UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ADEQUAÇÃO DE PRENSA MECÂNICA EXCÊNTRICA DE ENGATE POR CHAVETA À NORMA REGULAMENTADORA 12

Guilherme Rambo

Lajeado
2019

Guilherme Rambo

ADEQUAÇÃO DE PRENSA MECÂNICA EXCÊNTRICA DE ENGATE POR CHAVETA À NORMA REGULAMENTADORA 12

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Mecânica.

Orientador: Eduardo Becker Delwing

Lajeado

2019

Guilherme Rambo

ADEQUAÇÃO DE PRENSA MECÂNICA EXCÊNTRICA DE ENGATE POR CHAVETA À NORMA REGULAMENTADORA 12

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica do CETEC e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____
Prof. Eduardo Becker Delwing, UNIVATES
Mestre pela UFRGS – Porto Alegre/RS, Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Eduardo Becker Delwing, UNIVATES
Mestre em Engenharia de Produção pela UFRGS – Porto Alegre/RS, Brasil

Prof. Carlos Henrique Lagemann, UNIVATES
Mestre em Engenharia Mecânica pela UFRGS – Porto Alegre/RS, Brasil

Prof. Rafael Crespo Izquierdo, UNIVATES
Doutor em Engenharia Mecânica pela UFRGS –Porto Alegre/RS, Brasil

Coordenador do curso de Engenharia de Mecânica: Prof. Doutor Ricson Rocha de Souza

Lajeado, novembro de 2019

“E quando tudo parece desmoronar, você
perceberá que está firme na rocha”.
Autor desconhecido.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial aos meus familiares, Iara Rambo, Milton Rambo, Rafaela Rambo e Adolfo Rambo que em todas adversidades ao longo desta árdua caminhada não mediram esforços para me manter firme e focado na jornada.

À minha namorada Nadine, pelo apoio incondicional, pelo carinho, paciência e principalmente incentivo nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Eduardo, pelo apoio e confiança transmitida durante a realização do trabalho.

Agradeço a empresa Metalúrgica Adams pelo apoio, confiança e oportunidade de desempenhar meu trabalho junto a este grande grupo.

Agradecimento aos meus amigos pela torcida.

Aos colegas de curso da Engenharia Mecânica.

Principalmente a Deus que sempre me manteve firme na rocha.

RESUMO

A Norma Regulamentadora 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, juntamente com o Anexo VIII da norma, que trata de prensas e similares, serviram como guia para elaboração do presente trabalho cujo tema principal é a adequação de uma prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta a norma regulamentadora 12. A adequação do equipamento tem por objetivo minimizar quaisquer possibilidades de risco/acidente ao operador da prensa. Conforme pesquisa realizada, o setor da indústria metalúrgica possui o segundo maior índice de ocorrência de acidentes do trabalho. Episódios com prensas mecânicas são apontadas como as principais causadoras de lesões, onde membros superiores como mãos e dedos são os mais atingidos. A metodologia de pesquisa foi experimental, onde foi realizado a apreciação de risco do equipamento e realizada implantação de adequações. Este trabalho apresenta levantamento de dados históricos de acidentes do trabalho, a nível nacional, estadual e regional, expõe questões básicas informadas pelas NR12, um estudo detalhado sobre o equipamento prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta e diretrizes de análise de risco aplicadas no equipamento. A adequação foi realizada em uma indústria metalúrgica do Vale do Taquari, minimizando riscos aos operadores expostos. Quanto aos objetivos, após adequação da prensa, foi realizada nova apreciação de risco onde observou-se uma redução de 96,71% de possibilidade da ocorrência de acidentes. O Investimento total na adequação girou em torno de R$5.809,49 considerado baixo visto a grande redução na possibilidade da ocorrência de acidentes.

Palavras-chave: Norma Regulamentadora 12. Prensa Excêntrica. Segurança do trabalho. Acidente do trabalho. Análise de risco.

ABSTRACT

The Norma Regulamentadora 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (Regulatory norm 12 - occupational safety on machines and equipment), in conjunction with its Annex VIII, which deals with presses and similar, served as a guide for the elaboration of this paper whose main theme is the adaptation of an eccentric press to the Norma Reguladora 12. The suitability of the equipment is intended to minimize potential risks/accidents to the press operator. According to data collected, the metallurgical industry sector has the second highest rate of occurrence of occupational accidents. Episodes with mechanical presses are pointed out as the main cause of injury, where upper limbs such as hands and fingers are most affected. The research methodology was experimental, where the equipment risk assessment was executed and adjustments were implemented. This paper presents a survey of historical data on occupational accidents, at national, state and regional level, discusses the basic issues informed by NR12, a detailed study on eccentric press machine, and equipment risk analysis. The adjustment was made in a metallurgical industry of Vale do Taquari, minimizing risks to exposed operators. Regarding the objectives, after adjusting the press, a new risk assessment was executed, which showed a 96,71% reduction in the possibility of accidents. The investment in adequacy was around R $ 5,809.49, considered low due to the large reduction in the possibility of accidents.

Keywords: Norma Regulamentadora 12 (Regulatory norm 12); Eccentric press; Workplace safety; Occupational accident; Occupational disease; Risk analysis.

LISTA TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE ABREVIATURAS

CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho
CEVS	Centro Estadual de Vigilância em Saúde
EPCs	Equipamento de proteção coletivo
EPIs	Equipamento de proteção individual
FE	Frequência de exposição
HRN	Hazart Rating Number
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
ISO	Organização Internacional de Normatização
MPL	Probabilidade máxima de perda
NBR	Norma Brasileira
NP	Número de pessoas envolvidas na operação
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PMEEC	Prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta
PO	Probabilidade de ocorrência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, o ser humano visa mecanizar seus meios de trabalho, como com a criação de moinhos de vento e da própria roda, um aspecto extremamente positivo, pois, com operações mecanizadas, obtém-se agilidade em processos, qualidade e padronização. Contudo, a crescente mecanização de operações resulta em aumento de fatores de riscos à segurança do trabalhador, como, por exemplo, os riscos de acidentes com máquinas e equipamentos. Sendo assim, acidentes de trabalho tornaram-se recorrentes, despertando um alerta às autoridades, tornando tanto a fiscalização de empresas quanto a segurança de maquinários e equipamentos indispensáveis.

Conforme Nitahara (2016), o Brasil ocupa a quarta colocação no ranking de número de acidentes de trabalho, ficando apenas atrás da China, Índia e Indonésia, com cerca de setecentos mil acidentes anuais. Diariamente, ocorrem sete óbitos em locais de trabalho devido a acidentes, resultando em 2.500 óbitos por ano.

No Rio Grande do Sul, foram registrados 46.736 acidentes de trabalho no ano de 2017, conforme apontamentos no Anuário Estatístico da Previdência Social, em uma média de 128 registros ao dia. São Paulo é o estado com maior ocorrência de acidentes, seguido de Minas Gerais e, com a terceira colocação nesse ranking, o Rio Grande do Sul.

Conforme dados do Centro Estadual de Vigilância em Saúde (CEVS), o número de óbitos relacionados aos acidentes do trabalho é duas vezes maior do que mortes ligadas a latrocínio. A incidência ligada ao sexo masculino é em torno de 67%, já a ligada ao sexo feminino é de apenas 33%, e em sua grande maioria ocorre na faixa etária de 20 a 29 e 30 a 39 anos com representatividade de quase 60% dos registros.

O empregador é responsável por reconhecer/identificar e quantificar os riscos em que está expondo seus empregados, realizando a devida análise de riscos e, com isso, buscar minimizar os riscos eminentes e possíveis como descrito na NR-12. Porém, o empregado também tem direito a opinião, oferecer sugestões ao sentir-se em uma situação de desconforto ou risco, também, deve comunicar o empregador para em conjunto encontrarem uma solução.

Fornecer ambiente seguro aos operadores e boas condições de trabalho são quesitos indispensáveis, de acordo com a Lei 5.452, de 1º de maio de 1943. Grande parte dos acidentes de trabalho podem ser evitados com a “simples” instalação de EPCs (equipamentos de proteção coletiva) ou a utilização de EPIs (equipamento de proteção individual), que devem ser fornecidos gratuitamente pela empresa.

No Brasil existem 36 normas que regulamentam as questões de segurança, trabalho, ergonomia, luminosidade, entre outros. A legislação é extremamente rígida, entretanto, a fiscalização e o comprometimento de empregadores deveriam ser mais ríspidos.

A norma regulamentadora (NR) 12 tem como objetivo fundamentar os requisitos necessários para garantir a segurança no ambiente de trabalho. Conforme o princípio geral do guia trabalhista, a NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos (Guia Trabalhista, Portaria SIT 233/2011)

> seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e integridade física dos trabalhadores e estabelecer requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização das máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda a sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nos demais normas regulamentadoras.

Com isto, a norma regulamentadora contribuiu para modificar um aspecto cultural existente na indústria, a preocupação demasiada com produtividade sem considerar as condições de segurança no ambiente de trabalho.

A revisão da NR-12, em 2010, descreveu um novo anexo, tratando especificamente de prensa e equipamentos similares. O Anexo VIII foi utilizado como guia para a elaboração deste estudo, tendo como finalidade definir os itens necessários para adequação de uma prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta as normas da NR-12.

Prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta é um equipamento utilizado para realização de conformação mecânica em materiais diversos, utilizada em grande escala no ramo metalúrgico.

1.1 Tema

O presente trabalho tem como tema a adequação de uma prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta com base na Norma Regulamentadora 12, a qual estabelece diretrizes e requisitos básicos para o empregador oferecer condições de saúde no ambiente de trabalho ao trabalhador buscando minimizar qualquer iminência de acidente.

1.2 Objetivo geral

Esse estudo tem por objetivo, através de conhecimentos voltados a Engenharia Mecânica, juntamente com Segurança do Trabalho, realizar a adequação de uma prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta atendendo a Norma Regulamentadora 12.

1.2.1 Objetivo específico

Os objetivos específicos relacionados para adequação coerente da prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta são as seguintes:

- Apontamento de problemas operacionais, funcionais, estruturais e mecânicos;
- Análise de risco da PMEEC;
- Apontamento de medidas corretivas;
- Realização da adequação;
- Verificação da nova análise de risco;
- Liberação do equipamento.

1.3. Justificativa

Atualmente, empregadores tem dado maior importância para saúde do trabalho em processos produtivos. Após a revisão da NR12, que ocorreu em 2010, definiu-se que são indispensáveis itens como equipamento de proteção coletiva, medidas administrativas, organização do trabalho e utilização de equipamentos de proteção individual.

Um dos fatores mais desafiadores na indústria é a quebra do paradigma de que valores aplicados a segurança, como que máquinas e equipamentos sejam vistos apenas como despesas e, então, passem a ser considerados investimentos com retorno a longo prazo, fatores que serão decisivos para a redução de passivos trabalhistas envolvendo acidentes ou traumas.

Conforme Cardoso (2018), ocorrem 22 acidentes de trabalho por hora no Brasil, gerando despesas na faixa de 26 milhões de reais ao ano com gastos de indenizações.

Dessa forma, a adequação de uma prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta as diretrizes da NR12, resulta em melhores condições de trabalho para os operadores com o objetivo de minimizar os riscos e passivo trabalhista relacionados a acidentes de trabalho.

O estudo sobre este equipamento ocorreu devido a necessidade de adequação de prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta em uma empresa metalúrgica do Vale do Taquari, além de fornecer segurança aos operadores expostos o descarte/substituição dos equipamentos é evitado.

1.5 Delimitação do trabalho

Este trabalho tem por delimitação o apontamento de itens a serem adequados a NR12 especificamente anexo VIII em uma prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta, realizando levantamento dos riscos aos quais os operadores estão expostos ao operar o equipamento, buscando propor um ambiente sem a possibilidade da ocorrência de acidentes. A PMEEC (Prensa Mecânica Excêntrica de Engate por Chaveta) é utilizada para processo de conformação mecânica de barras de aço de perfil cantoneira em uma empresa do ramo metalúrgica que fica localizada no Vale do Taquari.

1.6 Estrutura do trabalho

O capítulo 1 apresenta a introdução, descrição do tema, objetivos e resultados esperados, justificativa e delimitação do trabalho.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica, partindo dos pressupostos teóricos sobre os seguintes temas: acidentes de trabalho; segurança do trabalho; NR12; prensa mecânica excêntrica com engate por chaveta; funcionamento; características; regiões de risco eminente e avaliação de risco.

Materiais e métodos que serão utilizados para o andamento deste estudo são apresentados no capítulo 3. Bem como, no capítulo 4 são demonstrados o desenvolvimento e os resultados do processo de análise de risco a adequação da PMEEC e o capítulo 5 apresenta a conclusão.

As referências bibliográficas usadas para escopo teórico e sustentação da pesquisa podem sem encontradas no capítulo 6.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Segurança do trabalho

No ano de 1978 ocorreu a aprovação da portaria 3214, onde foram apresentadas as Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho, cujo tema estabelece em seu prospecto de saúde e segurança do trabalho o intuito de proteger, oferecer saúde e segurança no ambiente de trabalho.

Conforme Peixoto (2010), segurança do trabalho é definida como o conjunto de normas que informam ações e medidas preventivas, com o objetivo de minimizar quaisquer possibilidades de ocorrência de acidentes ou o surgimento de doenças ocupacionais.

Segundo Marcondes (2016), é difícil mensurar o quão importante é o estudo relacionado a segurança em máquinas e equipamentos, de modo que a saúde e bem-estar de um colaborador não ter preço, pois colaboradores inseridos em um ambiente de trabalho saudável, automaticamente sentem-se motivados e, por consequência, resultam em produtividade.

De acordo Silva (2006), segurança do trabalho é o setor responsável por desenvolver projetos e ações com a finalidade de eliminar acidentes, doenças e de conscientizar tanto empregados como empregador de sua importância.

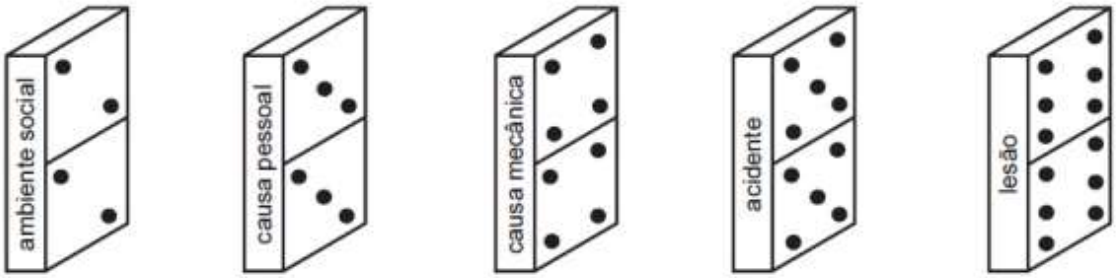
Atualmente, são constituídas 36 Normas Regulamentadoras em vigência, o presente trabalho tratou de apontamentos da Norma Regulamentadora 12, onde é abordada a Segurança do Trabalho em máquinas e equipamentos (Guia Trabalhista, Portaria SIT 233/2011).

2.2 Teoria de Henrich e Teoria de Bird

No ano de 1931, o Norte-Americano Hebert William Henrich publicou a obra *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*, na qual apresentou e conceituou a Teoria do Dominó relacionada a ocorrência de acidente de trabalho.

Heinrich (1931) aponta que as causas de uma lesão que ocorrem em ambiente de trabalho seguem a seguinte sequência: a) hereditariedade e ambiente social, refere-se as características genéticas e ambiente social em que a pessoa está exposta; b) causa pessoal indica as habilidades e conhecimentos que a pessoa tem sobre determinado tema; c) causa mecânica, são as possíveis falhas de materiais ou máquinas; d) acidente e lesão ocorre simultaneamente quando uma das ações anteriores é manifesta. As mesmas podem ser consideradas como 5 peças do jogo de dominó, onde, se ocorrer queda de uma as demais peças acabam caindo também. Conforme demonstrado na Figura 1, reforça-se a ideia de que é de suma importância o equilíbrio pessoal e boas condições mecânicas de máquinas para evitar acidentes e lesões.

Figura 1 - Teoria do Dominó de Henrich



Fonte: Segurança tem futuro (texto digital, sd).

Conforme o autor (HEINRICH, 1931) aponta em sua obra, para cada 300 acidentes ocorridos, 29 são com lesão leve e 1 com lesão grave seguindo a proporção 1:29:300 que pode ser observada na figura 2.

Figura 2 - Pirâmide de Henrich

Fonte: Lobato (s.d).

O engenheiro Frank Bird, no ano de 1969, publicou a obra *Damage Control*, onde, após analisar a frequência e gravidade de cerca de 1.750.000 acidentes em 297 corporações com 21 segmentos de aplicações distintas, concluiu que os acidentes seguem proporção de 1:10:30:600, conforme figura 3:

Figura 3 - Pirâmide de Bird

Fonte: Bird Jr. (1969).

