

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação
Engenharia Elétrica – Ênfase em Sistemas de Energia e
Automação

MAYARA QUIJADAS FERREIRA GARCIA

**ESTUDO E APLICAÇÃO DA NORMA REGULAMENTADORA
Nº 12 PARA A SEGURANÇA EM SISTEMAS DE
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

São Carlos

2015

MAYARA QUIJADAS FERREIRA GARCIA

**ESTUDO E APLICAÇÃO DA NORMA
REGULAMENTADORA Nº 12 PARA A
SEGURANÇA EM SISTEMAS DE
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de
São Carlos, da Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase
em Sistemas de Energia e Automação

ORIENTADOR: Prof. Dr. Dennis Brandão

São Carlos

2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

G216 Garcia, Mayara Quijadas Ferreira
ESTUDO E APLICAÇÃO DA NORMA REGULAMENTADORA Nº 12
PARA A SEGURANÇA EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL /
Mayara Quijadas Ferreira Garcia; orientador Dennis
Brandão. São Carlos, 2015.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2015.

1. Automação Industrial. 2. Segurança do Trabalho.
3. Norma Regulamentadora. 4. NR-12. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Mayara Quijadas Ferreira Garcia

Título: "Estudo e aplicação da norma regulamentadora nº 12 para a segurança em sistemas de automação industrial"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 01/12/15,

com NOTA 10 (dez. zero), pela Comissão Julgadora:

Prof. Associado Dennis Brandão - (Orientador - SEL/EESC/USP)

Prof. Dr. José Guilherme Sabe - (SEM/EESC/USP)

Mestre Leonardo Batista de Almeida Scarabelli - (Fertron Controle e Automação Industrial)

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Dr. José Carlos de Melo Vieira Júnior

Dedico este trabalho ao Engenheiro André Sabe, que acreditou em mim, até mesmo quando eu duvidei. Obrigada pela liberdade, amizade e confiança.

Agradecimentos

Aos meus pais, agradeço pela educação e pelo amor incondicional. À minha irmã, obrigada pela infinita paciência e apoio. Ao meu orientador, Dennis, agradeço pela confiança e incrível oportunidade. A toda a equipe da Equitron, que me acolheu e jamais hesitou em dividir seu conhecimento, obrigada por todo o crescimento pessoal e profissional. Aos amigos que fiz para a vida, Erika e Guilherme, muito obrigada por todo o companheirismo e cumplicidade. À Escola de Engenharia de São Carlos, agradeço a oportunidade e a estrutura fornecida. A todos os professores que tive, especialmente a minha tia, Silvia, por todo o suporte e respeito. Por fim, aos meus amigos, especialmente à Mariana, Gabriela, Érica e Bruno, que foram minha segunda família e me apoiaram nas horas mais difíceis.

Resumo

GARCIA, M. Q. F., **Estudo e Aplicação da Norma Regulamentadora Nº 12 para a Segurança em Sistemas de Automação Industrial**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

Segurança do trabalho é um assunto cada vez mais discutido e prezado, ainda mais em automação industrial, que é uma área especialmente perigosa. No Brasil, a regulação da segurança do trabalho é realizada por algumas normas e padrões nacionais e internacionais. Entre estas, destaca-se a NR – 12, que apresenta princípios de segurança do trabalho em máquinas e equipamentos. Neste contexto, esta monografia traz um estudo teórico desenvolvido acerca da aplicação da NR – 12, considerando seus pontos positivos, negativos, exageros e ambiguidades. Discute-se também questões referentes a fabricantes e componentes de segurança, bem como sobre outros padrões, abordando classificações de segurança, normas internacionais, burocracia, entre outros. Posteriormente, estes conceitos teóricos são aplicados a dois estudos de caso reais, de forma a analisar e entender profundamente as dificuldades de utilização da Norma. Por fim, conclui-se que a segurança em automação industrial é um assunto muito complexo, que exige do profissional de segurança um conhecimento pleno sobre o projeto, englobando aspectos mecânicos, elétricos e de *software*. Além disto, observa-se que as normas de segurança são tão rígidas que, ao invés de ser uma realidade, acabam tornando-se uma utopia, fazendo com que o real problema de segurança não seja solucionado.

Palavras-chave: Automação Industrial, Norma, NR – 12, Segurança do Trabalho.

Abstract

GARCIA, M. Q. F., **Study and Application of Regulatory Standard Nº. 12 on Safety in Industrial Automation Systems**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

Work safety is a subject increasingly discussed and regarded, especially in industrial automation, which is a particularly dangerous area. In Brazil, the regulation of work safety is performed by some national and international standards. Among these, there is the NR-12, which features work safety principles in machinery and equipment. In this context, this monograph provides a theoretical study carried out on the implementation of NR-12, considering its positive and negative points, exaggeration and ambiguity. It also discusses issues related security and component manufacturers, as well as other standards, addressing safety ratings, international standards, bureaucracy, among others. Subsequently, these theoretical concepts are applied to two real case studies, in order to analyze and deeply understand the difficulties in using the Standard. Finally, it's concluded that the security in industrial automation is a very complex issue that requires the security professional full knowledge about the project, covering mechanical, electrical and software aspects. In addition, it is noted that the safety rules are so strict that, instead of being a reality, end up becoming a utopia, resulting the real security problem is not solved.

