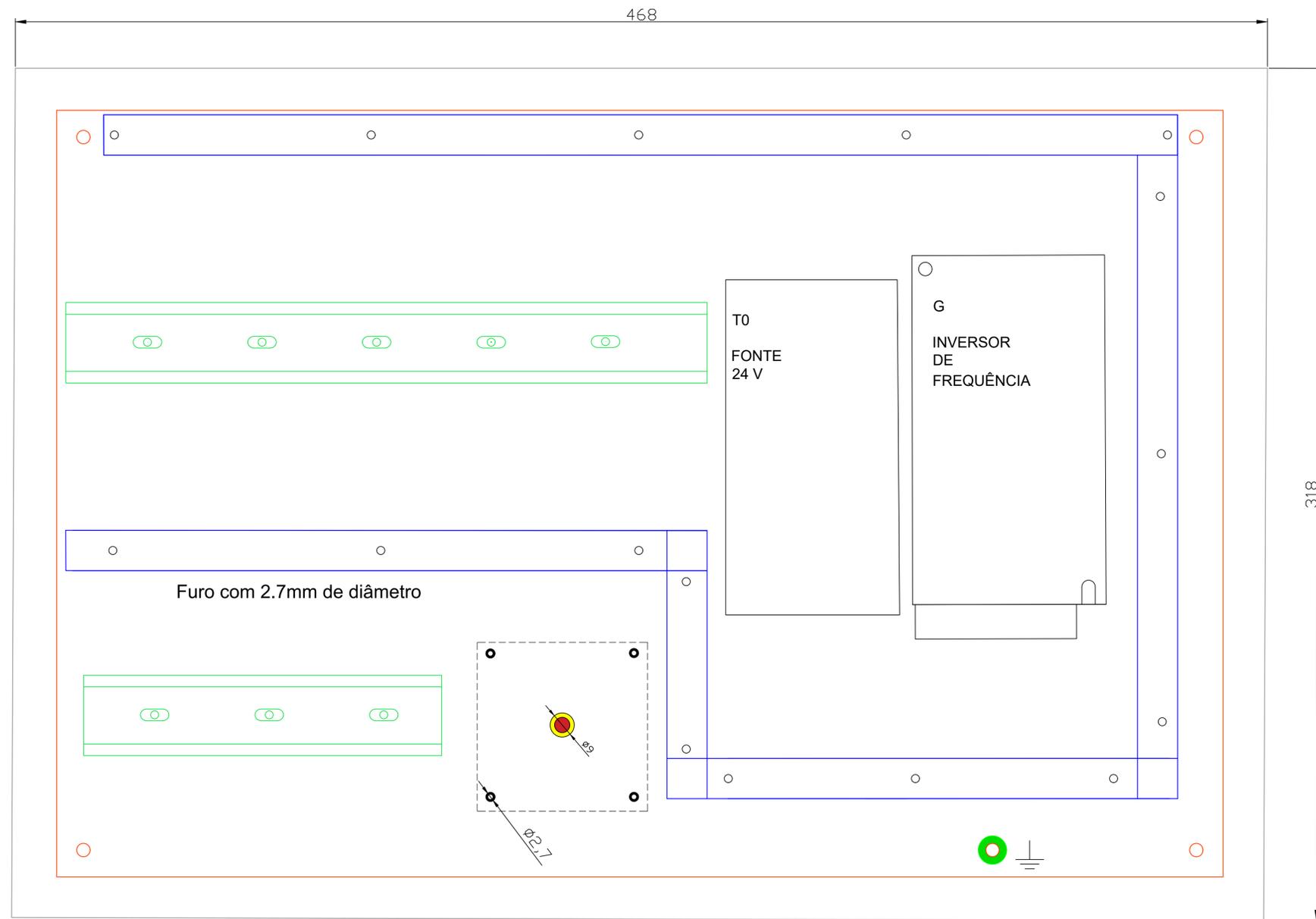
Legenda de fios

- Vermelho - Fio com secção de 4 mm²
- Preto - Fio com secção de 2.5 mm²
- Azul - Fio com secção de 1.5 mm²
- Verde - Fio que representa potência Terra.

Obs.: Todos os componentes e elementos que se encontram fora da CAIXA 1 (contida no corpo do equipamento), estão envolvidos por um retângulo pontilhado. Dentre esses elementos estão os sinaleiros, botões e bornes da CAIXA 2, e os sensores e chave fim de curso.

