ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE DISPOSITIVOS E SISTEMAS ELÉTRICOS DE SEGURANÇA PARA MÁQUINAS DE FUNDIÇÃO

JUNIOR, Pedro Ercolino [1]
SANTOS, Leonardo dos [2]
ANDRADE, Solange Alves C.[3]
FILHO, Carlos Roberto da Silva[4]

RESUMO

Estudo de viabilidade técnica para implantação de dispositivos e sistemas elétricos de segurança para máquinias do processo de fundição, com o comparativo do funcionamento e implementação de segurança para a operação de máquinas atendendo integralmente as normas regulamentadoras NR-10 e NR-12, utilizadas na implementação da segurança dos dispositivos e sistemas elétricos necessários para a partida e parada, bem como na operação das máquinas ou equipamentos dedicados, respectivamente, por meio de comparação de seu funcionamento apontando seus principais riscos.

Palavras-chave: Fundição; Operação; Segurança.

ABSTRACT

Technical feasibility study for the simulation of the implantation of electrical safety devices and systems for machines in the casting process, with the simulation of the operation and implementation of safety for the operation of machines in full compliance with the NR-10 and NR-12 regulatory standards, used to implement the safety of the electrical devices and systems necessary for starting and stopping, as well as in the operation of dedicated machines or equipment, respectively, by simulating their operation pointing out their main risks..

***Key words**: Casting, Operation, Safety.*

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trabalho com máquinas e equipamentos são na maioria das vezes causados por más condições dos mesmos, pela falta de investimentos em prevenção, com a instalação das devidas proteções e/ou dispositivos de segurança exigidos pela Norma Regulamentadora NR-12 (CORREA, 2011).

De acordo com os números do Ministério Trabalhao, de 2012 a 2018, o uso das máquinas e equipamentos industriais foram responsáveis pela grande maioria dos afastamentos e acidentes de trabalho na indústria, em um total de perda de 318,4 mil dias de trabalho, relacionado diretamente com o prejuízo financeiro

[1]Graduando do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNISOCIESC, pedrojunior.9152@aluno.unisociesc.com.br; [2]Graduando do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNISOCIESC, lleo.engenhariaeletrica@gmail.com; [3]Professora orientador: Mestra, Centro Universitário UNISOCIESC, solange@unisociesc.com.br;[4]Professor coorientador: Mestre, Centro Universitário UNISOCIESC, carlos.silva@unisociesc.com.br

acumulado de R$ 27,3 bilhões, em apenas sete anos, numa amostragem dos seis principais tipos de acidentes de trabalho na indústria: queda de altura, choques elétricos, contusões, fraturas e amputações (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2019).

No âmbito das máquinas e equipamentos, cabe salientar que um acidente começa muito antes da concepção do processo de produção e da instalação de uma empresa. O projeto escolhido, as máquinas disponibilizadas e as demais escolhas prévias já influenciam na probabilidade de acidentes de trabalho. Nesse sentido, a NR-12 estabeleceu que os equipamentos de segurança em máquinas e equipamentos fabricados, não podem ser opcionais (MENDES, 2001).

Com o estabelecimento da norma NR-12, dúvidas sobre como elaborar um projeto de segurança tornaram-se cada vez mais comuns. Saber o que utilizar para alcançar o nível de segurança desejado está cada vez mais difícil. Devido ao fato de que máquinas e equipamentos estão em constante evolução sendo mais rápidos e inteligentes (TECHNO ENG, 2013).

Para oferecer uma segurança contínua para os operadores e técnicos, medidas de proteção devem ser projetadas para acompanhar o aumento da complexidade dos sistemas de automação. Tradicionalmente, os sistemas de seguranças têm sido instalados separadamente dos sistemas de automação. Há uma boa razão para isso, o sistema de segurança deve sempre estar disponível, ou seja, em constante operação (TECHNO ENG, 2013).

Com o estudo e análise do funcionamento das máquinas necessárias para o sucesso do processo de fundição, respeitando os critérios e diretrizes estratégicas para a competitividade no mercado, tem-se a expectativa de criar um ambiente mais seguro para as pessoas que operam e realizam a manutenção de tais máquinas e equipamentos dedicados. Outro fator seria a visão mais detalhada e sistêmica das necessidades operacionais para a minimização ou quem sabe a irradicação de acidentes de trabalho causado pelo seu uso.

O objetivo geral deste trabalho consiste em elaborar um estudo de viabilidade técnica para implantação de dispositivos e sistemas elétricos para a operação de máquinas de fundição com segurança, conforme as normas regulamentadoras aplicáveis para a NR-10 e NR-12, respectivamente, por meio da simulação da operação das máquinas de fundição.

Tendo como objetivos específicos:

a) Apresentar as principais etapas do processo de fundição;
b) Realizar análise das necessidades de implementação de dispositivos de segurança conforme norma NR-12;
c) Realizar análise das necessidades de implementação de dispositivos de segurança conforme norma NR-10;
d) Levantar tecnologias existentes, que estão sendo aplicadas em segurança na operação de máquinas de fundição;
e) Propor a adequação de máquina sem dispositivos de segurança;
f) Apresentar a importância da manutenção preventiva dos sistemas de segurança das máquinas de fundição.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa será apresentada as referências teóricas necessárias para compreensão e desenvolvimento do trabalho.

2.1 INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO

O processo de fundição consiste na fusão de um metal que, em estado líquido, é vazado em um molde, e ao solidificar-se gera uma peça com o formato desejado (GUESSER, 2019). A industria de fundição é um segmento da econômina que se caracteriza pela produção de bens intermediários, fornecendo em sua maioria, peças fundidas a diversas outras indústrias (BALDAN & VIEIRA, 2014).

No processo de fundição são utilizados rejeitos metálicos constituídos de sucatas provenientes de estamparias, cutelarias, forjarias e até mesmo sucatas geradas pela obsolescência de equipamentos (BALDAN & VIEIRA, 2014). Dependendo do tipo de metal vazado, as fundições são classicadas em ferrosas e não ferrosas (alumínio, cobre, latão, bronze). A produção brasileira concentra-se em ligas ferrosas correspondendo a 90% dos fundidos produzidos (CASTRO, 2010).

2.2 NORMAS REGULAMENTADORAS

Cada atividade de trabalho possui uma norma regulamentadora (NR). As atribuições descritas nas diferentes NRs foram estabelecidas pelo ministério do trabalho. No Brasil, as Normas Regulamentadoras, também conhecidas como NRs, regulamentam e fornecem orientações sobre procedimentos obrigatórios, relacionados à segurança e saúde do trabalhador (FILHO, 2015).

2.2.1 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade – NR 10

A NR 10 tem como objetivo estabelecer os requisitos e condições mínimas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, a fim de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade (JUNIOR, 2016).

Esta norma aplica-se às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas ou qualquer trabalho realizado nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis (PEIXOTO, 2011).