Bird não tinha por finalidade estabelecer uma pirâmide ou correlacionar acidentes, mas evidenciar que a ocorrência de acidentes com danos graves é muito

menor que a frequência de quase acidentes, reforçando a ideia que corporações devem investir na precaução de pequenos episódios de acidentes com a finalidade de zerar o risco de acidentes graves (BIRD JR.,1969).

2.3 Acidentes e doenças ocupacionais do trabalho

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) realizou levantamento a nível mundial onde foi apurada a ocorrência de cerca de 270 milhões de acidentes do trabalho anualmente, sendo 2,2 milhões com ocorrência de óbito mostrando situação alarmante.

De acordo com estudo realizado pela Secretaria da Previdência (BRASIL, 2018), ocorreu redução significativa no número de acidentes do trabalho no período de 2013 a 2017, conforme apresentado na Tabela 1. Segundo o documento, esta redução ocorreu devido a maior rigidez da fiscalização e conscientização da população referente ao tema.

Tabela 1 - Relação anual de acidentes do trabalho no Brasil

Ano	Total de acidentes no Brasil
2013	725.664
2014	712.302
2015	622.379
2016	585.626
2017	549.405

Fonte: Adaptado de Brasil (2018).

Ocorrendo algum acidente de trabalho recomenda-se o registro de uma Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT). O documento tem por finalidade indicar o acidente de trabalho, que ocorre durante a jornada de trabalho que resulte em lesão ou perturbação funcional, o acidente de trajeto, que ocorre durante o deslocamento no trajeto casa-empresa ou empresa-casa e, a doença ocupacional, a qual é resultado de um trabalho ou esforço repetitivo durante longos períodos. A tabela 2 informa os acidentes que tiveram registro de CAT e seu enquadramento e o número de acidentes sem registro de CAT.

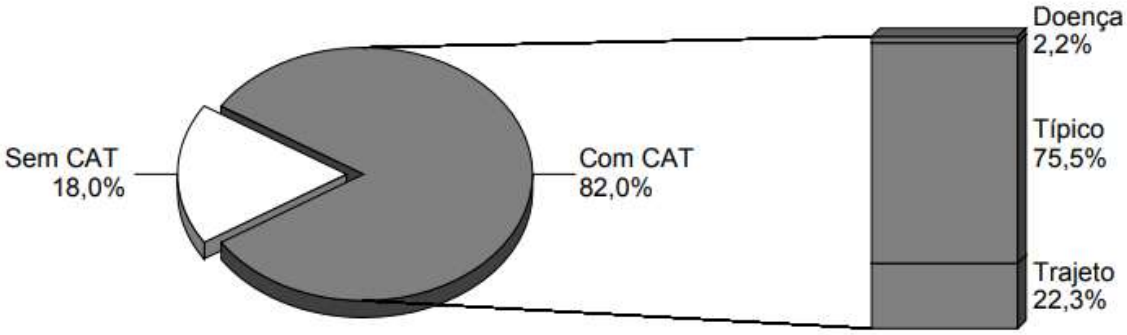
Tabela 2 - Acidentes do trabalho e enquadramento.

Ano	Total Geral	Total com CAT	Típico	Trajeto	Doença	Sem CAT
2007	659.523	518.415	417.036	79.005	22.374	141.108
2008	755.980	551.023	441.925	88.742	20.356	204.957
2009	733.365	534.248	424.498	90.180	19.570	199.117
2010	709.474	529.793	417.295	95.321	17.177	179.681
2011	720.629	543.889	426.153	100.897	16.839	176.740
2012	713.984	546.222	426.284	103.040	16.898	167.762
2013	725.664	563.704	434.339	112.183	17.182	161.960
2014	712.302	564.283	430.454	116.230	17.599	148.019
2015	622.379	507.753	385.646	106.721	15.386	114.626
2016	585.626	478.039	355.560	108.552	13.927	107.587
2017	549.405	450.614	340.229	100.685	9.700	98.791

Fonte: Adaptado de Brasil (2018).

Na tabela 2, observou-se que ainda há um grande número de acidentes do trabalho, sem registro de CAT. O gráfico 1 traz a proporção de acidentes com registros com CAT e acidentes sem o registro de CAT no ano de 2017 no Brasil.

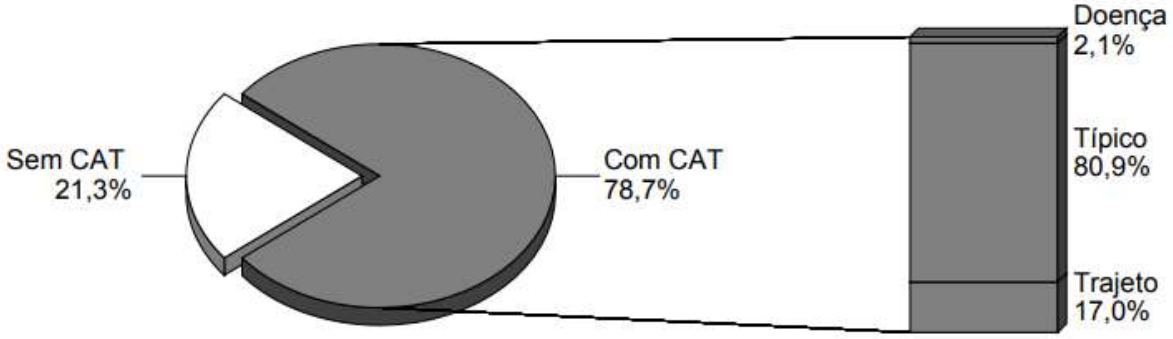
Gráfico 1 - Acidentes com registro de CAT x Acidentes sem registro de CAT no Brasil em 2017



Fonte: Brasil (2017).

No estado do Rio Grande do Sul, há um alto índice de registro de CAT, mas ainda distante do registro total de acidentes, seguindo a mesma proporção à nível nacional conforme demonstra o gráfico 2.

Gráfico 2 - Acidentes do trabalho com registro de CAT x acidentes de trabalho sem registro de CAT no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2017



Fonte: Brasil (2017).

Em análise realizada através do AEAT 2017 do INSS sobre municípios do Vale do Taquari, observou-se que em cidades com grande número de habitantes, como Estrela e Lajeado, o nível de acidentes com registro de CAT e sem registro de CAT segue a tendência Estadual e Nacional, já municípios com número de habitantes reduzidos 100% dos acidentes de trabalho tem registro de CAT formalizado, conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 - Acidentes do trabalho com registro de CAT x acidentes de trabalho sem registro de CAT no Vale do Taquari no ano de 2017

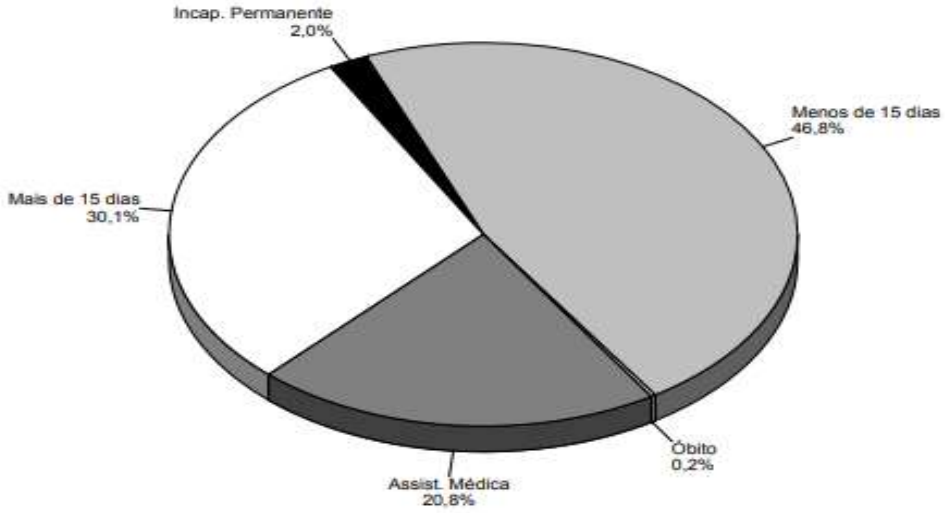
Estatísticas de Acidentes do trabalho														
Município	Total		Com CAT registrada								Sem CAT registrada		Óbito	
			Total		Motivo									
					Típico		Trajeto		Doença do Trabalho					
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Lajeado	694	594	593	509	479	429	84	78	30	2	101	85	3	4
Estrela	202	198	154	163	126	135	28	27	0	1	48	35	2	0
Arroio do Meio	126	110	126	110	99	81	25	29	2	0	0	0	1	2
Santa Clara do Sul	15	17	15	17	12	15	3	2	0	0	0	0	0	0
Cruzeiro do Sul	22	34	22	34	19	22	3	12	0	0	0	0	0	0
Colinas	4	1	4	1	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0

Fonte: Brasil (2017).

O Instituto Nacional de Seguridade Social, INSS, demonstrou no anuário de 2017 que no estado do Rio Grande do Sul a maior parte dos acidentes do trabalho

liquidados (acidentes com CAT registrada que foram julgados) ocasionaram afastamento inferior a 15 dias, conforme mostra o Gráfico 3.

Gráfico 3 - Distribuição de acidentes do trabalho liquidados no Rio Grande do Sul

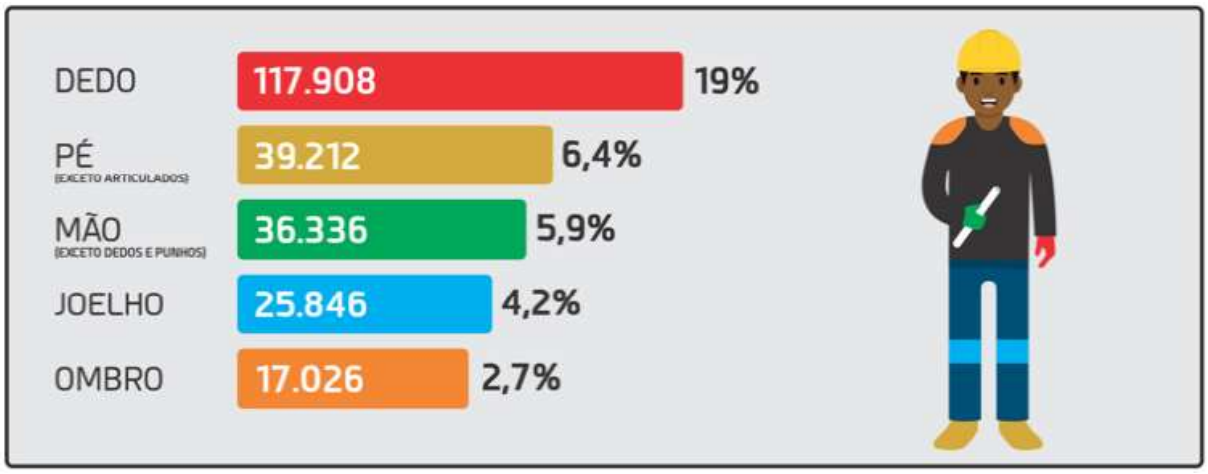


Fonte: Brasil (2017).

O maior segmento com registro de acidentes é o de prestação de serviço como, por exemplo, comércio, construção civil e reparação de veículos. O setor representa cerca de 70% dos trabalhadores formais do país. O setor da indústria é o segundo colocado no ranking de ocorrências de acidentes de trabalho, com cerca de 25% dos trabalhadores formais no país. Conforme Brasil (2008), o setor da indústria tem a maior ocorrência do número de acidentes a cada 100 mil trabalhadores.

De acordo com as análises de acidentes do trabalho no ano de 2015, constatou-se que lesões nos dedos ocorrem com maior incidência. Conforme figura 4, com a utilização eficaz de equipamentos individuais ou coletivos de proteção grande parte dos acidentes seriam evitados.

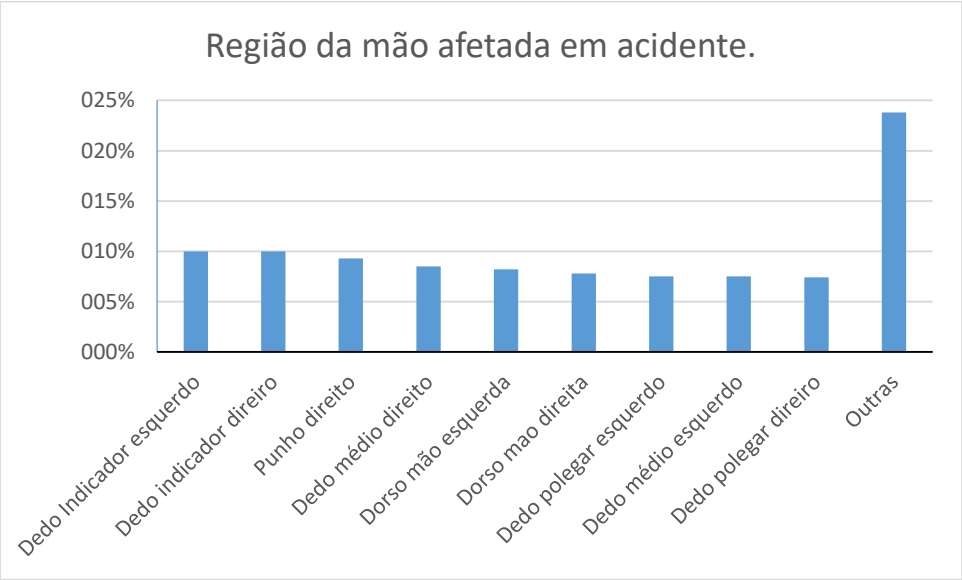
Figura 4 - Membros mais atingidos em acidentes de trabalho



Fonte: Blog Kadesh.

Dedos são os membros mais atingidos em acidentes, o que pode ser observado no Gráfico 4, onde explana-se as regiões das mãos mais atingidas em acidentes. Dedos indicadores tiveram a maior ocorrência de acidentes por serem os mais utilizados no posicionamento de materiais ou peças.

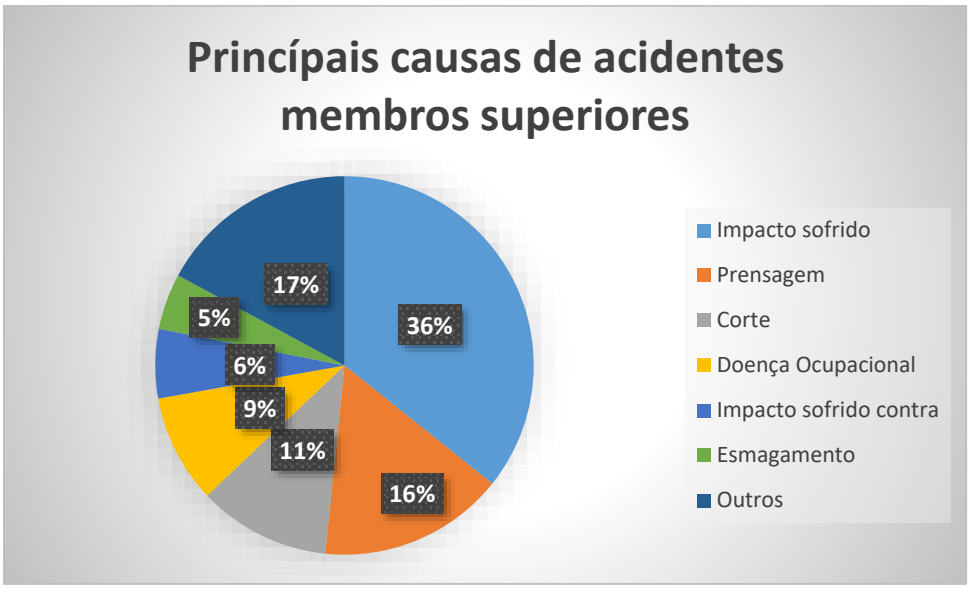
Gráfico 4 - Regiões das mãos mais atingidas em acidentes



Fonte: Adaptado de Goldman (2002).

De acordo com Goldman (2002), o segundo maior causador de lesões são as prensagens, tema fortemente abordado neste trabalho, buscando soluções para evitar e minimizar quaisquer possibilidades da ocorrência de prensagem. O gráfico 5 aponta os principais fatores de acidentes relacionados aos membros superiores.

Gráfico 5 - Principais causas de acidentes membros superiores.



Fonte: Adaptado de Goldman (2002).

2.4 Norma Regulamentadora 12

A Norma Regulamentado 12-NR12 aprovada pela portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978, trouxe uma série de normas e requisitos a seres cumpridos desde projetos, construção, comercialização, importação, exposição e operações de máquinas e equipamentos com a finalidade de garantir a segurança e saúde de operadores e de pessoas envolvidas com sua utilização.

