

CARLOS HENRIQUE DE LUCA

ANÁLISE DE RISCO NAS SOLUÇÕES DE CIRCUITOS (*HARDWARE*)
E PROGRAMAS (*SOFTWARE*) PROPOSTOS PARA ATENDIMENTO
AOS REQUISITOS DA NR12

São Paulo

2015

CARLOS HENRIQUE DE LUCA

ANÁLISE DE RISCO NAS SOLUÇÕES DE CIRCUITOS (*HARDWARE*)
E PROGRAMAS (*SOFTWARE*) PROPOSTOS PARA ATENDIMENTO
AOS REQUISITOS DA NR12

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho

São Paulo

2015

Ficha Catalográfica

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os meus familiares, principalmente: meu pai Francisco, minha mãe Helenice e esposa Marcia por todo apoio incondicional durante toda esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos sinceros aos companheiros de trabalho que me permitiu trabalhar na empresa, desta maneira, desenvolver meus trabalhos, fornecendo e adquirindo conhecimentos essenciais para o meu engrandecimento profissional.

Aos fornecedores que, através de seus conhecimentos plenos, me guiaram para o caminho certo, permitindo me lograr de ótimos projetos.

Aos clientes parceiros e a todos aqueles que me deram a oportunidade de desenvolver juntos, ótimas soluções para área de segurança do trabalho e automação industrial.

Aos colaboradores e professores da instituição de ensino que, através de seus conhecimentos plenos, agregaram significativamente em minha vida profissional e pessoal.

Agradeço muito o apoio de todos.

*“Pior que a falta de segurança é a falsa
sensação de segurança”*

(Autor Desconhecido)

RESUMO

Este trabalho mostra a história do surgimento da segurança em máquinas e o panorama atual das normas regulamentadoras ao redor do mundo, além de como se aplicam ao Brasil. Deste modo, o objetivo principal é propor soluções de *hardware* e *software* para um exemplo prático, soluções estas propostas pela norma regulamentadora NR12, através de referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para a adequação de máquinas e equipamentos no território brasileiro. A metodologia utilizada aborda conceitos de categoria de segurança, análise de risco e as características técnicas de alguns dos equipamentos de segurança que atendem os requisitos da norma regulamentadora NR12. Para a aplicação sugerida, será demonstrada, através da implementação dos equipamentos de segurança, a redução de risco na aplicação em níveis aceitáveis em projeto. Entre estes equipamentos, foram observados os indicadores de risco por intermédio da ferramenta *Hazard Rating Number*, que possibilita mostrar a eficiência de cada categoria de segurança aplicada na solução. Serão apresentadas algumas análises nas características dos equipamentos de segurança que justifiquem sua aplicabilidade. O Brasil, através da NR12, estabelece uma conscientização de segurança na fabricação e operação de máquinas e equipamentos de todos os tipos e, desta maneira, garantindo a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

Palavras-chave: soluções *hardware*; soluções *softwares*; NR12; análise de risco; indicadores de risco.

ABSTRACT

This work shows the security emergence history in machinery and the current landscape of regulatory standards around the world and how they apply to Brazil, so the main goal is to propose hardware and software solutions for a practical example, these solutions proposed by the standard regulatory NR12, through technical references, fundamental principles and protective measures for the adjustment of machinery and equipment in the Brazilian territory. The methodology addresses safety category of concepts, risk analysis and the technical characteristics of some of the safety equipment that meet the requirements of the regulation NR12. For the suggested application will be demonstrated through the implementation of safety equipment on risk reduction in the application at acceptable levels in the project. Among this equipment were risk indicators observed by Hazard Rating Number tool that allows show the effectiveness of each security category applied in the solution. Will present some analysis on the characteristics of safety equipment to justify its applicability. The Brazil by NR12 establishes safety awareness in manufacturing and operating machinery and equipment of all kinds and thus ensuring the health and physical integrity of workers.

Keywords: hardware solutions; software solutions; NR12; risk analysis; risk indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Máquina Histórica..... | 20 |
| Figura 2 – Torno Mecânico Moderno..... | 21 |
| Figura 3 – Processo de Regulamentação..... | 26 |
| Figura 4 – Avaliação de Risco..... | 32 |
| Figura 5 – Análise e Apreciação de Risco..... | 36 |
| Figura 6 – Botão de Emergência..... | 44 |
| Figura 7 – Montagem do botão de emergência..... | 45 |
| Figura 8 – Bloco de monitoramento do botão de emergência..... | 46 |
| Figura 9 – Tapete de Segurança..... | 47 |
| Figura 10 – Batente de Segurança..... | 48 |
| Figura 11 – <i>Enabling Switches</i> | 50 |
| Figura 12 – Diagrama de funcionamento <i>Enabling Switches</i> de três estágios..... | 51 |
| Figura 13 – Diagrama de funcionamento Chave Eletromecânica sem a função de Segurança (Contato NA)..... | 52 |
| Figura 14 – Diagrama de funcionamento Chave Eletromecânica com a função de Segurança (Contato NF)..... | 53 |
| Figura 15 – Chaves de Segurança (Fim de Curso)..... | 54 |
| Figura 16 – Atuação da Chave de Segurança (Fim de Curso)..... | 55 |
| Figura 17 – Curso de Atuação da Chave de Segurança (Fim de Curso)..... | 56 |
| Figura 18 – Chave de Segurança com Atuador Separado (Cabeça da Chave)..... | 58 |
| Figura 19 – Chave de Segurança com Atuador Separado (Corpo da Chave)..... | 59 |
| Figura 20 – Chave de Segurança com Atuador Separado..... | 60 |
| Figura 21 – Chave de Segurança com Atuador Separado e com Bloqueio..... | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura 22 – Funcionamento da Chave de Segurança com Atuador Separado e com Bloqueio..... | 62 |
| Figura 23 – Conjunto do Sistema de segurança sem contato..... | 63 |
| Figura 24 – Princípio de Funcionamento Chave de Segurança Magnética..... | 64 |
| Figura 25 – Cortina de Luz..... | 65 |
| Figura 26 – <i>Scanner</i> de Segurança..... | 67 |
| Figura 27 – Relé de Segurança PNOZ..... | 70 |
| Figura 28 - Controlador Configurável de Segurança M1..... | 71 |
| Figura 29 - Peça e Anel Metálico – Vista Superior..... | 72 |
| Figura 30 - Dispositivo Horizontal Hidráulico de Embutimento – Vista Superior..... | 73 |
| Figura 31 - Dispositivo Horizontal Hidráulico de Embutimento – Vista Lateral..... | 74 |
| Figura 32 – Vista Frontal Antes da Adequação..... | 76 |
| Figura 33 – Vista Superior Antes da Adequação..... | 76 |
| Figura 34 – Vista Frontal Depois da Adequação..... | 77 |
| Figura 35 – Vista Superior Depois da Adequação..... | 77 |
| Figura 36 – Avaliação de Risco HRN..... | 79 |
| Figura 37 – Controlador Configurável de Segurança M1..... | 81 |
| Figura 38 – <i>Software</i> de Segurança MOSAIC..... | 81 |
| Figura 39 – Botão de Emergência..... | 82 |
| Figura 40 – Caixa para Botão de Emergência..... | 82 |
| Figura 41 – Botão de Comando Pulsador..... | 82 |
| Figura 42 – Botão de Comando Pulsador tipo Cogumelo..... | 82 |
| Figura 43 – Sinalizador <i>Led</i> | 83 |
| Figura 44 – Chave Seccionadora Geral..... | 83 |

| | |
|--|----|
| Figura 45 – Chave Magnética de Segurança..... | 83 |
| Figura 46 – Cabo Multivias..... | 83 |
| Figura 47 - Caixa para Botoeiras..... | 84 |
| Figura 48 - Minicontatora de Potência..... | 84 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|--|
| AOPD | <i>Active Opto-electronic Protective Device</i> |
| CEN | <i>European Committee For Standardization</i> |
| CENELEC | <i>European Committee For Electrotechnical Standardization</i> |
| EN | European Norm |
| HRN | <i>Hazard Rating Number</i> |
| IEC | <i>International Eletrotechnical Commission</i> |
| ISO | <i>International Organization For Standardization</i> |
| NR | <i>Norma Regulamentadora</i> |
| OHSAS | <i>Occupational Health and Safety Assessment Services</i> |
| prEN | <i>Preliminary European Norm</i> |
| PDCA | <i>Plan - Do - Check – Act</i> |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 01 – Resumo dos requisitos para categoria..... | 29 |
| Quadro 02 – Elementos do Risco..... | 35 |
| Quadro 03 – Classificação de Risco..... | 41 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1.INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1. OBJETIVO..... | 18 |
| 1.2. JUSTIFICATIVA..... | 18 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA..... | 19 |
| 2.1. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO..... | 19 |
| 2.2. ENGENHARIA DE SEGURANÇA NO MUNDO..... | 22 |
| 2.2.1. Normas em todo o mundo..... | 22 |
| 2.2.2. Normas Europeias para Engenharia de Segurança..... | 22 |
| 2.2.3. Normas Americanas para Engenharia de Segurança..... | 23 |
| 2.2.4. Normas Japonesas para Engenharia de Segurança..... | 23 |
| 2.2.5. Normas Brasileiras para Engenharia de Segurança..... | 24 |
| 2.2.5.1. A quem se aplicam as NRs..... | 24 |
| 2.2.5.2. Como surgiram as NRs..... | 24 |
| 2.2.5.3. Quem elabora as NRs..... | 25 |
| 2.2.5.4. Processo de criação das NRs..... | 26 |
| 2.2.5.5. Principais entidades que participam da elaboração e revisão das NRs..... | 27 |
| 2.2.5.6. O cumprimento das NR não elimina a obrigatoriedade de observação de outras normas..... | 28 |
| 2.2.5.7. As Normas Regulamentadoras mais importantes..... | 28 |
| 2.2.5.8. Normas Regulamentadoras que estão em vigor atualmente..... | 28 |
| 2.3. NR 12..... | 28 |
| 2.4. CATEGORIA DE SEGURANÇA PARA EQUIPAMENTOS DESTINADOS À ADEQUAÇÃO DE MAQUINAS..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5. AVALIAÇÃO DE RISCO..... | 31 |
| 2.5.1. Avaliação do Risco de acordo com a EN 954..... | 31 |
| 2.6. MÉTODOS DE APRECIÇÃO DE RISCOS DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS USADOS NO BRASIL..... | 35 |
| 2.6.1. Metodologias de Avaliação de Riscos..... | 35 |
| 2.6.1.1. HRN (<i>Hazard Rating Number</i>)..... | 39 |
| 2.7. EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA..... | 43 |
| 2.7.1. Botão de Emergência..... | 43 |
| 2.7.2. Tapete de Segurança..... | 46 |
| 2.7.3. Batente de Segurança..... | 47 |
| 2.7.4. <i>Enabling Switches</i>..... | 49 |
| 2.7.5. Chaves de Segurança Eletromecânicas..... | 51 |
| 2.7.5.1 Chaves de Posição com Função de Segurança..... | 54 |
| 2.7.5.2 Chaves de Segurança com Atuador Separado..... | 57 |
| 2.7.5.3 Chaves de Segurança com Atuador Separado e com Bloqueio..... | 60 |
| 2.7.6. Chaves de Segurança Magnética..... | 62 |
| 2.7.7. Cortina de Luz..... | 64 |
| 2.7.8. <i>Scanner</i> de Segurança..... | 65 |
| 2.7.9. Relé de Segurança..... | 67 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 72 |
| 3.1. MATERIAIS..... | 72 |
| 3.2. METODO..... | 75 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 80 |
| 4.1. SOLUÇÕES EM <i>HARDWARE</i> | 80 |
| 4.1.1. Dispositivos Utilizados na Adequação..... | 80 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.2. Monitoramento..... | 85 |
| 4.1.2.1. Controlador Configurável de Segurança (CCS)..... | 85 |
| 4.1.2.2 Botão de Emergência..... | 86 |
| 4.1.2.3 Chave de Segurança Magnética..... | 86 |
| 4.1.2.4. Proteção do Motor Elétrico..... | 86 |
| 4.1.2.5. Redundância de Contatores..... | 87 |
| 4.1.3. Sinalização e Comando..... | 88 |
| 4.1.3.1 Sinaleiros..... | 88 |
| 4.1.3.2 Botões de Comando..... | 88 |
| 4.1.4. Arranjo Físico..... | 89 |
| 4.1.5. Adequação Elétrica..... | 89 |
| 4.1.6. Esquema Elétrico..... | 90 |
| 4.2. SOLUÇÕES EM <i>SOFTWARE</i> | 90 |
| 4.2.1. Circuito de Emergência..... | 91 |
| 4.2.2. Circuito de Liberação..... | 91 |
| 4.3. DISCUÇÕES..... | 91 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 91 |
| REFERÊNCIAS..... | 96 |
| ANEXOS..... | 98 |

1. INTRODUÇÃO

As más condições de estado de conservação de máquinas e equipamentos são um dos principais causadores de acidente de trabalho, seja pela falta de investimento em maquinários mais modernos e mais seguros ou até mesmo uma reforma da máquina antiga (*retrofit*) expõe os operadores a riscos desnecessários e iminentes.

Em resumo, o objetivo da NR12 é de ter, em médio prazo, máquinas e equipamentos realmente seguros, com informações mínimas para que estes sejam projetados e construídos desta forma desde o transporte, utilização, manutenção, até o descarte. Ao mesmo tempo, a norma traz medidas para adequação das máquinas que já estão em utilização há alguns anos, além de apontar a necessidade de informação e capacitação dos trabalhadores, com explicações mais claras sobre o que é necessário, formulando um conceito de atualização contínua, o que a diferencia da antiga versão. A nova versão contempla a maioria dos diferentes modelos de máquinas e equipamentos de distintos processos de trabalho, buscando proteger de fato os envolvidos nos métodos de fabricação e nas demais áreas envolvidas.

Anteriormente, os fabricantes de máquina trabalhavam com o conceito de que a segurança era um elemento opcional; ou seja, em uma mesma máquina havia duas versões: a versão *standard* e a versão *safety* (sem e com segurança); o cliente optava por qual versão comprar. Muitas empresas acabavam optando pela versão *standard* devido ao custo reduzido. Hoje, com a NR12, obriga-se a implementação do conceito de que todas as máquinas devem ter equipamentos de segurança. Logo, ou se trabalha com segurança ou não trabalha.

No processo de adequação de máquinas usadas, muitas acabam sendo inutilizadas, ou devido ao alto custo de implantação dos equipamentos necessários juntamente com os custos de adequação da mesma ou pela característica peculiar da máquina, para a qual não existe uma solução de segurança tecnicamente viável que não impacte na sua produtividade.

A NR12 trabalha com o conceito de falha segura, ou seja, qualquer que seja a falha no sistema, ele deve ir para uma situação segura, que não coloque em risco os usuários. Podemos citar as chaves de segurança com bloqueio intertravadas instaladas em algumas máquinas, que tem a função de atuar no momento em que ocorrer uma anormalidade no funcionamento do equipamento como, por exemplo, a abertura de uma das portas que dão acesso às partes móveis e perigosas, quando as mesmas entram em emergência automaticamente.

Outra característica da norma é na elaboração de projetos, pois ela direciona para a implantação de uma análise de riscos e especificações técnicas para os fornecedores, com controle de toda a documentação e, principalmente, o planejamento tanto de manutenção, como do processo produtivo, com o treinamento do pessoal envolvido.

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar um processo de adequação de um dispositivo de embutimento hidráulico através de uma análise de risco; determinar os pontos de risco e, desta maneira, propor uma solução de segurança em *hardware* e *software* a fim de atender os principais tópicos da norma regulamentadora NR12.

1.2. JUSTIFICATIVA

O Brasil possui um grande polo de máquinas e dispositivos antigos na qual muitos deles são obsoletos e outros mais novos, porém sem a devida atenção no requisito “segurança”. Com a obrigatoriedade da NR12 implementada em 17 de Dezembro de 2010 surge então uma longa caminhada pela frente para a adequação deste polo.

A demanda de máquinas e equipamentos a serem adequados é muito grande mediante a quantidade de profissionais qualificados disponíveis no Brasil o que levou a inspiração deste tema para abordagem.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

Ao operar máquinas modernas, muitos conceitos de segurança são sempre necessários. Mas, por causa dos fluxos de trabalho rápidos e altamente automatizados, sejam em máquinas-ferramentas como centros de usinagem, ou prensas, outras máquinas como robôs, equipamentos de embalagem, equipamentos de embalagem de carne, ou sistemas como montadoras, fábricas de engarrafamento ou plantas que trabalham com madeira, situações perigosas para as pessoas e processo podem aumentar. Estes perigos muitas vezes não são visíveis à primeira vista, o que se fez exigir a introdução de diretrizes, normas e leis que regulassem certas precauções de segurança. (EUCHNER, 2008).

No início da era das máquinas, estas foram construídas muito mais simples do que são hoje, conforme **Figura 1**. A maioria das peças da máquina se movia lentamente e as ações realizadas pela máquina eram gerenciáveis pelo operador (EUCHNER, 2008).



Figura 1 – Máquina Histórica

Fonte: EUCHNER, 2008

Por exemplo, apenas o eixo principal de um torno mecânico era alimentado; os demais eixos eram movidos pelo operador manualmente. Naquela época, ninguém pensou em construir uma máquina com vários dispositivos de proteção (EUCHNER, 2008).

Essa atitude muda quando surgiu a possibilidade de equipar todos os eixos (ambos os eixos de condução e eixos de avanço) de uma máquina-ferramenta com unidades individuais, conforme a **Figura 2**. A desatenção do operador poderia ser perigosa para este e outros funcionários, bem como danos ao equipamento e ao produto. Por exemplo: máquina poderia mover-se após os pontos finais dos eixos ou seus limites mecânicos, um acidente típico que causava reparos longos e caros. Portanto, os operadores de máquinas forçaram os fabricantes a construir equipamentos mais seguros (EUCHNER, 2008).



Figura 2 – Torno Mecânico Moderno.

Fonte: EUCHNER, 2008

2.2. ENGENHARIA DE SEGURANÇA NO MUNDO

Não há uma orientação comum (padronizada) em nível mundial para engenharia de segurança em máquinas no momento. A seguir, será mostrada a visão geral dos regulamentos em vigor, normas e lei válida para os EUA, Europa, Japão e Brasil. Além destas normas, há também os regulamentos locais, que devem ser considerados (EUCHNER, 2008).

Na maior parte dos países do mundo, a base para a utilização de engenharia de segurança são as normas de segurança. As normas válidas em todo o mundo, as IEC e ISO, foram adotadas em muitos países onde tenham sido total ou parcialmente convertidos em seu sistema padrão nacional (EUCHNER, 2008).

2.2.1. Normas em todo o mundo

As organizações IEC e a ISO internacionalmente reconhecidas, na qual o IEC é responsável pelas normas elétricas e o ISO, para os demais. Muitas normas existem ao redor do mundo, assim como normas Europeias e normas nacionais. A EN 61508, por exemplo, origina-se da IEC 61508 e também pertence às normas desenvolvidas em todo o mundo. Mas o inverso também é um caso frequente: a norma europeia harmonizada EN 954 também existe como norma mundial ISO 13849 (EUCHNER, 2008).