2.2.2 Máquinas e Equipamentos – NR 12

A NR 12 define as referências técnicas, medidas e princípios fundamentais para proteção a fim de garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Estabelece condições mínimas a serem respeitadas para prevenir acidentes e doenças do trabalho, nas fases de projeto, construção e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos e ainda à importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas (PEIXOTO, 2011).

Alguns elementos de proteção ou dispositivos de segurança aplicáveis a NR 12 podem ser: Proteções fixas (mecânico); proteções móveis (mecânico); dispositivos de segurança; comandos bimanuais (elétrico); barreiras de luz (elétrico); botões de emergência (elétrico) (JUNIOR & ZANGIROLAMI, 2020). Na Figura 1 é

possível observar um exemplo de proteção com comando elétrico para máquinas e equipamentos.

Figura 1 – Comando Bimanual

Fonte: WEG (2021).

O comando bimanual é um equipamento de segurança para proteger os operadores no acionamento de máquinas ou equipamentos que oferecem qualquer tipo de risco durante o processo de produção. O uso deste equipamento de segurança diminui os riscos de acidentes, pois os operadores durante todo o processo produtivo devem permanecer com as mãos no sistema bimanual (WEG, 2021).

2.3 TIPOS DE PROTEÇÃO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O artigo 186 da CLT e NR 12 estabelece as normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos, especialmente quanto à proteção das partes móveis, distância entre estas, vias de acesso às máquinas e equipamentos de grandes dimensões, emprego de ferramentas, sua adequação e medidas de proteção exigidas quando motorizadas ou elétricas. Além disso, determina que as máquinas e equipamentos com acionamentos repetitivos deverão receber proteção adequada (JUNIOR & ZANGIROLAMI, 2020).

De acordo com Schneider (2011), proteção é a parte da máquina ou equipamento que é capaz de prover proteção por meio de uma barreira física, devendo: Não apresentar facilidade de burlar o sistema; não criar riscos; não criar interferências. A Figura 2 exemplifica alguns tipos de proteções utilizadas em máquinas ou equipamentos.

Figura 2 – Exemplos de proteção de segurança para máquinas

Fonte: Adaptado de WEG (2021).

De acordo com o catálogo de soluções em segurança da WEG (2021), todos os equipamentos atendem integralmente normas nacionais e internacionais de segurança, inclusive a NR 12.

2.3.1 Proteção Fixa

Este tipo de proteção deve ser mantido em sua posição de maneira permanente ou através de elementos de fixação que só permitam sua abertura ou remoção com a utilização de ferramentas específicas. Normalmente estas proteções são ao redor do corpo ou estrutura das máquinas ou equipamentos (Figura 3), e deverão ser mantidas em sua posição fechada sendo de difícil remoção, fixadas por perfis de alumínio, chapas metálicas, telas ou policarbonato e parafusos, tornando sua remoção ou abertura impossível sem o uso de ferramentas (MORAES, 2015).

Figura 3 - Grade de proteção fixa em uma máquina

Fonte: Soluções Industriais (2021).

2.3.2 Proteção Móvel

São proteções que podem ser abertas sem o uso de ferramentas, geralmente ligadas por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou a um elemento fixo próximo, e deve se associar à dispositivos de intertravamento. Este tipo de proteção na estação de trabalho se dará por portas laterais de acesso, com intertravamento com chaves tipo eletromecânica, com parafusos que permitem somente o aperto e não retirada, sua retirada é interligada a um Controlador Lógico Programável (CLP) de segurança. Essas proteções geralmente estarão vinculadas à estrutura da proteção fixa da máquina ou elemento de fixação adjacente que pode ser aberto sem o auxílio de ferramentas (NR 12, 2020).

Estas proteções (portas, tampas etc.) necessitam ser associadas a dispositivos de monitoração e intertravamento sempre, de maneira que a máquina não consiga operar até a proteção ser fechada, se a proteção for aberta enquanto a máquina estiver operando, uma instrução de parada é acionada paralisando a mesma. Quando fechada a proteção, por si só, não reinicia a operação, devendo haver um comando para continuação da sua sequência. Quando há risco adicional de movimento de inércia, dispositivo de intertravamento de bloqueio deve ser

utilizado, permitindo que a abertura de proteção somente ocorra quando houver cessado totalmente o movimento de risco (NR 12, 2020). A Figura 4 exemplifica uma proteção móvel (Porta), quando aberta, o robô para sua operação.

Figura 4 - Porta de Proteção

Fonte: Soluções Industriais (2021).

2.4 DISPOSITIVOS ELÉTRICOS DE PROTEÇÃO

Proteções físicas usadas nas proteções das máquinas, com exceção das fixas ou do enclausuramento da ferramenta, devem possuir dispositivos de proteção instalados para que façam o monitoramento da posição de operação, o que permite o funcionamento da máquina ou equipamento somente com a proteção inserida no local devido, ou dotando a mesma com intertravamento utilizando chaves de segurança, garantindo a parada imediata da máquina sempre que forem movimentadas, removidas ou abertas (SCHNEIDER, 2011).

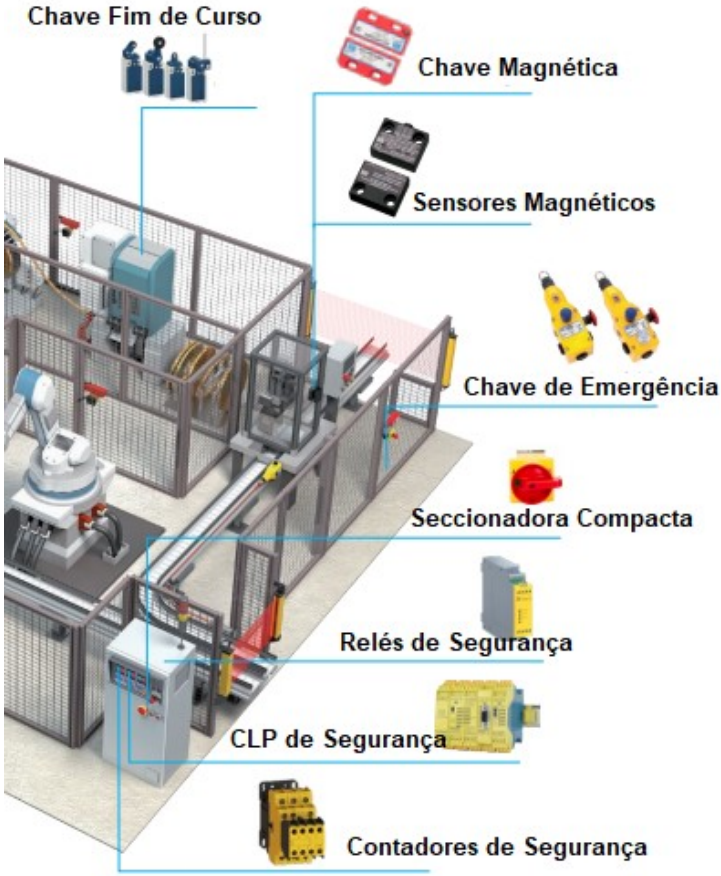
2.5 CIRCUITOS ELÉTRICOS DE SEGURANÇA

De acordo com a ABNT NBR ISO 14119 (2021) as proteções físicas que são utilizadas em proteção de máquinas, exceto as proteções fixas ou do enclausuramento da ferramenta, devem possuir dispositivos de proteção instalados monitorando a sua posição de operação, o que permite o funcionamento da máquina ou equipamento apenas com a proteção devidamente colocada em seu local, ou dotando a mesma com intertravamento por meio de chaves de segurança,

garantindo a pronta paralisação da máquina sempre que forem movimentadas, removidas ou abertas.