Palavras-chave: Industrial Automation, Standard, NR-12, Safety.

Lista de Ilustrações

Figura 1: Quantidade de Acidentes do Trabalho conforme AEAT de 1999 a 2013.....	28
Figura 2: Reprodução do Quadro I, do Anexo I da NR-12.	34
Figura 3: Esclarecimento a respeito da atualização de 2010 da NR-12.	36
Figura 4: Artigo que questiona a viabilidade da NR-12 atualizada em 2010.....	38
Figura 5: Eixos da Estratégia Nacional para Redução dos Acidentes do Trabalho.	40
Figura 6: Relação de todas as NRs aprovadas pelo MTE.....	41
Figura 7: A nova norma, EN ISO 13849-1, balanceia entre a teoria determinista e probabilística.	46
Figura 8: Gráfico de risco do anexo B da EN 945-1.	48
Figura 9: Gráfico de risco do anexo A da EN ISO 13849-1.....	48
Figura 10: Fluxograma de implementação da EN ISO 13849-1.....	50
Figura 11: Exemplo de segurança funcional.....	54
Figura 12: Produto final: lápis cortado, impresso, sem tampa e sem ponta.....	57
Figura 13: Mecanismo da máquina Extrusora de Minas.....	58
Figura 14: Placa de madeira que é a base da produção dos lápis.	59
Figura 15: Mecanismo da máquina Encoladeira e Prensa.	59
Figura 16: Mecanismo da máquina Carimbadeira.	60
Figura 17: Alimentação contínua da Carimbadeira.....	61
Figura 18: Projeto simplificado da Carimbadeira.	62
Figura 19: Detalhe dos berços e mecanismos de estampagem da Carimbadeira.	63
Figura 20: Projeto de enclausuramento da máquina.....	64
Figura 21: Detalhe da chave de segurança de porta com trava mecânica.....	65

Figura 22: Pontos de saída e entrada de produtos, respectivamente.	65
Figura 23: Botão de parada de emergência e sinaleiros luminosos utilizados na máquina... ..	66
Figura 24: Sinalização da área aquecida.	66
Figura 25: CLP de segurança utilizado na máquina.	67
Figura 26: IHM da Carimbadeira.....	67
Figura 27: EPAS com acoplamento na coluna de direção e no conjunto pinhão-cremalheira, respectivamente.	69
Figura 28: Produto final: direção assistida elétrica.	70
Figura 29: Layout completo da linha.	71
Figura 30: Mecanismo da máquina de gravação do código de rastreabilidade e de inserção de rolamento e anel elástico na carcaça principal.	72
Figura 31: Carcaça principal, vista superior e lateral.....	73
Figura 32: Rolamento e anel elástico.....	74
Figura 33: Alimentação de carcaça principal, rolamento e anel elástico, respectivamente. ..	75
Figura 34: Distribuição dos cilindros pneumáticos.....	76
Figura 35: SFC de funcionamento da máquina.....	79
Figura 36: Diagrama trajeto passo de funcionamento da máquina.....	82
Figura 37: Pontos de esmagamento pelos berços, direito e esquerdo.	84
Figura 38: Pontos de esmagamento pela ferramenta de inserção e pela gaveta do anel elástico.	85
Figura 39: Detalhe das lentes do laser marcador.	86
Figura 40: Projeto de enclausuramento da máquina.....	87
Figura 41: Barreira de segurança e conjunto chave de início com alavanca, botão de parada de emergência e botão de reset utilizados na máquina.....	90

Figura 42: Detalhe da chave magnética de segurança de porta.....	91
Figura 43: Painel elétrico da máquina, com destaque para o CLP de segurança.....	91
Figura 44: IMH da máquina de inserção de rolamento e anel elástico.....	92
Figura 45: Mecanismo da porta com folga.....	93

Lista de Tabelas

Tabela 1: Quantidade de acidentes do trabalho, por situação do registro e motivo – 2011/2013.....	27
Tabela 2: Significado do primeiro dígito do IP	43
Tabela 3: Significado do segundo dígito do IP	43
Tabela 4: Correlação entre níveis PL e SIL	47
Tabela 5: Distância adicional para o cálculo de distância mínima de barreira.....	88
Tabela 6: Velocidade de aproximação para o cálculo de distância mínima de barreira.....	89
Tabela 7: Cálculo de distância mínima de barreira para a máquina em questão.....	89