2.2.2. Normas Europeias para Engenharia de Segurança

As organizações europeias de normas CEN / CENELEC desenvolvem as normas harmonizadas que são válidas em toda a Europa. O mandato vem da Comissão Europeia e estas normas devem ser convertidas inalteradas para a respectiva norma nacional. A abreviatura EN para estas normas é incluída no nome da norma. Muitas vezes, a abreviatura prEN (Preliminar) pode ser encontrada, o que significa que esta

versão está disponível apenas como uma norma preliminar e ainda não foi liberada. Mas, em cada caso, as normas preliminares mostram a tecnologia disponível e, por isso, é recomendado que as normas preliminares sejam levadas em consideração, especialmente quando nenhuma outra norma ainda não esteja disponível (EUCHNER, 2008).

2.2.3. Normas Americanas para Engenharia de Segurança

OSHA publicou os regulamentos 29 CFR 1910, que apresentam muitas partes sobre a vida ocupacional. Seções O e P são muito interessantes, relacionadas à segurança em máquinas. Regulamentos elétricos podem ser encontrados na seção S, mas a explicação de técnicas não são tão detalhadas quanto em normas europeias. Na seção 1910.212, por exemplo, apenas é indicado que devem ser apresentados um ou mais métodos de proteção de máquinas para proteger o operador e outros funcionários na área da máquina. Isto é contrário aos padrões europeus, em que há a determinação da distância para as proteções ou se as proteções de segurança devem ser fixadas (EUCHNER, 2008).

2.2.4. Normas Japonesas para Engenharia de Segurança

O conteúdo das normas básicas de engenharia de segurança e as normas europeias são as mesmas, nas quais as normas primárias Tipo A e Tipo B foram retomadas. No entanto, estas normas estão disponíveis apenas em japonês. Normas especiais referentes aos produtos (na Europa = norma Tipo C) também estão disponíveis em inglês (EUCHNER, 2008).

O sistema de normas japonês adotou os padrões internacionais para os equipamentos elétricos e eletrônicos IEC 61508 mais cedo do que muitos outros países (EUCHNER, 2008).

2.2.5. Normas Brasileiras para Engenharia de Segurança

As NRs – Normas Regulamentadoras são normas elaboradas pelo Ministério do Trabalho. Foram criadas e devem ser observadas a fim de promover saúde e segurança do trabalho na empresa.

As NR existem também para ensinar como cumprir a CLT (Consolidação das Leis do Trabalho) e para detalhar a CLT.

2.2.5.1. A quem se aplicam as NRs.

As NRs (Normas Regulamentadoras), relativas à segurança e saúde ocupacional, são de observância obrigatória para toda empresa ou instituição que admitem empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Isso também inclui empresas privadas e públicas que têm funcionários regidos pela CLT, órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como os órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que têm funcionários regidos pela CLT (BRASIL, 2015).

2.2.5.2. Como surgiram as NRs

Segundo a NWN Segurança do Trabalho (2015), as Normas Regulamentadoras foram criadas a partir da lei N° 6.514 de 1977. A lei alterou o Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. As NRs foram aprovadas pela Portaria N.º 3.214, em 08 de junho de 1978.

As NRs foram criadas para dar um formato final nas leis de Segurança do Trabalho. Foram feitas em capítulos para facilitar, normatizar e unificar as normas de segurança brasileiras.

As Normas Regulamentadoras têm força de lei, pois foram criadas pela lei N° 6.514 de 1977.

As Normas Regulamentadoras são alteradas sempre que os formadores da Comissão Tripartite julgam necessário. Mesmo sendo alteradas por Portarias, continuam fazendo parte da mesma, a Portaria 3.214/78.

2.2.5.3. Quem elabora as NRs

Segundo a NWN Segurança do Trabalho (2015), as NRs foram elaboradas e são modificadas por uma comissão tripartite composta por representantes do governo, empregadores e empregados.

As NR só podem ser elaboradas e modificadas por meio de Portarias expedidas pelo MTE, e isso acontece sempre que o mesmo sente que algo precisa ser modificado, melhorado ou excluído.

As NRs são criadas a partir das seguintes necessidades:

- Demandas da sociedade;
- Bancadas de empregadores e trabalhadores;
- Órgãos governamentais;
- Necessidades apontadas pela inspeção do trabalho;
- Compromissos internacionais;
- Estatísticas de acidentes e doenças.

2.2.5.4. Processo de criação das NR

O processo de criação das NRs é definido nos passos mencionados a seguir, como mostra a **Figura 3**.

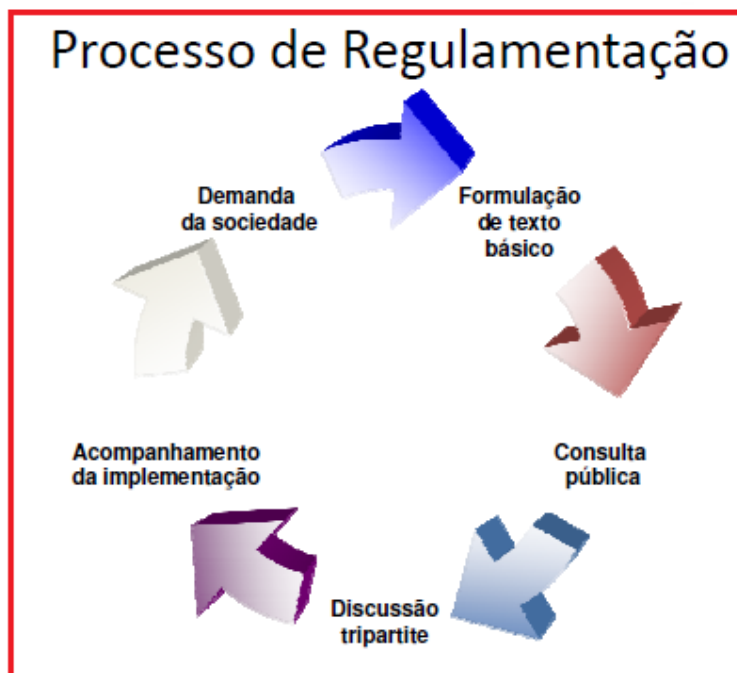


Figura 3 – Processo de Regulamentação

Fonte: NWN Segurança do Trabalho, 2015

- Demanda da Sociedade e definição de prioridades: Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP).
- Formulação de texto técnico básico: Grupo de Trabalho (GT) ou Grupo de Estudos Tripartite (GET).
- Consulta pública: publicação no DOU pela Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT).
- Discussão tripartite: Grupo Tripartite de Trabalho (GTT), Análise final: CTPP, seguida de revisão pela SIT, Publicação: SIT.

- Acompanhamento da implementação: Comissão Nacional Temática Tripartite (CNTT).

2.2.5.5. Principais entidades que participam da elaboração e revisão das NR

A seguir são listadas as principais entidades que participam no processo de elaboração e revisão das NRs:

- Fundacentro;
- Ministério da Saúde;
- Ministério da Previdência Social;
- Ministério Público do Trabalho;
- Marinha do Brasil;
- Ministério dos Transportes;
- Ministério das Minas e Energia;
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;
- Departamento Nacional e Produção Mineral;
- Agências Reguladoras (ANVISA, ANP, ANEEL);
- Outros.

2.2.5.6. O cumprimento das NRs não elimina a obrigatoriedade de observação de outras normas

A observância das Normas Regulamentadoras – NR não desobriga as empresas do cumprimento de outras disposições que, com relação à matéria, sejam incluídas em códigos de obras ou regulamentos sanitários dos Estados ou Municípios e outras, oriundas de convenções e acordos coletivos de trabalho (BRASIL, 2015).

2.2.5.7. As Normas Regulamentadoras mais importantes

Para a NWN Segurança do Trabalho (2015), todas as NRs são importantes. Qual é mais importante para a empresa quem vai definir é o ramo de atividade da empresa. Se a empresa é um hospital, a NR mais importante para ela é a NR 32 Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde. Algumas NRs são muito específicas, como é o caso da NR 22, que é Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Cada NR tem sua importância e algumas completam outras.

2.2.5.8. Normas Regulamentadoras que estão em vigor atualmente

Atualmente, estão em vigor 36 NRs (Normas Regulamentadoras); a 27 foi revogada pela Portaria Nº 262, em 29/05/2008, mas, já que continua no site, então está valendo na soma.

2.3. NR 12

Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos e, ainda, à sua fabricação, importação,

comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis (BRASIL, 2015).

2.4 – CATEGORIA DE SEGURANÇA PARA EQUIPAMENTOS DESTINADOS À ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS

Hoje em dia, existem muitos equipamentos certificados voltados à segurança em máquinas; cada equipamento possui sua particularidade, mas que atendem a uma norma específica, geralmente são certificadoras normalmente europeias, como a TÜV SÜD Rail GmbH, que garantem o funcionamento pleno do equipamento e, em caso de falha, há o que se conhece como falha segura. Ou seja, no caso de falha do componente, os canais de ativação do movimento de risco tendem a abrir e cessar o movimento.

Estes equipamentos são classificados em cinco categorias de segurança (B, 1, 2, 3 e 4), em que se estabelece o quão seguro é o equipamento.

| Categoria | Resumo dos requisitos | Comportamento do sistema | Princípios para alcançar a segurança |
|-----------|--|---|---|
| B | Partes relacionadas à segurança do sistema de segurança e/ou seus equipamentos de proteção, assim como seus componentes deverão ser concebidos, construídos, selecionados, montados e combinados de acordo com a norma pertinente, de modo que eles possam resistir à influência esperada. | >A ocorrência de uma falha pode encaminhar para a perda da função de segurança | Caracterizado principalmente por seleção de componentes |
| 1 | Aplicam-se os requisitos de B. Componentes comprovados e comprovados princípios de segurança devem ser utilizados. | >A ocorrência de uma falha pode causar a perda da função de segurança, mas a probabilidade da ocorrência é muito menor que a B. | |

Continua

| Continuação | | | |
|-------------|---|---|---|
| 2 | <p>Aplicam-se os requisitos de B e o uso dos comprovados princípios de segurança.</p> <p>A função de segurança deverá ser verificada em intervalos adequados por parte do sistema de controle da máquina.</p> | <p>>A ocorrência de uma falha pode causar a perda da função de segurança no tempo entre uma verificação e outra.</p> <p>>A perda da função de segurança é detectada na verificação.</p> | Caracterizada principalmente pela estrutura |
| 3 | <p>Aplicam-se os requisitos de B e o uso dos comprovados princípios de segurança.</p> <p>Partes relacionadas à segurança devem ser concebidas, de modo que:</p> <p>>Uma única falha em qualquer uma destas partes não leve a ser perda da função de segurança, e</p> <p>>Sempre que possível, uma única falha é detectada.</p> | <p>>Quando uma única falha ocorre, a função de segurança sempre será cumprida.</p> <p>>Algumas, mas não todas as falhas serão detectadas.</p> <p>>Um acúmulo de falhas não detectadas poderá levar à perda da função de segurança.</p> | |
| 4 | <p>Aplicam-se os requisitos de B e o uso dos comprovados princípios de segurança.</p> <p>Partes relacionadas à segurança devem ser concebidas, de modo que:</p> <p>>Uma única falha em qualquer uma destas partes não leve a ser perda da função de segurança, e</p> <p>>Uma única falha é detectada no momento, ou antes, da próxima verificação da função de segurança. Se isto não for possível, então um acúmulo de falhas não deverá levar à perda da função de segurança.</p> | <p>>Quando uma falha ocorre, a função de segurança sempre será cumprida.</p> <p>>As falhas serão detectadas sempre a tempo de prevenir a perda da função de segurança.</p> | |

Quadro 01 – Resumo dos requisitos para categoria.

2.5. AVALIAÇÃO DE RISCO

A NR 12 origina-se da norma Europeia EN 954-1.

De acordo com as diretrizes de máquinas, uma avaliação do risco deve ser feita para cada máquina na EUROPA. Existem diferentes métodos para fazer esse tipo de análise. EN ISO 14121-1 contém orientações para a avaliação de risco. Esta norma descreve riscos básicos que podem surgir e afirmam alguns métodos - sem explanação em detalhes - sobre como a avaliação de risco pode ser feita. Métodos mais detalhados para a avaliação do risco podem ser encontrados na EN 954-1 e suas normas sucessoras ISO 13849-1 e também no IEC 62061 (EUCHNER, 2008).

2.5.1. Avaliação do Risco de acordo com a EN 954

Um dos tópicos principais na EN 954-1 é a especificação das chamadas Categorias de Segurança. Elas são utilizadas para classificar a capacidade das partes relacionadas à segurança e descreve a categoria de segurança requerida, o comportamento do sistema em caso de falha e como os requisitos podem ser preenchidos. A avaliação do risco exigido mostra que categoria deverá ser alcançada para determinada zona de perigo (EUCHNER, 2008).

A **Figura 4** está em anexo à norma EN 954-1 e também na NBR 14153 e mostra como definir a categoria requerida por um processo de seleção.

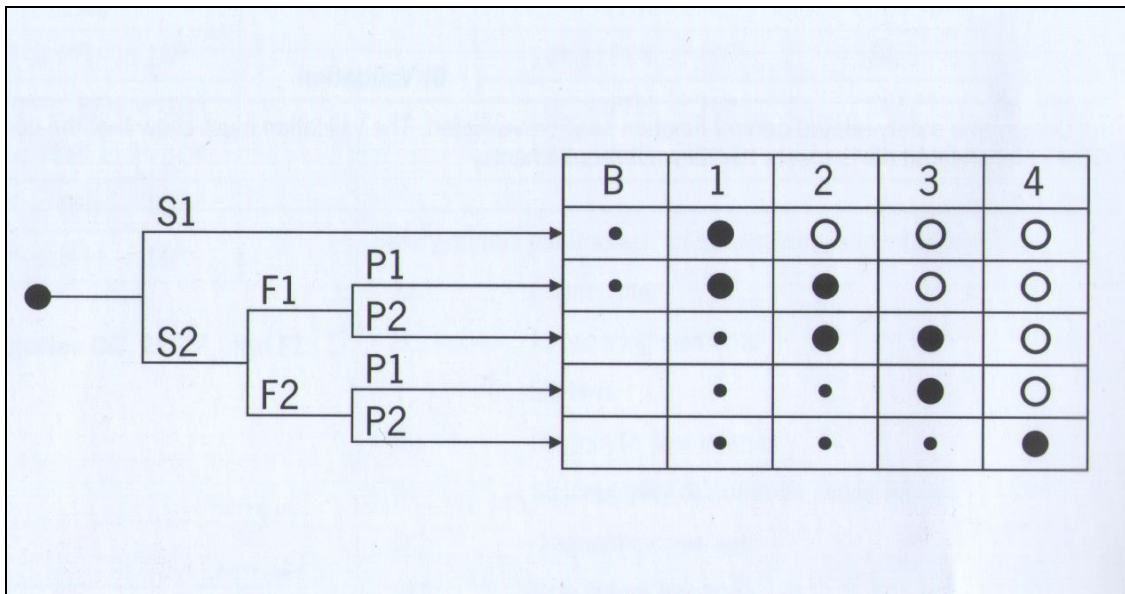


Figura 4 – Avaliação de Risco

Fonte: EUCHNER, 2008

- 1- Inicia-se pelo ponto à esquerda.
- 2- Definisce a gravidade da lesão:

S1 significa pequena lesão

S2 significa lesão (seria até mesmo morte)

- 3- Definisce a frequência e/ou o tempo de exposição ao perigo:

F1 significa raramente a pouco frequente e/ou o tempo de exposição é curto


F2 significa frequente a contínuo e/ou o tempo de exposição é longo


- 4- Definisce a possibilidade de se evitar o perigo:


P1 significa que é possível sobre condições específicas

P2 significa que é quase impossível de se evitar o perigo

- 5- A Figura 4 mostra qual categoria deverá ser selecionada:

 (Circulo Menor Preenchido) Significa que esta é uma possível categoria, mas que pode requerer medidas adicionais. As medidas não são descritas na norma e, assim, não é aconselhável selecionar esta categoria.

 (Circulo Maior Preenchido) Significa categoria ideal para o ponto de referência avaliado.

 (Circulo Maior Vazio) Significa que são medidas que podem ser selecionadas, porém sobre dimensionadas para o relevante risco avaliado.

Alguns componentes de segurança não podem ser testados, como descritos na Categoria 2. Nestes casos, uma segunda possibilidade deverá ser escolhida, ou seja, uma categoria acima ou abaixo deverá ser selecionada. Por exemplo, é muito difícil testar a chave de segurança quando a porta é aberta. Assim, o critério para as distâncias adequadas não podem ser realizadas para o teste.

Cláusula 7 da norma mostra como o critério de falha deverá ser levado em consideração:

- Se, como consequência da falha, outros componentes falharem, a primeira falha e todas estas falhas seguintes deverão ser consideradas como uma única falha.

Isso significa que as falhas subsequentes têm de estar relacionadas com uma falha de causalidade. Isto é muito importante, pois muitas vezes falhas subsequentes não podem ser registradas como uma única.

- Falhas de modo comum são consideradas como uma única falha.

O significado desta frase é muito importante, e também faz com que seja mais fácil de compreender por meio de um exemplo: quando uma parte da eletrônica é destruída e ou queimada, então isto será o suficiente para diagnosticar esta falha, como um curto-circuito. Não é necessário considerar o efeito sobre cada componente dentro da eletrônica.

- Na ocorrência simultânea de duas falhas independentes, não serão consideradas.

Esta é uma mensagem importante porque duas falhas que ocorrem ao mesmo tempo muitas vezes levam à falha de segurança em uma máquina. Mas, o que é importante aqui é a independência das falhas.

Além disso, a norma diz que certos defeitos podem ser excluídos, mas não explicam quais. Uma lista com mais detalhes poderá ser encontrada na norma EN ISO 13849-2. Também se pode encontrar sob quais circunstâncias de falhas podem ser excluídas. Mas o autor ainda assume a responsabilidade de declarar, justificar e listar todas as exclusões de falha (Safety Book EUCHNER, 2008).

2.6. MÉTODOS DE APRECIÇÃO DE RISCOS DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS USADOS NO BRASIL

A legislação brasileira requer que os sistemas de segurança de máquinas e equipamentos atendam à categoria de segurança requerida definida através de análise de risco.

A análise de risco deve seguir a previsão de normas técnicas oficiais vigentes.

A norma técnica oficial vigente, que apresenta metodologia de apreciação de risco que define a categoria de segurança requerida, é a NBR 14153.

A metodologia é apresentada na NBR 14153 como guia informativo.

2.6.1. Metodologias de Apreciação de Riscos

É importante o entendimento da definição de Risco e Perigo.

Perigo é uma condição ou característica que tem um potencial para causar danos.