Com as proteções físicas e a conexão dos dispositivos elétricos em pontos corretos do circuito elétrico da máquina, obtêm-se uma solução de segurança confiável quanto à funcionalidade e parada da máquina (SCHNEIDER, 2011). A Figura 5 alguns dispositivos de segurança em um circuito de segurança de uma máquina.

Figura 5 – Exemplo de dispositivos de segurança ligados ao circuito de uma máquina



Fonte: Adaptado de WEG (2021).

De acordo com Wagner Nascimento (2011) com a conexão dos dispositivos externos e a inclusão de seus contatos em pontos corretos do circuito elétrico de automação da máquina, obtêm-se um equipamento seguro quanto à sua parada.

2.6 MÉTODO HRN (HAZARD RATING NUMBER)

Segundo Guttman (2017) dentre os métodos para se estimar os riscos em máquinas e equipamentos, o mais utilizado com frequência para se quantificar e graduar o nível de risco é o método HRN (*Hazard Rating Number*), também conhecido como, Número de Avaliação de Perigos. Este método classifica um risco de modo a ter a noção se este é aceitável ou não.

Para quantificar os níveis de perigo na máquina, foi feito um levantamentode todos os riscos/perigos encontrados nela e então utilizado a seguinte fórmula em cada perigo encontrado:

$$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP \quad (1)$$

Na Tabela 1 mostra os parâmetros da Probabilidade de Ocorrência(LO),a primeira coluna de todos os quadros a seguir refere-se a pontuação da avaliação HRN.

Tabela 1 - Probabilidade de ocorrência (LO)

Probabilidade de ocorrência(LO)		
0,033	Quase impossível	Pode ocorrer em circunstâncias extremas
1	Altamente improvável	Mas pode ocorre
1,5	Improvável	Embora concebível
2	Possível	Mas não usual
5	Alguma Chance	Pode acontecer
8	Provável	Sem surpresas
10	Muito provável	Esperado
15	Certeza	Sem dúvida

Fonte:Guttman (2017).

Na Tabela 2 os parâmetros da Frequência de Exposição (FE).

Tabela 2 - Frequência de exposição (LE)

Frequência da exposição (FE)	
0,5	Anualmente
1	Mensalmente
1,5	Semanalmente
2,5	Diariamente
4	Em termos de hora
5	Constante

Fonte:Guttman (2017).

Para o Grau da possível lesão (DPH) é demostrado na Tabela 3:

Tabela 3 - Grau de posição da lesão (DHP)

Grau da possível lesão (DPH)	
0,1	Arranhão / Escoriação
0,5	Dilaceração / corte / enfermidade leve
1	Fratura leve de ossos – dedos das mãos / dedos dos pés
2	Fratura grave de osso – mão / braço / perna
4	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés
8	Amputação de perna / mão, perda parcial da audição ou visão
10	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos
12	Enfermidade permanente ou crítica
15	Fatalidade

Fonte: Guttman (2017).

E o Número de Pessoas (NP) é dado na Tabela 4:

Tabela 4 - Número de pessoas sobre o risco (NP)

Número de pessoas sob o risco (NP)	
1	1 – 2 pessoas
2	3 – 7 pessoas
4	8 – 15 pessoas
8	16 – 50 pessoas
12	Mais de 50 pessoas

Fonte: Guttman (2017).

A Tabela 5 mostra os níveis de risco que podem ser obtidos através da aplicaçãoda fórmula do HRN.

Tabela 5 - Harzard Rating Number

HRN		
Resultado	Risco	Avaliação
0 – 1	Aceitável	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção
1 – 5	Muito baixo	
5 – 10	Baixo	Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares.
10 – 50	Significante	
50 – 100	Alto	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.
100 – 500	Muito alto	
500 - 1000	Extremo	Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco.
Maior que 1000	Inaceitável	Interromper atividade até eliminação ou redução do risco.

Fonte: Guttman (2017).

A graduação de cor varia do verde, para resultados HRN aceitaveis, ao vermelho, para níveis que sejam inaceitáveis e que necessitam de intervenção imediata, Guttman (2017).