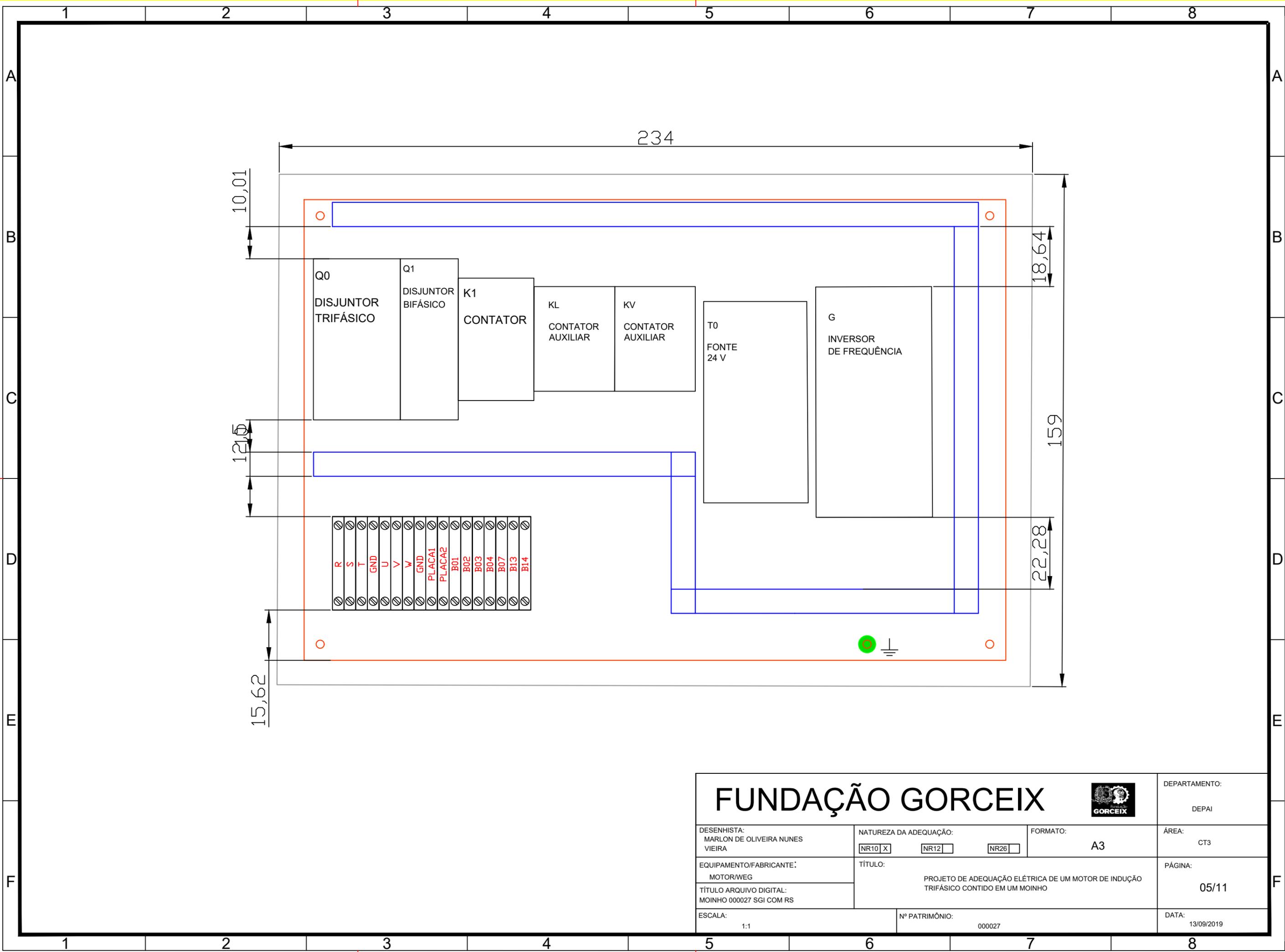


FUNDAÇÃO GORCEIX				DEPARTAMENTO: DEPAI
DESENHISTA: MARLON DE OLIVEIRA NUNES VIEIRA	NATUREZA DA ADEQUAÇÃO: NR10 X NR12 NR26	FORMATO: A2	ÁREA: CT3	
EQUIPAMENTO/FABRICANTE: MOTORWEG	TÍTULO: PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO	PÁGINA: 03/11		DATA: 13/09/2019
TÍTULO ARQUIVO DIGITAL: MOINHO 000027 COM RS	ESCALA: 1:1	Nº PATRIMÔNIO: 000027		



Obs.: Essa caixa fica localizada no corpo do equipamento, por esse motivo ela não possui furos na tampa, pois seus botões e sinaleiros foram realocados na CAIXA 2, exceto os furos da chave seccionadora que estão localizados na tampa da CAIXA 1 (furos que estão dentro do retângulo pontilhado).