O Quadro **02** mostra de maneira ordenada o conceito de Risco.

| | | | | |
|---|----------------|--|---|--|
| RISCO Relacionado ao perigo considerado | É função da | Gravidade do dano Que será resultado do perigo considerado | e | Probabilidade de ocorrência do dano Exposição de pessoas a perigos A ocorrência de eventos perigosos Possibilidade de evitar ou limitar o dano |
|---|----------------|--|---|--|

Quadro 02 – Elementos do Risco

Fonte: FUNDACENTRO, 2014

A apreciação de risco, de maneira geral, é um processo composto por uma série de etapas que permite, de forma sistemática, analisar e avaliar os riscos associados à máquina, conforme **Figura 5**.

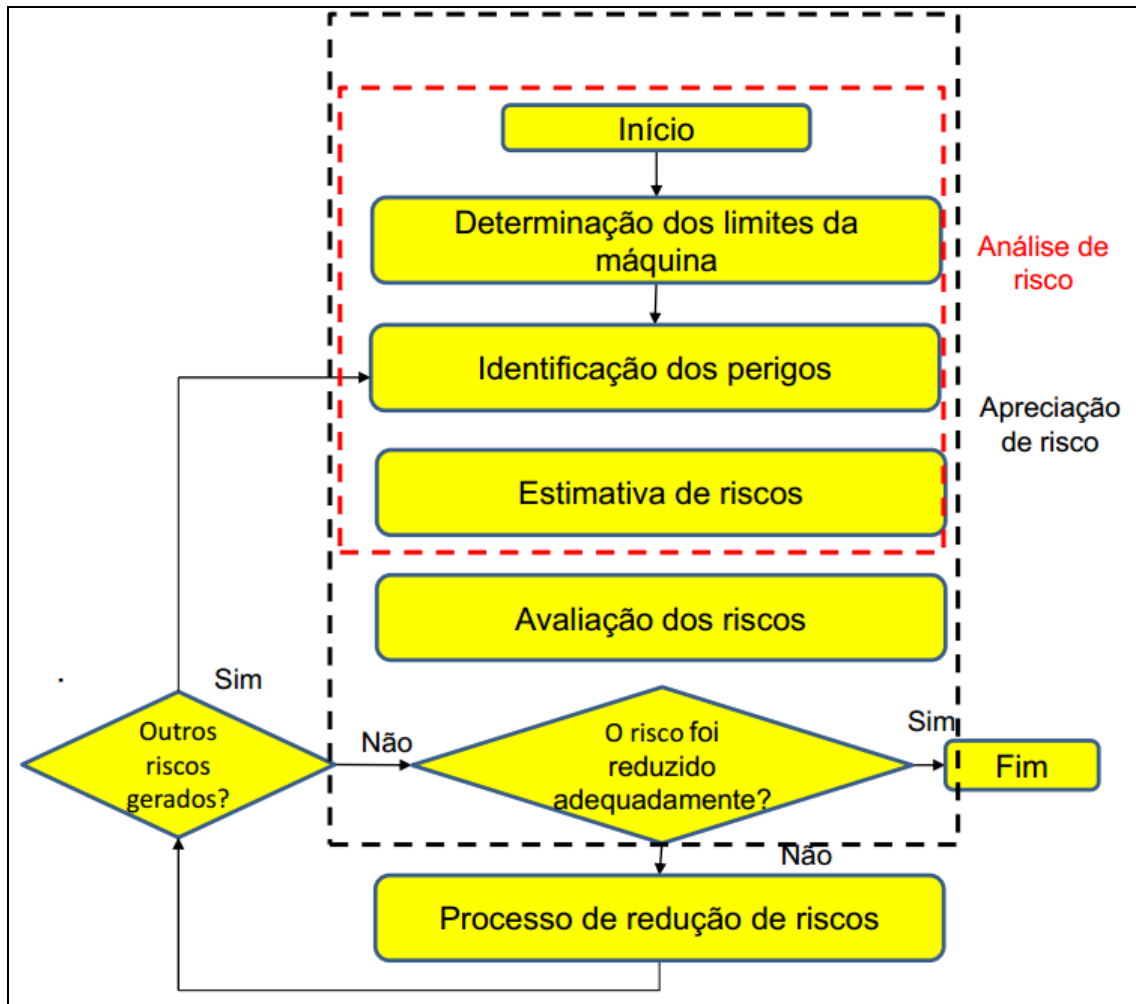


Figura 5 – Análise e Apreciação de Risco

Fonte: BRASIL, 2014

Análise de Risco: É um documento que visa identificar as necessidades de proteções da máquina, quais foram os Equipamentos de Proteção Coletiva instalados e o *status* atual das condições de operação.

Método de Análise de Risco: De acordo com a norma ISO 12100, a avaliação de risco é implantada em uma sequência de passos lógicos para permitir um exame

sistemático dos perigos associados com o maquinário. Sempre que necessária, a avaliação de risco é seguida da redução de risco conforme descrito na cláusula 6 da norma ISO 12100: 2010. Quando este processo é repetido, tanto quanto possível, resulta em um processo iterativo para eliminação de perigos e implantação de medidas de segurança.

A abordagem da metodologia de avaliação de risco inclui:

- Análise de Risco;
- Determinação de limites;
- Identificação do perigo;
- Estimativa do risco;
- Avaliação de Risco.

A análise de risco fornece as informações requeridas para a avaliação da mesma, a qual possibilita os julgamentos a serem feitos sobre a segurança da máquina.

Serão realizados todos os esforços para avaliar o risco associado a cada perigo identificado ao longo do relatório. Porém, pode não ser possível quantificar o risco de todos os perigos. Quando isso não é possível, os perigos são avaliados em relação à sua conformidade com a Legislação aplicável. Cada perigo é identificado individualmente ao longo do relatório; a consequência do acúmulo de perigos não é avaliada.

Erro humano e mau uso relacionado a áreas tais como alimentação incorreta da máquina, uso incorreto de materiais e capacitação do operador para operar a máquina não são considerados como parte do escopo deste relatório. Apenas serão consideradas previsões claras de mau uso da máquina.

Devido a razões práticas, nem todo o ciclo de vida da máquina foi examinado no âmbito deste relatório e as seguintes fases foram excluídas:

- Montagem/Instalação;
- Descomissionamento;
- Desativação;

- Transporte;
- Construção;
- Comissionamento;

Estimativa do Risco e Critério de Avaliação: A fim de identificar, estimar e reduzir os perigos existentes na máquina, uma Análise Preliminar de Risco é realizada utilizando a técnica HRN (*Hazard Rating Number*).

Uma análise preliminar de risco gera um item de linha no inventário tabular dos perigos de sistema não trivial e uma avaliação dos seus riscos residuais após as contramedidas aplicadas. A técnica *Hazard Rating Number* foi utilizada para analisar os riscos associados com a máquina. Esta técnica oferece uma abordagem analítica para o método Análise Preliminar de Risco.

A metodologia de avaliação, baseada nos critérios e experiência do analisador, avalia os fatores: Grau da Possível Lesão (DPH); Probabilidade de Ocorrência de um Evento Perigoso (PO); Número de Pessoas Expostas (NP) e Frequência e/ou duração da Exposição (FE) e é aplicada aos riscos relacionados a cada perigo. O valor do HRN é apresentado no item 2.6.1.1 HRN (*Hazard Rating Number*).

Segundo a NR-12 item 12.39, os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos:

- a) ter categoria de segurança conforme prévia análise de risco nas normas técnicas oficiais vigentes;

No Brasil, temos:

A NBR 14009 Segurança de máquinas – Princípios para apreciação de riscos

A ABNT NBR ISSO 12100 Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Apreciação e redução de riscos.

2.6.1.1 HRN (*Hazard Rating Number*)

Juntamente com o procedimento qualitativo de Análise e Apreciação de Risco estabelecido por norma, também poderá ser usado como ferramenta para quantificação e graduação do risco o método HRN (*Hazard Rating Number*), ou seja, Número de Avaliação de Perigos. Este método é usado para classificar um risco de raro a extremo, dando ao risco uma nota baseada em diversos fatores e parâmetros. Usado e reconhecido mundialmente, o HRN é muito freqüentemente usado na análise de riscos de máquinas e pode ser adaptado a qualquer avaliação de análise de risco.

Os parâmetros utilizados por este método são:

- A probabilidade de ocorrência (LO) de estar em contato com o risco
- A frequência de exposição ao risco (FE)
- O grau de severidade do dano (DPH)
- O número de pessoas exposta ao risco (NP)

Para cada item mencionado acima é estabelecido um número que representa a variável de calculo usada para encontrar o HRN do risco ou item avaliado. A formula aplicada para encontrar o nível de risco quantificado é a seguinte:

$$\mathbf{HRN = LO \times FE \times DPH \times NP}$$

Os parâmetros mencionados assim como as variáveis que cada um representa estão mencionados a seguir:

Probabilidade de Ocorrência (LO):

0,033 - Quase impossível - Podem ocorrer em circunstâncias extremas

1 - Altamente improvável - Mas pode ocorrer

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

Frequência da Exposição (FE):

0,5 - Anualmente

1 - Mensalmente

1,5 - Semanalmente

2,5 - Diariamente

4 - Em termos de hora

5 – Constantemente

Grau da Possível Lesão (DPH):

0,1 - Arranhões / Escoriação

0,5 - Dilacerações / corte / enfermidade leve

1 - Fratura leve de ossos - dedos das mãos / dedos dos pés

2 - Fraturas grave de ossos - 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 mãos.

12 - Enfermidade permanente ou crítica

15 – Fatalidade

Número de Pessoas sob Risco (NP):

1 - 1 - 2 pessoas

2 - 3 - 7 pessoas

4 - 8 - 15 pessoas

8 - 16 - 50 pessoas

12 - Mais do que 50 pessoas

Com base nos valores e nas variáveis pré-estabelecidas pode-se chegar ao valor que determina o nível de risco mínimo e máximo de uma máquina ou equipamento avaliado pelo método HRN. O **Quadro 03** mostra o grau de risco e o range de perigo que pode ser calculado:

| Grau de Risco calculado | | |
|-------------------------|----------------------|---|
| HRN | Risco | Comentário |
| 0 - 1 | Raro | Apresenta um nível de risco muito pequeno |
| 1 - 5 | Baixo | Apresenta um nível de risco a ser avaliado |
| 5 - 50 | Atenção | Apresenta riscos em potencial |
| 50 - 100 | Significativo | Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança no prazo máximo de uma semana |
| 100 - 500 | Alto | Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança no prazo máximo de um dia |
| >500 | Extremo | Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança imediata |

Quadro 05 – Classificação de Risco

Fonte: UTILIDADES ENGENHARIA, 2010

- Nível de Risco Raro ou Baixo: Nível de risco sob controle, ou seja, todos os controles operacionais e administrativos que são praticados necessitam ser

monitorados constantemente a fim de assegurar que o nível de risco seja mantido.

A classificação de cada risco em uma máquina ou equipamento é o resultado efetivo da avaliação de cada perigo.

Cada perigo será identificado, avaliado, analisado e, então, classificado. A partir deste ponto, uma recomendação baseada na classificação é dada para cada perigo analisado.

- **Nível de Risco Atenção:** parcialmente sob controle, ou seja, existem alguns controles operacionais e administrativos praticados e mantidos considerados adequados, mas não totalmente satisfatórios no quesito de confiabilidade. Portanto, existe possibilidade de ocorrer acidentes. Necessita-se implementar ações corretivas para conter a situação não conforme, a fim de evitar o acidente / dano ou minimizar os efeitos do acidente / dano.

As ações de contenção ou corretivas a serem implementadas devem ser imediatas, mas sempre objetivando reduzir o nível de risco para Aceitável.

- **Nível de Risco Significativo:** Existem alguns controles operacionais e administrativos praticados e mantidos que podem não ser considerados adequados e não são satisfatórios no quesito de confiabilidade. Assim, existe chance significativa de ocorrer acidentes graves. Necessita-se implementar ações corretivas imediatas para conter e corrigir a situação não conforme, a fim de evitar o acidente / dano ou minimizar os efeitos do acidente / dano.

As ações de contenção ou corretivas a serem implementadas devem ser imediatas e outras em médio prazo, mas sempre objetivando reduzir o nível de risco para Aceitável.

- **Nível de Risco Alto:** Não existem controles operacionais e administrativos praticados. Existem chances significativas de ocorrer acidentes graves. Necessita-se implementar ações corretivas imediatas para conter e corrigir a

situação não conforme, a fim de evitar o acidente / dano ou minimizar os efeitos do acidente / dano.

As ações de contenção ou corretivas a serem implementadas devem ser imediatas, mas sempre objetivando reduzir o nível de risco para Aceitável.

- Nível de Risco Extremo: Possui risco grave iminente e não existem controles operacionais e administrativos praticados. Existem chances significativas de ocorrer acidentes gravíssimos até mesmo a morte. Necessita-se implementar ações corretivas imediatas para conter e corrigir a situação não conforme, a fim de evitar o acidente / dano ou minimizar os efeitos do acidente / dano.

2.7. EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA

Com o avanço tecnológico, hoje em dia é possível encontrar diversos equipamentos destinados a aplicações de segurança que atendem aos requisitos da NR 12. Serão demonstrado a seguir alguns dos principais equipamentos de segurança e suas características técnicas.

2.7.1. Botão de Emergência

Segundo a WEG S.A (2015), os botões de emergência são um dos dispositivos mais comuns e importantes para acionar paradas de emergência e sinalizar situações perigosas em painéis de máquinas e equipamentos (exemplo **Figura 06**). Porém, se este dispositivo não estiver montado adequadamente, sua função será comprometida e poderá colocar usuários em risco. Para garantir maior segurança nessas aplicações, alguns fabricantes desenvolveram um bloco de monitoramento. Sua instalação com os botões de emergência asseguram que a montagem esteja correta e permitem maior confiabilidade em sistemas de paradas de emergência, conforme **Figura 07** e **Figura 08**.

Desenvolvido de acordo com as normas internacionais IEC 60947-5-5 e UL508 e para atender aos requisitos da norma brasileira NR-12, seu uso, associado aos demais equipamentos de proteção coletiva (EPC), garantem maior segurança à sua aplicação.

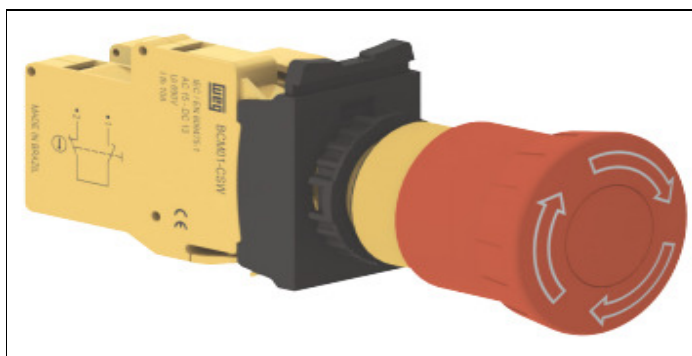


Figura 06 – Botão de Emergência

Fonte: WEG S.A, 2015

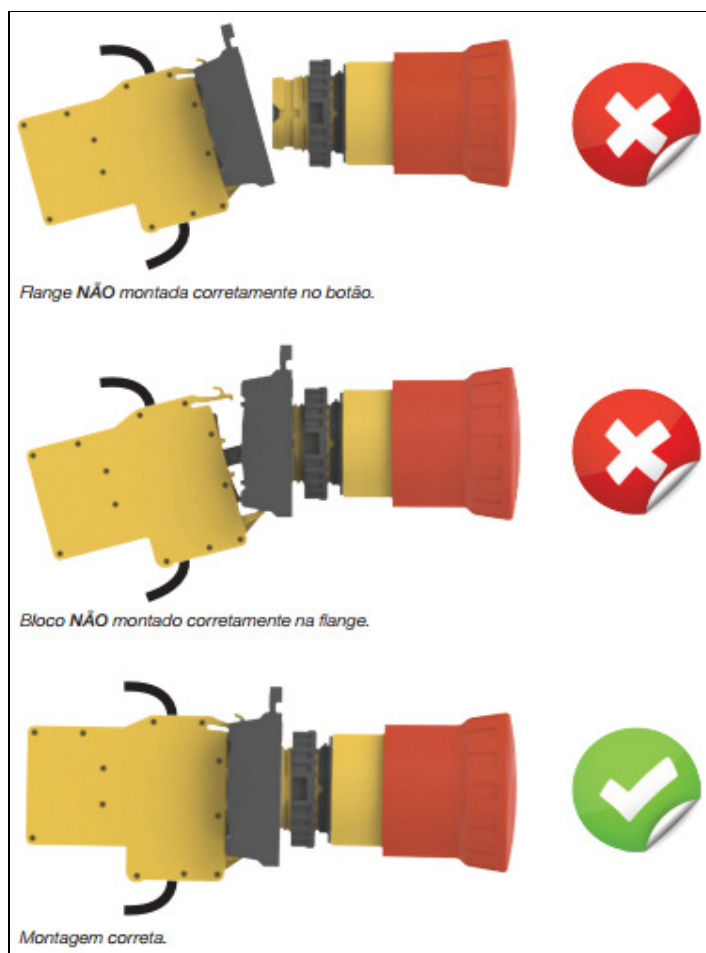


Figura 07 – Montagem do botão de emergência

Fonte: WEG S.A, 2015

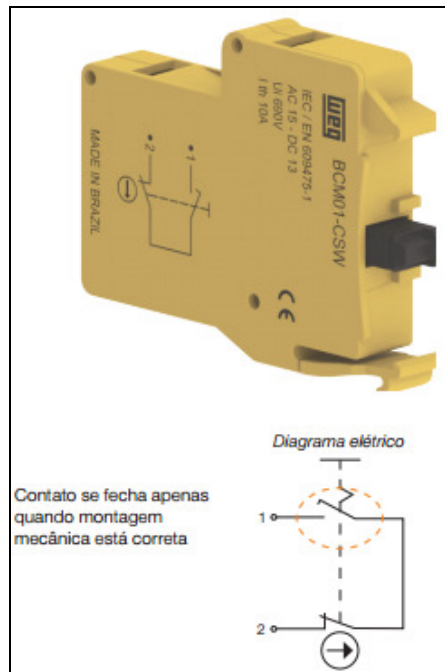


Figura 08 – Bloco de monitoramento do botão de emergência

Fonte: WEG S.A, 2015

2.7.2. Tapete de Segurança

Segundo a ACE SCHMERAL (2015), tapetes de segurança são utilizados para a proteção humana na máquina e plantas industriais com movimentos perigosos. Áreas típicas de aplicação são, por exemplo, a proteção de áreas e superfícies perigosas de máquinas de processamento de madeira, guilhotinas ou puncionadeiras.

Os tapetes de segurança possuem um dispositivo plano, que detecta a presença de pessoas. Se uma pessoa pisar sobre o tapete de segurança, o módulo de monitoramento de segurança conectado irá interromper imediatamente o movimento perigoso, conforme **Figura 09**.

Os tapetes de segurança podem ser conectados um ao outro, a fim de se obter uma proteção suave e rápida das áreas perigosas. Para este fim, estão disponíveis em

diferentes padrões de tamanhos. Além disso, tamanhos ou formas especiais podem ser realizados mediante solicitação.