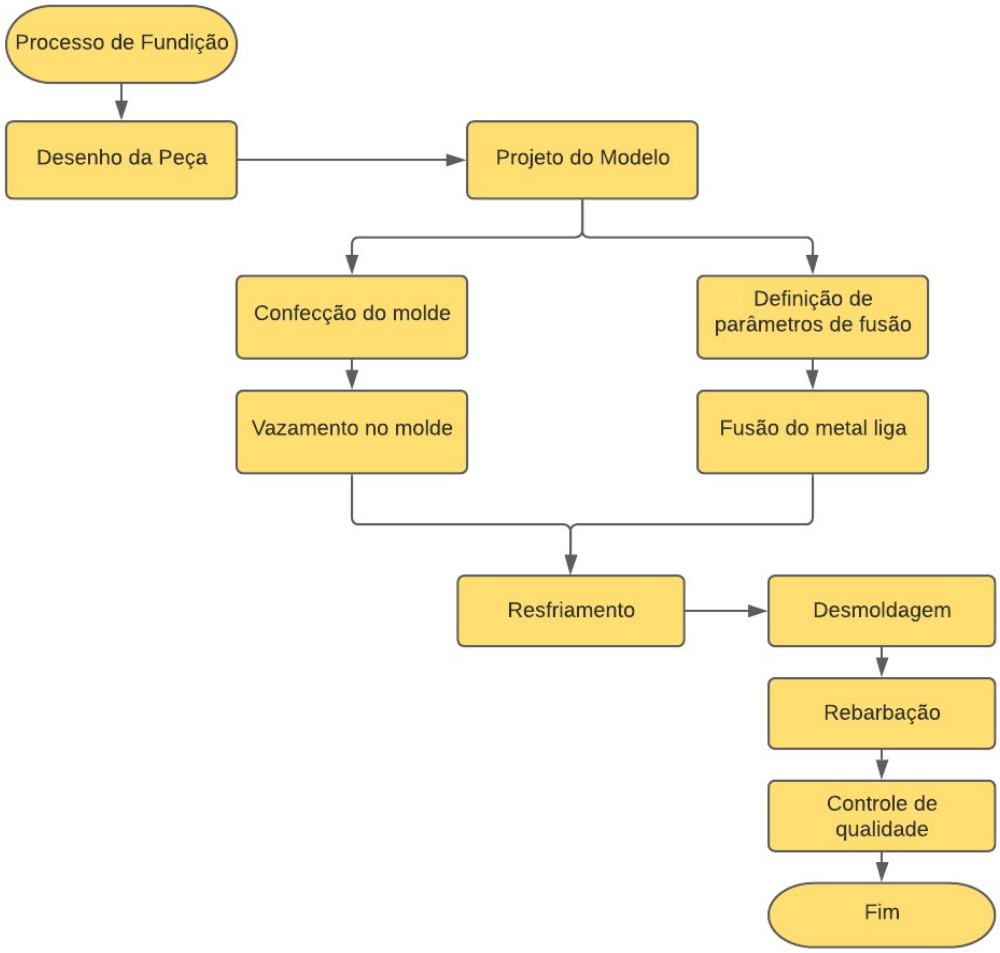
3. DESENVOLVIMENTO

Nesta etapa do trabalho será feita a análise das máquinas e equipamentos envolvidos nas etapas do processo de fundição, onde possam ser feito o estudo de viabilidade técnica de implementação de dispositivos e sistemas elétricos de proteção, com objetivo de identificar locais ou pontos específicos nos equipamentos ou máquinas que possam causar algum tipo de acidente de trabalho.

3.1 ETAPAS DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO

A Figura 6 demonstra as etapas que envolvem o processo de fundição baseados na empresa analisada.

Figura 6 - Processos de Fundição



Fonte: Os Autores (2021).

Através da análise de cada etapa no processo de fundição, bem como as máquinas que envolvem seus processos, foi possível realizar a identificação dos riscos que as envolvem e que serão apresentados a seguir.

3.2 ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA CONFORME NR 12

Nesta etapa realizou-se a análise da máquina de jateamento (Roto Jato 2) do processo de limpeza das peças de fundição, com o intuito de identificar os principais pontos da máquina que precisam se adequar, para atender as normas regulamentadoras NR 10 e NR 12.

Durante esse processo de identificação, procurou-se descrever os dispositivos de segurança mais adequados para serem implementados na máquina de jateamento (Figura 7).

Figura 7 - Máquina de Jateamento

Fonte: Os Autores (2020).

Segundo itens 12.60 e 12.60.1 descritos na NR 12, os dispositivos de parada de emergência têm o objetivo de garantir a parada da operação ou processo

perigoso, de forma que, quando acionados, a operação da máquina ou equipamento seja interrompida, evitando dessa forma situações de perigo latentes e existentes.

Tomando como base o que está descrito na NR 12, analisou-se os pontos em que o operador tem acesso a limpeza e abastecimento de granalha durante o funcionamento da máquina, observou-se que não havia chaves de segurança, para bloquear o funcionamento da máquina durante qualquer intervenção do operador na hora de abastecer a máquina com granalha, a Figura 8 mostra o ponto de abastecimento de granalha.

Figura 8 - Ponto de abastecimento de granalha

Fonte: Os Autores (2021).

Outro ponto de acesso as partes internas da máquina, é a porta traseira da máquina, que da acesso a esteira que movimenta as peças duranta o jateamento como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Porta de acesso as esteiras

Fonte: Os Autores (2021).

Para o acesso ao abastecimento de granalha e a porta de acesso a esteiraque movimenta a peça, sugeriu-se a instalação de chaves de segurança da marca Schmersal modelo AZ 16-12 ZVRK-M16 com dois contatos NF e um contato NA auxiliar, conforme Figura 10.

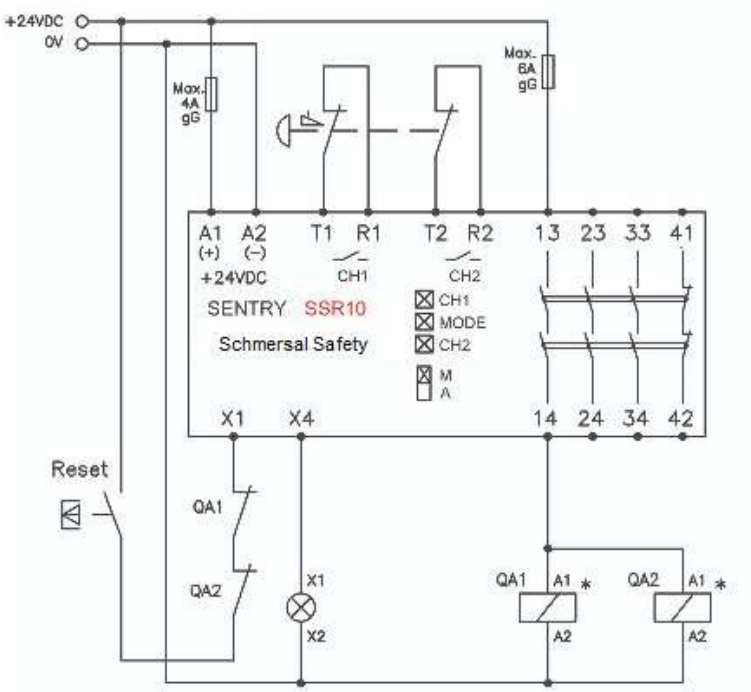
Figura 10 - Modelo de chave de segurança

Fonte: Schmersal (2020).

Para instalação da chave de segurança é também necessário a instalação elétrica para que possa funcionar corretamente de acordo com a NR 12, sendo que, uma vez pressionado o dispositivo de parada de emergência, seu acionador deve ser mantido retido, até que seja voluntariamente desacionado, ou seja, tal desacionamento deve ser possível apenas como resultado de uma ação manual intencional sobre o acionador, por meio de manobra apropriada. Essa é a redação dos itens 12.60 e 12.60.1 da NR 12.

Para seguir os critérios da NR 12 elaborou-se um esquema elétrico da chave de segurança que deverá fazer parte do esquema elétrico principal da máquina, para que a chave de segurança funcione corretamente. A Figura 11 mostra o esquema de ligação da chave de segurança juntamente com o relé de segurança.

Figura 11 - Esquema elétrico de ligação da chave de segurança



Fonte: Os Autores (2021).

Ao alimentar o circuito, as saídas mudam de posição, permitindo o funcionamento da máquina. Porém, caso o botão de emergência em uma das entradas seja acionado, o relé faz a atuação, voltando ao estado original e interrompendo o funcionamento da máquina.