A NR12 deve ser aplicada a equipamentos novos e usados, conforme as seguintes situações: “utilização, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte da máquina ou equipamento” (Guia Trabalhista, Portaria SIT 233/2011). Transporte do equipamento fora de normas com a finalidade de adequação é permitida.

A norma não se aplica a equipamentos de tração humana ou animal, equipamentos expostos em museus e feiras com finalidade de exploração histórica e quando os equipamentos são classificados como eletrodomésticos. As medidas de proteção devem obedecer a seguinte ordem, A – EPCs (equipamentos de proteção coletiva), B- Medidas administrativas e C) EPIs (equipamentos de proteção individual). (CAMISASSA, 2015)

> Os trabalhadores têm obrigações a serem seguidas, as mesmas devem ser seguidas fielmente para garantia de seu bem-estar durante jornada de trabalho.
>
> a) cumprir todas as orientações relativas aos procedimentos seguros de operação, alimentação, abastecimento, limpeza, manutenção, inspeção, transporte, desativação, desmonte e descarte das máquinas e equipamentos;
>
> b) não realizar qualquer tipo de alteração nas proteções mecânicas ou dispositivos de segurança de máquinas e equipamentos, de maneira que possa colocar em risco a sua saúde e integridade física ou de terceiros;
>
> c) comunicar seu superior imediato se uma proteção ou dispositivo de segurança foi removido, danificado ou se perdeu sua função;
>
> d) participar dos treinamentos fornecidos pelo empregador para atender às exigências/requisitos descritos nesta Norma;
>
> e) colaborar com o empregador na implementação das disposições contidas nesta Norma. (GUIA TRABALHISTA, Portaria SIT 233/2011)

2.4.1 Arranjo físico e instalações

Conforme descreve NR-12 (itens 12.6 a 12.13.1) instalações da empresa devem estar devidamente demarcadas e sinalizadas, áreas de circulação demarcadas e desobstruídas, deve-se respeitar distância mínima entre máquinas com a finalidade de garantir conforto e segurança a operadores. Zelo por limpeza e organização dos setores são muito importantes para garantir um ambiente harmônico, como demonstrado na Figura 5 (CAMISASSA, 2015).

Figura 5 - Arranjo físico organizado

Fonte: Modo seguro (texto digital).

2.4.1.1 Norma Regulamentadora 26 - Sinalização de segurança

Conforme Alcantú e Neto 2014, a utilização da Norma Regulamentadora 26 na indústria apresenta o propósito de definir cores utilizadas no ambiente de trabalho com a finalidade de evitar acidentes, delimitar áreas, identificar equipamentos, demarcação de tubulações e dutos e informar as áreas de riscos.

O emprego de cores na demarcação de ambientes e equipamentos não elimina a utilização de demais instrumentos de prevenção de acidentes, ressaltando que as cores devem ser reduzidas para evitar distração, fadiga ou confusão aos trabalhadores (GUIA TRABALHISTA, Portaria SIT 229/2011),

2.4.1.2 NBR7195 – Cores para segurança

A NBR7195 tem por objetivo, definir as cores utilizadas para prevenção de acidentes e para advertir possíveis riscos. Salvo cores verde, branca e preta, demais cores formalizadas nesta NBR não podem ser utilizadas para pintura de chassis e estruturas de máquinas e equipamentos. A tabela 4 demonstra as cores e suas aplicações na indústria (ABNT, NBR 7195, 1995).

Tabela 4 - Utilização das cores e suas aplicações na indústria

Cor	Tonalidade	Aplicação
Vermelha		Cor vermelha identifica e sinaliza equipamentos de combate a incêndio, sua devida localização e saídas de emergência. A cor vermelha também tem utilização em botoeiras de parada de emergência.
Laranja		Cor laranja sinaliza "perigo", utilizada na identificação de partes móveis de máquinas e equipamentos e também em faces internas de quadros elétricos.
Amarela		Cor amarela indica "cuidado", utilizada na demarcação de faixas de circulação, faixas no entorno de equipamentos de combate a incêndio, equipamentos de transporte industrial como pórticos e empilhadeiras e em proteções fixas de máquinas e equipamentos.
Verde		Cor verde indica "segurança", utilizada para sinalização de emblemas de segurança, caixas de EPIs e faixas de delimitações quanto a perigos mecânicos.
Azul		Cor azul utilizada em indicações obrigatórias, como por exemplo, utilização de EPIs.

Púrpura		Cor púrpura utilizada na identificação de perigos resultantes de materiais radioativos.
Branca		Cor branca utilizada em regiões de circulação exclusiva de pessoas.
Preta		Cor preta utilizada para identificar coletores de resíduos.

Fonte: Adaptado de ABNT, NBR 7195 (1995).

2.4.2 Instalações Elétricas

As instalações elétricas das máquinas e equipamentos devem seguir fielmente orientações e registros da Norma Regulamentadora 10 (Segurança em instalação e serviço em eletricidade). Seu projeto deve ser executado com a finalidade de não ocorrer possibilidade de choque elétrico, incêndio, explosão ou outros acidentes envolvendo eletricidade conforme descrito na NR-12 (itens 12.14 a 12.23).

2.4.2.1 Norma Regulamentadora 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade

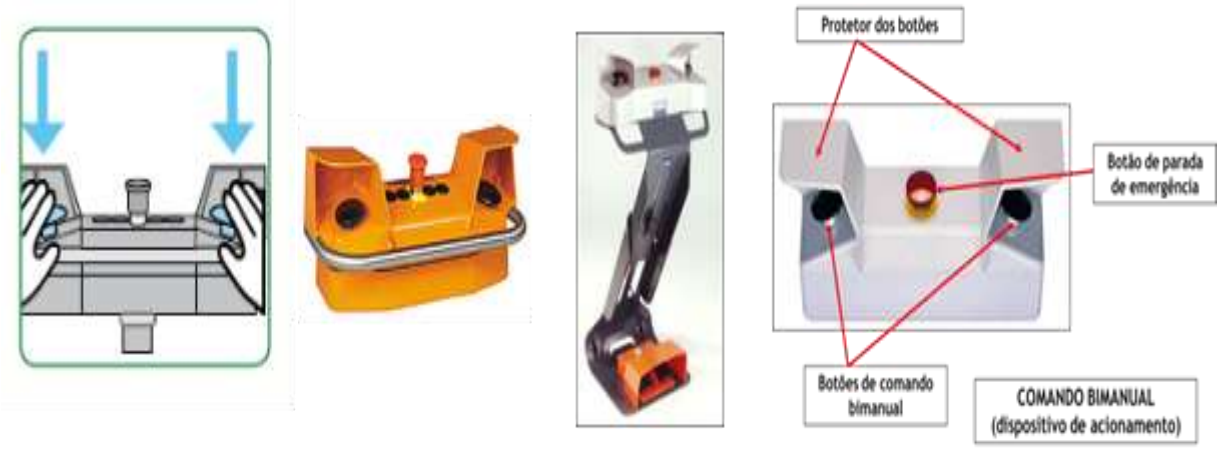
A Norma Regulamentadora 10 – segurança em instalações e serviços em eletricidade - determina aspectos e condições básicas e implementação de medidas de controle e sistemas de prevenção de acidentes, garantindo a segurança de trabalhadores que estejam expostos a serviços envolvendo eletricidade. De modo geral, NR-10 aborda todas as fases em que eletricidade é utilizada desde projeto, construção, distribuição, geração, montagem, manutenção e instalações elétricas (GUIA TRABALHISTA, Portaria SIT 598/2004).

2.4.3 Dispositivo de partida, acionamento e parada

Dispositivos de partida, acionamento e parada devem ter sua localização projetada de modo que fiquem fora da zona de risco, com alcance fácil em alguma situação de emergência ou inesperada, que não possam ser acionados acidentalmente e, o principal, que não tenham qualquer possibilidade de ser burlada, conforme NR-12 (itens 12.24 a 12.37.1).

Os dispositivos devem ser bimanuais e não podem de forma alguma ter acionamento em série ou funcionamento automático. A figura 6 representa comando bimanual de acionamento (MORAES, 2013).

Figura 6 - Comando bimanual de acionamento



Fonte: Fast Automação (texto digital).

2.4.4 Sistemas de segurança

As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem conter proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança que possam garantir a segurança e saúde dos operadores (MORAES, 2013).

Os dispositivos devem conter comandos elétricos e interface de segurança, dispositivo de intertravamento, sensores de segurança, válvulas e blocos de segurança ou sistemas pneumáticos e hidráulicos de mesma eficácia, dispositivos mecânicos e dispositivos de validação segundo descrição da NR-12 (itens 12.38 a 12.55.1).

2.4.5 Dispositivo de parada de emergência

Dispositivos de segurança devem estar instalados em locais de fácil acesso para o acionamento em qualquer situação atípica, as máquinas devem conter no mínimo dois dispositivos de para de emergência e o acionamento do dispositivo deve exigir o reset total do equipamento. A figura 7 traz modelos de botoeiras de dispositivos de para de emergência conforme a NR-12 (itens 12.56 a 12.63.1).

Figura 7 - Botões de dispositivo de emergência

Fonte: Nascimento (2010).

2.4.5.1 NBR 13759- Equipamentos de parada de emergência

A NBR 13759 explana que equipamentos de parada de emergência têm a função de impedir que este seja iniciado por uma simples ação humana e reduzir riscos durante operações.

Os dispositivos de parada de emergência devem ser projetados com fácil e constante acesso, após a ativação do acionador de emergência o sistema de segurança deve oferecer redução de risco ou eliminação do mesmo (ABNT, NBR 13759, 1996).

Os dispositivos de parada de emergência podem ser barras, botões, alavancas e pedais sem coberturas. Com o acionamento, a máquina deve ser completamente desenergizada e parada imediata. De modo geral, o dispositivo de parada de emergência deve ser soberano aos demais comandos da máquina (ABNT, NBR 13759, 1996).

2.4.6 Manutenção, inspeção, preparação, ajuste, reparo, limpeza e manuais

Máquinas e equipamentos devem ser submetidos a manutenção preventiva e corretiva, resultando em um memorial de manutenção que deve ficar junto ao equipamento. Inspeção, preparação, ajustes e limpeza devem ser realizados por profissionais capacitados para realizar a operação.

Todos equipamentos devem conter manual de instrução de operação, manutenção e projeto contendo todas as informações de segurança e o mesmo deve permanecer junto ao equipamento, conforme a NR-12 (itens 12.64 a 12.76.1).

2.4.7 Capacitação

Todas as ações envolvendo máquina ou equipamento adequado a NR12 devem ser realizadas por profissionais qualificados e treinados para desenvolver tais funções (MORAES, 2013).

A capacitação dever ser realizada antes de iniciar as operações com o equipamento e não pode resultar em nenhum prejuízo ao operador. Ressaltando que o empregador é responsável pela capacitação de seus funcionários, conforme a NR-12 (itens 12.135 a 12.147.1)

2.5 Definição de prensas

Conforme a Guia Trabalhista (Portaria SIT 233/2011, Anexo VIII), prensas são equipamentos utilizados em processos de corte, estampagem e conformação de materiais diversos. Com a utilização de matrizes e a movimentação do martelo, que pode ser acionado por um dispositivo hidráulico ou pneumático, ocorre a transformação de movimento rotativo em linear através de um conjunto de bielas, manivelas e fusos.

Encontram se diversos tipos de prensas em indústrias, sendo assim, destaca-se o Anexo VIII da NR12 que aponta a seguinte classificação dos equipamentos:

- Prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta ou acoplamento equivalente;
- Prensa mecânica excêntrica com freio-embreagem;
- Prensa de fricção com acionamento por fuso;
- Prensa Servo acionada;
- Prensa hidráulica;
- Prensa pneumática;

- Prensa hidropneumáticas.

De acordo com Nobre Junior 2009 um estudo realizado entre o período de 2001 a 2006, no estado de São Paulo e demais estados do Brasil, apontou-se a PMEEC como a principal causadora de acidentes do trabalho envolvendo prensas, representando cerca de 42% no estado de São Paulo e 27% nos demais estados, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Porcentagem de acidentes envolvendo os tipos de prensa

Tipo de Prensa	São Paulo	Demais Estados	Total
Não informou	24(33,8%)	37(48,1%)	61(41,2%)
Informado	47(66,2%)	40(51,9%)	87(58,8%)
Total	**71(100%)**	**77(100%)**	**148(100%)**
PMEEC	20(42,6%)	11(27,5%)	31(35,6%)
Hidráulica	10(21,3%)	11(27,5%)	21(24,1%)
Pneumática	08(17,0%)	06(15%)	14(16,1%)
Fricção por Fuso	08(17,0%)	04(10%)	12(13,8%)
Freio/Embreagem	01(2,13%)	08(20%)	09(10,3%)
Total	**47(100%)**	**40(100%)**	**87(100%)**

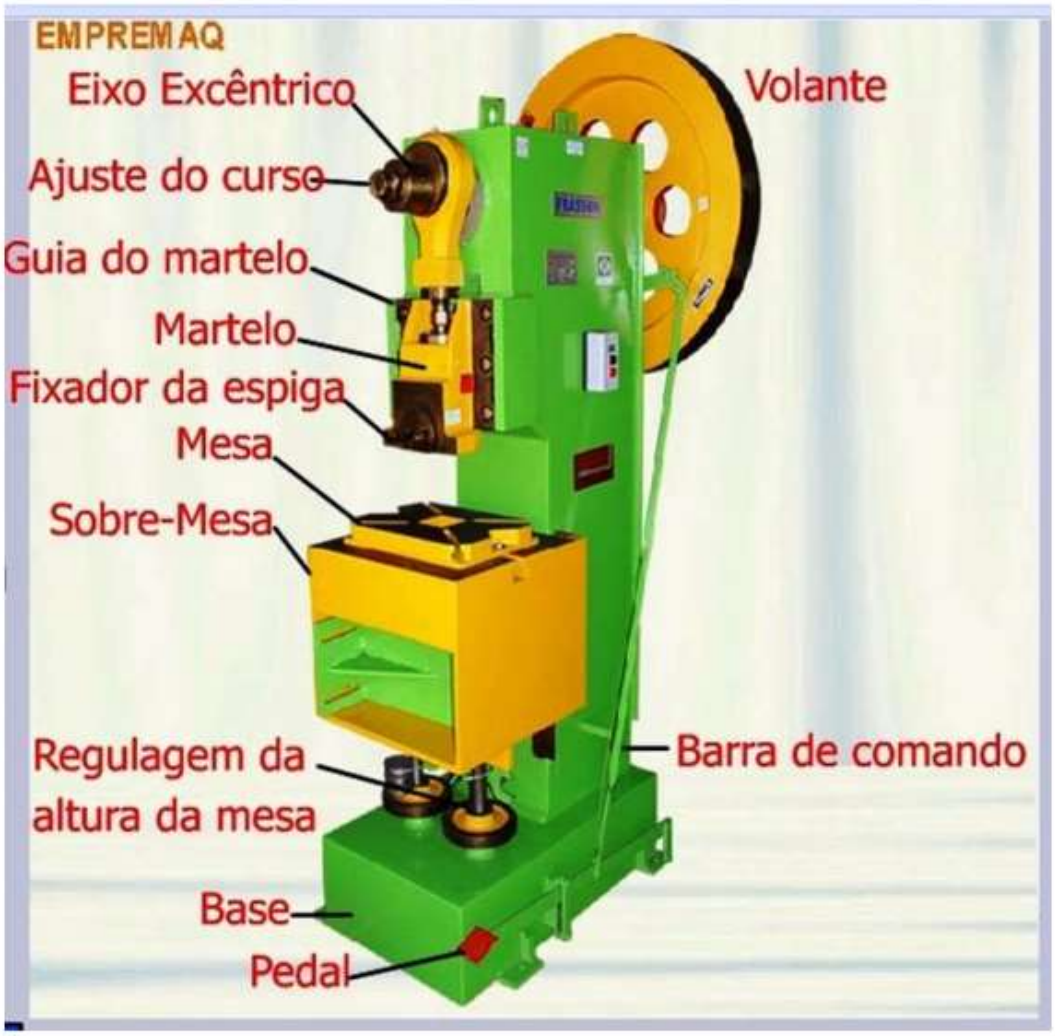
Fonte: Adaptado de Nobre Junior (2009).

2.5.1 Prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta

Este trabalho aborda especificamente o modelo de prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta.

As prensas mecânicas excêntrica de engate por chaveta (PMEEC), segundo Oliveira podem ser do tipo “C” ou do tipo “H”, o equipamento possui características peculiares, como o fato de ter um curso limitado e a força do punção variável de acordo com a altura da regulagem. A sua maior diferença em relação as demais prensas, é que seu ciclo é continuo e ininterrupto. A Figura 8 apresenta uma PMEEC e seus respectivos componentes.