Alguns tapetes são fixados ao chão por meio de um perfil de alumínio e cantoneiras especiais. O perfil em forma de rampa evita o risco de tropeço. Além disso, o perfil de alumínio serve como proteção das bordas, quando passam empilhadeiras e outros equipamentos ao longo dos tapetes de segurança.

Outros modelos, o perfil atuante de poliuretano, é diretamente moldado na superfície do tapete de segurança.

Os tapetes de segurança são caracterizados pelo *design* robusto e alta resistência a ácidos, soluções de soda cáustica, óleo e gasolina.

Em combinação com os módulos de segurança especiais, os tapetes de segurança satisfazem aos requisitos da categoria de controle 3, de acordo com a EN 954-1.

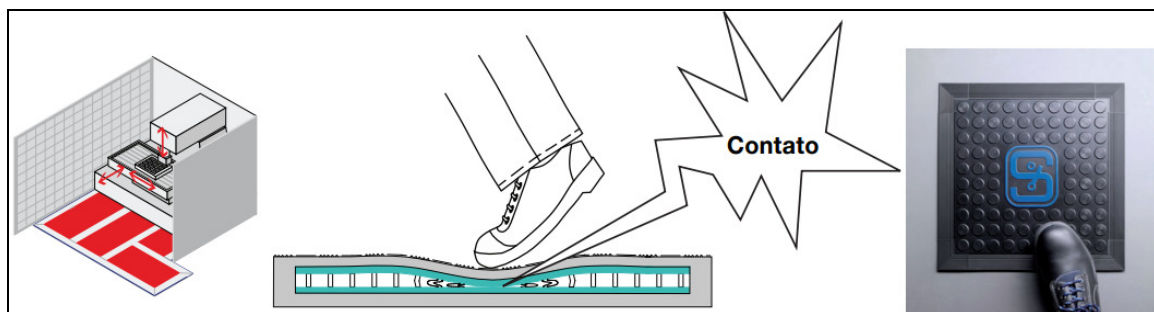


Figura 09 – Tapete de Segurança

Fonte: ACE SCHMERSAL, 2015

2.7.3. Batente de Segurança

A ACE SCHMERSAL (2015), ainda assim, define que os batentes de segurança de bordas sensíveis são usados para proteger as bordas das peças, como portas automáticas ou partes em movimento que possam causar acidentes, em que os pontos de contato possam causar esmagamento, corte ou de impacto, especialmente em equipamentos de manuseio de materiais automatizado e

motorizado, mas também como atuadores, comutadores de emergência em assentos para deficientes, para detecção de presença em veículos.

A deformação do perfil de borracha no Batente de Segurança é monitorada. O coração do sistema é a falha segura do emissor e receptor montados nos extremos do perfil de borracha.

A deformação do perfil enfraquece ou interrompe o sinal infravermelho entre o emissor e o receptor, conforme **Figura 10**.

Um controlador separado promove a falha segura do sinal infravermelho, fazendo com que o movimento de risco seja parado pela abertura do circuito de segurança.

Os batentes de segurança podem ser ligados individualmente ou em série em uma interface de segurança para obter o nível de desempenho exigido em cada aplicação; monitorados por interface de segurança especiais, satisfazem aos requisitos da categoria de controle 1, 3 e 4, de acordo com a EN 954-1.

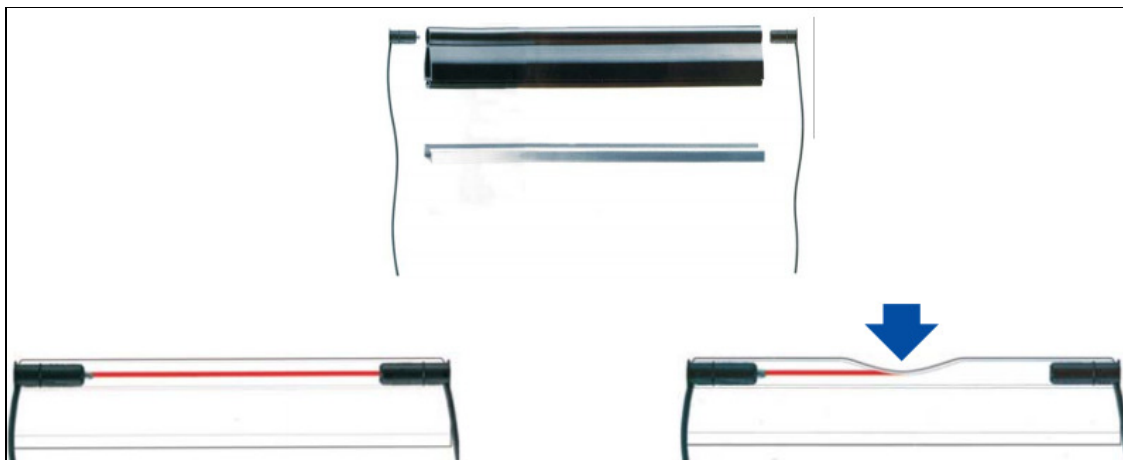


Figura 10 – Batente de Segurança

Fonte: ACE SCHMERSAL, 2015

2.7.4. Enabling Switches

Hoje em dia, mais e mais sistemas completamente automáticos estão sendo utilizados. Frequentemente, existem riscos ocultos para o operador. Barreiras e proteções são utilizadas para separar as pessoas das instalações de produção. Portas são equipadas com chaves de segurança para prevenir que operadores estejam na área de perigo durante o modo de funcionamento automático.

Às vezes, é inevitável que pessoas tenham que trabalhar na área de perigo durante uma operação especial da máquina: por exemplo, durante um teste, programação, manutenção ou observação de uma sequência de produção. Segurança significa proteger o operador nestas situações e deve, portanto, ser fornecida pelos engenheiros do projeto. Mas mesmo o operador tem de cumprir diversas normas de segurança. Como exemplo, este, extraído da *EG Machinery Directive*:

Se, para certas operações, a máquina deve ser capaz de funcionar com os seus dispositivos de proteção neutralizados, o seletor de modo de operação deve, simultaneamente:

- Desativar o modo de controlo automático.
- Permitir os movimentos apenas por comando que exijam uma ação sustentada.

Na prática, estes equipamentos de controle com ação continuada são chamados de *enabling switches*, conforme **Figura 11**.



Figura 11 – Enabling Switches

Fonte: EUCHNER, 2008

Enabling Switches ou Chaves de Habilitação ou Dispositivo de Permissão, de acordo com a EM IEC 60204-1, é um dispositivo de permissão operado manualmente, usado em conjunto com um controle de início de ciclo que, quando atuado continuamente, permite que a máquina funcione. Quando um dispositivo de permissão é fornecido como parte de um sistema, deve ser projetado para permitir o movimento, quando acionado em uma única posição. Em qualquer outra posição, o movimento deverá ser parado. Deve ser ligado a uma categoria de parada 0 ou de categoria de parada 1 e concebido considerando os princípios da ergonomia.

A fim de evitar mal-entendidos, as distinções entre as chaves do chamado *Dead Man* “Homem Morto” e um *Enabling Switch* “Chave de Habilitação”: as chaves *Dead Man* são mais ou menos uma versão anterior do *Enabling Switches* e são usadas principalmente para garantir as operações lineares simples, por exemplo, em aplicações ferroviárias onde o condutor deve confirmar seu comando de condução seguidamente pressionando a chave “homem morto”. Então, a chave homem morto

A **Figura 13** mostra o funcionamento de uma chave eletromecânica sem a função de segurança, na qual, ocorrendo uma falha como, cola de contato e/ou quebra da mola do êmbolo, o mesmo termina NF e perde-se a segurança no controle da aplicação (EUCHNER, 2008).

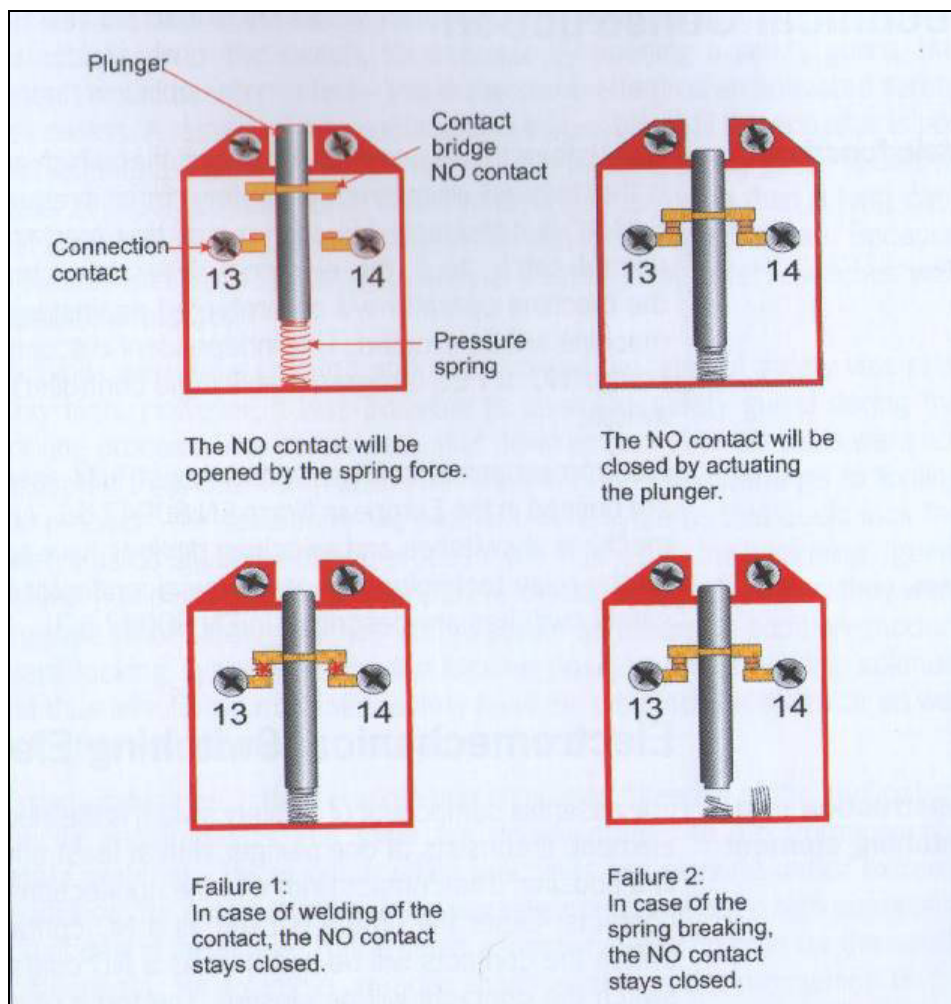


Figura 13 – Diagrama de funcionamento Chave Eletromecânica sem a função de Segurança (Contato NA)

Fonte: EUCHNER, 2008

A **Figura 14** mostra o funcionamento de uma chave eletromecânica com a função de segurança, na qual, ocorrendo uma falha como cola de contato e/ou quebra da mola do êmbolo, o mesmo termina em NA, garantindo assim a segurança no controle da aplicação (EUCHNER, 2008).

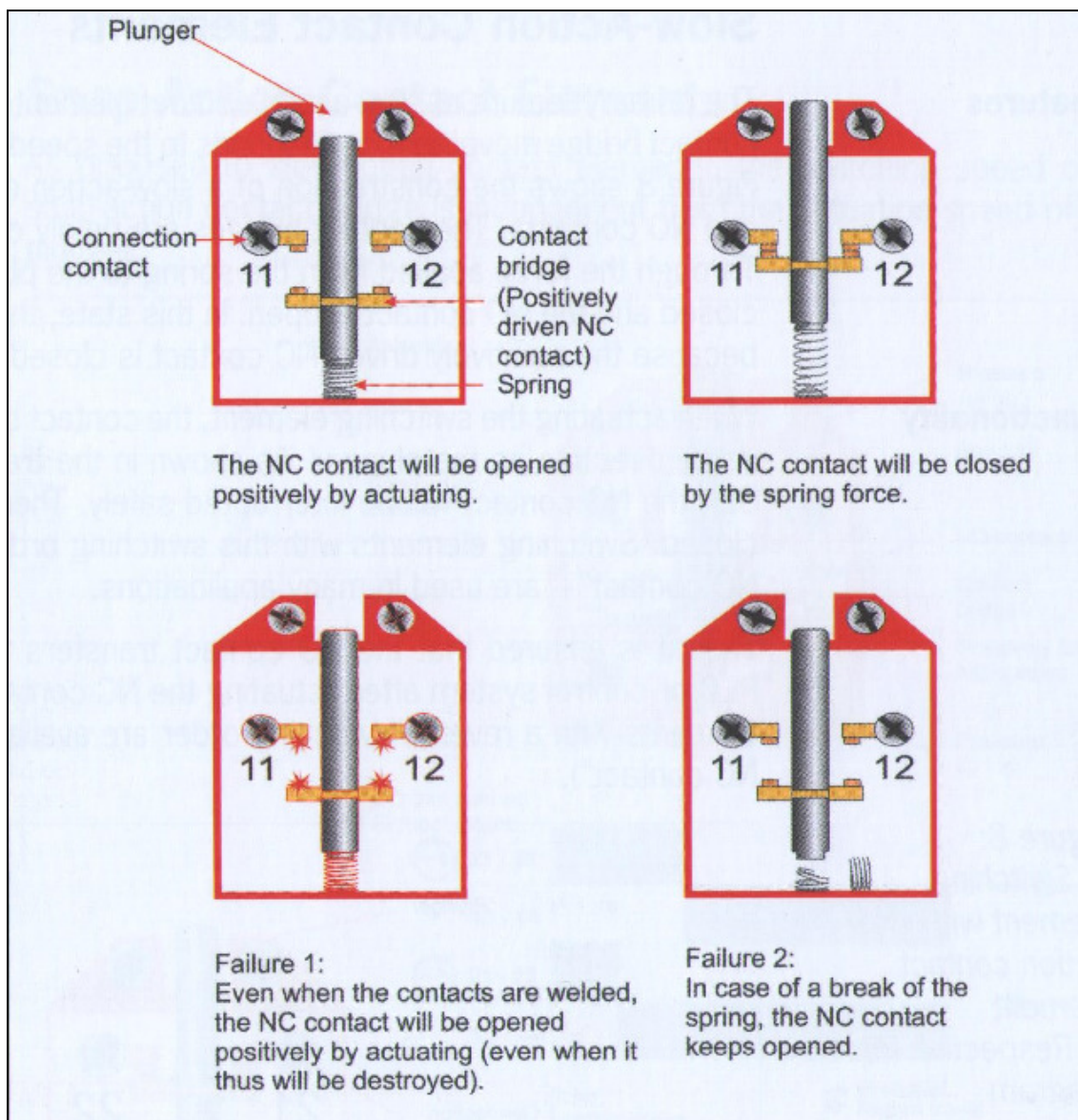


Figura 14 – Diagrama de funcionamento Chave Eletromecânica com a função de Segurança (Contato NF)

Fonte: EUCHNER, 2008

2.7.5.1 Chaves de Posição com Função de Segurança

De acordo com a definição, todos os componentes de uma Chave de Posição função de segurança, também conhecida como Chave fim de Curso (assim como o elemento de chaveamento e o elemento de ativação), estão integrados em um único invólucro. Diversos modelos estão disponíveis assim como na **Figura 15** (EUCHNER, 2008).



Figura 15 – Chaves de Segurança (Fim de Curso)

Fonte: EUCHNER, 2008

A característica básica das chaves fim de curso com a função de segurança é o princípio da abertura do contato positivamente guiado através de um êmbolo rígido. A conexão deverá ser rígida do atuador até os contatos NF (normalmente fechados). Na direção em que o elemento positivamente guiado é acionado, nenhum elemento elástico deverá ser instalado. A **Figura 16** mostra o estado do elemento positivamente guiado em posição de acionado e não acionado (Safety Book EUCHNER, 2008).

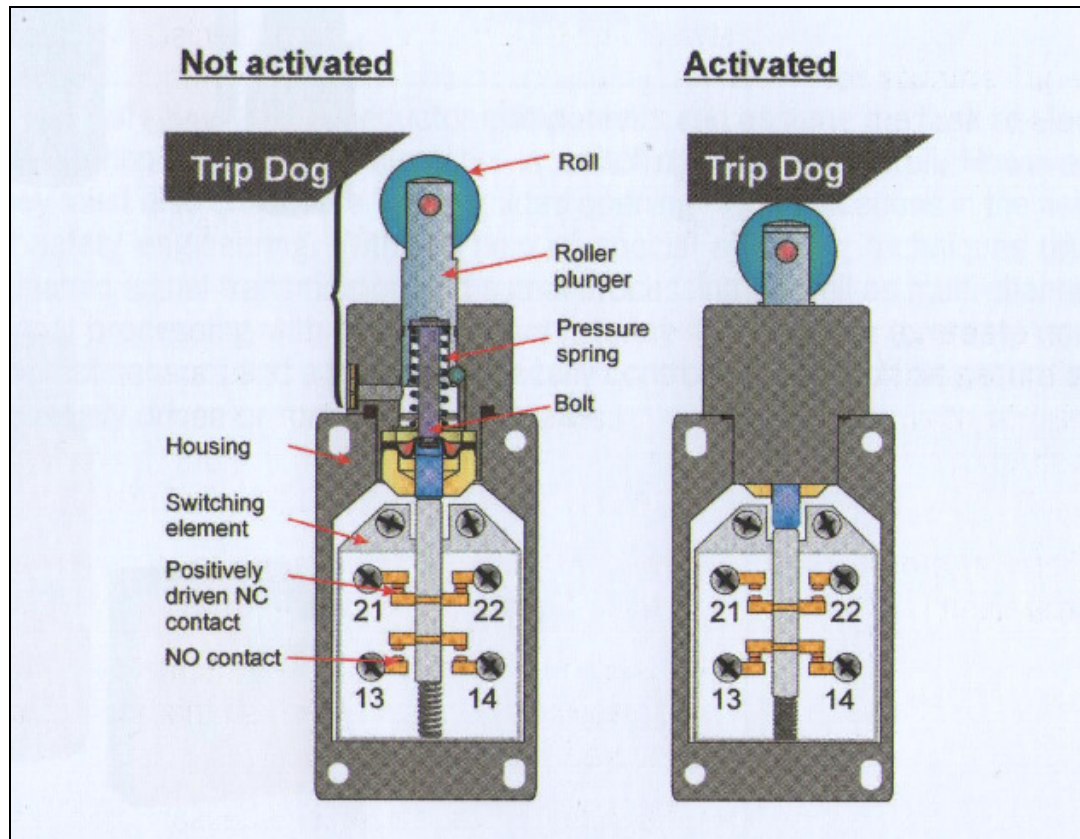


Figura 16 – Atuação da Chave de Segurança (Fim de Curso)

Fonte: EUCHNER, 2008

O chaveamento consiste em uma cabeça de atuação e um corpo. A cabeça de atuação é composta de uma roldana (*Roller*), haste da roldana (*Roller Plunger*), mola de pressão (*Pressure Spring*) e pino (*Bolt*), enquanto o corpo contém o elemento de chaveamento. No estado de não ativado, a roldana estará mantida na posição de início através da mola de pressão. Quando a chave é atuada, pode ser exemplificada: através de um Atuador Guia (*Trip Dog*), uma força externa será exercida na roldana e na haste da roldana. Por conta da conexão rígida entre a haste da roldana e o pino, a haste do elemento de chaveamento será empurrada para baixo. O exemplo da **Figura 16** mostra uma condução de uma abertura dos contatos NF (contatos 21 e 22) e fechamento dos contatos NA (contatos 13 e 14). As

características de chaveamento dos contatos são descritos no curso de atuação na **Figura 17** (EUCHNER, 2008).