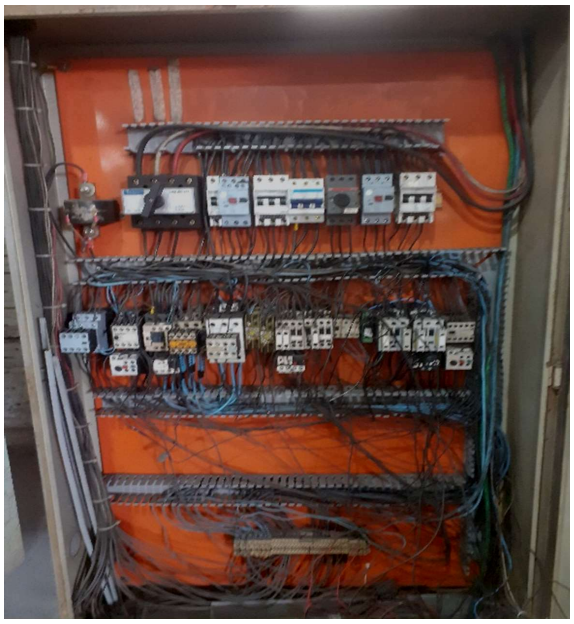
3.3 ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA CONFORME NR 10

Segundo o disposto no item 10.1.1 da NR 10 (2021) que estabelece os requisitos e condições mínimas que devem ser adotados na implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Foram analisados as instalações elétricas da máquina, bem como os elementos de proteção contra curtos circuitos e sobrecargas dos motores elétricos e pontos de aterramento.

O primeiro aspecto que chamou atenção foi o painel elétrico, pelo fato de ser uma máquina muito antiga e por possuir componentes elétricos muito defasados, sugeriu-se um retrofit, com o intuito deixar a máquina mais segura para operação e mais eficiente, diminuindo consideravelmente o número de intervenções da manutenção. A Figura 12 mostra o estado real desse painel elétrico.

Figura 12 - Painel elétrico da máquina



Fonte: Os Autores (2021).

Durante a análise sugeriu-se um retrofit do painel utilizado, com novos elementos de proteção e reformualação no esquema elétrico do painel e instalação

de um CLP para reduzir a quantidade de contatoras e botões no painel elétrico. A Figura 13 mostra o exemplo de um painel elétrico possível a substituição do atual.

Figura 13 - Painel elétrico industrial

Fonte: ALV-TEC Automação Industrial (2020).

Dentro do que foi sugerido como novos elementos de proteção elétrica para o retrofit do painel elétrico estão: Disjuntor diferencial; Relé de falta de fase e disjuntor de motor.

a) Disjuntor Diferencial: Permite desligar o circuito sempre que a corrente nominal do disjuntor ser ultrapassada (Figura 14).

Figura 14 - Disjuntor Diferencial

Fonte: Siemens (2020).

b) Relé de Falta de Fase: Fundamental em sistemas trifásicos, pois garante que a carga do motor seja sempre alimentada pelas três fases, de forma a evitar a destruição total do motor ou equipamento nele aplicado (Figura 15).

Figura 15 - Relé falta de fase

Fonte: Weg (2020).

c) Disjuntor Motor: Permite o arranque de motores a tensão plena, proteção contra sobrecargas e curto circuitos, não necessitando de fusíveis ou interruptores adicionais (Figura 16).

Figura 16 - Disjuntor de motor

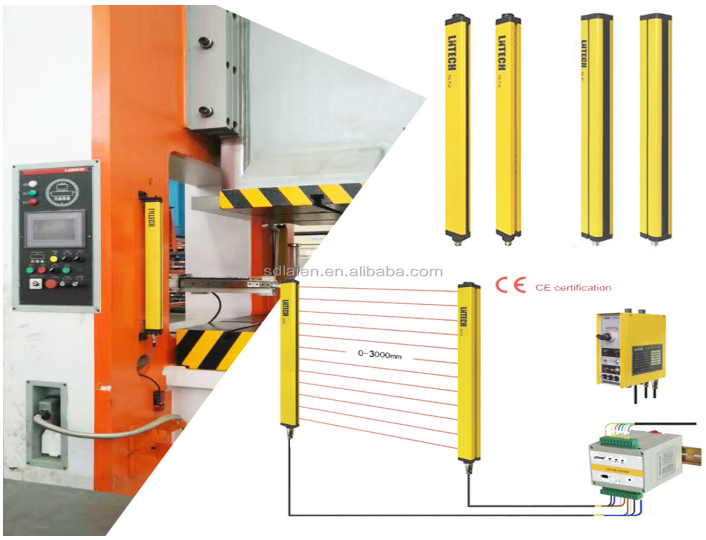
Fonte: Siemens (2020).

3.4 TECNOLOGIAS APLICADAS EM SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE MÁQUINAS DE FUNDIÇÃO

Atualmente existem no mercado muitas tecnologias aplicadas em máquinas a fim de garantir a segurança nos seus processos produtivos e integridade física de seus operadores. Pode se citar logo abaixo algumas das tecnologias mais aplicadas em segurança em máquinas de fundição:

a) Cortina de luz: Esses dispositivos utilizam de dois elementos, um chamado de emissor que emite feixes de luz infravermelho e outro receptor que recebe os feixes de luz. Esse dispositivo de segurança é ligado ao um rele de segurança da máquina que quando, qualquer um de seus feixes de luz são interrompidos, o rele de segurança é acionado e o mesmo efetua o bloqueio da máquina, interrompendo qualquer processo ou atividade que a máquina esteja executando. A Figura 17 ilustra uma cortina de luz:

Figura 17 - Cortina de luz



Fonte: Schmersal (2020).

b) Comando bimanual óptico: O Dispositivo óptico-eletrônico conhecido por comando bimanual é um conversor de sinais que controla e aciona a partida de máquinas operatrizes. O Comando bimanual é ativado por um leve toque de dedos em ambos os botões simultaneamente, que dispensam a necessidade de pressão mecânica, concorrendo deste modo para a

minimização de ocorrências de LER (Lesões por Esforço Repetitivos) nos membros superiores dos operadores de máquinas operatrizes. Na Figura 18 temos um exemplo de bimanual óptico.

Figura 18 - Bimanual Óptico

Fonte: Weg (2021).