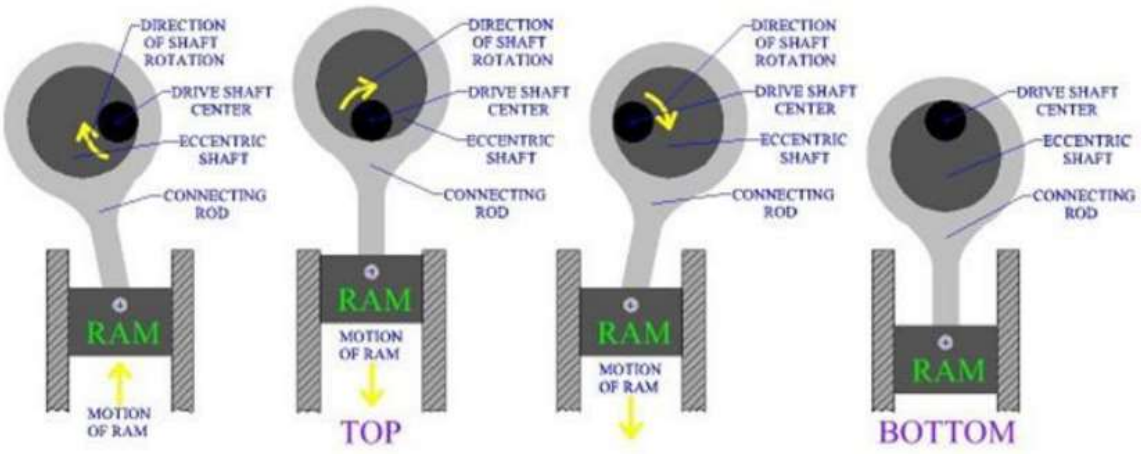
Figura 8 - PMEEC e seus componentes



Fonte: Adaptado de Oliveira (s.d.).

O volante da prensa tem rotação iniciada através de um motor elétrico (sua potência varia de acordo com as dimensões da prensa), o volante é fixado à uma ponta do eixo através de embuxamento, no qual é fixada uma chaveta meia cana. Na outra extremidade do eixo, localiza-se a bucha excêntrica juntamente da biela (região onde ocorre a transformação da energia rotativa em linear). O movimento do eixo excêntrico ocorre devido ao acionamento de um pedal, e este movimenta um pino em forma de “L” transmitindo a rotação do volante ao eixo excêntrico, gerando o movimento observado na Figura 9.

Figura 9 - Movimentação do eixo excêntrico



Fonte: Adaptado de Oliveira (s.d.).

Por ser um modelo de prensa com baixa complexidade, custo baixo e repleta de componentes simples, conforme Nobre Junior (2009), o modelo PMEEC é o mais utilizado em indústrias de pequeno e médio porte no Brasil.

2.5.2 Riscos de acidentes e medidas de proteção

Conforme NR12 os componentes da PMEEC devem estar de acordo com o descrito com a finalidade de eliminar qualquer possibilidade de acidente.

2.5.2.1 Ferramentas

As ferramentas devem ser projetadas para eliminar qualquer possibilidade da projeção de materiais nos operadores, o armazenamento deve ser feito em um local definido e seguro, a fixação das ferramentas deve ser realizada de maneira correta evitando improvisações e não devem expor o operador a nenhum risco adicional (GUIA TRABALHISTA, Portaria SIT 233/2011, Anexo VIII).

2.5.2.2 Sistemas de alimentação e extração

Os sistemas de alimentação e extração podem ser manuais, por gaveta, por gravidade, robôs ou com alimentação contínua, sem expor o operador a risco algum (GUIA TRABALHISTA, Portaria SIT 233/2011, Anexo VIII).

2.5.2.3 Zona de prensagem

A região onde é posicionada a ferramenta, entre a mesa e o martelo, é denominada zona de prensagem. É considerada a região mais crítica da PMEEC, visto que o operador é exposto ao risco a cada ciclo realizado pela máquina e as seguintes recomendações devem ser seguidas:

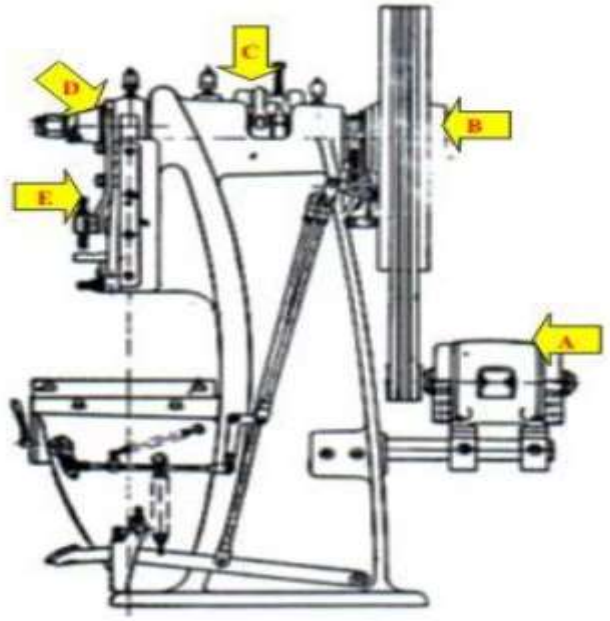
- Enclausuramento de toda zona de prensagem com proteções fixas evitando com que a introdução de um dedo seja possível na zona de perigo;
- Operação com matriz fechada;

Conforme a norma, prensas que não tem parada do ciclo assegurada com o sistema de segurança, a instalação de cortina de luz não é indicada, recomendando fortemente a utilização de proteções fixas na zona de prensagem (GUIA TRABALHISTA, Portaria SIT 233/2011, Anexo VIII).

2.5.2.4 Cadeia cinemática

A cadeia cinemática de uma prensa excêntrica é composta por todo o conjunto de mecanismos responsáveis pelos movimentos da máquina. A figura 10 aponta os 5 principais itens, A – motor, B – volante, C – eixo, D – biela e o item E – martelo (GUIA TRABALHISTA, Portaria SIT 233/2011, Anexo VIII).

Figura 10 - Representação cadeia cinemática PMEEC



Fonte: FIERGS (2006).

Uma das principais falhas que ocorrem juntamente a cadeia cinemática recebe o nome de “repique”, que é o movimento involuntário do martelo, ou seja, sem ser acionado, o movimento ocorre repetidas vezes devido aos seguintes problemas:

1. Após completar um ciclo de rotação, a chaveta não se prende a lingueta seguindo para um novo ciclo, trata-se de um ciclo repetitivo;

2. Falha referente a lingueta que fica acionada ou travada na posição de acionamento: a chaveta para, porém em posição instável e um novo ciclo pode ser iniciado sem que seu acionamento seja feito. É o caso com maior índice de acidentes;

3. Ruptura da chaveta por fadiga, que é normal ocorrer devido à grande repetitividade de acionamentos da chaveta durante um dia.

2.5.2.5. Aspectos ergonômicos

Questões voltadas à ergonomia envolvendo trabalhos com PMEEC devem seguir recomendações da NR17 (Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia), visando sempre minimizar qualquer possibilidade de doença ocupacional.

2.5.2.6 Treinamento

Segundo recomendações das NR12, deve ocorrer processo de capacitação de operadores do equipamento PMEEC, ministrado por profissionais qualificados ou habilitados. Quanto aos operadores, os mesmos devem ter idade mínima de 18 anos e no treinamento receberão instruções onde os riscos a que estão submetidos serão informados. A qualificação deve ocorrer em período que anteceda a utilização da máquina pelo operador e que não resulte em nenhum ônus ao mesmo (CAMISASSA, 2015).

Conforme Guia Trabalhista (Portaria SIT 233/2011), o treinamento deverá contemplar informações sobre os itens abaixo:

> a) histórico da regulamentação de segurança sobre a máquina especificada;
> b) descrição e funcionamento;
> c) riscos na operação;
> d) principais áreas de perigo;
> e) medidas e dispositivos de segurança para evitar acidentes;
> f) proteções - portas, e distâncias de segurança;
> g) exigências mínimas de segurança previstas nesta Norma e na NR 10;
> h)medidas de segurança para injetoras elétricas e hidráulicas de comando manual;
> i) demonstração prática dos perigos e dispositivos de segurança.
> (GUIA TRABALHISTA, Portaria SIT 233/2011)

2.6 Proteções

Segundo Michelon (s.d.), o perigo mecânico ocasionado por componentes de máquinas e equipamentos expõe o operador ao risco, o qual está diretamente relacionado ao tipo de componente, como por exemplo arestas e pontas, resistência mecânica, ruptura e estabilidade de equipamento.

De acordo com a NR-12, podem ser utilizadas três tipos de proteções, as fixas, móveis e dispositivos de segurança interligados.

2.6.1 Requisitos gerais para proteções fixas e móveis

A NBR NM 272 – Segurança de máquinas – Proteções – Requisitos gerais para projeto e construção de proteções fixas aponta diretrizes com aspectos importantes para serem considerados, desde projeto até construção de proteções. De acordo com sua forma construtiva a proteção, pode ser considerada carenagem, cobertura, tela, porta ou enclausuramento.

2.6.1.1 Proteção fixa

O modelo de proteção denominado fixo tem posição constante, isto é, sua construção é feita através de uniões fixas através de soldas e parafusos tornando sua retirada dificultada sem a utilização de ferramentas (ABNT, NBR 13759, 1996).

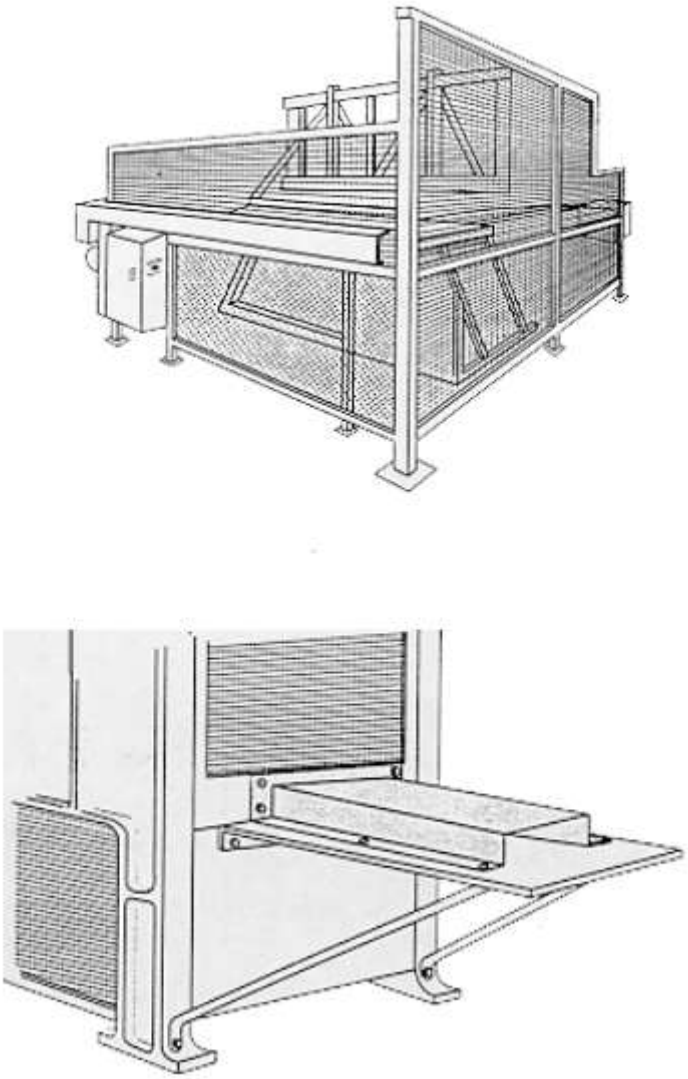
2.6.1.2 Proteção Enclausurada

Modelo de proteção feita a partir do enclausuramento impede o acesso em todos os sentidos do equipamento (ABNT, NBR 13759, 1996).

2.6.1.3. Proteção distante

Modelo de proteção distante não cobre a zona de perigo, porém o acesso fica limitado em razão do afastamento da barreira a zona de perigo. A proteção pode ser feita através de grades de perímetro ou proteção em túnel, como demonstrado na Figura 11.

Figura 11 - Proteção de grades de perímetro e proteção de túnel



Fonte: Adaptado de ABNT, NBR 13759 (1996).

2.6.1.4 Proteção móvel

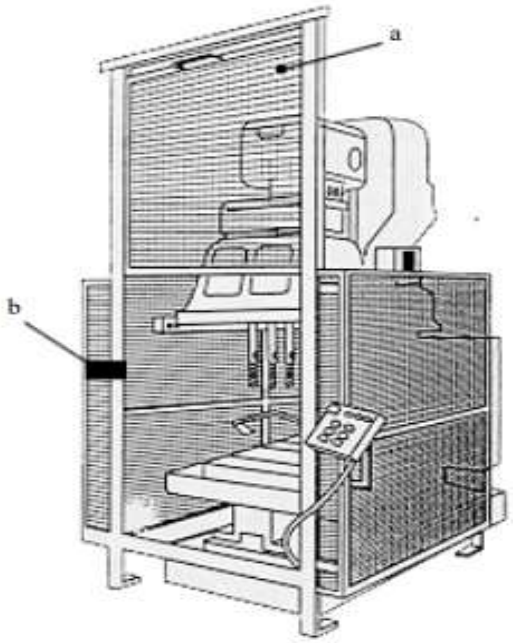
Proteções móveis são articuladas a estrutura do equipamento, como sistemas de basculantes ou janelas que podem ser abertas com a utilização de ferramentas. (ABNT, NBR 13759, 1996).

2.6.1.5 Proteção com intertravamento

Segundo a NBR NM 273 – Dispositivos de intertravamento – associados a proteções –, princípios para projeto e seleção abrangem os sistemas de intertravamento, o equipamento pode ser elétrico ou mecânico, impede o acionamento

do equipamento enquanto a proteção não estiver fechada e ao se abrir a proteção o equipamento é desligado, conforme exemplificado na Figura 12 (ABNT, NBR NM 273, 2002).

Figura 12 - Equipamento com sistema de proteção A e intertravamento B



Fonte: ABNT, NBR NM 272 (2002).

2.7 Análise do risco

A análise de risco é o passo inicial da adequação de algum equipamento com base na NR12. Na análise de risco são realizados levantamentos para enquadrar o equipamento em alguma categoria, dados como limites da máquina, identificação dos perigos e estimativa dos riscos. A norma NBR ISO 12100:2013 - Segurança de máquinas — Princípios Gerais de Projeto - Apreciação e redução de riscos e o método HRN (Hazart Rating Number) serão utilizados como base para análise.

O método HRN é utilizado para quantificar os riscos de um equipamento. É um método simples, porém muito eficaz que atende a NBR ISO 12100:2013 com a finalidade de ordenar os riscos e definir estratégia para adequação.

A Tabela 6 representa a classificação do risco e o nível de ação para minimizar seu efeito na utilização do equipamento.

Tabela 6 - Número classificação de risco HRN

Números de Classificação de Riscos (HRN)		
Aceitável	0-1	Risco aceitável – considerar possíveis ações
Muito baixo	1-5	Até 1 ano
Baixo	5-10	Até 3 meses
Significante	10-50	Até 1 mês
Alto	50-100	Até 1 semana
Muito Alto	100-500	Até 1 dia
Extremo	500-1000	Ação imediata
Inaceitável	>1000	Parar atividade

Fonte: Adaptado de NR12 sem segredos.

- Risco aceitável: sem exigência de medidas de controle;
- Risco muito baixo: sem exigência de medidas de controle, porém, é recomendada a utilização de EPIs e realização de treinamentos;
- Risco Baixo: exigência de medidas de controle;
- Risco significante: medidas de controle e alterações no equipamento devem ser realizadas em um prazo de 1 mês;
- Risco Alto: medidas de controle e alterações no equipamento devem ser realizadas em um prazo de 1 semana;
- Risco muito alto: medidas de controle e alterações no equipamento devem ser realizadas em um prazo de 1 dia;
- Risco extremo: medidas de controle e alterações no equipamento devem ser realizadas imediatamente;
- Risco inaceitável: operação com o equipamento é interrompida até que medidas de controle sejam realizadas.

Para realizar o cálculo da classificação do risco HRN utiliza-se a seguinte equação HRN = PE x FE x MPL x NP, onde HRN é o valor numérico, PE é a probabilidade de exposição (tabela 7), FE é a frequência de exposição (tabela 8), GPL é grau de possível lesão (tabela 9) e NP é o número de pessoas envolvidas na operação (tabela 10). Guttman 2018.

Tabela 7 - Probabilidade de exposição (PE)

Probabilidade de Exposição (PE)		
0	Quase impossível	Não pode acontecer sobre nenhuma
1	Improvável	Apesar de concebível
2	Possível	Mas não atual
5	Alguma chance	Poderia acontecer
8	Provável	Grande chance de acontecer (sem surpresa)
10	Muito provável	De se esperar
15	Certo	Nenhuma dúvida

Fonte: Adaptado de Guttman (2018).