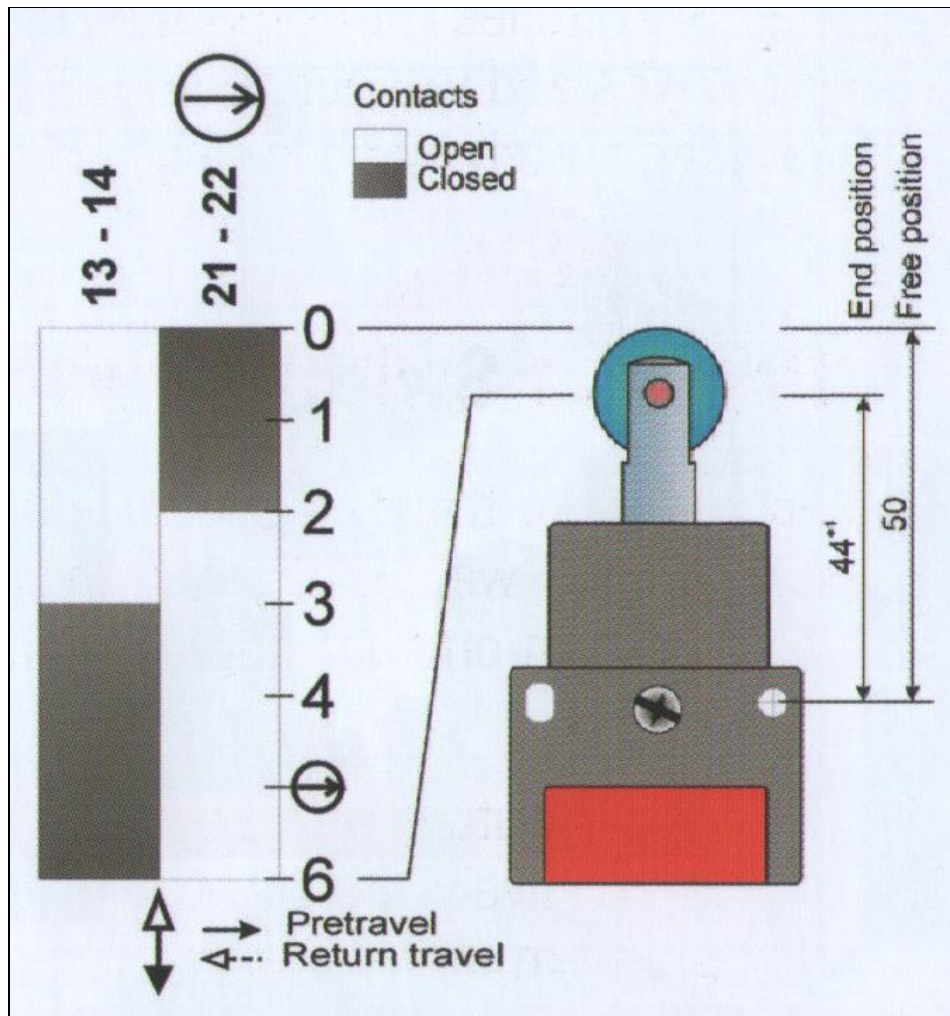


Figura 17 – Curso de Atuação da Chave de Segurança (Fim de Curso)

Fonte: EUCHNER, 2008

2.7.5.2 Chaves de Segurança com Atuador Separado

São baseadas sobre outro princípio de funcionamento. As definições aplicadas para estas chaves são: Chaves de Segurança com atuador separado são chaves na qual o elemento de chaveamento e a cabeça de atuação não estão no mesmo invólucro. Contudo, eles vão ser ligados ou separados funcionalmente ao operar o interruptor (EUCHNER, 2008).

Estas chaves possuem os mesmos requisitos de segurança das chaves de posição com a função de segurança: a abertura do elemento positivamente guiado é realizado com a atuação do interruptor. Todavia, chaves de segurança com atuador separado trabalham de maneira oposta. Quando o atuador não está inserido na cabeça da chave, o contato se mantém positivamente aberto por conta da função invertida da cabeça da chave (EUCHNER, 2008).

A fim de obter esta mudança de função nas chaves de segurança com atuador separado, a construção do atuador é diferente das chaves de posicionamento com função de segurança, assim como mostra a **Figura 18**. A cabeça da chave possui uma ou duas aberturas. Quando é fechada a porta de segurança, o atuador externo é inserido dentro desta. O atuador empurra o dispositivo de intertravamento para baixo (*interlocking slide*). Quando estes dispositivos alcançam a posição inferior máxima, o disco de chaveamento é liberado. Este é retornado através de ambas as barras do atuador (EUCHNER, 2008).

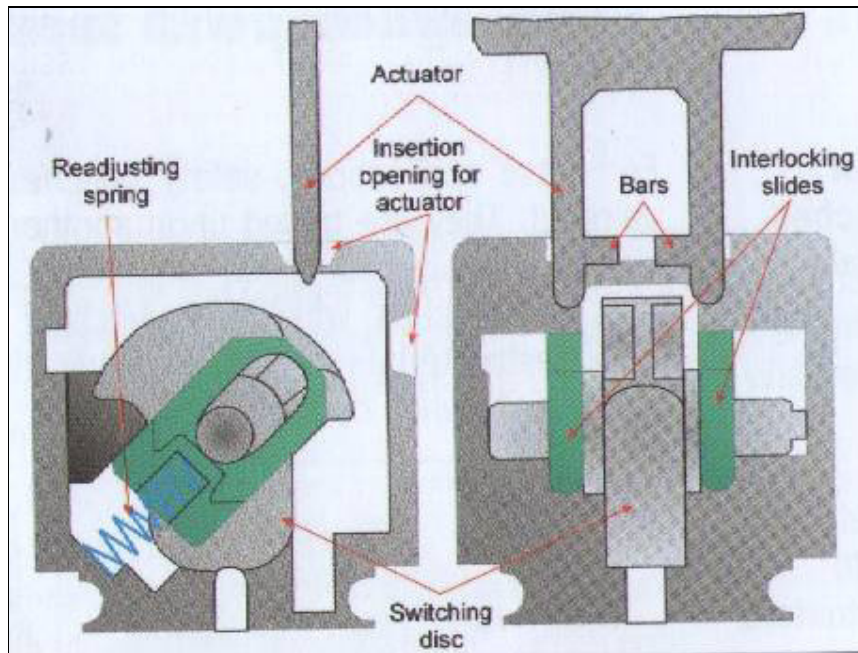


Figura 18 – Chave de Segurança com Atuador Separado (Cabeça da Chave)

Fonte: EUCHNER, 2008

Ao girar o disco de chaveamento, o pino (*pluger*) é movido. Existe um recorte aberto no disco de chaveamento que permite o retorno do pino para cima quando o atuador é inserido. Este movimento de retorno é realizado através de uma mola de pressão, conforme mostra a **Figura 19**. Ao mesmo tempo, os contatos positivamente guiados NF serão fechados. Quando for aberta a porta de segurança, o atuador será removido da cabeça da chave e o disco de chaveamento retornará à posição inicial. A construção especial do disco de chaveamento permite que o pino empurrado para baixo durante sua rotação e o elemento positivamente guiado é garantido (EUCHNER, 2008).

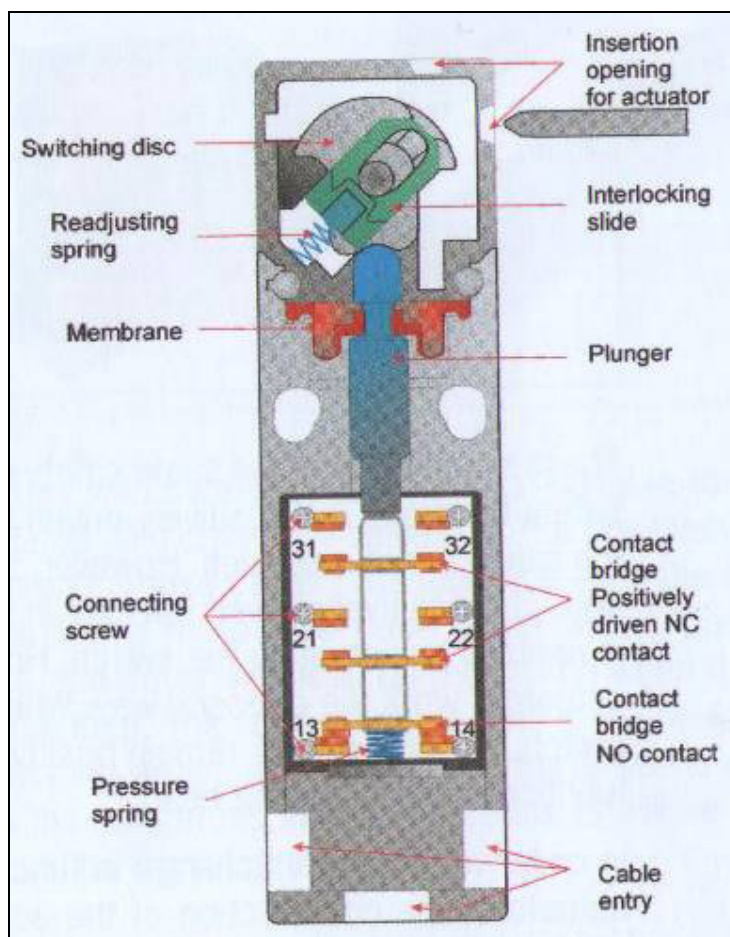


Figura 19 – Chave de Segurança com Atuador Separado (Corpo da Chave)

Fonte: EUCHNER, 2008

A **Figura 20** mostra alguns modelos de chaves de segurança com atuador separado



Figura 20 – Chave de Segurança com Atuador Separado

Fonte: EUCHNER, 2008

2.7.5.3 Chaves de Segurança com Atuador Separado e Bloqueio

As Chaves de Segurança com Atuador Separado garantem que a máquina será desligada ao abrir a porta de proteção. Porém, a porta não poderá ser travada desta maneira, pois o processo poderá ser interrompido a qualquer momento. Em alguns casos, isso poderá ser perigoso para a segurança das pessoas, além de produzir um dano ao ferramental e ao produto. Portanto, chaves de segurança com bloqueio são utilizadas como elemento de proteção no qual deverá manter-se travado durante o processo. A **Figura 21** mostra alguns destes modelos.

Desde que não haja mais risco, a porta poderá ser aberta (EUCHNER, 2008).



Figura 21 – Chave de Segurança com Atuador Separado e com Bloqueio

Fonte: EUCNER, 2008

Chave com Bloqueio (*Guard locking*) é definida como um sistema que mantém a chave em condição de bloqueio até que a atividade de risco termine. As chaves com bloqueio se originam das chaves de segurança com atuador separado. Em uma das primeiras versões, a solenoide era instalada entre o corpo e a cabeça da chave que a travava quando a porta era fechada. A fim de desbloquear a chave, o comando deveria energizar a solenoide (EUCNER, 2008).

O funcionamento desta chave é observado na **Figura 22**: quando o atuador é inserido na cabeça da chave, o pino (*Bolt*) é empurrado para frente para o solenoide de travamento; então, o atuador não pode mais ser removido e a porta não poderá ser aberta. A chave de segurança destrava quando a solenoide é energizada, desta maneira permitindo que a porta seja aberta novamente (EUCNER, 2008).

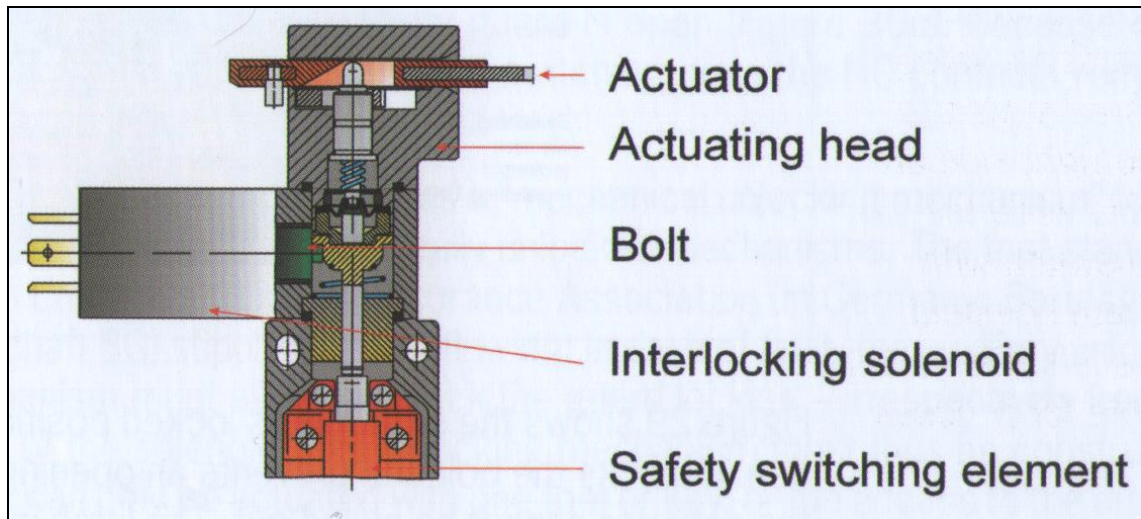


Figura 22 – Funcionamento da Chave de Segurança com Atuador Separado e com Bloqueio

Fonte: EUCHNER, 2008

Existem dois tipos de solenoides de bloqueio que diferem em suas funções: o mecanismo de bloqueio mecânico e elétrico. Mecânico significa que a mola de pressão traz a solenoide até a posição de bloqueio. Aplicando tensão, ela irá se destravar novamente (princípio de corrente fechada). Contudo, no caso da chave com bloqueio elétrico, a solenoide de bloqueio poderá ser travada aplicando tensão e destravada através da mola de pressão (princípio de corrente aberta) (EUCHNER, 2008).

2.7.6. Chaves de Segurança Magnética

Aplicações específicas requerem o uso de sistemas de segurança sem contato. As vantagens de utilizar sistemas de segurança sem contato em comparação às chaves eletromecânicas de segurança são, por exemplo, um alto grau de proteção contra adulterações, extremas condições ambientais ou quando a guia exata da porta não

for possível. Entretanto, o grau de segurança das chaves de segurança sem contato baseado em componentes eletrônicos deverá ser o mesmo que os sistemas eletromecânicos com contatos positivamente guiados (Safety Book EUCHNER, 2008).

Chaves de segurança sem contato consistem em três componentes básicos, conforme **Figura 23**.

- Atuador Codificado;
- Cabeça de leitura;
- Unidade de validação.

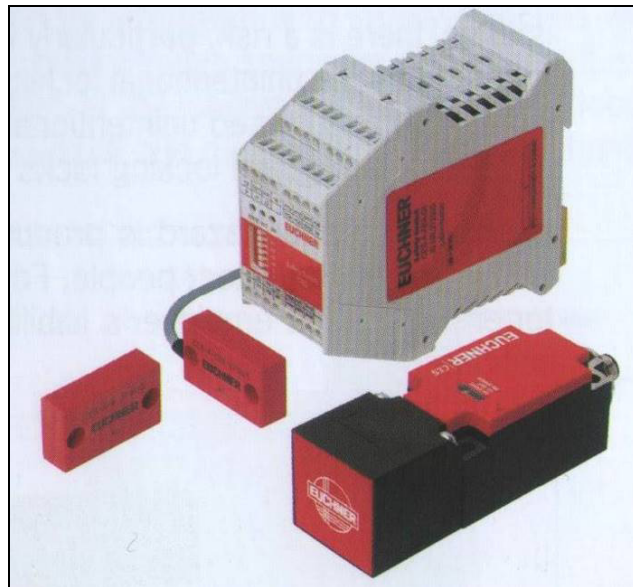


Figura 23 – Conjunto do Sistema de segurança sem contato

Fonte: EUCHNER, 2008

As chaves de segurança magnética consistem em diversos ímãs permanentemente paralelos. Estes ímãs chaveiam os contatos da cabeça leitora e seu estado é controlado pela unidade de validação, conforme **Figura 24**.

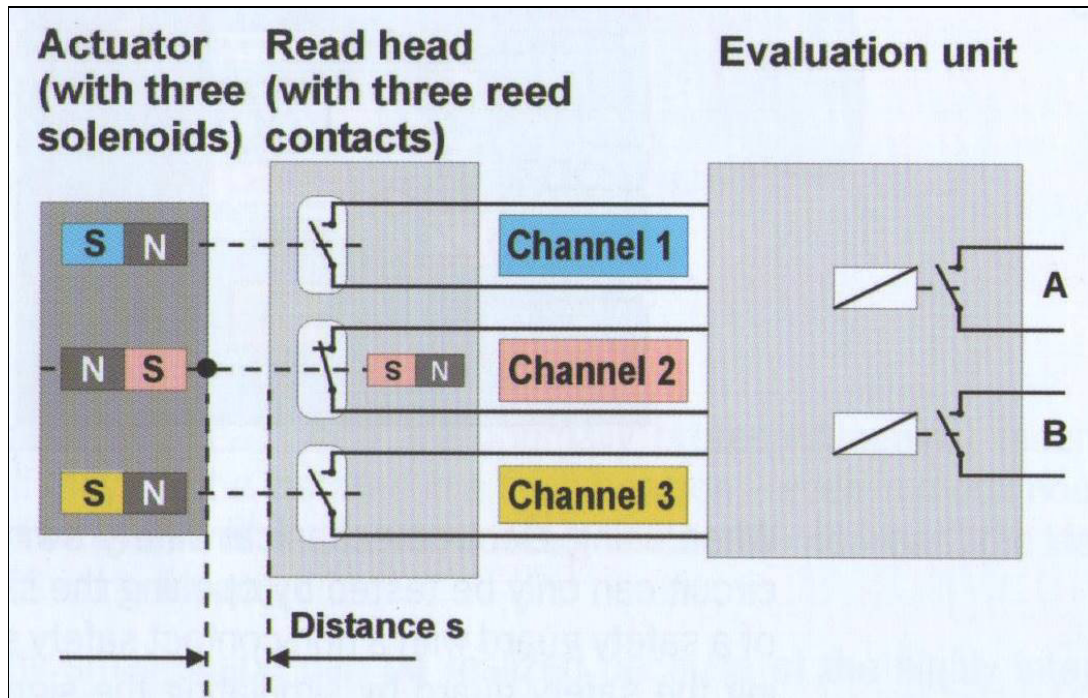


Figura 24 – Princípio de Funcionamento Chave de Segurança Magnética

Fonte: EUCHNER, 2008

Quando a porta de segurança é fechada, a unidade de validação destrava o circuito de segurança através dos contatos do relé, que são forçados. Este princípio de funcionamento não aceita uma codificação individual para cada atuador, pois todos possuem a mesma construção.