FUNDAÇÃO GORCEIX			DEPARTAMENTO: DEPAI	
DESENHISTA: MARLON DE OLIVEIRA NUNES WEIRA	NATUREZA DA ADEQUAÇÃO: NR10 X NR12 NR20	FORMATO: A1	ÁREA: CT3	
EQUIPAMENTO/FABRICANTE: MOTORWEG	TÍTULO: PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO		PÁGINA: 04/11	
TÍTULO ARQUIVO DIGITAL: MOINHO 000027 SGI COM RS	Nº PATRIMÔNIO: 000027		DATA: 13/09/2019	
ESCALA: 1:1				



FUNDAÇÃO GORCEIX



DEPARTAMENTO:
DEPAI

DESENHISTA:
MARLON DE OLIVEIRA NUNES
VIEIRA

NATUREZA DA ADEQUAÇÃO:
 NR10 NR12 NR26

FORMATO:
A3

ÁREA:
CT3

EQUIPAMENTO/FABRICANTE:
MOTORWEG

TÍTULO:
PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO

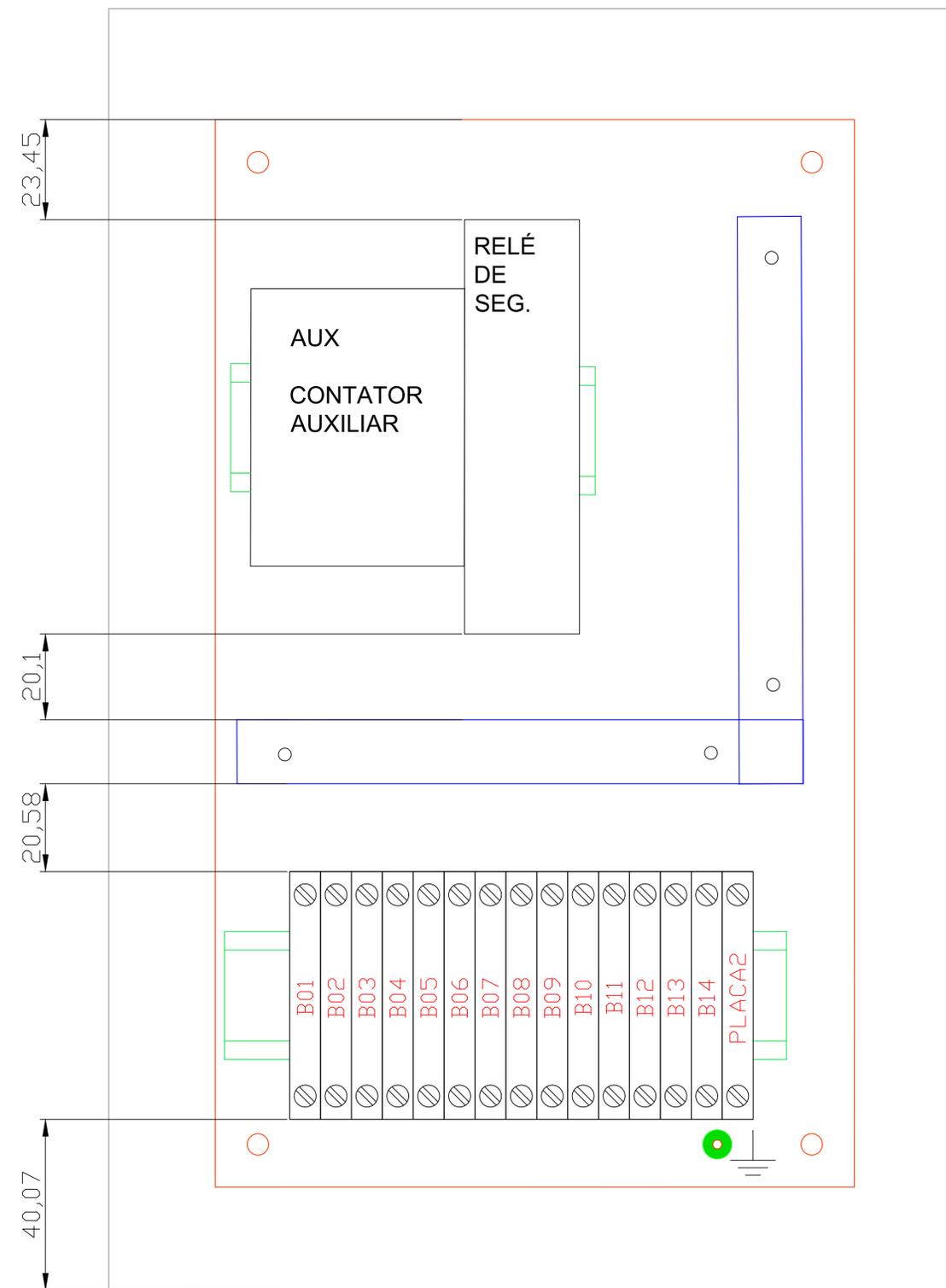
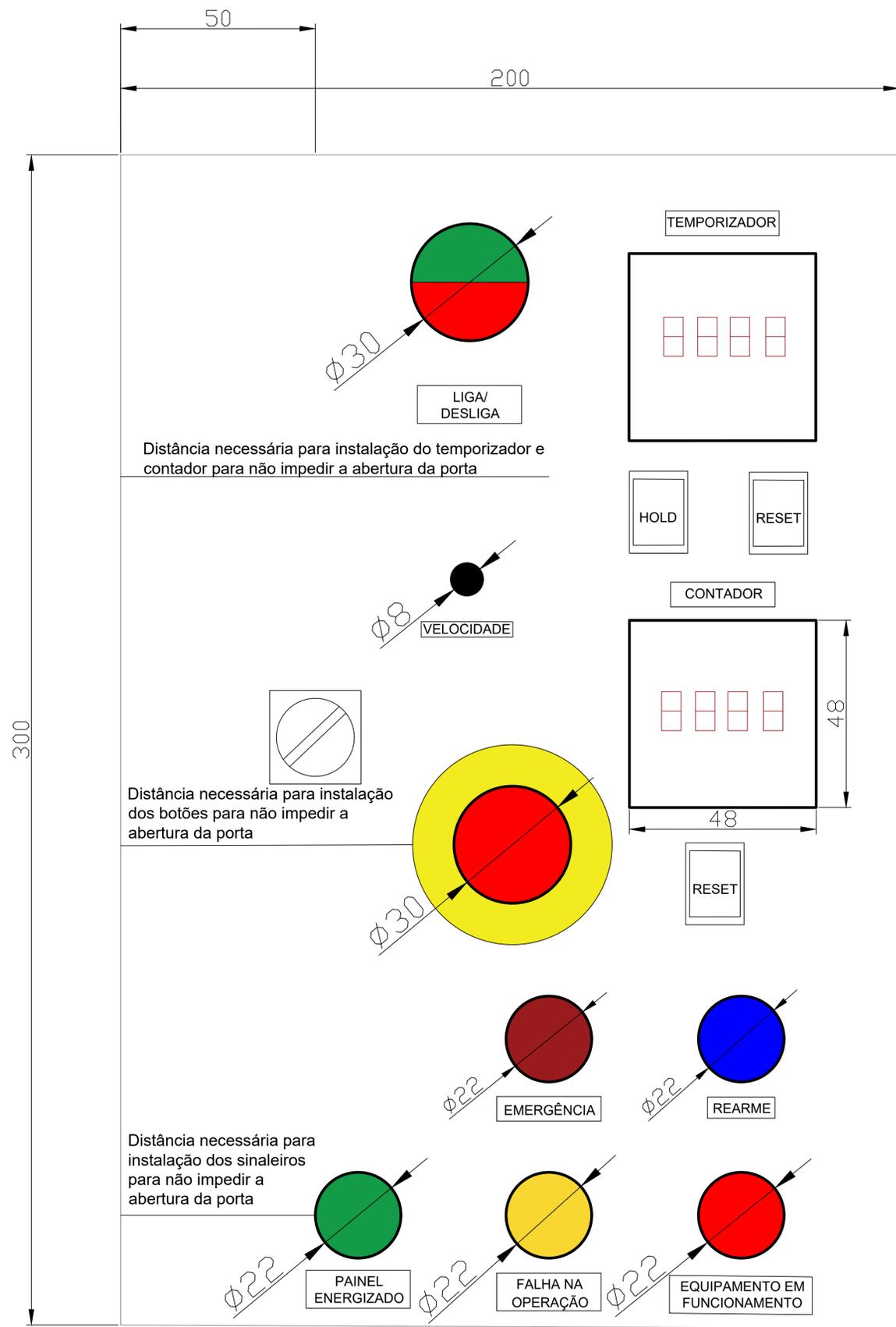
PÁGINA:
05/11