Tabela 8 - Frequência de Exposição (FE)

Frequência de Exposição (FE)	
0,1	Raramente
0,2	Anualmente
1	Mensalmente
1,5	Semanalmente
2,5	Diariamente
4	Em termos de hora
5	Constantemente

Fonte: Adaptado de Guttman (2018).

Tabela 9 - Probabilidade máxima de perda (MPL)

Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	
0,1	Arranhão/ contusão leve
0,5	Dilaceração/ doenças moderadas
1	Fratura/ enfermidade leve (temporária)
2	Fratura/ enfermidade grave (permanente)
4	Perda de 1 membro/ olho ou doença séria (temporária)
8	Perda de 2 membros/ olho ou doença séria (permanente)
15	Fatalidade

Fonte: Adaptado de Guttman (2018).

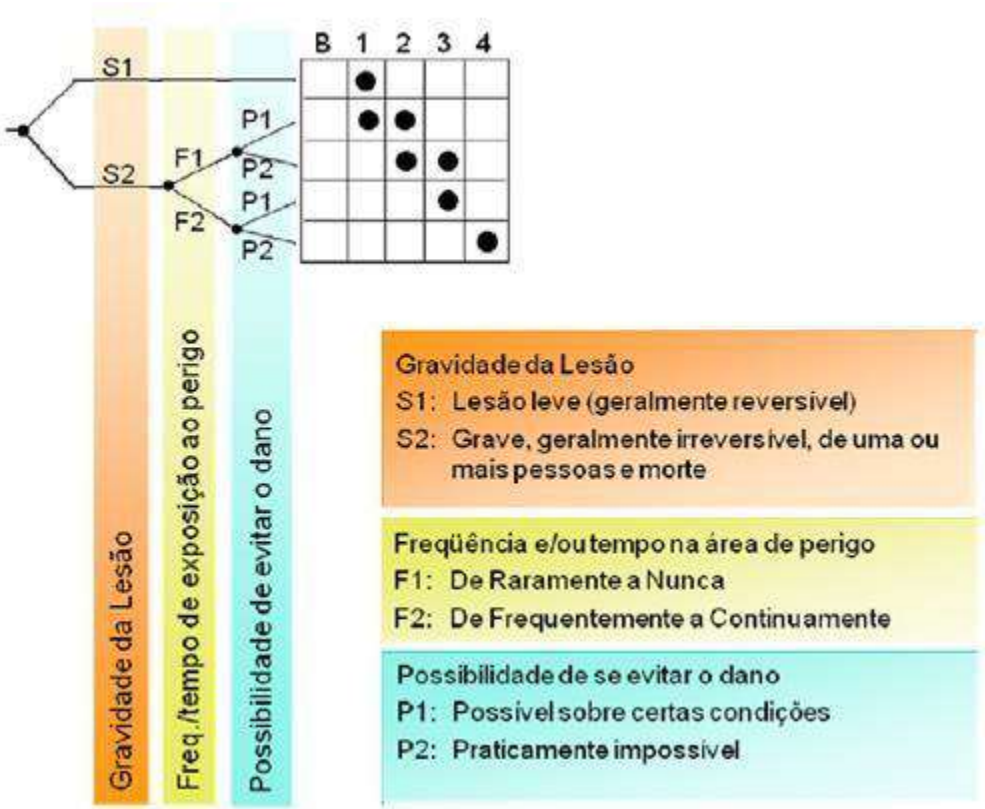
Tabela 10 - Número de pessoas expostas (NP)

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

Fonte: Adaptado de Guttman (2018).

A NBR 14153:1998 (Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionados à segurança - Princípios gerais para projeto) é utilizada para definir a categoria de segurança na qual a máquina se encaixa, conforme Figura 13.

Figura 13 - Seleção de categoria da máquina



Fonte: Adaptado de Sesi (2012).

Guttman (2018) aponta que com base no resultado obtido na seleção da categoria, podem se inferir as seguintes classificações:

- Categoria B: tecnologicamente adequado;
- Categoria 1: utilização de princípios e componentes consagrados;
- Categoria 2: verificação periódica do controle relacionado a segurança da máquina;
- Categoria 3: sistema de controle não poderá perder as funções de segurança no caso de uma falha;
- Categoria 4: A falha única deverá ser detectada antes ou durante a próxima função de segurança.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Apresentam-se, neste capítulo, os métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho, tendo como embasamento os conhecimentos teóricos.

Esta seção está subdividida em quatro grupos: método de pesquisa, modo de abordagem, objetivos e procedimentos técnicos da pesquisa.

3.1 Métodos de Pesquisa

Os métodos de pesquisa adotados serão ação e dedutivos. De acordo com Neuman (2007), o método pesquisa aplicada possui três etapas, a primeira consiste em uma pesquisa exploratória, a segunda etapa é considerada descritiva e a terceira consiste em testes da teoria. Segundo Knechtel (2014), partindo de ao menos uma alegação global e verdadeira chega-se a uma conclusão pessoal. Cervo, Bervian e Da Silva (2007), afirmam que o método dedutivo a conclusão é obtida através de premissas universais como parte do todo.

3.2 Modo de abordagem da Pesquisa

A metodologia de pesquisa quanto ao modo de abordagem será quantitativa. Segundo Dalfovo, Lana, Silveira (2008), o estudo quantitativo já tem um modelo de pesquisa onde, com base neste, poderá formular suas hipóteses e seus estudos. E, conforme Prodanov e Freitas (2013), estudos quantitativos mostram uma prova dos resultantes para que a pesquisa seja comprovada com veracidade.

3.3 Objetivos da Pesquisa

A metodologia de pesquisa, quanto ao objetivo geral, será experimental. Segundo Knechtel (2014), a pesquisa experimental é utilizada em fatos já existentes com a finalidade de descobrir fatores que são produzidos ou que os produzem. O pesquisador, nesse sentido, é um agente ativo e não observador passivo. Segundo Cervo, Bervian e Silva (2007), a pesquisa experimental mostra de algum jeito o porquê, ou modo de como foi produzido o fenômeno.

3.4 Procedimentos técnicos usados na Pesquisa

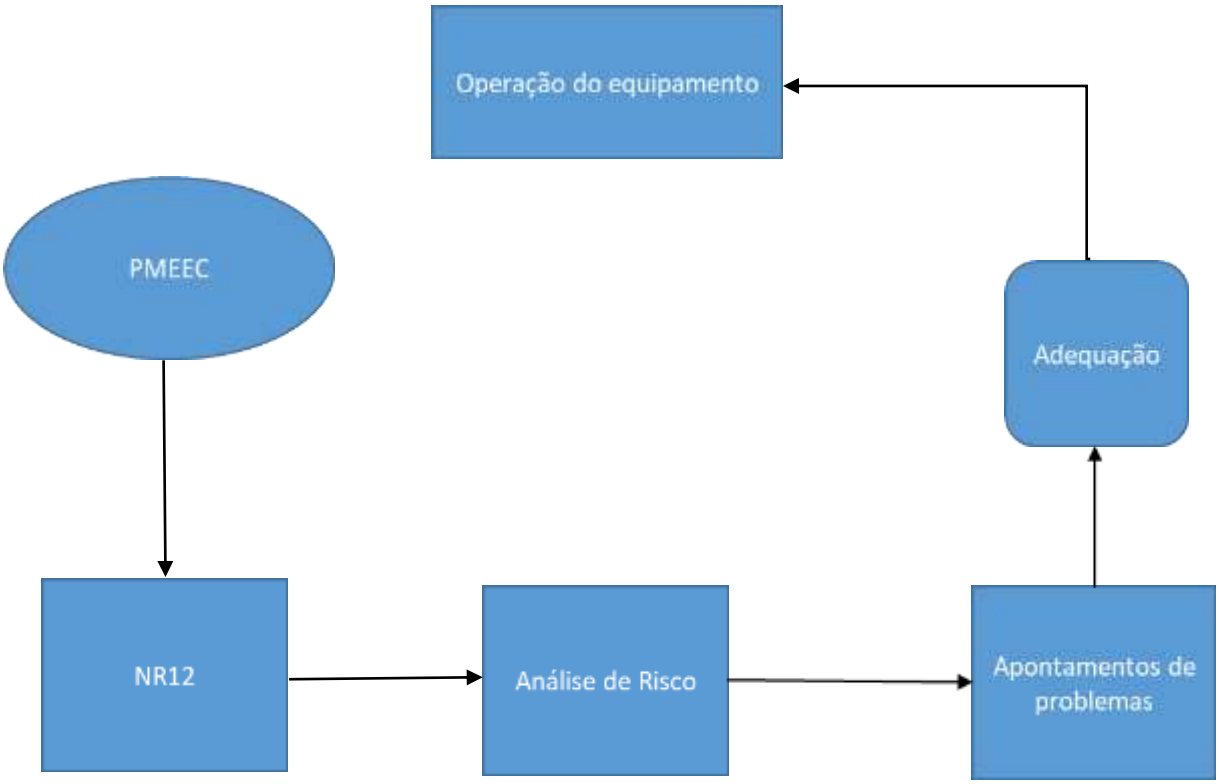
A metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos técnicos de investigação será bibliográfica e experimental. Conforme Prodanov e Freitas (2013), a abordagem bibliográfica é elaborada com base em materiais já publicado, como livros, revistas, artigos, entre outros. A abordagem bibliográfica compreende nove métodos de abordagem: 1) escolha do tema; 2) levantamento bibliográfico preliminar; 3) formulação do problema; 4) elaboração do plano provisório do assunto; 5) busca das fontes; 6) leitura do material; 7) fichamento; 8) organização lógica do assunto; 9) redação do texto.

Gil (2002) corrobora com Prodanov e Freitas (2013) afirmando, também, que a abordagem bibliográfica é feita com base em materiais já elaborados, geralmente em artigos científicos e livros. Quanto a pesquisa experimental, Prodanov e Freitas (2013) alegam que tem por objetivo comprovar a maneira e a forma que algum evento ocorre, são selecionadas variáveis capazes de influenciar o evento e definidas as formas de controle e observação do efeito. Gil (2002) afirma que a pesquisa experimental é a melhor no meio cientifico, para realizá-la deve ser selecionado um objeto de estudo, selecionar variáveis que afetam o processo e definir formas de controle.

3.5 Procedimentos metodológicos

Para compreensão das etapas metodológicas foi elaborado um fluxograma (figura 14), com base em referências bibliográficas para atingir os objetivos definidos na parte inicial do presente trabalho.

Figura 14 - Fluxograma metodologia de pesquisa.



Fonte: Do autor (2019).

3.6 PMEEC

Com base em dados, foi realizada uma análise minuciosa na prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta selecionada para adequação. Verificação de rotinas operacionais, seguindo de um breve levantamento dos principais problemas encontrados no equipamento e operação.

3.7 NR12 e Análise de Risco

Após conhecimento do processo foi realizada a análise de risco do equipamento para verificação da classe em que o equipamento se enquadra em

relação ao risco eminente e com base na Norma Regulamentadora 12 realizar um esboço de todos os itens que necessitam ser corrigidos.

3.8 Apontamento de problemas

Análise do esboço de itens a serem adequados e realização de uma seleção dos equipamentos, materiais e mão de obra necessários para adequação, com a finalidade de elaborar breve orçamento de gastos.

3.9 Adequação e liberação para operação

Realização da adequação do equipamento seguindo a bibliografia e normas analisadas, realização de treinamento, entrega do laudo de adequação/conformidade da PMEEC e monitoramento de riscos residuais. Após treinamento de operação, a máquina está apta para a operação com atenuação significativa aos riscos em que o operador ficará exposto no decorrer de sua jornada de trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PMEEC em estudo

Após análise técnica, considerando a utilização e necessidade da empresa foi selecionada, em conjunto com direção da empresa, PMEEC de 40 toneladas com mesa regulável e volante liso, de fabricação da empresa Harlo, no ano de 1986, com número de série 1068. Vale destacar que a Harlo é uma empresa brasileira com sede em São Paulo. A tabela 11 informa características gerais da prensa estudada.

Tabela 11 - Características PMEEC Harlo 40 toneladas

Especificações (medidas em milímetros)	PMEEC 40 TN
Capacidade em tonelagem	40
Curso do martelo (máximo)	70
Distância máxima entre mesa e martelo	425
Distância máxima entre mesa sobreposta e martelo	355
Distância entre o centro do martelo e o corpo	250
Dimensões da mesa (largura x profundidade)	650 x 490
Furo da mesa (largura x profundidade)	240 x 200
Furo do martelo (diâmetro x profundidade)	Ø38 x 110
Dimensões do volante (diâmetro x largura)	Ø900 x 125
Regulagem do martelo	60
Furo da mesa sobreposta	Ø145
Número de golpes por minuto	90
HP do motor	3
Correias "V"	3 - B 136
Peso (máquina completa)	2400 kg
A - Comprimento total da máquina	1500
B - Altura do eixo	1625
C - Altura da mesa	675
D - Profundidade do martelo	200
E - Altura total da máquina	2080

Fonte: Do autor (2019).

A utilização da prensa em ambiente fabril restringe-se ao corte de barras de aço perfil cantoneira. A figura 15 demonstra a PMEEC nas dependências da empresa.

Figura 15 - PMEEC Harlo 40 Toneladas

Fonte: Do autor (2019).

4.2 Apreciação de risco

A apreciação de risco torna-se indispensável para estabelecer os requisitos básicos para fornecer saúde e segurança do trabalho ao operador da PMEEC, o resultado obtido deve ser considerado para tomada de decisão frente a adequação do equipamento. A apreciação consistiu na definição de limites da máquina, identificação e estimativa de riscos.

4.2.1 Apreciação de risco dispositivo acionamento do motor

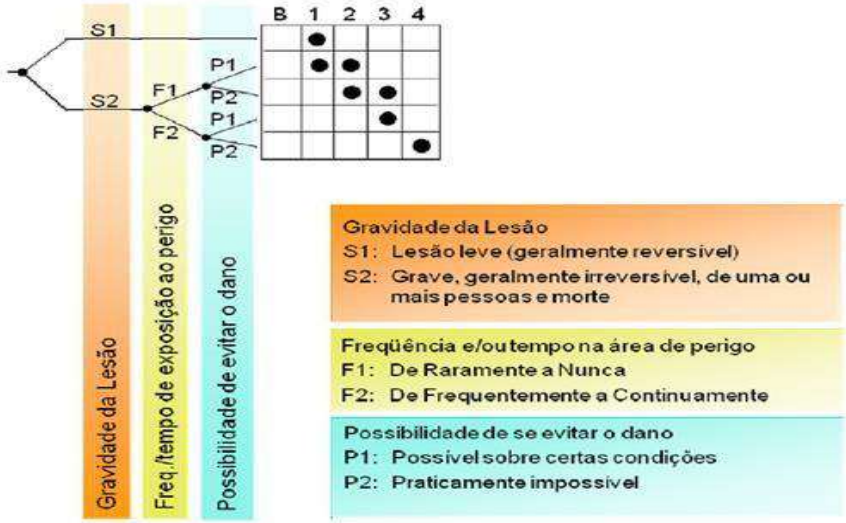
O dispositivo de acionamento do motor instalado era composto por uma botoeira de impulso duplo e contato de selo, que realizava a função de liga e desliga da máquina, conforme destacado por um círculo vermelho na figura 16.

Figura 16 - Dispositivo de acionamento do motor PMEEC Harlo

Fonte: Do autor (2019).

A apreciação de risco é demonstrada através da tabela 12. A partir da análise das informações relacionadas é possível perceber que o perigo imediato que os colaboradores estavam expostos provinham de choque elétrico. O sistema de acionamento do motor foi classificado como classe de risco 4, esta categoria estabelece que qualquer defeito isolado no sistema não poderia levar a perda da função de segurança. Segundo cálculo HRN o risco inicial detectado era muito alto, exigindo que medidas de controle de segurança fossem adotadas.

Tabela 12 - Apreciação de risco acionamento do motor PMEEC Harlo

Classificação do Risco		
		
Categoria do equipamento		
Gravidade da Lesão (S2)	Categoria de risco	4
Tempo de exposição (F2)		
Possibilidade de evitar o risco (P2)		
Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP)		
Probabilidade de exposição (PE)	5	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	375
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Muito alto
Possíveis consequência de operação atuais		
Choque elétrico		
Correção a ser realizada		
Adequação dispositivo elétrico conforme NR10		

Fonte: Do autor (2019).