2.7.7. Cortina de Luz

Segundo a ROCWELL AUTOMATION, 2015, as cortinas de luz de proteção são dispositivos opto eletrônicos de segurança, detectores de presença que identificam um objeto no campo de detecção da cortina de luz. São compostas de uma unidade transmissora e uma unidade receptora automonitorada com redundância e diversidade de componentes, conforme **Figura 25**.

São geralmente usadas em aplicações de proteção de máquinas para detectar a presença do dedo, mão, braço ou corpo de uma pessoa. Também chamadas de

AOPD, as cortinas de luz oferecem uma segurança ideal. Elas são perfeitas para aplicações nas quais as pessoas necessitam de acesso fácil e frequente a um ponto de perigo de operação.

Possuem dois, três ou quatro feixes de luz infravermelha e assim chamadas de grade de luz e com mais feixes com resoluções de 14mm, 30mm, 50mm e 90mm. Assim chamadas cortinas de luz, que têm alturas efetivas de atuação de 150mm até mais de 2,5 metros.

São equipamento que estão de acordo com a categoria 2 ou categoria 4 de segurança.



Figura 25 – Cortina de Luz

Fonte: Rockwell Automation, 2015

2.7.8. Scanner de Segurança

A definição da BANNER (2015) para *scanner* de segurança é segurança, simplicidade e versatilidade. São estas as principais características por trás do dispositivo óptico bidimensional de segurança, o *scanner* de segurança. O *scanner* de segurança protege pessoas e também sistemas estacionários e móveis dentro de

uma área segura predefinida. Composto por uma única unidade que efetua o sensoriamento e processamento da leitura, oferece facilidade na instalação e *software* de operação simples. O *scanner* de segurança é ideal para aplicações em que sistemas de segurança por barreira óptica convencionais não podem ser aplicadas.

Principais características do *Scanner* de segurança AG4 da BANNER:

1. Áreas de alarme e proteção flexíveis que podem ser ajustadas de acordo com a área de trabalho.
2. Fácil instalação e programação via *software*.
3. Diagnóstico por *led's*, dispensando o uso de PC para verificação de falhas.
4. Disponibilidade de até oito pares de áreas de proteção e alarme.
5. Tempo de resposta configurável entre 80 e 640ms.
6. Interface de configuração RS-232 3 RS-422.
7. Está de acordo com todas as solicitações para instalação com Classe de segurança Tipo 3, norma IEC 61496-1/-2, Categoria 3 EN ISO 13849-1 e Nível de integridade de segurança (SIL) 2 pela ISO 61508.
8. Duas saídas seguras (250mA) e duas saídas auxiliares (100mA).

O scanner de segurança AG4 opera pelo princípio de reflexão de luz difusa. Uma vez que as áreas de proteção e de alarme estão configuradas de acordo com a área de trabalho, qualquer pessoa ou objeto que invadir a área de proteção será detectado, o que causará uma parada segura. A resolução de proteção varia entre 30 e 150mm, com range de até 6,25m, enquanto a área de alarme pode ser configurada para até 15m, com uma resolução de 150mm. Com resolução lateral de 0,36°, o *scanner* AG4 pode detectar objetos em uma zona de até 190°, conforme **Figura 26**.

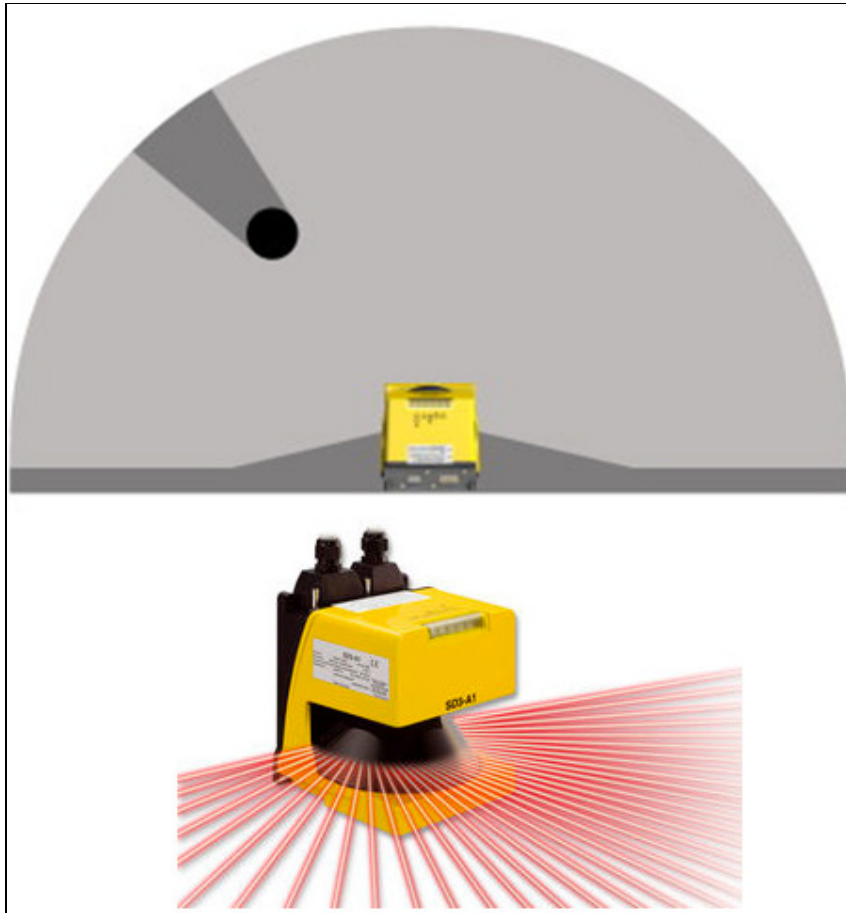


Figura 26 – Scanner de Segurança

Fonte: BANNER ENGINEERING, 2015

2.7.9. Relé de Segurança

A Wikipédia, 2015, define que nos primórdios da tecnologia de controle, a função, e assim, a representação do processo em um comando encontrava-se em primeiro plano. Relés e disjuntores controlavam máquinas e instalações. Enquanto havia dispositivos para desligamento ou proteção de pessoas, em caso de necessidade, isolava-se o atuador da alimentação de energia. Este tipo de sistema de segurança não podia ser desligado em caso de falhas, de modo que a função de proteção tornava-se inexistente. Por isso, refletiu-se sobre as possibilidade de segurança de tais funções de isolamento.²

Ligações de relés especiais como, por exemplo, a combinação de três disjuntores era o primeiro resultado de tais reflexões. Estas combinações de aparelhos levaram ao desenvolvimento do primeiro relé de segurança, o PNOZ. A Pilz obteve a sua patente com o número 4033801. A seguir um trecho da descrição da patente:

Um aparelho de parada de emergência de dois canais é equipado com uma primeira ligação de inicialização para fins de inicialização dos canais após uma operação de desligamento, a qual é ativada com auxílio de um botão manual acionado aleatoriamente. A fim de levar automaticamente o aparelho de parada de emergência ao estado ligado após o retorno da tensão de alimentação, existe uma segunda ligação de inicialização, a qual trabalha de acordo com o retorno da tensão e, caso contrário, não está ativa (WIKIPEDIA, 2015).

A Wikipédia, 2015, também define que os relés de segurança são aparelhos que realizam funções de segurança. Tal função tem o objetivo de minimizar ao máximo o risco existente em uma situação perigosa através de medidas adequadas. Estas medidas podem ser funções de segurança, como:

- Botões de parada de emergência;
- Portas de proteção;
- Barreiras de luz;
- Tapetes de segurança;
- Bimanual;
- Desaceleração de tempo.

Relés de segurança monitoram, portanto, uma função específica. Através de ligação com outros relés de segurança, eles asseguram o monitoramento completo de uma máquina ou instalação.

Os relés de segurança cumprem as exigências da EN 60947-5-1, EN 60204-1 e VDE 0113-1.

Ainda assim, a Wikipédia, 2015, diz que os relés de segurança distinguem-se primeiramente na construção da tecnologia:

- classicamente baseada em tecnologia de relé de contato;
- com avaliação eletrônica e saídas sem tensão de contato;
- até aparelhos totalmente eletrônicos com saídas de semicondutores.

Relés de segurança devem ser construídos sempre de modo que, com a ligação correta, não possa ocorrer nenhum erro no aparelho e nenhum erro causado externamente pelo sensor ou atuador, que leve à perda da função de segurança.

Um relé de ligação normal utiliza uma bobina com fio e o movimento mecânico dos contatos de metal para ligação e desligamento da carga. Após ciclos de ligação repetidos, os contatos de metal podem fundir. Se isso ocorre e o operador aciona o botão de parada de emergência, a máquina continua a funcionar. Neste caso, seria criada uma condição perigosa para o operador. Por esta razão, muitos padrões e normas de segurança europeias, americanas, nacionais e internacionais impedem a utilização de relés, ou disjuntores simples, em máquinas perigosas.

A construção típica de um relé de segurança da primeira geração na tecnologia de relé está relacionada à combinação clássica de três disjuntores. A construção redundante assegura que erros na ligação não gerem uma perda da função de segurança. Dois relés (K1, K2) com contatos de acionamento positivo disponibilizam os contatos de ligação seguros. Os dois circuitos de entrada, CH1 e CH2, controlam, respectivamente, um dos dois relés internos. Através do relé inicial, K3, a ligação é iniciada. Outro circuito de monitoração situa-se entre os pontos de conexão Y1 e Y2 (circuito de retorno). Esta serve para o controle e monitoração de posição de atuadores, os quais são controlados ou desligados através dos contatos de segurança. O aparelho é construído de modo que ele identifique erros no circuito de entrada como, por exemplo, a "fusão" de um contato do botão de desligamento/parada de emergência ou de um dos contatos de segurança do relé de saída. O dispositivo de segurança evita a religação do aparelho e, deste modo, a ativação dos relés K1 e K2.

Exemplo de Relé de Segurança, **Figura 27**



Figura 27 – Relé de Segurança PNOZ

Fonte: PILZ, 2015

Com a modernização dos maquinários, incluindo diversos processos em uma única máquina, aumentaram-se os pontos de risco e, conseqüentemente, a quantidade de relés de segurança para o monitoramento dos diversos equipamentos de segurança; desta maneira, aumentou consideravelmente o espaço necessário para acomodar cada vez mais relés de segurança. Pensando nesta situação, surge o relé de segurança configurável, ou CCS (controlador configurável de segurança), na qual, em um invólucro reduzido, permite-se monitorar diversos equipamentos de segurança e sua configuração que antes, nos relés de segurança, eram realizados via *hardware* (fio). Os controladores configuráveis de segurança permitem a configuração via *software*, no qual se reduziu muito o espaço requerido.

Para se ter uma ideia de espaço, um relé de segurança que monitora apenas um equipamento de segurança (exemplo: uma cortina de luz) possui em torno de 22,5mm de espessura. Para monitorar quatro equipamentos de segurança, tais como um botão de emergência, uma cortina de luz, uma chave de segurança e um *scanner* de área, seriam necessários quatro relés de segurança, ou seja, 90mm de espaço necessário no trilho DIN dentro do painel de comando seriam. Com apenas um CCS é possível, em um espaço de apenas 22,5mm, controlar os mesmos quatro equipamentos de segurança. CCS, conforme **Figura 28**.



Figura 28- Controlador Configurável de Segurança M1

Fonte: REER, 2015

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

Será apresentado um exemplo prático de como promover um circuito de segurança para adequação de um dispositivo hidráulico de acordo os itens mais relevantes da NR 12.

Problema Proposto: Trata-se de um dispositivo com acionamento hidráulico que tem como função o embutimento de um anel metálico em uma peça também metálica, conforme **Figura 29**, que posteriormente servirá como item de um motor automotivo. Conforme a figura, o dispositivo na posição horizontal aplicará uma força de aproximadamente 8700 Kg/f para o embutimento do anel na peça a ser trabalhada. A velocidade de trabalho é lenta, de aproximadamente 10mm/s, e o acionamento é realizado pelo operador que se posiciona na frente do dispositivo e através do botão de *START* (Botão Pulsador tipo Cogumelo Preto), localizado no frontal do painel de comando. Ao desacionar o botão de *START*, o mesmo inicia a movimentação de retorno do cilindro para a posição inicial e, desta maneira, o operador retira a peça trabalhada e insere a próxima peça a ser trabalhada.

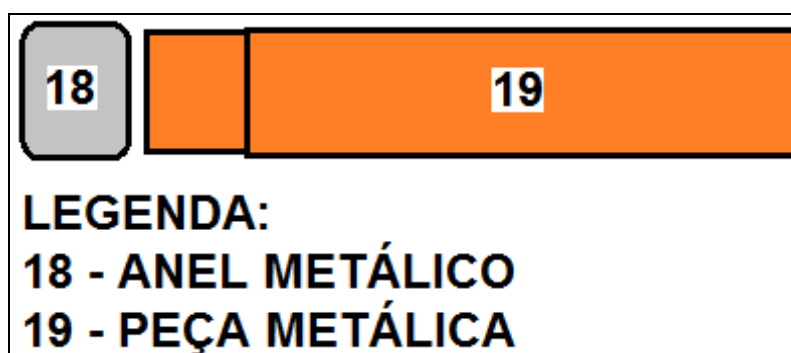


Figura 29 - Peça e Anel Metálico – Vista Superior

A **Figura 30** mostra as partes do Dispositivo Hidráulico Horizontal pela vista superior.

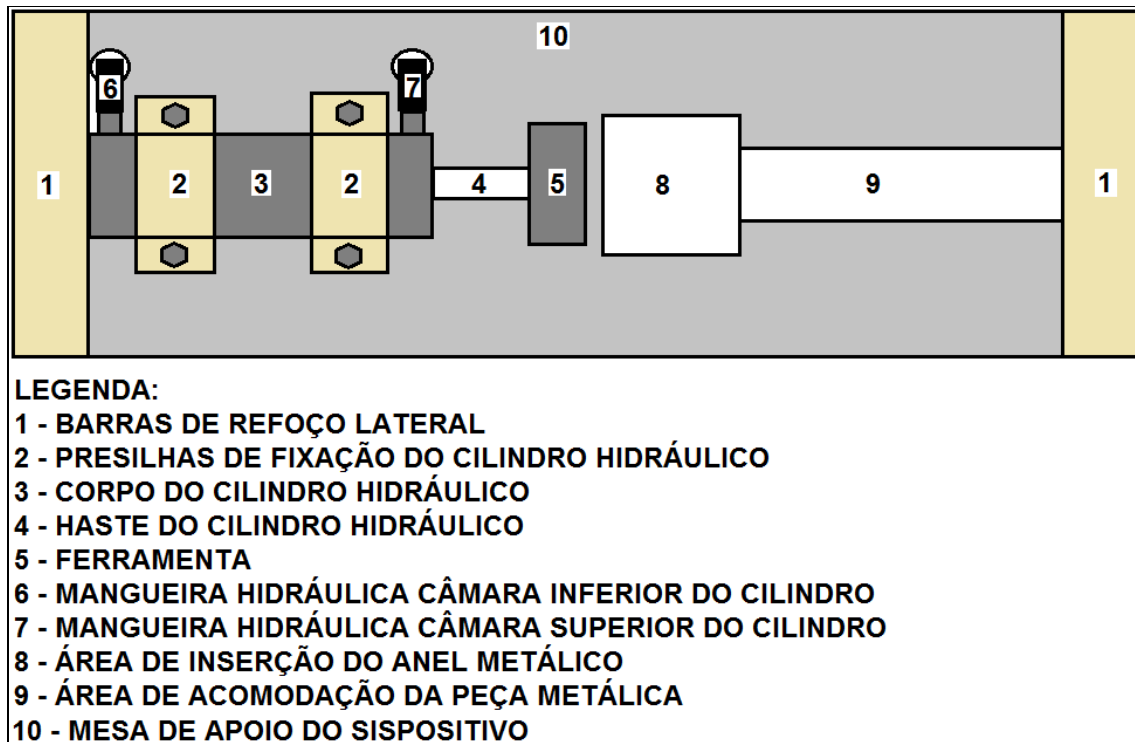


Figura 30 - Dispositivo Horizontal Hidráulico de Embutimento – Vista Superior

A **Figura 31** mostra as partes do Dispositivo Hidráulico Horizontal pela vista lateral.

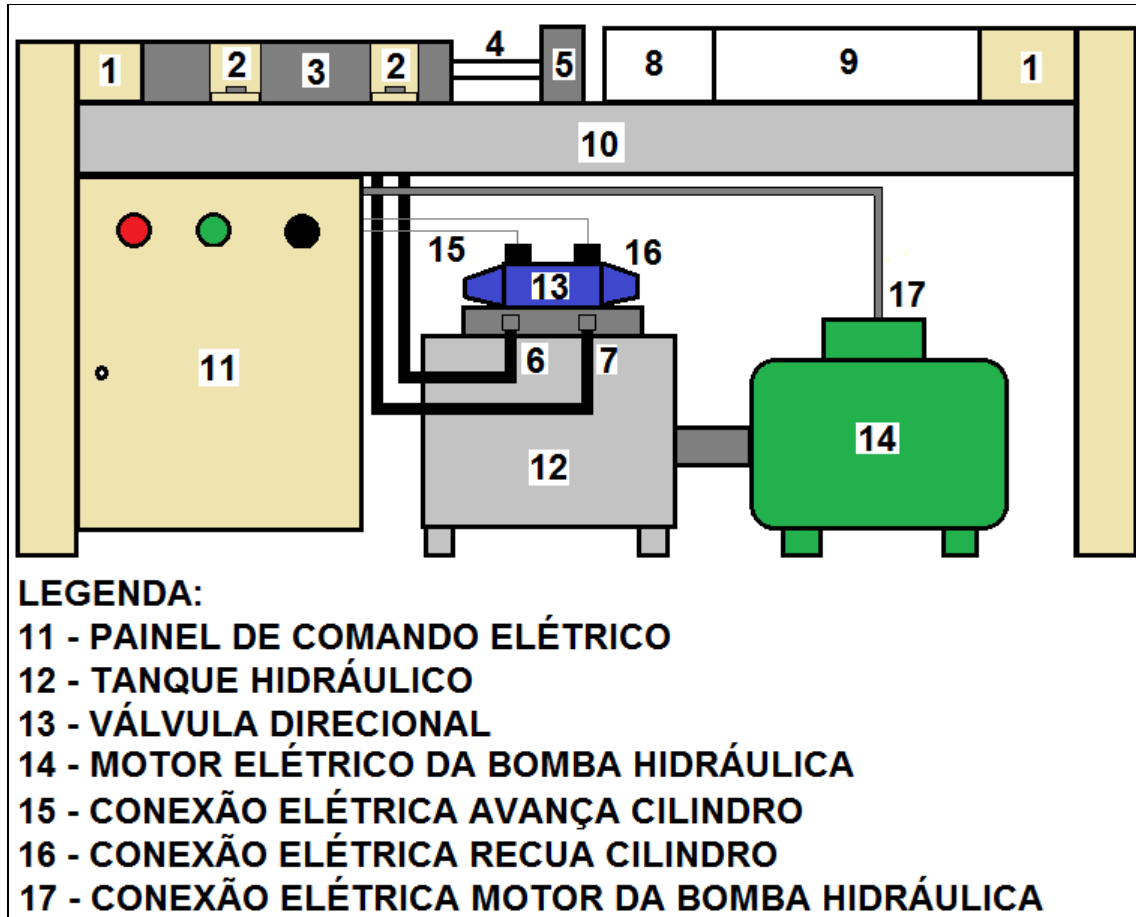


Figura 31 - Dispositivo Horizontal Hidráulico de Embutimento – Vista Lateral

3.2. METODO

Inicia-se com a Análise de Risco identificando todos os pontos de risco.