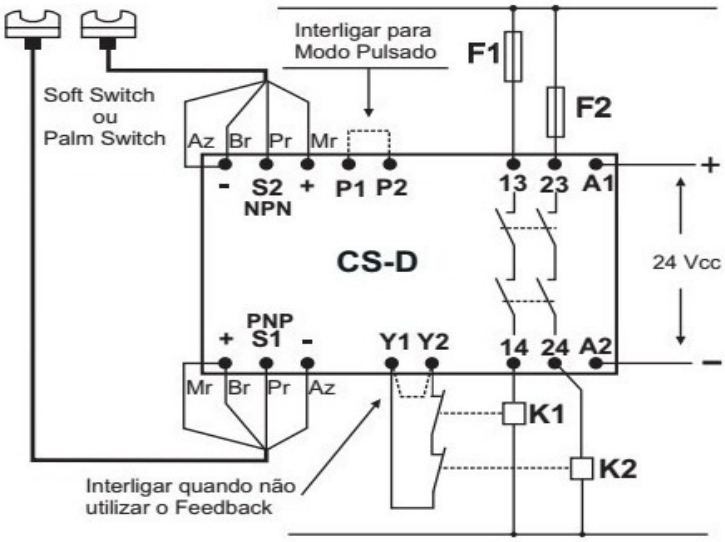
c) Rele de Segurança: O rele de segurança é um dispositivo responsável por monitorar uma função de segurança como parada de emergência, porta de proteção, cortina de luz, proteção de perímetro ou controle com duas mãos. Ao alimentar o circuito, as saídas mudam de posição, permitindo o funcionamento da máquina. Porém caso o botão de emergência em uma das entradas seja acionado, o relé atua, voltando ao estado original e interrompendo o funcionamento da máquina. Na Figura 19 tem-se um exemplo de rele de segurança:

Figura 19 - Relé de Segurança

Fonte: Weg (2021).

Na Figura 20 pode-se observar a elaboração esquemática do sistema elétrico dos dispositivos de segurança ligados ao rele de segurança:

Figura 20 - Esquema elétrico



Fonte: Autores (2021).

3.5 PROPOR A ADEQUAÇÃO DE MÁQUINA SEM DISPOSITIVO DE SEGURANÇA

Nesta etapa realizou-se a análise da máquina de quebra de canal demonstrada na Figura 21.

Figura 21 - Máquina de quebra de canal

Fonte: Os Autores (2021).

Na máquina há dois pontos de acesso sem interrupção de máquina, ou seja, a máquina pode estar em funcionamento e qualquer operador pode ter livre acesso por ambos os pontos podendo ocasionar alguns acidentes.

a) Ponto 1: Demonstrado pela Figura 22, este ponto dá acesso aos operadores a unidade hidráulica do cilindro.

Figura 22 - Ponto de acesso a unidade hidráulica

Fonte: Os Autores (2021).

b) Ponto 2: Plataforma que dá acesso ao depósito dos materiais da quebra de canal de acordo com a Figura 23:

Figura 23 - Plataforma de acesso ao depósito de materiais

Fonte: Os Autores (2021).

Para mensurar o grau de risco que a máquina oferece a integridade física dos operadores, foi utilizado o Método HRN (Hazard Rating Number – número de avaliação de perigos), no qual é feito uma avalição de risco onde ele é classificado como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Aplicação do Método HRN

HRN (HAZRD RATING NUMBER)		
Resultado	Risco	Avaliação
0 a 1	Aceitável	Considerar possiveis ações manter medidas de proteção
1 a 5	Muito baixo	
5 a 10	Baixo	Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares
10 a 50	Significante	
50 a 100	Alto	Devem ser realizadas ações para reduzir reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções e dispositivos de segurança
100 a 500	Muito Alto	
500 a 1000	Extremo	Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco
maior que 1000	Inaceitável	Interromper a atividade até a eliminação ou redução do risco

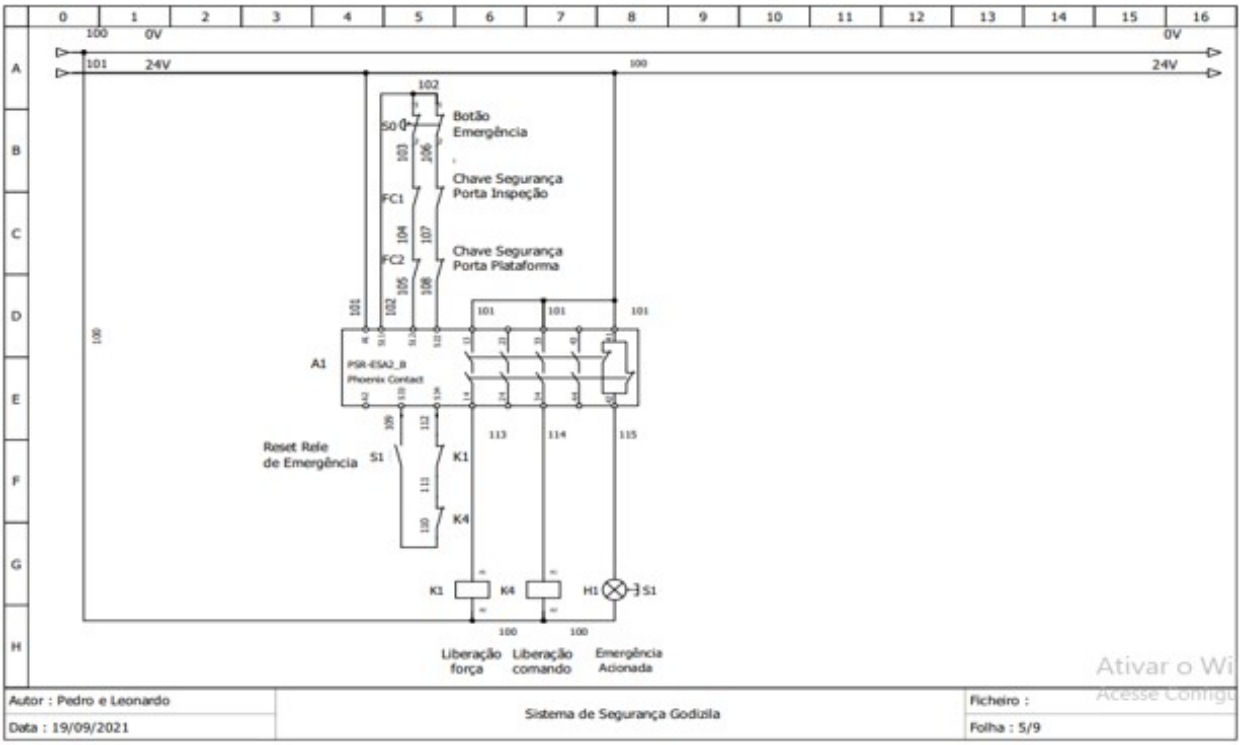
(HRN) - OPERAÇÃO NORMAL (RISCO PRINCIPAL) APÓS ADEQUAÇÃO		
Parâmetros Utilizados	Descrição	Peso
Probabilidade da ocorrência (LO)	Possível	2
Frequência da exposição de risco (FE)	Diariamente	2,5
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Numero de Pessoas expostas (NP)	3 a 7 pessoas	2
HRN = LO x FE x DPH x NP HRN = 2 x 2,5 x 15 x 2 HRN = 150		150 Muito Alto
Muito Alto	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções e dispositivos de segurança	

Fonte: Adaptado Autores (2021).