TÍTULO ARQUIVO DIGITAL:
MOINHO 000027 SGI COM RS

ESCALA:
1:1

Nº PATRIMÔNIO:
000027

DATA:
13/09/2019



FUNDAÇÃO GORCEIX				DEPARTAMENTO: DEPAI
DESENHISTA: MARLON DE OLIVEIRA NUNES VIEIRA	NATUREZA DA ADEQUAÇÃO: NR10 <input checked="" type="checkbox"/> NR12 <input type="checkbox"/> NR26 <input type="checkbox"/>	FORMATO: A1	ÁREA: CT3	
EQUIPAMENTO/FABRICANTE: MOTOR/WEG	TÍTULO: PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO		PÁGINA: 06/11	
TÍTULO ARQUIVO DIGITAL: MOINHO 000027 SGI COM RS	ESCALA: 1:1	Nº PATRIMÔNIO: 000027	DATA: 13/09/2019	

Orçamento - Moinho 000027 COM RS							
TAGS	QTD.	CATÁLOGO	MARCA	DESCRIÇÃO	PREÇO(UND)	PREÇO	
Q0	1	SDD63C06	STECK	DISJUNTOR TRIPOLAR 6A - CURVA C	R\$ 40,62	R\$ 40,62	
Q1	1	SDD62C02	STECK	DISJUNTOR TRIPOLAR 2A - CURVA C	R\$ 28,15	R\$ 28,15	
K1	1	SD109A10B	STECK	CONTATOR TRIPOLAR 9A (1NA DE FÁBRICA)	R\$ 83,46	R\$ 83,46	
K1	1	SF11	STECK	BLOCO DE CONTATOS AUXILIARES COM 1NA E 1NF	R\$ 28,14	R\$ 28,14	
KL	1	SCR640B	STECK	CONTATOR AUXILIAR BOBINA 24V (4NA)	R\$ 40,00	R\$ 40,00	
KV	1	SCR631B	STECK	CONTATOR AUXILIAR BOBINA 24V (3NA E 1NF)	R\$ 40,00	R\$ 40,00	
AUX	1	SCR622B	STECK	CONTATOR AUXILIAR BOBINA 24V (2NA E 2NF)	R\$ 40,00	R\$ 40,00	
G	1	VFS7	TOSHIBA	INVERSOR DE FREQUÊNCIA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
C	1	NC400	NOVUS	CONTADOR DE VOLTAS	R\$ 550,00	R\$ 550,00	
T	1	NT240	NOVUS	TEMPORIZADOR	R\$ 650,00	R\$ 650,00	
S	1	NI12-1002-POW	NOVUS	SENSOR INDUTIVO 3 FIOS	R\$ 50,00	R\$ 50,00	
SE	1	SLPFN1R3	STECK	BOTÃO DE EMERGÊNCIA TIPO COGUMELO (GIRAR PARA DESTRAVAR)	R\$ 23,81	R\$ 23,81	
SE	2	SLPL42/SLPL41	STECK	1 CONTATO AUXILIAR NA E 1 CONTATO AUXILIAR NF	R\$ 5,90	R\$ 11,80	
BL	1	SLMDLM	STECK	BOTÃO DUPLO VERMELHO/VERDE	R\$ 24,14	R\$ 24,14	
BL	2	SLPL42/SLPL41	STECK	1 CONTATO AUXILIAR NA E 1 CONTATO AUXILIAR NF	R\$ 5,90	R\$ 11,80	
S0	1	SLPRL4	STECK	BOTÃO LUMINOSO AZUL	R\$ 24,14	R\$ 24,14	
S0	2	SLPL41/SLPL47	STECK	1 CONTATO AUXILIAR NF E 1BLOCO DE LAMPADA ALIMENTAÇÃO DIRETA 6~380V	R\$ 9,83	R\$ 19,66	
S0	1	BA9s	-	LED BRANCO 24V	R\$ 3,50	R\$ 3,50	
P	1	5KB	VIEW TECH	POTÊNCIOMETRO LINEAR ROTATIVO 5K	R\$ 15,54	R\$ 15,54	
HOLD/RESET	3	-	-	CHAVE DE GANGORRA	R\$ 24,90	R\$ 74,70	
CFC	1	SP1CZ11	STECK	CHAVE FIM DE CURSO - SÉRIE TERMOPLÁSTICO	R\$ 59,35	R\$ 59,35	
H1	1	SLDS242	STECK	SINALIZADOR LED VERDE - 24V	R\$ 8,02	R\$ 8,02	