4.2.2 Apreciação de risco biela

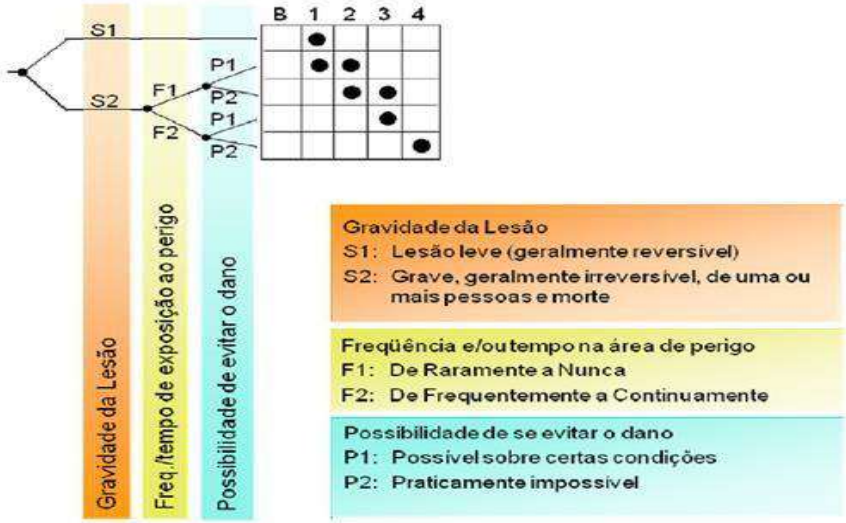
A região da biela não possuía proteção física, possibilitando livre acesso à zona de perigo. Tal afirmação pode ser observada pelo destaque de círculo vermelho na figura 17.

Figura 17 - Região da biela PMEEC Harlo

Fonte: Do autor (2019).

A apreciação de risco da região da biela é demonstrada na tabela 13, a partir da qual verificou-se que o perigo imediato em que o operador estava exposto seria da queda de objeto, categoria de risco do componente da prensa foi enquadrada em classe 4, o tipo de perigo enquadrado como mecânico e com um HRN de risco inicial alto, onde os riscos evidenciam a necessidade da implementação de medidas de controle afim de oferecer condições de segurança ao operador.

Tabela 13 - Apreciação de risco região biela PMEEC Harlo

Classificação do Risco		
		
Categoria do equipamento		
Gravidade da Lesão (S2)	Categoria de risco	4
Tempo de exposição (F2)		
Possibilidade de evitar o risco (P2)		
Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP)		
Probabilidade de exposição (PE)	2	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	60
Probabilidade máxima de perda (MPL)	6	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Alto
Possíveis consequência de operação atuais		
Corte ou mutilação Impacto mecânico		
Correção a ser realizada		
Enclausuramento total da região da biela Fixação através de cabo de aço entre biela e chassi da prensa		

Fonte: Do autor (2019).

4.2.3 Apreciação de risco sistema transmissão de movimento

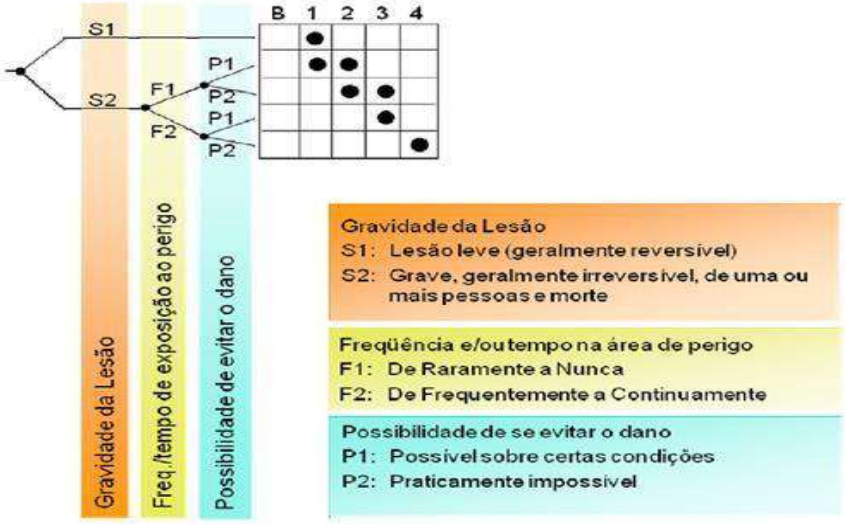
O sistema de transmissão de movimento na PMEEC Harlo encontrava-se com aberturas na região do volante e motor, permitindo acesso as correias, ao volante e a polia. A figura 18 torna explicita a falta de proteções físicas no equipamento.

Figura 18 - Sistema de transmissão de movimento PMEEC Harlo

Fonte: Do autor (2019).

A seguir, a tabela 14 demonstra apreciação de risco da prensa, a qual evidencia a extrema falta de medidas protetivas. O colaborador estava diretamente exposto ao enroscamento nas partes móveis caracterizando-se por perigo mecânico, o sistema de transmissão de movimento foi enquadrado na categoria de risco 4. O cálculo HRN resultou em um risco inicial muito alto, fazendo necessária a utilização de medidas de controle de segurança.

Tabela 14 - Apreciação de risco sistema de transmissão de movimento PMEEC Harlo

Classificação do Risco		
		
Categoria do equipamento		
Gravidade da Lesão (S2)	Categoria de risco	4
Tempo de exposição (F2)		
Possibilidade de evitar o risco (P2)		
Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP)		
Probabilidade de exposição (PE)	5	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	375
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Muito alto
Possíveis consequência de operação atuais		
Corte ou mutilação Enroscamento Esmagamento		
Correção a ser realizada		
Enclausuramento total das regiões expostas		

Fonte: Do autor (2019).

4.2.4 Apreciação de risco região prensagem

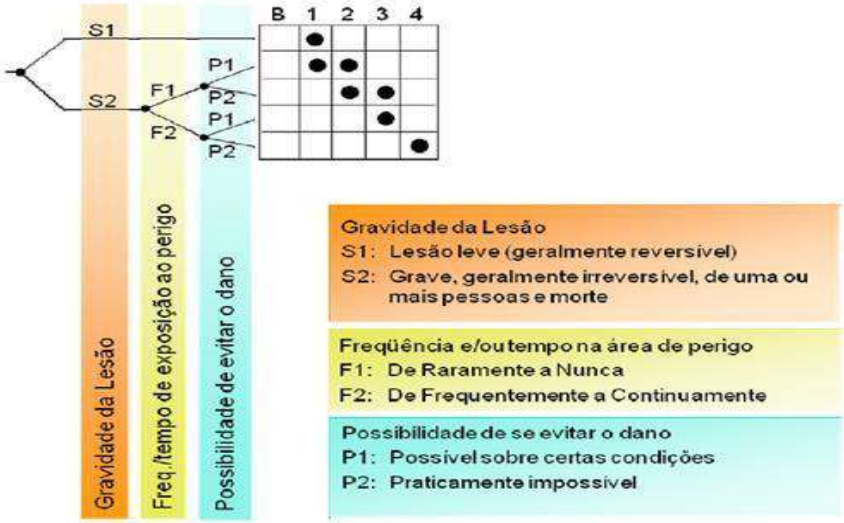
A região de prensagem da prensa possuía livre acesso em ambos os sentidos sem limitação alguma ao contato na matriz de corte, proporcionando risco alto ao operador. A figura 19, representa a região de prensagem.

Figura 19 - Região de prensagem da PMEEC Harlo

Fonte: Do autor (2019).

A apreciação de risco da PMEEC, demonstrada na tabela 15, apresentava categoria de risco 4, operador exposto ao perigo mecânico, podendo ocorrer prensamento, esmagamento ou cisalhamento de membros superiores. A aplicação do HRN resultou em um risco inicial extremo exigindo a utilização de medidas de controle para garantir a segurança do operador. Identificou-se a necessidade de enclausuramento total da região de prensagem garantindo com que o operador tenha espaçamento adequado da zona de risco até a proteção. Os equipamentos de proteção devem estar equipados com sensores que evitem que a máquina seja acionada caso o mesmo esteja fora de posição.

Tabela 15 - Apreciação de risco região de prensagem PMEEC Harlo

Classificação do Risco		
		
Categoria do equipamento		
Gravidade da Lesão (S2)	Categoria de risco	4
Tempo de exposição (F2)		
Possibilidade de evitar o risco (P2)		
Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP)		
Probabilidade de exposição (PE)	10	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	750
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Extremo
Possíveis consequência de operação atuais		
Prensamento menbros superiores Amputação Esmagamento		
Correção a ser realizada		
Enclausuramento total da região de prensagem impedindo qualquer acesso e o sistema de proteção não pode permitir burlamento		

Fonte: Do autor (2019).

4.2.5. Apreciação de risco sistema do acionamento

O sistema de acionamento era extremamente precário. Não possuía sistema de emergência acoplado, o acionamento poderia ser facilmente burlado e o risco de choque elétrico estava presente. Na figura 20, é possível observar o sistema de acionamento.

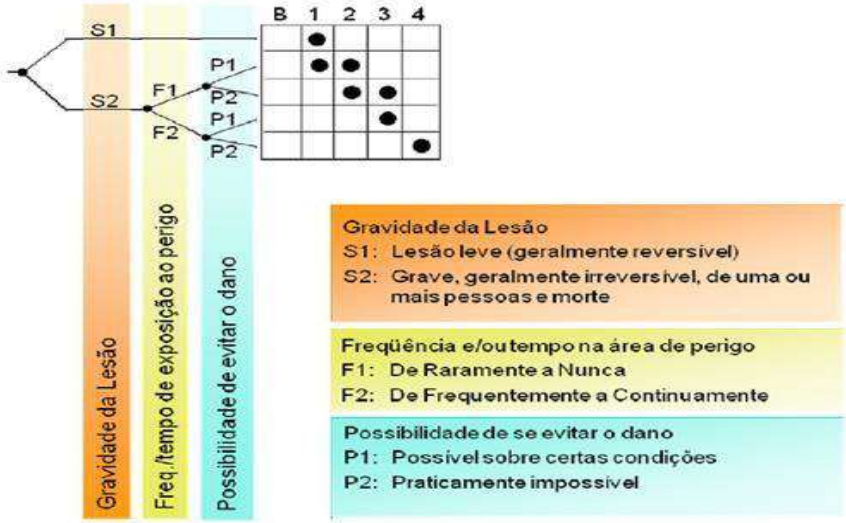
Figura 20 - Sistema de acionamento PMEEC Harlo

Fonte: Do autor (2019).

Dessa forma, a tabela 16 informa a apreciação de risco do sistema de acionamento, onde visivelmente a situação estava extremamente precária, a categoria do risco foi enquadrada em classe 4 onde um defeito isolado não pode comprometer todo o sistema de segurança do equipamento, segundo cálculo HRN o risco inicial do sistema de acionamento foi definido em risco extremo, exigindo atenção fazendo-se necessária a implantação de medidas de segurança. O tipo de perigo frente a situação classificou-se como perigo mecânico, onde o acionamento involuntário do equipamento poderia resultar em corte ou até mesmo mutilação.

Torna-se indispensável a utilização de comando bimanual com botoeira de emergência e botão de reset.

Tabela 16 - Apreciação de risco sistema de acionamento PMEEC Harlo

Classificação do Risco		
		
Categoria do equipamento		
Gravidade da Lesão (S2)	Categoria de risco	4
Tempo de exposição (F2)		
Possibilidade de evitar o risco (P2)		
Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP)		
Probabilidade de exposição (PE)	8	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	600
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Extremo
Possíveis consequência de operação atuais		
Acionamento involuntário da PMEEC Amputação ou corte		
Correção a ser realizada		
Utilização de comando bimanual com botão de emergência e reset.		

Fonte: Do autor (2019).

4.2.6 Apreciação de risco sistema de fixação

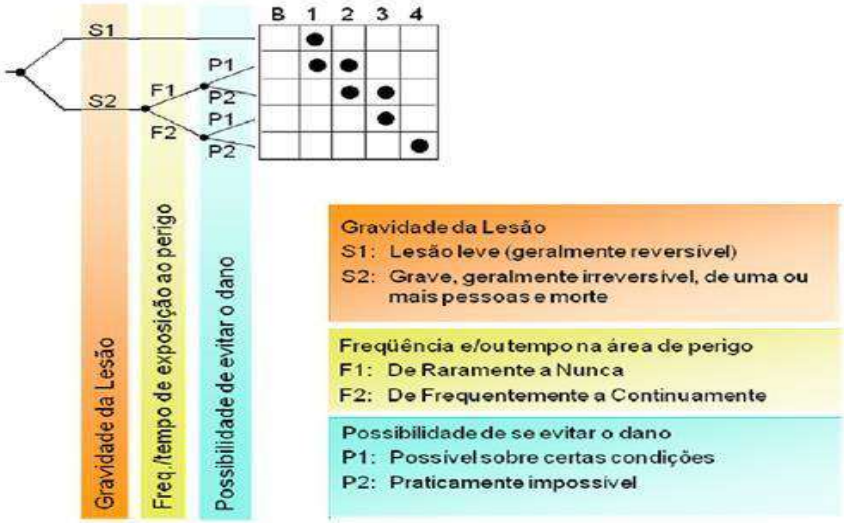
O sistema de fixação apresentava-se precário, o equipamento apresentava-se fixado ao chão através de barras de ferro redondas, com diâmetro de 12,7mm. Esse sistema pode ser observado na figura 21 a seguir.

Figura 21 - Sistema de fixação PMEEC Harlo

Fonte: Do autor (2019).

A apreciação de risco do sistema de fixação, demonstrada na tabela 17, indica que o enquadramento de categoria de risco foi 4. Quanto a definição do tipo de perigo definiu-se o perigo mecânico frente a possibilidade de tombamento do equipamento. Conforme cálculo HRN o risco inicial foi considerado alto onde foi definida a necessidade da implementação de medidas de controle de segurança.

Tabela 17 - Apreciação de risco sistema fixação PMEEC Harlo

Classificação do Risco		
		
Categoria do equipamento		
Gravidade da Lesão (S2)	Categoria de risco	4
Tempo de exposição (F2)		
Possibilidade de evitar o risco (P2)		
Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP)		
Probabilidade de exposição (PE)	1	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	75
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Alto
Possíveis consequência de operação atuais		
Óbito Esmagamento do corpo inteiro		
Correção a ser realizada		
Fixação sólida entre máquina e piso.		

Fonte: Do autor (2019).

4.2.7 Apreciação risco quadro elétrico

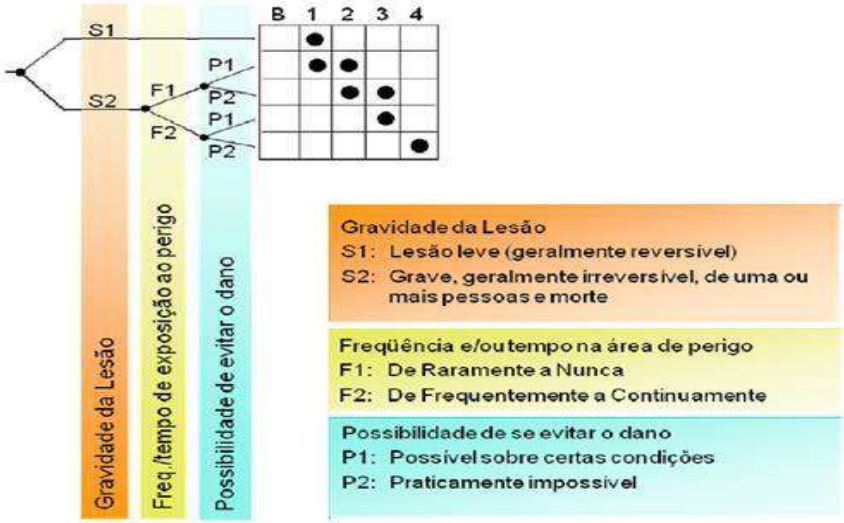
O quadro elétrico do equipamento encontrava-se em situação precária com diversas instalações indevidas e equipamentos improvisados, o mesmo operava em 380 volts e não contava com aterramento. A figura 22, a seguir, demonstra o quadro elétrico.

Figura 22 - Quadro elétrico PMEEC Harlo

Fonte: Do autor (2019).

A apreciação de risco do quadro elétrico, ilustrada na tabela 18, demonstra a categoria de risco 4, onde uma falha de qualquer componente não pode comprometer o sistema de segurança do quadro elétrico de maneira geral. O tipo de perigo detectado foi o elétrico, devido a energização direta do equipamento, ausência de botoeira de emergência e botão reset. Cálculo HRN demonstrou o risco inicial muito alto, onde tornam-se extremamente necessárias medidas de controle de segurança. Observou-se também a ausência de sinalização de segurança e sinal luminoso, transpondo risco direto ao operador.

Tabela 18 - Apreciação de risco quadro elétrico PMEEC Harlo

Classificação do Risco		
		
Categoria do equipamento		
Gravidade da Lesão (S2)	Categoria de risco	4
Tempo de exposição (F2)		
Possibilidade de evitar o risco (P2)		
Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP)		
Probabilidade de exposição (PE)	5	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	375
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Muito Alto
Possíveis consequência de operação atuais		
Óbito Choque elétrico Queimadura elétrica		
Correção a ser realizada		
Sinalização de segurança Aterramento elétrico		

Fonte: Do autor (2019).