Após avaliação do HRN, verificou-se que como resultado, obteve-se um índice de risco alto, o que significa que devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Para isso, propôs-se a instalação de elementos de segurança, a fim de atender os requisitos mínimos para se reduzir ou eliminar os riscos. Os elementos propostos foram:

Conforme demonstrado na Figura 24, tem-se o esquema elétrico da ligação de todos os componentes elétricos que foram levantados para instalação do sistema elétrico de segurança:

Figura 24 - Esquema elétrico de segurança Máquina Godzila



Fonte: Os Autores (2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante esse tópico, serão apresentadas as discussões e resultados obtidos da manutenção através da aplicação de planejamento, checklist, execução da preventiva e resultados da manutenção preventiva.

4.1 APRESENTAR A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS SISTEMAS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS DE FUNDIÇÃO.

Para entender o conceito de manutenção preventiva, é necessário ter em mente que, manutenção preventiva é toda ação sistemática de controle e monitoramento, com objetivo de reduzir ou impedir falhas no desempenho de equipamentros e máquinas de fundição no que se refere-se o trabalho desenvolvido.

A manutenção preventiva inicia se com o planejamento da mesma, fazendo um levantamento de todos dispositivos e sistemas de segurança das máquinas como mostra a Tabela 7 abaixo:

Tabela 7 - Planejamento de manutenção preventiva

PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA			
Itens de Segurança	Localização na Máquina	Verificação	Periodicidade
Botão de Emergência	Painel de comando	Fixação e funcionamento	Diário
Cortina de Luz	Entrada da Máquina	Fixação e funcionamento	Diário
Bimanual	Painel de comando	Fixação e funcionamento	Diário
Chave de segurança	Porta de acesso lateral	Fixação e funcionamento	Diário
Trava de segurança	Misturador de areia	Fixação e funcionamento	Diário

Fonte: Os Autores (2021).

O próximo passo foi desenvolver um checklist que consiste em um documento projetado para a realização de atividades repetitivas, a fim de verificar uma lista de requisitos ou coletar dados de forma mais ordenada e sistemática. Assim, os profissionais envolvidos na manutenção não correm o risco de esquecer de algo importante como mostrado na Figura 25.

Figura 25 - Checklist Sistema Elétrico de Segurança

Ordem de Serviço : Data execução : ____ / ____ / _____ Tempo execução : _____ : _____ hr

Equipamento : Executor : Nome _____ Cartão _____

Programação : Semana 2 até Periodicidade :

BOTÃO DE EMEGÊNCIA	Limpeza	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	Fixação	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	Funcionamento	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim

Problemas encontrados:

CORTINA DE LUZ	Limpeza	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	Fixção	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	Funcinamento	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim

Problemas encontrados:

BIMANUAL	Limpeza	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	Fixação	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	Funcinamento	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim

Problemas encontrados:

TRAVA DE SEGURANÇA	Limpeza	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	fixação	( ) Ok	( ) regular	( ) Ruim
	Funcinamento	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim

Problemas encontrados:

CHAVE DE SEGURANÇA	Limpeza	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	Fixação	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim
	Funcinamento	( ) Ok	( ) Regular	( ) Ruim

Problemas encontrados:

Avaliação do Equipamento

Limpeza do equipamento : ( ) PÉSSIMO ( ) RUIM ( ) REGULAR ( ) BOM ( ) ÓTIMO

Obs.:

Funcionamento do equipamento: ( ) PÉSSIMO ( ) RUIM ( ) REGULAR ( ) BOM ( ) ÓTIMO

Obs.:

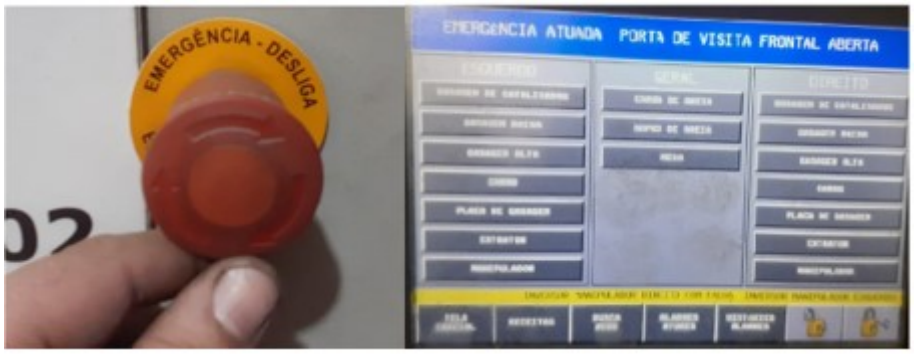
OPER./PROD. _____ COORD./MANUT. _____

NOTA: Acrescentar no check list itens faltantes da inspeção para atualização.

Fonte: Os Autores (2021).

Com base no checklist, pode-se dar início às atividades de manutenção preventiva. Seguindo a ordem do checklist a manutenção se inicia pelo botão de emergência, fazendo todas a verificações desde a limpeza, fixação e o teste de funcionamento do mesmo como mostrado na Figura 26, onde tem-se a imagem do botão de emergência interagindo com a IHM da máquina.

Figura 26 - Manutenção do botão de emergência



Fonte: Os Autores (2021).

Em seguida efetuou-se a manutenção preventiva na cortina de luz, fazendo a limpeza a verificação da fixação e o teste de funcionamento do dispositivo de segurança, para garantir que o mesmo esteja ou continue funcionando como mostrado na Figura 27 interagindo com a IHM da máquina.

Figura 27 - Manutenção da cortina de luz

Fonte: Os Autores (2021).

Dando continuidade ao checklist, o próximo passo foi realizar as verificações no bimanual da máquina, que além de ser um dispositivo de segurança, também está ligado diretamente ao acionamento da máquina, pois se não estiver

funcionando, compromete toda a produção da máquina. Na Figura 28 mostra a verificação efetuada no bimanual.

Figura 28 - Manutenção do bimanual

Fonte: Os Autores (2021).

Após a manutenção do bimanual, realizou-se a manutenção preventiva na trava de segurança do misturador, essa trava tem um tempo de liberação que esta ligada ao tempo de parada do equipamento, a trava de segurança so é liberada após a máquina estiver completamente parada. Na Figura 29 pode-se visualizar a imagem da manutenção efetuada na trava de segurança.

Figura 29 – Manutenção trava de segurança

Fonte: Os Autores (2021).

Efetuou-se a manutenção preventiva na chave de segurança,seguindo todos os critérios do check list, procurando garantir o funcinamento do mesmo como mostra a Figura 30.

Figura 30 - Manutenção da chave de segurança

Fonte: Os Autores (2021).

Após a aplicação da manutenção preventiva de uma forma sistemática e diária, durante todo o estudo de caso do trabalho proposto. Seguindo a verificação de todos os itens criteriosamente conforme o checklist, fazendo uma comparação e avaliação das manutenções efetuadas nos meses anteriores e fazendo um comparativo entre a manutenção corretiva com a manutenção preventiva aplicada nos meses de setembro e outubro, obteu-se um resultado muito satisfatório, como pode-se verificar na Gráfico 1.

Gráfico 1 - Manutenção Preventiva vs Corretiva

Fonte: Os Autores (2021).