H3	1	SLDS241	STECK	SINALIZADOR LED VERMELHO - 24V	R\$ 8,02	R\$ 8,02	
H4	1	SLG241	STECK	SINALIZADOR LUMINOSO E SONORO VERMELHO - 24V	R\$ 8,02	R\$ 8,02	
H5	1	SLDS243	STECK	SINALIZADOR LED AMARELO - 24V	R\$ 20,95	R\$ 20,95	
GND	1	SKT16	STECK	BORNE TERRA ENTRADA	R\$ 9,26	R\$ 9,26	
U/V/W	3	SK10	STECK	BORNE FASE SAÍDA	R\$ 2,14	R\$ 6,42	
GND/PLACA1/2 X PLACA2	4	SKT10	STECK	BORNE TERRA SAÍDA	R\$ 6,58	R\$ 26,32	
B01 À B14	21	SK25	STECK	BORNE CHAVE FIM DE CURSO E SENSOR INDUTIVO	R\$ 2,14	R\$ 44,94	
-	1	-	-	TRILHO DE COMPONENTES DIN	R\$ 5,99	R\$ 5,99	
-	1	105.069	DUTOPLAST	CANALETAS INDUSTRIAL DE PVC RECORTE ABERTO - 15x22 mm	-	-	
-	1	-	PIRELLI/SIL/CORFIO	FIO 4mm ²	-	-	
-	1	-	PIRELLI/SIL/CORFIO	FIO 2.5mm ²	-	-	
-	1	-	PIRELLI/SIL/CORFIO	FIO 1.5mm ²	-	-	
-	1	913445	LEGRAND	QUADRO CC Plast 468x318x160 mm	R\$ 385,60	R\$ 385,60	
-	1	BRCE-30.20.20	BRUM	QUADRO BRCE 300x200x200 mm	R\$ 120,45	R\$ 120,45	
SEC	1	5TW3 080-2/5TW0 048-8	SIEMENS	SECCIONADOR TRIPOLAR 20CV + ACIONAMENTO ROTATIVO COM TRAVAMENTO POR CADEFADO	R\$ 406,33	R\$ 406,33	
-	1	CP-D	WEG	RELÉ DE SEGURANÇA - 24V E 6A - IP20	R\$ 350,00	R\$ 350,00	
TO	1	MDR-6024	MEANWELL	FONTE DE ALIMENTAÇÃO ESTABILIZADA - ENTRADA:120/220V - SAÍDA:24V E 2.5A	R\$ 179,99	R\$ 179,99	
-	2	N4579	STECK	PLUGUE 4 POLOS - 220/250V E 63A - IP67	R\$ 90,53	R\$ 181,06	
-	1	N4509	STECK	TOMADA DE SOBREPOR DE 4 POLOS - 220/250V E 63A - IP67	R\$ 106,87	R\$ 106,87	
Orçamento realizado em maio de 2018. (Dólar: R\$ 3,65)						TOTAL:	R\$ 3.687,05

FUNDAÇÃO GORCEIX



DEPARTAMENTO:

DEPAI

DESENHISTA:
MARLON DE OLIVEIRA NUNES
VIEIRA

NATUREZA DA ADEQUAÇÃO:
 NR10 NR12 NR26

FORMATO:
A3

ÁREA:
CT3

EQUIPAMENTO/FABRICANTE:
MOTOR/WEG

TÍTULO:
PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO

PÁGINA:
07/11

TÍTULO ARQUIVO DIGITAL:
MOINHO 000027 SGI COM RS

ESCALA:
1:1

Nº PATRIMÔNIO:
000027

DATA:
13/09/2019

Para se construir um projeto elétrico, é necessário que sejam realizados uma série de procedimentos que compõem o planejamento geral. Um desses procedimentos é a parte de dimensionamento dos componentes utilizados, no qual são realizados os devidos cálculos com as seguintes finalidades: atender as demandas do projeto, dispor os componentes fisicamente de forma mais eficiente possível e promover melhor economia na hora da compra.