4.3 Adequação da PMEEC

A adequação do equipamento teve a duração de dois meses, compreendendo setembro e outubro de 2019. Durante esse período, foram realizadas as adequações mecânicas, elétricas, estruturais, operacionais e capacitação de operadores.

4.3.1 Pintura da PMEEC

Seguindo orientações da NBR7195, foram definidas as cores utilizadas na pintura da prensa. Inicialmente a cor predominante do equipamento era verde e a região da biela era da cor laranja. Foi adotada a cor verde para a pintura do chassi da PMEEC, cor laranja para todas as partes móveis da máquina (volante, biela, gaveta e regulagem da mesa) e a cor amarela para as proteções fixas, conforme figura 23.

Figura 23 - Pintura da PMEEC

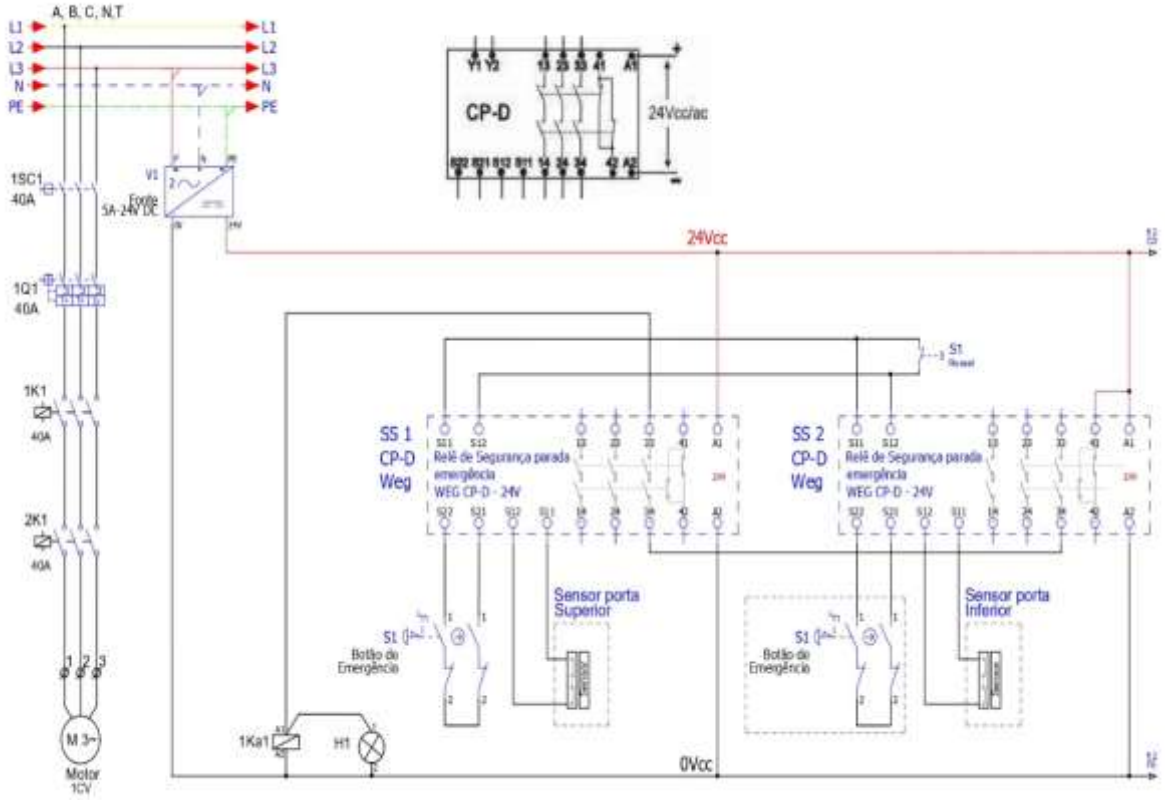
Fonte: Do autor (2019).

4.3.2 Comandos elétricos PMEEC

Os comandos elétricos instalados no equipamento estavam extremamente precários e não atendiam requisitos básicos da NR10. A prensa era energizada com corrente trifásica 380 volts e distribuída em todo painel elétrico, resultando em grande risco de choque elétrico ao operador.

Inicialmente foi realizado novo projeto elétrico do equipamento, conforme figura 24 e 25, para disponibilizar distribuição de 24 volts em toda prensa, sistema de acionamento, comando bimanual, dois pontos de botoeiras de emergência, aterramento, dois pontos de sensores magnéticos duplos de segurança e demais itens de segurança.

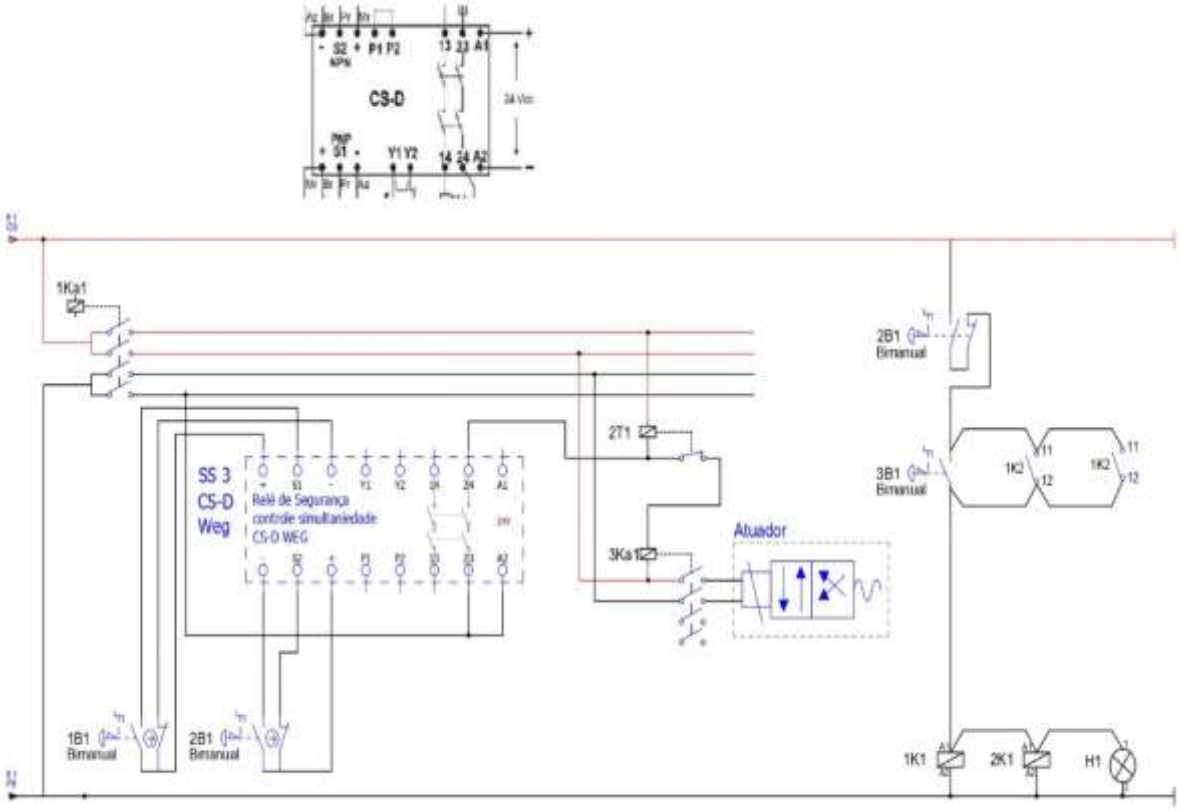
Figura 24 - Projeto elétrico parte 1



Fonte: Do autor (2019).

Conforme parte 1 do projeto elétrico, os sensores magnéticos duplos de segurança da porta inferior e superior e as duas botoeiras de emergência são monitoradas por um relé se segurança de categoria 4. Com o acionamento de qualquer um dos dispositivos de segurança, a PMEEC deixa de ser energizada e o volante para de movimentar (aproximadamente 5 segundos para a parada do volante). A utilização de sensores magnéticos duplos de segurança deve-se a exigência de redundância no sistema de segurança conforme NR12.

Figura 25 - Projeto elétrico parte 2



Fonte: Do autor (2019).

O comando bimanual é monitorado por relé de segurança categoria 4 e com simultaneidade de 0,3 segundos, garantindo com que a prensa não seja acionada de maneira acidental por apenas uma botoeira.

A figura 26 mostra o novo painel elétrico. Na parte externa, todos botões com identificação e placa de risco de choque elétrico e, na parte interna do painel, os componentes de acordo com NR10. A tabela 19 informa relação de materiais elétricos utilizados para adequação.

Figura 26 - Painel elétrico PMEEC

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 19 - Materiais elétricos utilizados na adequação

Quantidade	Item
1	Fonte alimentação 24VCC
2	Relé segurança parada emergência WEG CP-D
1	Relé segurança controle simultaneidade WEG
1	Relé temporizador
2	Contatora auxiliar Siemens
2	Contatora TRIP WEG (CWB18-40A)
1	Disjuntor motor WEG 40A (MPW18)
1	Seccionadora Schmersal 40ª
1	Botoeira com 2 blocos de contato (NC)
2	Botoeira emergência 4 blocos de contato (NC)
2	Botoeira com 2 blocos de contado (NO)
2	Botoeira com 2 blocos de contato (NO), 2 blocos de contato (NC)
1	Sinaleiro LED verde
2	Sensor magnético segurança duplo Schmersal
4	Prensa cabo 5/16
3	Prensa cabo ½
7	Conector passagem 6mm
37	Conector passagem 4mm
1	Quadro comando 400x500x200
3	Trilho DIM (250mm)
2	Canaleta 30 x 30 (metro)
2	Cabo ligação motor 4mm (metro)
2	Cabo ligação comando 1mm (metro)

Fonte: Do autor (2019).

Após mudanças e instalações elétricas, foi realizado levantamento de HRN residual do quadro elétrico e do sistema de acionamento do motor da prensa, conforme tabela 20. Ocorreu redução de 99,34% do risco inicial, enquadrando-se, portanto, em um grau de risco muito baixo.

Tabela 20 - HRN residual sistema de acionamento do motor e quadro elétrico PMEEC

Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP) RISCO RESIDUAL		
Probabilidade de exposição (PE)	0,033	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	2,475
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Muito baixo
Redução do risco inicial em relação ao risco residual após medidas de controle e segurança implantas		99,34%

Fonte: Do autor (2019).

4.3.3 Adequação região da biela

Com a verificação da categoria de risco e HRN inicial, medidas protetivas foram tomadas. Optou-se pelo enclausuramento total da região da biela com a finalidade de evitar a sua queda sobre o operador em caso de quebra do eixo. Foram fixados dois olhais, um ao chassi e o outro à biela, e realizada a união através de uma espia de aço, de 12mm de diâmetro, fixa com grampos. A estrutura da proteção foi fixada ao chassi, deixando uma porta com fechamento através de tranca de alavanca para realização da lubrificação e manutenção da região da biela. Não foi instalado sensor magnético de segurança, pois a mesma só é liberada com a movimentação da proteção da zona de prensagem.

Ao ser realizado teste prático para aprovação da proteção, o operador sugeriu a realização de corte na chapa metálica e a utilização do fechamento com acrílico para visualização dos componentes, caso surjam possíveis problemas. A sugestão foi aprovada e o operador demonstrou grande satisfação em participar ativamente do processo de adequação. A figura 24 mostra as proteções utilizadas na região da biela.

Figura 27 - Proteções região da biela

Fonte: Do autor (2019).

Após concluídas adequações na região da biela, realizou-se cálculo do HRN residual, o qual apontou redução de 98,35% de risco residual, enquadrando-se em um risco insignificante para a saúde e segurança do operador, conforme tabela 19.

Tabela 21 - HRN residual região da biela

Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP) RISCO RESIDUAL		
Probabilidade de exposição (PE)	0,033	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	0,99
Probabilidade máxima de perda (MPL)	6	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Insignificante
Redução do risco inicial em relação ao risco residual após medidas de controle e segurança implantas		98,35%

Fonte: Do autor (2019).

4.3.4 Adequação região transmissão do movimento.

A região de transmissão de movimento da PMEEC, constituída pelo volante e motor, por ser uma região de geometria complexa, grande e com necessidade de constante manutenção, foi totalmente enclausurada com a construção de grades em seu entorno, respeitando distâncias seguras conforme NBR NM 272, sendo construída

com a utilização de barras de aço de perfil cantoneira e tela otis malha 10mm. Devido a necessidade de manutenção, foram instaladas portas na parte traseira do equipamento e utilizado sensor magnético duplo de segurança monitorado por um relé - segurança de categoria 4 -, de forma que com a abertura da porta a máquina é desligada. A Figura 25 demonstra o enclausuramento.

Figura 28 - Enclausuramento região de transmissão do movimento

Fonte: Do autor (2019).

Após o término da instalação das proteções da região da transmissão do movimento, foi realizado o cálculo do HRN residual cujo resultado apresentou redução de 99,34% de risco residual resultando em risco muito baixo a saúde e segurança do operador, conforme observado na Tabela 22.

Tabela 22 - HRN residual região transmissão movimento

Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP) RISCO RESIDUAL		
Probabilidade de exposição (PE)	0,033	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	2,475
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Muito Baixo
Redução do risco inicial em relação ao risco residual após medidas de controle e segurança implantas		99,34%

Fonte: Do autor (2019).

4.3.5 Adequação região de prensagem

Região de prensagem da PMEEC foi considerada a mais crítica após verificação do HRN e classificação de risco. Realizada a análise do processo de cortes realizados com a prensa, definiu-se o enclausuramento total da região de prensagem, a proteção foi construída através de barras de aço com perfil cantoneira e tela otis de malha10 mm, deixando abertura para, somente, passagem do material de alimentação e retirada da máquina. O sistema de matriz utilizada é a fechada e escravizada, não ocorrendo troca. Na área frontal da proteção instalou-se uma porta para eventuais manutenções e afiação das lâminas da matriz, onde foi instalado um sensor magnético duplo de segurança monitorado por um relé de segurança de categoria 4, por isso, caso a porta esteja aberta, o acionamento da prensa fica impossibilitado.

A Figura 26 apresenta o enclausuramento realizado na região de prensagem, garantindo que não exista possibilidade qualquer contato de membros superiores ou demais regiões do corpo com a matriz de corte, resultando em um alto nível de segurança.

Figura 29 - Enclausuramento região de prensagem

Fonte: Do autor (2019).

Após o enclausuramento, observou-se uma redução de 99,67% do risco inicial, conforme a Tabela 21, oferecendo risco muito baixo ao operador da PMEEC e mantendo a mesma capacidade produtiva, confirmando a eficiência do método de adequação utilizado.

Tabela 23 - HRN residual região prensagem

Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP) RISCO RESIDUAL		
Probabilidade de exposição (PE)	0,033	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	2,475
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Muito baixo
Redução do risco inicial em relação ao risco residual após medidas de controle e segurança implantas		99,67%

Fonte: Do autor (2019).

4.3.6 Adequação sistema de acionamento

A análise da apreciação de risco do sistema de acionamento demonstrou o quanto é fundamental estar em condições seguras de trabalho para evitar o acionamento acidental do equipamento, frente a isso, optou-se pela instalação de um comando bimanual para o acionamento.

A preocupação com questões ergonômicas levou a compra de um pedestal com regulagem de altura entre 750mm a 950mm, para proporcionar ao operador a oportunidade da regulagem de altura conforme necessidade (Pedestal PCBAL 360x75). Já a caixa de aço para comando bimanual (CBCHP 460x22) respeita os conceitos de distâncias entre botoeiras de 240mm, compreende proteção sobre botoeiras para evitar acionamento acidental e encaixe para botoeira parada de emergência ao centro, conforme Figura 30.

Figura 30 - Comando bimanual

Fonte: Do autor (2019).

Após instalação do comando bimanual, realizou-se o cálculo de HRN residual, conforme Tabela 24. Evidenciou-se redução de 87,5% do risco inicial, enquadrando-se em grau de risco considerado alto.

Tabela 24 - HRN residual Comando bimanual

Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP) RISCO RESIDUAL		
Probabilidade de exposição (PE)	1	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	75
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Alto
Redução do risco inicial em relação ao risco residual após medidas de controle e segurança implantas		87,50%

Fonte: Do autor (2019).

4.3.7 Fixação da PMEEC

A fixação da prensa foi realizada através da substituição dos pinos de barras redondas por 4 parabolts de fixação de 1/2x5.1/2 de comprimento, garantindo estabilidade e firmeza do equipamento na base de concreto (Figura 31).

Figura 31 - Fixação da PMEEC

Fonte: Do autor (2019).