Risco 01: Acesso frontal da máquina a área de esmagamento.

Tipo de Risco: Esmagamento e contusão na seguinte condição: o operador eventualmente pode colocar as mãos na parte interna da máquina onde há riscos de esmagamento.

Gravidade do ferimento: Severa (S2) – Caso o operador coloque as mãos ou dedos na zona de esmagamento, o ferimento será grave, levando a esmagamento e até mesmo a perda do membro superior.

Exposição: Alta exposição (F2) – O operador interage com o dispositivo a cada ciclo.

Possibilidade de evitar o perigo: Possível (P1) – Será possível evitar o risco levando em conta que a velocidade de movimentação do cilindro é baixa, aproximadamente 10mm/s, o que permite uma ação do operador.

Categoria Seleccionada: Categoria 3 (Recomendável circuito elétrico em Categoria 4)

Com a determinação da categoria de segurança requerida através da Avaliação de Risco qualitativa da **Figura 4**, inicia-se o processo de avaliação quantitativa utilizando o método HRN, sendo que:

Probabilidade de Ocorrência (LO)= 15 pontos - Muito provável (esperado)

Frequência da Exposição (FE)= 5 pontos - Constantemente

Grau da Possível Lesão (DPH)= 4 pontos - Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés

Número de Pessoas sob Risco (NP)= 1 ponto - 1-2 pessoas

$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$

$HNR = 15 \times 5 \times 4 \times 1$

HNR=300 (Risco Alto – Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança no prazo máximo de um dia)

Em seguida demonstram-se os pontos de relevância analisados, preferivelmente em todas as vistas:

- Vista Frontal Antes da Adequação (**Figura 32**):

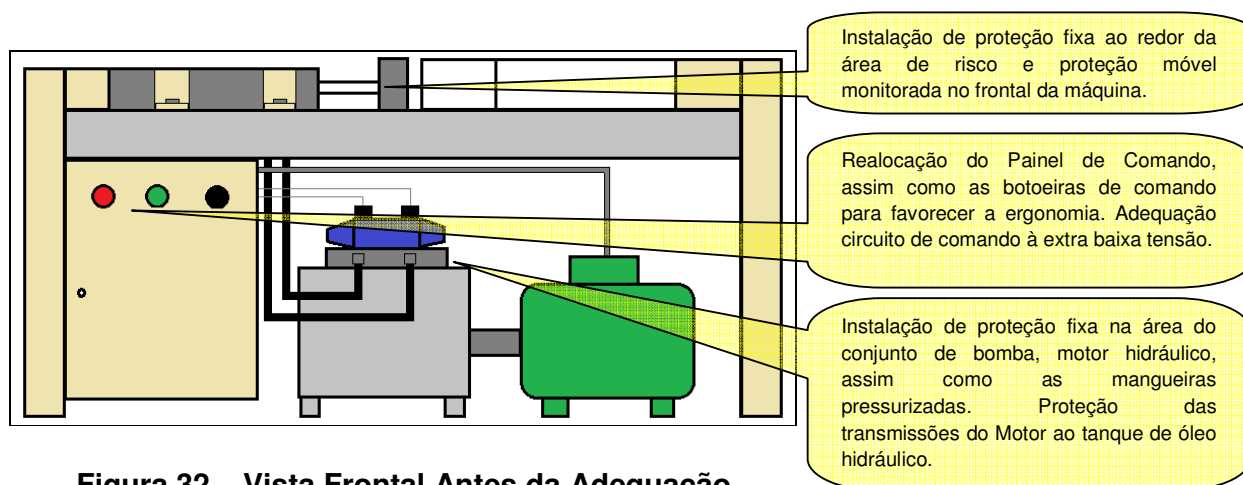


Figura 32 – Vista Frontal Antes da Adequação

- Vista Superior Antes da Adequação (**Figura 33**):

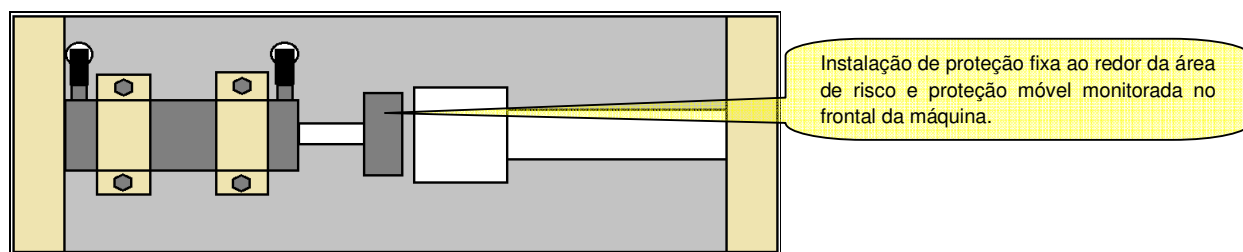


Figura 33 – Vista Superior Antes da Adequação

Após as implementações inicia-se o apontamento das implementações realizadas, preferencialmente em todas as vistas:

- Vista Frontal Depois da Adequação (**Figura 34**):

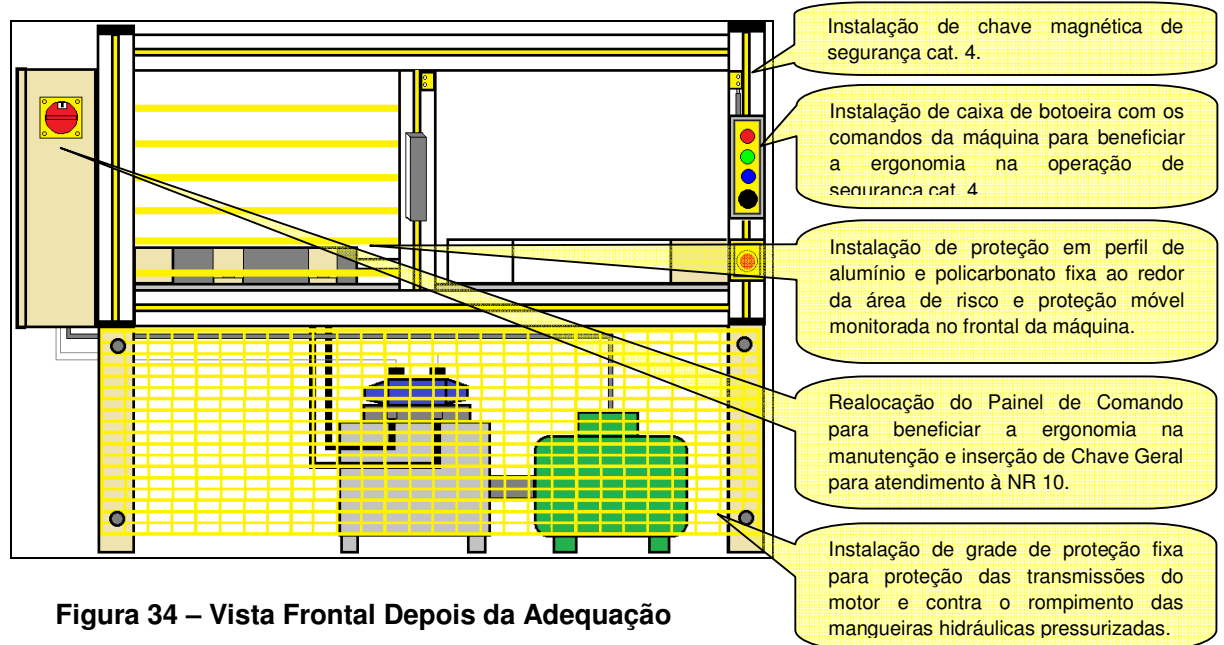


Figura 34 – Vista Frontal Depois da Adequação

- Vista Superior Depois da Adequação (**Figura 35**):

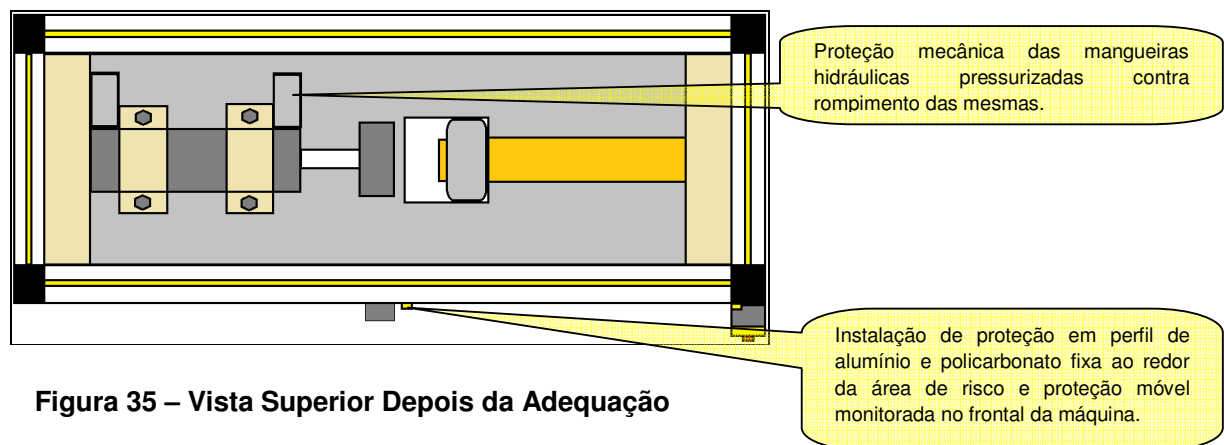


Figura 35 – Vista Superior Depois da Adequação

Após a demonstração dos pontos de relevância e as implementações da adequação, inicia-se o processo de análise quantitativa com o método HRN para apresentar o tão quanto se reduziu com as adequações:

Probabilidade de Ocorrência (LO)= 0,033 pontos – Quase impossível (Pode ocorrer em circunstâncias extremas)

Frequência da Exposição (FE)= 5 pontos - Constantemente

Grau da Possível Lesão (DPH)= 4 pontos - Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés

Número de Pessoas sob Risco (NP)= 1 ponto - 1-2 pessoas

$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$

$HNR = 0,033 \times 5 \times 4 \times 1$

HNR=0,66 (Risco Raro – Apresenta um nível de risco muito pequeno)

Todo resultado obtido poderá ser demonstrado em uma planilha, conforme **Figura 36**.

| Apreiação de Risco - HRN (Hazard Rating Number) | | | | | |
|--|---|----|--|---|--------------|
| Nome da Máquina: Dispositivo de Embutimento | | | | | |
| Identificação do Perigo | | | | | Perigo nº: 1 |
| Risco 01: Acesso frontal da máquina a área de esmagamento. | | | | | |
| HRN Antes das Recomendações | | | HRN Aplicando as Recomendações | | |
| Probabilidade de Ocorrência (LO) | Muito provável | 15 | Probabilidade de Ocorrência (LO) | Muito provável | 15 |
| Frequência da Exposição (FE) | Constantemente | 5 | Frequência da Exposição (FE) | Constantemente | 5 |
| Grau da Possível Lesão (DPH) | Perda de 1 ou 2 dedos das mãos, dedos dos pés | 4 | Grau da Possível Lesão (DPH) | Perda de 1 ou 2 dedos das mãos, dedos dos pés | 4 |
| Número de Pessoas sob Risco (N) | 1-2 pessoas | 1 | Número de Pessoas sob Risco (N) | 1-2 pessoas | 1 |
| HRN (LOxFExDPHxNP) | 300 | | HRN (LOxFExDPHxNP) | 0,66 | |
| Classificação do Risco: Alto (Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança no prazo máximo de um dia) | | | Classificação do Risco: Raro (Apresenta um nível de risco muito pequeno) | | |
| Risco encontrado <input checked="" type="checkbox"/> Elétrico <input checked="" type="checkbox"/> Mecânico <input checked="" type="checkbox"/> Ergonômico <input type="checkbox"/> Térmico <input type="checkbox"/> Químico | | | Recomendações: | | |
| Descrição dos Riscos: 1.1) Contato com as mãos e consequencia esmagamento do mesmo na área de embutimento do anel na peça pelo avanço do comando original trabalha com 220VAC. 1.2) Risco de choques elétricos uma vez que a botoeira de comando original trabalha com 220VAC. 1.3) Riscos ergonomicos associado a posição do painel de comando para manutenção e interação com as botoeiras de comando. 1.4) Riscos de impacto mecânico pelo rompimento das mangueiras hidráulicas pressurizadas e até mesmo pela projeção do anel metálico. | | | 1.1) Instalação de proteção fixa ao redor do dispositivo e proteção movel frontal monitorada conforme NR 12 item 12.44.a) e instalação de um dispositivo de intertravamento para 1.2) Botão de emergência categoria 4 no painel de comando conforme item 12.58 da NR12 e chave geral para bloqueio em manutenção assim como as botoeiras de comando adequados as extraabaixa tensão conforme NR 12 item 12.36. 1.3) Realocação do Painel de Comando para lateral esquerda superior da máquina para favorecer a ergonomia para manutenção e inserção de botoeira de comando de facil acesso 1.4) Proteção do conjunto hidráulico assim como as mangueiras pressutizadas conforme NR 12 itens 12.77 a 12.84.1 e proteção móvel na área de risco contra projeção do anel metálico em caso de quebra. | | |
| Categoria: <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 | | | | | |
| | | | | | |
| LEGENDA: 11 - PAINEL DE COMANDO ELÉTRICO 12 - TANQUE HIDRÁULICO 13 - VÁLVULA DIRECIONAL 14 - MOTOR ELÉTRICO DA BOMBA HIDRÁULICA 15 - CONEXÃO ELÉTRICA AVANÇA CILINDRO 16 - CONEXÃO ELÉTRICA RECUA CILINDRO 17 - CONEXÃO ELÉTRICA MOTOR DA BOMBA HIDRÁULICA | | | | | |

Figura 36 – Avaliação de Risco HRN

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. SOLUÇÕES EM *HARDWARE*

As soluções em *Hardware* são todas aquelas apresentadas na qual se pode tocar fisicamente de modo que serão as soluções visíveis implementadas para adequação do Dispositivo de Embutimento.

4.1.1. Dispositivos Utilizados na Adequação:

01x Controlador Configurável de Segurança (CCS) M1 da REER (**Figura 37**);

01x *Software* de Segurança para configuração do M1 da REER (**Figura 38**);

01x Botão de Emergência ES-XW1E-BV412MFR da EUCHNER (**Figura 39**);

01x Caixa para Botão de Emergência ES-FB1W-XW1E-BV412MFR-YO da EUCHNER (**Figura 40**);

03x Botões de Comando Pulsador Verde M20BFR-G-1A, Vermelho M20BFR-R-1F e AZUL M20BFR-B-1A da METALTEX (**Figura 41**);

01x Botão de Comando Pulsador Tipo Cogumelo Verde VD - P20BMR-G-1A da METALTEX (**Figura 42**);

01x Sinaleiro Led Vermelho L20-DR7-R e Led Verde L20-DR7-GP da METALTEX (**Figura 43**);

01x Chave Seccionadora Geral LB 225 B33 da ACE SCHMERSAL (**Figura 44**);

01x Chave Magnética de Segurança CMS-R-BZB-SC e cabeça leitora CMS-M-BH da EUCHNER (**Figura 45**);

01x Cabo multivias 5 metros com conector M8x4 V31-GM-5M-PVC da PEPPERL+FUCHS (**Figura 46**);

01x Caixa de Botoeira com quatro furos 22,5mm PQ04-K da STECK (**Figura 47**);

04x Minicontadoras de Potência DILEN01-G da EATON (**Figura 48**);

01x Proteções Superior em perfil de alumínio e policarbonato e proteção inferior em grade de metal.



Figura 37- Controlador Configurável

de Segurança M1

(Fonte: REER, 2015)

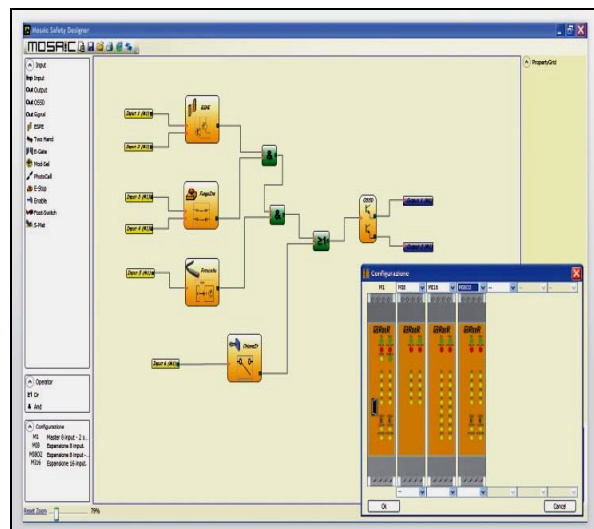
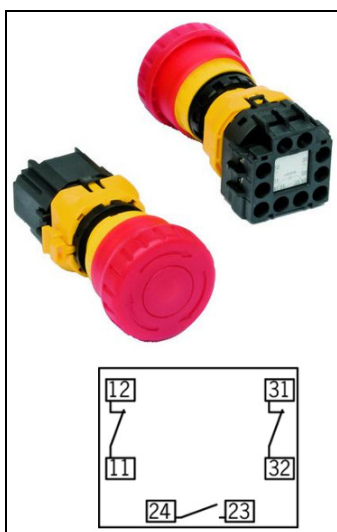


Figura 38 – Software de Segurança

MOSAIC

(Fonte: REER, 2015)



**Figura 39 – Botão de
Emergência**

(Fonte: EUCHNER, 2015)



**Figura 40 – Caixa para Botão de
Emergência**

(Fonte: EUCHNER, 2015)



**Figura 41 – Botão de
Comando
Pulsador**

(Fonte: METALTEX, 2015)



**Figura 42 – Botão de Comando Pulsador tipo
Cogumelo**

(Fonte: METALTEX, 2015)



Figura 43 – Sinaleiro Led

(Fonte: METALTEX, 2015)

Figura 44 – Chave Seccionadora Geral

(Fonte: ACE SCHMERSAL, 2015)



Figura 45 – Chave Magnética de Segurança

(Fonte: EUCHNER, 2015)

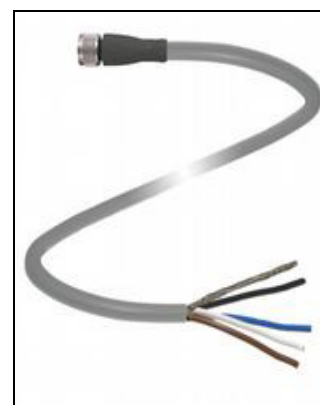


Figura 46 – Cabo Multivias

(Fonte: PEPPERL+FUCHS, 2015)



Figura 47 - Caixa para Botões

(Fonte: STECK, 2015)



Figura 48 - Minicontadora de Potência

(Fonte: EATON, 2015)

Proteções Mecânicas

Foram sugeridas três proteções mecânicas, sendo duas para parte superior e uma para a parte inferior do dispositivo.