Levando em consideração que o motor, o qual se deseja alimentar possui corrente nominal de 3.08 A, utilizou-se a tabela abaixo para calcular a bitola dos fios, sendo: 4 mm² da alimentação até o disjuntor tripolar e do disjuntor até os contatores.

2.5 mm² da saída dos contatores tripolar até a saída para os motores e aterramento da tampa

1.5 mm² para todo o circuito de comando

Para o cálculo do dimensionamento do

Disjuntor Tripolar, usamos a seguinte

fórmula:

$$I_n * (I_p / I_n) / I_d = \text{FATOR}$$

Sendo:

I_n = Corrente nominal do motor

I_p = Corrente de pico do motor

I_d = Corrente de desarme disjuntor que

se pretende usar

FATOR = número que será usado

posteriormente para interpretar o

gráfico do disjuntor.

PVC/70°C - NBR- 6148 ABNT			
Série Métrica (mm ²)	Ampères	Série Métrica (mm ²)	Ampères
1,5	15,5	70	171
2,5	21	95	207
4	28	120	239
6	36	150	272
10	50	185	310
16	66	240	364
25	89	300	419
35	111	400	502
50	134	500	578

FUNDAÇÃO GORCEIX



DEPARTAMENTO:

DEPAI

DESENHISTA:
MARLON DE OLIVEIRA NUNES
VIEIRA

NATUREZA DA ADEQUAÇÃO:

NR10

NR12

NR26

FORMATO:

A4

ÁREA:

CT3

EQUIPAMENTO/FABRICANTE:
MOTOR/WEG

TÍTULO:

PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO
TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO

PÁGINA:

08/11

TÍTULO ARQUIVO DIGITAL:
MOINHO 000027 COM RS

ESCALA:

-

Nº PATRIMÔNIO:

000027

DATA:

13/09/2019

Analisando as informações na placa de especificações do motor, constatou-se que ele opera com potência de 1 CV, velocidade de 1730 RPM e $I_p/I_n = 6,2$.

Logo, tem-se:

$$\text{FATOR} = [(3,08 * 6.2)/6]$$

$$\text{FATOR} = 3,18$$

Com isso, utilizou-se o valor do FATOR para interpretar o gráfico da curva C do disjuntor, cujo se relaciona com o tempo de 5 segundos, o qual seria o tempo máximo de partida dos motores.

Conforme estipulado na Norma IEC 694, a duração do curto circuito é de 1s. No entanto, se necessário poderá ser utilizado o valor de 3s para a duração da corrente de pico de partida do motor.

Para o dimensionamento do disjuntor bipolar usado no circuito de comando, calculou-se o somatório das demandas de

Corrente de cada componente, sendo:

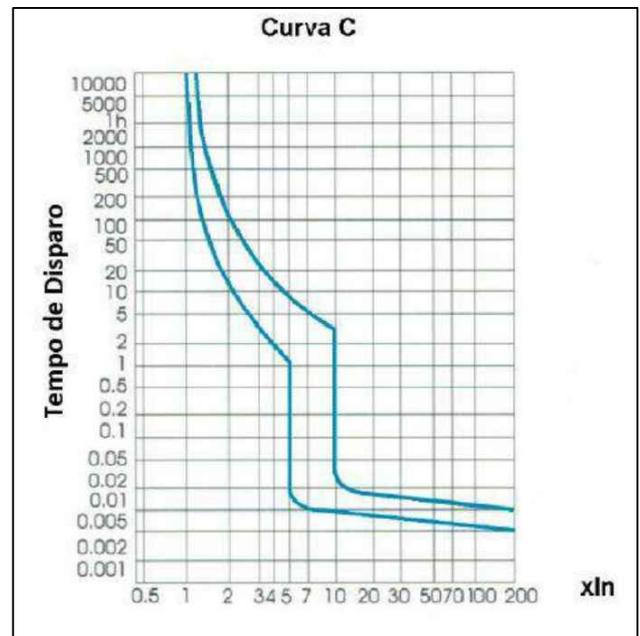
Bobina do Contator: 400 mA

Sinleiros: 25 mA * 3 ~ 75 mA

Sinalizador sonoro luminoso ~ 30mA

TOTAL ~ 505 mA

Sendo assim, optou-se pelo disjuntor de corrente de desarme igual a 2 A.