Foi realizado levantamento do HRN residual após a fixação com parabolts e apontou-se redução de 96,7% de probabilidade de acidente, enquadrando-se em um grau de risco muito baixo de acordo (Tabela 25).

Tabela 25 - HRN residual sistema de fixação

Cálculo HRN = (PE x FE x MPL x NP) RISCO RESIDUAL		
Probabilidade de exposição (PE)	0,033	HRN inicial
Frequência de exposição (FE)	5	2,475
Probabilidade máxima de perda (MPL)	15	Classificação HRN
Número de pessoas expostas (NP)	1	Muito baixo
Redução do risco inicial em relação ao risco residual após medidas de controle e segurança implantas		96,70%

Fonte: Do autor (2019).

4.4 Layout

Tendo em vista o início da adequação da prensa, em reunião realizada junto a diretores da empresa, chegou-se a um acordo para definição de um novo projeto de layout e arranjo físico de toda empresa, o qual está sendo desenvolvido e implantado gradativamente. Quanto ao arranjo físico específico da prensa, não foi possível realizar a demarcação, uma vez que a mesma será realocada no meio produtivo, mas, de imediato, ocorreu a desobstrução de arredores do equipamento.

4.5 Treinamento

O treinamento foi ministrado antes da liberação do equipamento para utilização no processo produtivo. Teve duração de 2 horas e 30 minutos, sendo ministrado pelo coordenador de produção e coordenador da manutenção, direcionado a dois operadores da prensa. O cronograma e tempo de duração demonstrados na Tabela 26.

Tabela 26 - Cronograma e duração treinamento

Assunto abordado	Carga horária
Acidentes do trabalho	00:15:00
Diretrizes da NR12 e NR10	00:20:00
Definições de PMEEC	00:10:00
Categoria de risco e HRN	00:15:00
Apresentação de áreas de perigo	00:10:00
Acionamento da prensa	00:05:00
Funcionamento bimanual	00:10:00
Botoeiras de emergência	00:10:00
Funcionamento dos sensores magnéticos duplos nas portas	00:15:00
Prática supervisionada	00:40:00

Fonte: Do autor (2019).

O treinamento foi documentado e ao final foi entregue certificado aos operadores, formalizando a participação e capacitação. Esse material está anexado ao memorial de adequação da PMEEC.

4.6 Redução da possibilidade de acidentes

Com a conclusão de todo processo de adequação foi realizado cálculo para verificação da possibilidade de ocorrência de acidentes. Segundo consulta ao Ministério do Trabalho, o equipamento PMEEC sempre é enquadrado em categoria de risco 4 (equipamento adequado ou não adequado), porém o risco residual em que os operadores são expostos teve significativa redução. O cálculo baseou-se na comparação entre somatório do cálculo de HRN inicial e somatório do cálculo de HRN residual e realizada regra de três simples para obter o percentual de redução de possibilidade de acidente, conforme cálculos apresentados abaixo, resultando em um risco residual de 3,29%, portanto, com o processo de adequação, o risco foi reduzido em 96,71%.

HRN inicial	**HRN residual**
375+60+375+750+600+75+375= 2610	2,475+0,99+2,475+2,475+75+2,475= 85,89

2610	X	100
85,89		?

3,29 % risco residual

4.7 Investimentos na adequação

Os investimentos realizados na adequação da prensa foram identificados e registrados na Tabela 27.

Tabela 27 - Gastos com a adequação

Material	**Valor**
Tinta	R$ 62,00
Tela Otis	R$ 600,00
Cantoneira	R$ 162,52
Olhal	R$ 15,96
Espia	R$ 8,60
Parabolt	R$ 30,39
Pedestal bi manual	R$ 969,00
Caixa bi manual	R$ 548,00
Material elétrico	R$ 3.413,02
Total	R$ 5.809,49

Fonte: Do autor (2019).

O custo total envolvido na adequação foi considerado baixo, levando em conta que a capacidade produtiva do equipamento foi mantida e a atenuação na possibilidade de acidente em comparação com o período anterior e posterior a adequação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de resultados obtidos com a aplicação deste trabalho, conclui-se que os objetivos iniciais foram alcançados, pois a máquina passou a ser operada com significativa redução de risco ao que o operador era exposto mantendo a produtividade satisfatória. Com a abordagem teórica sobre as normas de segurança do trabalho e a aplicação prática obteve-se êxito, frente ao paradigma de altos custos envolvidos em adequações e perdas de produtividade.

A metodologia de pesquisa e adequação participativa foi fundamental para o bom andamento da adequação, tornando a redução de risco objetivo comum de todos os envolvidos com a PMEEC. Portanto, foram observadas sugestões do setor de manutenção e dos operadores do equipamento.

Com investimento total de R$ 5.809,49 tornou-se possível realizar adequações necessárias para fornecer ao operador ambiente seguro de trabalho e confortável ergonomicamente. Um dos maiores desafios vinculados a NR12 foi superado, a entrega de um equipamento produtivo e seguro para operação. Em pesquisa de mercado, o investimento de adequação foi de aproximadamente 8,5% em relação aos custos de equipamentos novos semelhantes.

A apreciação de risco evidenciou que o equipamento PMEEC será sempre enquadrado em categoria de risco de classe 4 frente ao Ministério do Trabalho. Após a aplicação das medidas de segurança e controle ocorreu redução de 96,71% risco residual de acidente enquadrando-se em um risco muito baixo.

Além do benefício da redução do risco ao que os operadores estavam expostos o trabalho serviu como motivação para o início do estudo e definição do novo layout do ambiente fabril, visando respeitar os limites, espaçamentos e sequenciamentos

entre máquinas, otimizando o processo produtivo, demarcação de corredores e utilização de sinalização de segurança e placas de advertências.

Para futuros trabalhos, sugere-se expandir o estudo e implantação de adequações aos demais equipamentos da empresa mantendo a cultura de segurança e ambiente de trabalho confortável e a confecção de manual de operação para todos equipamentos, que ficara anexado ao equipamento para facilitar informações do equipamento e processo para cada operador e confecção de fixas para registro de manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos. **NBR 7195**. Cores para segurança, 1995. Disponível em: <https://rrmarques.com.br/normasabnt/NBR7195_Cores_para_seguranca.pdf>. Acesso em 05 mai. 2019.

ABNT. Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos. **NBR 13759**. Segurança de máquinas - Equipamentos de parada de emergência - Aspectos funcionais - Princípios para projeto, 1996. Disponível em: <http://vipelevadores.com.br/arquivos/1445452008.pdf>. Acesso em 05 mai. 2019.

ABNT. Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos. **NBR NM 256**. Segurança de máquinas – Proteções – Requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis, 2002. Disponível em: <http://vipelevadores.com.br/arquivos/1445451837.pdf>. Acesso em 05 mai. 2019.

ABNT. Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos. **NBR NM 273**. Segurança de máquinas – Dispositivos de intertravamento associados a proteções – Princípios para projeto e seleção, 2002. Disponível em: <http://vipelevadores.com.br/arquivos/1445452514.pdf>. Acesso em 05 mai. 2019.

ALCANTÚ, E. R.; NETO, V. S. **Sinalização de segurança**. [texto digital, s.d.] Disponível em: <http://docente.ifsc.edu.br/sergio.brockveld/MaterialDidatico/Qualidade,%20Meio%20Ambiente,%20Sa%C3%BAde%20e%20Seguran%C3%A7a/SINALIZA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2019.

B&T SEGURANÇA DO TRABALHO. Pirâmides de segurança. Disponível em: <https://www.btseguranca.com/piramides-de-seguranca/>. Acesso em abr. 2019.

BIRD JR., FRANK E. Damage Control. Loganville: Institute Press, 1969.

BLOG Kadesh. Disponível em: <http://kadeshcalcados.com.br/2019/02/18/brasil-4-pais-onde-mais-acontecem-acidentes-de-trabalho/>. Acesso em mai. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego do Rio Grande do Sul. **Análises de acidentes do trabalho fatais no Rio Grande do Sul:** a experiência da Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador – SEGUR. – Porto Alegre: Superintendência Regional do Trabalho e Emprego do Rio Grande do Sul. Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador/SEGUR, 2008. Disponível em: <http://www.trt7.jus.br/trabalhoseguro/arquivos/files/acervo/ebooks/Ministerio_do_Tr

abalho_e_Emprego_Analises_de_Acidentes_do_Trabalho_fatais_no_Rio_Grande_do_Sul.pdf>. Acesso em 02 mai. 2019.

BRASIL. Secretaria da Previdência. **Análises Preliminares – AEAT 2017**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/Apresentacao-AEAT-2017-Orion.pdf>. Acesso em abr. 2019.

BRASIL. Secretaria da Previdência. **Anuário estatístico de acidentes de Trabalho** – 2017. Brasília, 2018. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/Apresentacao-AEAT-2017-Alexandre-Zioli.pdf>. Acesso em abr. 2019.

BRASIL. Secretaria da Previdência. Ministério da Fazenda. **Anuário estatístico de acidentes de Trabalho** – 2017. Brasília, 2017. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/AEAT-2017.pdf>. Acesso em abr. 2019.

BRASIL. **Decreto Lei N.º 5.452, de 1º de maio de 1943**. Consolidação das Leis do Trabalho. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm>. Acesso em: 20 mai. 2019.

CAMISASSA, Maria Queiroga**. Segurança e saúde no trabalho: NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas**. São Paulo: Método: 2015.

CARDOSO, Letycia. Brasil registra 22 acidentes de trabalho por hora. [texto digital] **O Globo**, 2018. Disponível em <https://oglobo.globo.com/economia/brasil-registra-22-acidentes-de-trabalho-por-hora-22658555>. Acesso em 09. mar. 2019.

CERVO, Luiz; BERVIAN, Pedro; DA SILVA, Roberto. **Metodologia Científica.** 6. ed. São Paulo: Person Education, 2007.

CHAVES, A. Acidentes de trabalho no Brasil. [texto digital] **Área SST – Saúde e Segurança do Trabalho**, s.d. Disponível em: <https://areasst.com/acidentes-de-trabalho-no-brasil/>. Acesso em abr. 2019.

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson e SILVEIRA, Amélia. **Métodos quantitativos e qualitativos:** um resgate teórico. 2. ed. Blumenau: Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, 2008.

FAST Automação [texto digital]. Disponível em: <http://www.fastautomacao.com.br/site/comando-bimanual/>. Acesso em mai. 2019.

FIERGS. **Manual de segurança em prensas e similares**. Porto Alegre: Conselho de Relações do Trabalho e Previdência Social, Grupo de Gestão do Ambiente de Trabalho, 2006.

GOLDMAN, C. F. **Análise de acidentes de trabalho ocorridos na atividade da indústria metalúrgica e metal- mecânica no estado do Rio Grande do Sul em 1996 e 1997 breve interligação sobre o trabalho do soldador**. Dissertação de Mestrado, PPGEP, UFRG, 2002. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/claudio.pdf>. Acesso em abr. 2019.

GUTTMAN, M. Método HRN (Hazard Rating Number) a principal ferramenta para a avaliação de riscos em máquinas. [texto digital] **Ziel Engenharia**, 2018. Disponível em: <https://www.zielengenharia.com/single-post/2017/03/02/M%C3%A9todo-HRN-

Hazard-Rating-Number-a-principal-ferramenta-para-a-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-riscos-em-m%C3%A1quinas>. Acesso em abr. 2019.

HEINRICH, HW (1931). *Industrial accident prevention: a scientific approach*. [S.l.]

HEINRICH, HW. Industrial accident prevention: a scientific approach, 1931.

KNECHTEL, Maria R. **Metodologia da pesquisa em educação.** 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2014

LOBATO, Thiago Dorneles. **Prevenção de acidentes de trabalho nas operações de armazenagem**: o gerenciamento de riscos voltado ao fator humano da Organização. Repositório Uniceub (s.d.). Disponível em <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/7875/1/51400213.pdf>. Acesso em abr. 2019.

LOBO, R. O Que é Segurança do Trabalho. [texto digital] **Conceito Zen**, s.d. Disponível em: <https://www.conceitozen.com.br/o-que-e-seguranca-do-trabalho.html>. Acesso em abr. 2019.

MARCONDES, J. S. Segurança no trabalho: conceitos sobre segurança ocupacional. [texto digital] **Gestão de segurança privada**, 2016. Disponível em: <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/seguranca-do-trabalho-conceito/>. Acesso em abr. 2019.

MICHELON, Eduardo Fernando. **Segurança em máquinas e equipamentos**. [s.d] Disponível em: <https://www.abqtic.com.br/upload/site_eventos/25/25_31.pdf>. Acesso em 10 mai. 2019.

MODO SEGURO [texto digital]. Disponível em: <https://www.modoseguro-sst.com.br/atendimento-a-legislacao-e-normas>. Acesso em mai. 2019.

MORAES, Giovanni. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas**. Caderno Complementar. 8ª ed. Editora: GVC, 2013.

NASCIMENTO, Wagner. **Dispositivo de parada de emergência** [texto digital]. Disponível em: <https://wagner-nascimento.webnode.com.br/dispositivo%20de%20parada%20de%20emerg%C3%AAncia/>. Acesso em abr. 2019.

NBR 14153:1998 Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionados à segurança - Princípios gerias para projeto

NBR ISO 12100:2013 - Segurança de máquinas — Princípios Gerais de Projeto - Apreciação e redução de riscos. HRN - Hazard Rating Number : The safety & Health Practioner, 1990

NITAHARA, Akemi. Brasil é quarto no mundo em acidentes de trabalho, alertam juízes. [texto digital] **Agência Brasil**, 2016. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-04/brasil-e-quarto-do-mundo-em-acidentes-de-trabalho-alertam-juizes>. Acesso em 09. mar. 2019.

NOBRE JUNIOR, H. B. **Os acidentes de trabalho em prensas analisados pelos Auditores Fiscais do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego no período de 2001 a 2006**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP, 2009. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98364/nobrejunior_hb_me_botfm.pdf?sequence=1>. Acesso em abr. 2019.

NR-10. Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Portaria nº 598 de 07.12.2004. Guia Trabalhista [texto digital]. Disponível em <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr10.htm>. Acesso em 09. mar. 2019.

NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Portaria SIT 233/2011. Guia Trabalhista [texto digital]. Disponível em <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>. Acesso em 09. mar. 2019.

NR-17. Ergonomia. Guia Trabalhista [texto digital]. Disponível em <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm>. Acesso em 09. mar. 2019.

NR-26 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Portaria SIT 229/2011. Guia Trabalhista [texto digital]. Disponível em <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr26.htm>. Acesso em 09. mar. 2019.

NR12 SEM SEGREDOS. Método HRN para Avaliação de Risco em máquinas. Disponível em: <https://www.nr12semsegredos.com.br/hrn-para-avaliacao-de-risco-em-maquinas/>. Acesso em mai. 2019.

OLIVEIRA, E. **Prensas**. Santa Catarina: IFSC, s.d. Disponível em: <http://joinville.ifsc.edu.br/~emerson.oliveira/Processo%20de%20Fabrica%C3%A7%C3%A3o/Noturno/Prensas%20de%20Forjamento.pdf>. Acesso em abr. 2019.

PEIXOTO, Neverton Hofstadler. **Curso técnico em automação industrial**: segurança do trabalho. – 3. ed. – Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria : Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2010. Disponível em: <http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_autom_ind/seg_trab/161012_seg_do_trab.pdf>. Acesso em 02 mai. 2019.

PRODANOV, Cleber Cristiano e FREITAS, Ernani. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]:** métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIO GRANDE DO SUL REGISTRA QUASE 60 MIL ACIDENTES DE TRABALHO EM UM ANO. CUTRS. Disponível em: <http://cutrs.org.br/rio-grande-do-sul-registra-quase-60-mil-acidentes-de-trabalho-em-um-ano/>. Acesso em 09. mar. 2019.

RS: ACIDENTES DE TRABALHO MATARAM DUAS VEZES MAIS DO QUE LATROCÍNIOS EM 2016. SUL 21. Disponível em: <https://www.sul21.com.br/ultimas-noticias/geral/2017/04/rs-teve-o-dobro-de-mortes-por-acidentes-de-trabalho-que-latrocinios-em-2016/>. Acesso em 09. mar. 2019.

SESI. **Segurança de máquinas e equipamentos de trabalho**. Meios de proteção contra os riscos mecânicos. Rio de Janeiro, 2012.

SEGURANÇA tem futuro. **Ato Inseguro ou Erro Humano**?. [texto digital]. Disponível em: <http://segurancatemfuturo.com.br/index.php/2017/10/03/ato-

inseguro-ou-erro-humano-como-tratar-o-ato-inseguro-na-prevencao-de-incidentes/>. Acesso em abr. 2019.

SILVA, D. C. **Um sistema de gestão da segurança do trabalho alinhado à produtividade e à integridade dos colaboradores**. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2006_3_Diogo-Cortes.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2019.