CONCLUSÃO

O processo de fundição consiste de várias etapas e a compreensão dessas etapas foi fundamental para o estudo de implementação de sistemas elétricos de segurança, pois desde a confecção do molde passando pelas etapas subsequentes até chegar ao controle de qualidade, são utilizados diversos tipos de máquinas e cada uma delas tem características de trabalho diferente, sendo assim a utilização de diversos tipos de dispositivos e sistemas elétricos de segurança que se adequasse a cada máquina envolvida a cada etapa do processo de fundição.

Durante a realização das necessidades de implementação dos dispositivos de segurança, as normas vigentes (NR-10 e NR12) foram de suma importância de como deveriam ser realizadas, pois com base nas normas foram identificados pontos de acesso nas máquinas que não faziam uso de dispositivos elétricos de segurança o que estava pondo em risco a integridade física do operador e consequentemente a empresa passiva de multa por a máquina não estava atendendo a norma regulamentadora.

Ao ser realizado o estudo de viabilidade técnica de implementação de dispositivos e sistemas elétricos de segurança para máquinas de fundição, foi possível conhecer cada etapa do processo, assim como as máquinas, e a forma como cada processo acontece, e mais do que isso a importância dos dispositivos de segurança sendo aplicados em cada processo, para assegurar que tudo aconteça de forma segura e produtiva.

Vale ressaltar que por trás de todo o sistema de segurança aplicado, existem normas vigentes, que tem por finalidade de nortear, e garantir que tudo seja aplicado visando a segurança e o bem-estar do trabalhador que é a razão de todo esse estudo de viabilidade técnica de implementação de dispositivos e sistemas elétricos de segurança seja aplicado, e possibilite uma máquina segura com o propósito de preservar a integridade física do operador, visando o objetivo principal das Normas Regulamentadoras.

Ao realizar todo estudo baseado em normas que visam a segurança nas máquinas, e que garantem a saúde e integridade de seus operadores, pode-se propor a aplicar um sistema elétrico de segurança capaz de cumprir com o que estabelecem as normas.

Alinhado a todas as implantações de segurança, mostra-se extremamente importante a realização de manutenções preventivas, para que se possa reduzir a probabilidade de falhas nos sistemas de segurança e funcionamento dos equipamentos ou sua degradação, para que possa garantir seu pleno funcionamento, sem perdas da sua performance ou desgastes prematuros.

Portanto, pode-se concluir que é de suma importância que as empresas tenham essa preocupação e busquem adequar suas máquinas e equipamentos a fim de garantir que ocorrências relacionas a saúde e segurança dos seus operadores sejam evitadas.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR ISO 14119:2021. **Safety of machinery - Interlocking devices associated with guards - Principles for design and selection.** Fonte disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=463503>. Acesso em 06/04/2021.

ATHOS. **Como funciona um Relé Falta de Fase.** Fonte disponível em: < https://athoselectronics.com/rele-falta-de-fase/>. Acesso em: 09 de Setembro de 2020.

BALDAN, Roquemar de L., VIEIRA, Estéfano A. **Fundição: Processos e Tecnologias Correlatas.** São Paulo: Érica, 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Guia de Análise de Acidentes do Trabalho.** Secretaria de Inspeção do Trabalho. Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho. São Paulo, SP, 2010.

CORREA, Martinho Ullmann. **Sistematização e Aplicação da NR 12 na Segurança em Máquinas e Equipamentos.** Tese (*Latu Sensu* em Segurança do Trabalho – Universidade Regional do Noroeste do Estado do RS. Ijuí, 2011.

ELAELETRO. **Disjuntor Motor Siemens.** Fonte disponível em: <https://elaeletro.com.br/loja/disjuntores/disjuntor-motor-siemens-3rv1011-1aa10-16a/>. Acesso em: 09 de Setembro de 2020.

FILHO, Antonio Nunes Barbosa. **Segurança do Trabalho na Construção Civil.** São Paulo: Editora Atlas S.A, 2015.

GUESSER, Luiz Wilson. **Propriedades Mecânicas dos Ferros Fundidos.** São Paulo: Editora Blucher, 2 ed., 2019.

GUTTMAN, Misael. **Método HRN (Hazard Rating Number) a principal ferramenta para a avaliação de riscos em máquinas.** Fonte disponível em: < https://www.zielengenharia.com/single-post/2017/03/02/m%C3%A9todo-hrn-hazard-rating-number-a-principal-ferramenta-para-a-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-riscos-em-m%C3%A1qu> . Acesso em: 04 de Outubro de 2021.

JUNIOR, Joubert Rodrigues dos Santos. **NR-10: segurança em eletricidade: uma visão prática**. São Paulo: Érica, 2 ed., 2016.

JUNIOR, Joubert R. S., ZANGIROLAMI, Márcio José. **NR-12: Segurança em máquinas e equipamentos: conceitos e aplicações.** São Paulo: Érica, 2 e.d, 2020.

LOJA ELÉTRICA. **Interruptor Diferencial.** Fonte disponível em: <http://www.lojaeletrica.com.br/interruptor-diferencial-4x40a-30ma-5sm1-344-0-mb-siemens,product,2210603320025,dept,0.aspx>. Acesso em: 09 de Setembro de 2020.

MENDES, R. **Máquinas e acidentes de trabalho.** Coleção Previdência Social; Vol. 13. Brasília: MTE/SIT; MPAS, 2001.

NR-12**. Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.** Fonte disponível em: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/--safework/documents/normativeinstrument/wcms_164653.pdf. Acesso em 25/11/2020.

PEIXOTO, Neverton Hofstadler. **Segurança do Trabalho.** Santa Maria, RS, 2011.

PUCHATA, E., JANKE, L. F., GANZA, M. **Sistemas de Segurança em Máquinas Industriais.** Revista Techno Eng, 2013.

SCHNEIDER, Elmo Ebanês. **Instalação de Dispositivos de Segurança Para Máquinas Operatrizes Conforme NR 12 com Ênfase em Dispositivos Elétricos.** Tese (*Latu Sensu* em Segurança do Trabalho – Universidade Regional do Noroeste do Estado do RS. Ijuí, 2011.

SCHMERSAL. **Safety Switch With Separate Actuator.** Fonte disponível em: <https://products.schmersal.com/en_US/product/1496/az-16-12zvrk-m16>. Acesso em 09 de Setembro de 2020.

SIEMENS. **Proteção Confiável para Máquinas e Instalações.** Fonte disponível em: <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/controles-industriais/disjuntor-motor.html> .Acesso em 20 de Abril de 2021.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Grades de Proteção Industrial.** Fonte disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/lista/grades-de-protecao-industrial>. Acesso em: 15 de Março de 2021.

WEG. **Segurança de Máquinas e Sensores Industriais.** Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas-e-Sensores-Industriais/c/BR_WDC_SFY>. Acesso em: 11 de Abril de 2021.