- Proteção Mecânica Superior Fixa

A Proteção Mecânica Superior Fixa consiste em uma estrutura feita em perfil de alumínio e com os vãos complementados com policarbonato transparente. Com este conjunto, é possível alcançar o grau de segurança esperado, que é impedir que o operador acesse com as mãos a área de risco (ponto de esmagamento).

É possível também observar o estado de todos os equipamentos que constituem o dispositivo no conjunto cilindro, conexão das mangueiras hidráulicas e peças a serem trabalhadas no processo através do policarbonato transparente.

As faixas amarelas são para sinalizar a proteção em policarbonato transparente.

O policarbonato garante que, em caso de ruptura do anel metálico proveniente da pressão que o cilindro exercerá sobre o conjunto anel e peça metálica, o mesmo não se quebre e que partes sejam projetadas nas pessoas que estarão interagindo na operação ou que estarão por perto.

- Proteção Mecânica Superior Móvel

A Proteção Mecânica Superior Móvel possui as mesmas características da Proteção Mecânica Superior Fixa, sendo a única diferença é que a mesma percorre pelo perfil de base até a extremidade da direita, fechando assim a área de acesso frontal, onde o operador se posiciona para a operação.

- Proteção Mecânica Inferior Fixa

A Proteção Mecânica Inferior Fixa consiste em uma grade feita em metal e com vãos livres; com esta grade é possível alcançar o grau de segurança esperado, que é impedir o acesso às partes móveis do conjunto Motor Bomba Hidráulica e também para impedir o impacto mecânico das mangueiras pressurizadas hidráulicas em caso de rompimento das mesmas.

4.1.2. Monitoramento

Todos os equipamentos de segurança propostos na solução são de segurança e atendem aos requisitos da norma NR 12.

4.1.2.1. Controlador Configurável de Segurança (CCS)

Foi proposto realizar todo o comando do dispositivo através de um controlador configurável de segurança certificado categoria 4. Este controlador possui oito entradas digitais de segurança, dois pares de saídas de segurança e duas saídas de *status*; todas as entradas e saídas são alimentados em 24V DC.

4.1.2.2. Botão de Emergência

O botão de emergência SF1 possui dois canais NF (normalmente fechados) e monitoramento da quebra de contato, ou seja, caso o bloco de contatos da base desprenda da cabeça de atuação (atuador tipo cogumelo), os mesmos permanecem em estado NA (normalmente aberto).

Este botão de emergência tem a função de garantir que, em caso de alguma situação de risco e/ou emergência, a máquina pare imediatamente todos os movimentos de risco, inclusive a eliminação de toda fonte de energia hidráulica através do desligamento do motor da bomba. Ao pressionar o botão de emergência, o mesmo permanecerá travado e somente será liberado com a ação manual voluntária do operador, que deverá girar a cabeça de atuação no sentido horário.

4.1.2.3. Chave de Segurança Magnética

A chave de segurança magnética BG1 é constituída de dois componentes: o atuador e a cabeça leitora, sendo que a cabeça leitora possui dois contatos NA (normalmente aberto) e, ao aproximar-se em torno de 2mm do atuador, o mesmo comuta os dois canais para o estado de NF (normalmente fechado).

Esta chave de segurança magnética tem a função de garantir que somente haja movimentação do dispositivo com a porta frontal fechada.

4.1.2.4. Proteção do Motor Elétrico

Através do contato NF (normalmente fechado) do relé do Disjuntor Motor Q1, o controlador configurável de segurança estará monitorando, através de ENB1 (Pino 2) e ENB2 (Pino 3), a sobrecarga, curto-circuito e falta de fase do motor elétrico, garantindo assim a sua segurança.

Através do *Led* Azul ENB do controlador M1, é possível visualizar o estado do Disjuntor Q1.

4.1.2.5. Redundância de Contatores

O circuito de alimentação do motor da bomba hidráulica e a liberação das válvulas de movimentação do cilindro hidráulico possuem duas contatoras em série:

K1A e K1B: Contatoras em série que garantem a segurança em caso de falha das mesmas, ou seja, a segurança estará garantida no desligamento do motor elétrico, pois se uma contatora colar os contatos de potência a outra por estar em série no circuito, garantirá o desligamento seguro do motor e a segurança no rearme do motor elétrico também, porque caso haja uma cola de contato de uma das duas contatoras, no monitoramento realizado no próximo ciclo através de FBK1 (Pino 7) do M1, não será permitido e a falha será sinalizada através do *Led* do controlador M1.

K2A e K2B: Contatoras em série que garantem a segurança em caso de falha das mesmas, ou seja, a segurança estará garantida no desligamento das eletroválvulas hidráulicas tanto para o avanço, quanto para o recuo do cilindro hidráulico, pois se uma contatora colar os contatos de potência a outra garantirá por estar em série no circuito que, por sua vez, assegurará o desligamento correto das eletroválvulas e a segurança no rearme também estará garantida, pois caso haja uma cola de contato de uma das duas contatoras, no monitoramento realizado no próximo ciclo através de FBK2 (Pino 11) do M1, não será permitido e a falha será sinalizada através do *Led* do controlador M1.

Observação: A perda da função de segurança neste tipo de ligação somente será possível caso haja a falha nas duas contatoras ao mesmo tempo; como este é um evento cuja probabilidade de ocorrer é muito pouco provável, presumi-se que seja um risco residual, ou seja, um risco aceitável em projeto.

4.1.3. Sinalização e Comando

Para favorecer a ergonomia na operação, foi proposta a inclusão de uma caixa de botoeiras com quatro furos de 22,5mm contendo as sinalizações e botões de comando.

4.1.3.1 Sinaleiros

A máquina possui dois sinaleiros *Led*:

H1 LED Vermelho (BLOQUEIO DE SEGURANÇA): indica que o dispositivo não está em condições de funcionamento, ou seja, pelo botão de emergência, acionado e/ou pela porta frontal aberta.

H2 LED Verde (SEGURANÇA LIBERA): indica que todos os requisitos de segurança foram atendidos e que o dispositivo encontra-se pronto para iniciar a operação.

4.1.3.2 Botões de Comando

A máquina possui dois botões de comando:

SF2 (LIGA BOMBA HIDRÁULICA): trata-se de um botão pulsador verde NA (normalmente aberto) que, através deste comando, é possível ligar a bomba hidráulica caso o botão de emergência e o botão SF3 não estejam pressionados.

SF3 (DESLIGA BOMBA HIDRÁULICA): trata-se de um botão pulsador vermelho NF (normalmente fechado) que, através deste comando, é possível desligar o motor da bomba hidráulica.

A característica do botão SF3 ser NF (normalmente fechado) é para garantir o conceito da falha segura; ou seja, caso haja um rompimento do fio, o mesmo será monitorado pelo controlador configurável de segurança e desligará a máquina.

SF4 (INÍCIO DE CICLO): através deste comando, é possível, com a máquina indicando H2 (SEGURANÇA LIBERADA), inicializar o ciclo do dispositivo. Nota-se que o avanço do dispositivo é mantido enquanto este comando estiver pressionado; ao desacionar SF2, o cilindro irá retornar ao seu ponto de recuo.

SF5 (*RESET* SEGURANÇA): através deste comando, é possível liberar o circuito de emergência que foi atuado, ou por atuação do botão de emergência e/ou por alimentação geral do circuito, que sempre inicia logicamente com o circuito de emergência atuado. Esta característica garante que o dispositivo não ligue somente com a liberação do botão de emergência.

4.1.4. Arranjo Físico

Muitos fabricantes de máquinas não tem a preocupação com a acessibilidade ao painel de comando principal, o que muitas vezes dificulta o acesso, seja por parte do pessoal da manutenção elétrica, ou seja, por parte do operador desta maneira o painel de comando foi realocado para o canto superior esquerdo, fixado junto a lateral da proteção de perfil de alumínio.

4.1.5. Adequação Elétrica

Para adequação à NR-10, foi inserida uma chave seccionadora geral na lateral do painel de comando, na qual permitirá a realização do bloqueio e sinalização ou (*Lockout / Tagout*).

Para adequação à NR-12, foi projetado um circuito total de comando em extra-baixa tensão, ou seja, 24V DC em corrente contínua, na qual promoverá a segurança contra riscos de choques elétricos nos botões de comando.

4.1.6. Esquema Elétrico:

O **ANEXO F** mostra o esquema elétrico do Circuito de Alimentação e Comando

ANEXO F - Implementação em *Hardware* – Circuito de Alimentação

e Comando

O **ANEXO G** mostra o esquema elétrico do Circuito de Comando do CCS M1 dos pinos de 1 ao 12

ANEXO G - Implementação em *Hardware* – Circuito de Comando M1 (1...12)

O **ANEXO H** mostra o esquema elétrico do Circuito de Comando do CCS M1 dos pinos de 13 a 24.

ANEXO H - Implementação em *Hardware* – Circuito de Comando M1 (13...24)

O **ANEXO I** mostra o esquema da lógica de comando via *software* MOSAIC da solução proposta dos anexos de 07 a 09.

ANEXO I – Implementação em *Software* – EXEMPLO PRÁTICO Cat. 4 com Teste

4.2. SOLUÇÕES EM *SOFTWARE*

As soluções em *Software* são todas aquelas apresentadas, na qual não se pode tocar fisicamente, de modo que serão as soluções não visíveis implementadas para adequação do Dispositivo de Embutimento.

Toda lógica de comando do dispositivo está implementada através do *Software* de segurança *MOSAIC* Ver.1.3.5.

4.2.1. Circuito de Emergência

Como pode ser analisado na Figura, o primeiro bloco de comando 1 E-STOP (EMERGÊNCIA) é responsável pelo monitoramento do Botão de Emergência, na qual quando liberada, acionará a entrada do bloco de comando Op1 USER *RESTART* MANUAL que, por sua vez, aguardará o sinal de entrada proveniente do bloco de comando 6 *RESET* (*RESET* SEGURANÇA).

Com o comando de emergência liberado, agora falta o bloco de comando Op6 (USER *RESTART* MANUAL), no qual depende do sinal constante do bloco de comando 6 *SWITCH* (DESLIGA MOTOR HIDRÁULICO) e um pulso do bloco de comando 3 *SWITCH* (LIGA MOTOR HIDRÁULICO).

Com estes dois sinais presentes no bloco de comando Op7 AND, é possível acionar K1A e K1B através do bloco de comando 1 OSSD1. A cada ciclo de acionamento, este bloco monitora os estados de pleno funcionamento de K1A e K1B através da entrada *RESTART* FBK1 (Pino7).

4.1.2. Circuito de Liberação

Com a saída OSSD1 ativa, é possível liberar o acionamento das eletroválvulas hidráulicas através de K2A, K2B e RL2. Para atuar OSSD2, é necessário que a porta de acesso frontal esteja fechada e que o botão de INÍCIO DE CICLO seja acionado.

Através da saída de *STATUS* 1, é possível acionar RL1, na qual informará através de Sinais *Led* o *status* da Segurança, Vermelho para BLOQUEIO DE SEGURANÇA e Verde para SEGURANÇA LIBERADA.

4.3. DISCUÇÕES

Todo o trabalho inicia-se com a seleção de um grupo interno permanente multidisciplinar que através da planta baixa da fabrica, realiza-se o levantamento de todas as das máquinas e dispositivos instalados na planta que requerem adequação.

Este grupo normalmente deverá possuir uma ou mais pessoas do departamento de Segurança do Trabalho, uma ou mais pessoas da área de manutenção, uma ou mais pessoas responsáveis pela linha de produção e uma ou mais pessoas que operam os dispositivos.

Internamente são discutidos todos os tópicos cabíveis da NR 12 a serem implementados para um item específico de maneira a analisar os impactos de produção e segurança, como existem muitos tópicos específicos que requerem um conhecimento técnico especializado, contratam-se empresas especializadas para o apoio na realização da Avaliação dos Riscos e implantação das soluções de segurança propostas. Dependendo do tipo de máquina, ou seja, das adequações necessárias, barreiras físicas, equipamentos eletrônicos, circuitos hidráulicos, circuitos elétricos, circuitos pneumáticos, para se realizar um bom trabalho de adequação de máquinas de acordo com os requisitos da NR12, seriam necessários ao menos três engenheiros responsáveis pelo projeto, pois se trata de uma norma que aborda conceitos multidisciplinares; para um projeto bem elaborado de adequação, um Engenheiro Mecânico, o qual seria responsável pelos projetos de proteções mecânicas móveis e fixas, análise de circuitos pneumáticos e hidráulicos; um Engenheiro Elétrico responsável pelo projeto de instalação elétrica, tais como ligação dos equipamentos de segurança, de acordo com a categoria de risco pré-definida e intertravamento do comando da máquina junto à solução de segurança, por último, um Engenheiro de Segurança do Trabalho para análise de risco, validação da solução como um todo e análise da máquina para o apontamento da necessidade de cuidados com os riscos adicionais, riscos secundários e riscos residuais.

São realizadas então reuniões de pré-projeto para discutir a viabilidade e coerência das soluções propostas e após o consentimento de todos inicializa-se efetivamente

os trabalhos de adequação em data agendada que dependendo da quantidade de itens a serem adequados e a quantidade de profissionais envolvidos pode-se durar de 2 a 7 dias de trabalho.

Após o termino do trabalho é realizado um treinamento de capacitação para todas as partes interessadas a fim de promover a compressão de todos das alterações realizadas na máquina ou dispositivo. É imprescindível o comprometimento de todos para a promoção da segurança desejada.

A seguir são apresentados os custos envolvidos para a solução do problema proposto:

01x Controlador Configurável de Segurança (CCS) M1 da REER (**Figura 37**) – R\$ 1.500,00;

01x *Software* de Segurança para configuração do M1 da REER (**Figura 38**) – Licença Gratuita;

01x Botão de Emergência ES-XW1E-BV412MFR da EUCHNER (**Figura 39**) – R\$ 150,00;

01x Caixa para Botão de Emergência ES-FB1W-XW1E-BV412MFR-YO da EUCHNER (**Figura 40**) – R\$ 150,00;

03x Botões de Comando Pulsador Verde M20BFR-G-1A, Vermelho M20BFR-R-1F e AZUL M20BFR-B-1A da METALTEX (**Figura 41**) – R\$ 30,00;

01x Botão de Comando Pulsador Tipo Cogumelo Verde VD - P20BMR-G-1A da METALTEX (**Figura 42**) – R\$ 30,00;

01x Sinaleiro Led Vermelho L20-DR7-R e Led Verde L20-DR7-GP da METALTEX (**Figura 43**) R\$ 30,00;

01x Chave Seccionadora Geral LB 225 B33 da ACE SCHMERSAL (**Figura 44**) – R\$ 100,00;

01x Chave Magnética de Segurança CMS-R-BZB-SC e cabeça leitora CMS-M-BH da EUCHNER (**Figura 45**) – R\$ 400,00;

01x Cabo multivias 5 metros com conector M8x4 V31-GM-5M-PVC da PEPPERL+FUCHS (**Figura 46**) – R\$ 50,00;

01x Caixa de Botoeira com quatro furos 22,5mm PQ04-K da STECK (**Figura 47**) – R\$ 80,00;

04x Minicontadoras de Potência DILEN01-G da EATON (**Figura 48**) – R\$ 250,00;

01x Proteções Superior em perfil de alumínio e policarbonato e proteção inferior em grade de metal – R\$ 2.000,00.

01x Reestruturação do Painel de Comando principal: R\$ 1.500,00

Custos Totais de Materiais: R\$ 6.240,00

Custos Totais de Mão de Obra: R\$ 15.000,00

Custos Totais: R\$ 21.240,00

Dias Gastos para Adequação: 5 dias

Pessoas envolvidas na instalação: 3 pessoas (01 Engenheiro de Segurança com especialidade em Elétrica, 01 Eletricista e 01 Mecânico)

OBS. Os custos apresentados são de referência na qual pode variar dependendo das condições, local de trabalho horas e dias a serem trabalhadas, ambiente de trabalho, etc..

5. CONCLUSÕES

O objetivo principal foi alcançado através do processo descrito no trabalho e conclui-se que a NR12 vem passando por uma análise e melhoria contínua e, em sua essência, traz muitos benefícios para a segurança do operador, além de gastos adicionais para as empresas. No entanto, esses gastos para adequação, capacitação e manutenção dos equipamentos podem ser encarados como investimentos, a partir do qual estes reduzem a quantidade de sinistros, afastamentos, ações judiciais, indenizações para acidentados, entre outros.

REFERÊNCIAS

Divisão de Segurança. Disponível em: <http://213.229.71.90/reer/en/safety-automation> Acesso em: 12/2014.

Divisão de Segurança. Disponível em: <http://ab.rockwellautomation.com/pt/Safety> Acesso em: 01/2015.

Divisão de Segurança. Disponível em: <http://segurancadotrabalhonwn.com/> Acesso em: 01/2015.

Divisão de Segurança. Disponível em: <http://www.bannerengineering.com/pt-BR/products/52/Machine-Safety> Acesso em: 01/2015.

Divisão de Segurança. Disponível em: <http://www.metaltex.com.br/categorias/automacao> Acesso em: 01/2015.

Divisão de Segurança. Disponível em: <http://www.pilz.com/pt-BR/> Acesso em: 01/2015.

Divisão de Segurança. Disponível em: <http://www.schmersal.com.br/cms15/opencms/html/pt/products/safety.html> Acesso em: 01/2015.

Divisão de Segurança. Disponível em: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Linha-Safety> Acesso em: 01/2015.

Métodos de Análise de Risco segundo NR12. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/> Acesso em: 01/2015.

NR1. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF0F7810232C/nr_01_at.pdf Acesso em: 01/2015.

NR10. Disponível em:
[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493C013906EC437E23BF/NR-10%20\(atualizada\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493C013906EC437E23BF/NR-10%20(atualizada).pdf) Acesso em: 01/2015.

NR12. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-12-span-class-destaque-novo-span.htm> Acesso em: 01/2015

NR17. Disponível em:
http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf Acesso em: 01/2015

Produtos de segurança. Disponível em: <http://www.euchner.com.br/main02.php>
Acesso em: 12/2014.

Safety Book Na Introduction to Safety Engineering (EUCHNER GmbH + Co. KG, Leinfelden-Echterdingen, Germany, Edition May 2008).