FUNDAÇÃO GORCEIX



DEPARTAMENTO:

DEPAI

DESENHISTA:
MARLON DE OLIVEIRA NUNES
VIEIRA

NATUREZA DA ADEQUAÇÃO:

NR10

NR12

NR26

FORMATO:

A4

ÁREA:

CT3

EQUIPAMENTO/FABRICANTE:
MOTOR/WEG

TÍTULO:

PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO

PÁGINA:

09/11

TÍTULO ARQUIVO DIGITAL:
MOINHO 000027 COM RS

ESCALA:

1

Nº PATRIMÔNIO:

000027

2

DATA:

13/09/2019

4

Para o contator optou-se pelo que suporte o trânsito de corrente de até 9 A, baseando-se na corrente nominal do motor, cuja é 3,08A. Para o Relé Termomagnético, optou-se por um cujo a faixa de corrente é entre 2,5 a 4A, baseando-se na Corrente Nominal do motor.

A caixa do quadro de comando foi escolhida estrategicamente de forma que todos os componentes se disponham de maneira organizada e seja proporcional ao equipamento. Por esse motivo, fez-se necessário dividir o circuito em uma caixa localizada em baixo do equipamento e outra com o comando e sinaleiros localizada na parte de operação do equipamento. Os modelos escolhidos foram o CC Plast da marca LEGRAND, referência 913445, de dimensões 468x318x160 mm e o BRCE da marca BRUM, referência BRCE-30.20.20, de dimensões 300x200x200 mm, cujos são comercialmente padronizados. Seus graus de proteção são IP 67 e IK 09 para o CC Plast e IP 66 para o BRCE.

FUNDAÇÃO GORCEIX



DEPARTAMENTO:

DEPAI

DESENHISTA:
MARLON DE OLIVEIRA NUNES
VIEIRA

NATUREZA DA ADEQUAÇÃO:

NR10

NR12

NR26

FORMATO:

A4

ÁREA:

CT3

EQUIPAMENTO/FABRICANTE:
MOTOR/WEG

TÍTULO:

PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO

PÁGINA:

10/11

TÍTULO ARQUIVO DIGITAL:
MOINHO 000027 COM RS

ESCALA:

1

Nº PATRIMÔNIO:

000027

2

DATA:

13/09/2019

4

Para a Chave Fim de Curso, optou-se por um do tipo Termoplástico pois possui maior grau de proteção (IP) em relação à concorrente (Alumínio). O modelo escolhido foi o Pistão Metálico, pelas características da máquina em questão. Para o temporizador e o contador de voltas foram selecionados os modelos NT240 e o NC400 da NOVUS, respectivamente, por atenderem as necessidades e terem um preço acessível.

Já o Inversor de Frequência, foi selecionado o modelo ATV12H075M2 da Schneider Eletric, o qual a Fundação já possui em seu estoque.

Levando em consideração categoria de segurança do equipamento, o número de entradas necessárias para os botões e sensores e as saídas para os sinaleiros e contadores, optou-se pelo relé de segurança WEG CP-D. Já a fonte de alimentação foi selecionada levando em conta a corrente e tensão necessárias para a alimentação do relé de segurança e também o seu custo/benefício. O modelo escolhido foi o MDR-6024 da MEANWELL com entrada de 120/220V e saída de 24V e 2.5A.

FUNDAÇÃO GORCEIX



DEPARTAMENTO:

DEPAI

DESENHISTA:
MARLON DE OLIVEIRA NUNES
VIEIRA

NATUREZA DA ADEQUAÇÃO:

NR10

NR12

NR26

FORMATO:

A4

ÁREA:

CT3

EQUIPAMENTO/FABRICANTE:
MOTOR/WEG

TÍTULO:

PROJETO DE ADEQUAÇÃO ELÉTRICA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO CONTIDO EM UM MOINHO

PÁGINA:

11/11

TÍTULO ARQUIVO DIGITAL:
MOINHO 000027 COM RS

ESCALA:

1

Nº PATRIMÔNIO:

000027

2

DATA:

13/09/2019

4