Lista de Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEAT	Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho
BGIA	<i>Bard Globalization and International Affairs</i>
CCF	<i>Common Cause Failure</i> Falhas de Causa Comum
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
CLP	Controlador Lógico Programável
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNTT	Comissão Nacional Tripartite Temática
CTPP	Comissão Tripartite Paritária Permanente
DC	Diagnostic Coverage
EPAS	<i>Electrical Powered Assisted Steering</i> Direção Elétrica Assistida
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> Comissão Internacional de Eletrotécnica
IHM	Interface Homem Máquina
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
IP	<i>Ingress Protection Ratings</i> Grau de Proteção
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> Organização Internacional de Padronização
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego

MTTFd	<i>Mean Time To dangerous Failure</i> Tempo Médio para Falha Perigosa
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PFHd	<i>Probability of Dangerous Failure per Hour</i> Probabilidade de Falha Perigosa por Hora
PL	<i>Performance Level</i> Nível de Desempenho
PLr	<i>Required Performance Level</i> Nível de Desempenho Requerido
QR	<i>Quick Response</i>
SFC	<i>Sequential Function Chart</i>
SIL	<i>Safety Integrity Levels</i> Nível de Integridade de Segurança
SISTEMA	<i>Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications)</i>

Sumário

1. Introdução.....	23
1.1. Panorama Geral e Motivação.....	23
1.2. Metodologia.....	24
1.3. Objetivos.....	24
1.4. Estrutura do Trabalho.....	25
2. Aspectos Iniciais.....	27
2.1. Contextualização.....	27
2.2. Responsabilidade Civil e Criminal.....	28
2.3. Interpretações da NR-12.....	30
3. Atualizações na NR-12.....	35
4. Outras Normas Técnicas.....	41
5. Classificações de Segurança.....	45
5.1. Substituição da EN 954-1 pela nova EN ISO 13849-1.....	45
5.2. EN ISO 13849-1 ou IEC 62061?.....	46
5.3. Avaliação da EN ISO 13849-1.....	47
5.4. Cálculo do Nível de Desempenho PL.....	49
6. Fabricantes e Componentes de Segurança.....	53
7. Estudo de Caso – Manufatura de Produto Cosmético.....	57
7.1. Produto.....	57
7.2. <i>Layout</i> da Linha.....	57
7.3. Máquina Seleccionada.....	60
7.4. Funcionamento da Máquina.....	60
7.5. Análise de Riscos.....	63
7.6. Contenção de Riscos.....	63
8. Estudo de Caso – Manufatura Automobilística.....	69
8.1. Produto.....	69
8.2. <i>Layout</i> da Linha.....	70

8.3. Máquina Seleccionada	72
8.4. Funcionamento da Máquina	73
8.5. Requisitos de Projeto.....	81
8.6. Análise de Riscos	83
8.7. Contenção de Riscos.....	86
8.8. Sugestões.....	92
9. Conclusões.....	95
Referências	97
Anexo A – Exemplos de cálculo de nível de desempenho PL em sistemas de segurança .	101
Anexo B – Exemplo de catálogo de componentes de segurança	107

1. Introdução

1.1. Panorama Geral e Motivação

Acidentes e doenças do trabalho ainda são extremamente rotineiros e socialmente aceitos. Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), a cada 15 segundos, morre um trabalhador em decorrência de doença ou acidente do trabalho. E mais, a cada 15 segundos, 153 trabalhadores sofrem um acidente do trabalho. ¹

Conforme determina a o art. 19 da Lei nº 8.213 (1991, grifo do autor):

Art. 19. Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, **provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.**

Estes acidentes convertem-se em trabalhadores prematuramente mortos ou incapacitados para o trabalho. Os danos podem ser irreversíveis, e se materializam em lesões físicas e psicológicas, bem como em custos sociais e econômicos, que ecoam não só no trabalhador acidentado, como também em sua família, no empregador e em toda a sociedade.

Em consequência da assiduidade de ocorrência de acidentes, de sua alta severidade e de fatores ambientais e culturais, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) elaborou as Normas Regulamentadoras (NRs), que constam no Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Como o próprio nome já elucida, as NRs são diretrizes que foram criadas com o objetivo de regulamentar e orientar sobre os procedimentos mínimos e obrigatórios de segurança e saúde no trabalho.

A NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS é a norma que determina os requisitos mínimos necessários para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho decorrentes da utilização de máquinas e equipamentos, estendendo-se desde o projeto até o descarte das máquinas e contemplando as interações com os trabalhadores em todas as fases de utilização.

Os acidentes do trabalho no setor de automação industrial são, em sua maioria, demasiadamente graves, visto que as máquinas e equipamentos que os causam usualmente são robustas, ágeis e susceptíveis a falhas humanas e tecnológicas.

¹ Adaptado de < <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm>>. Acesso em 07/09/2015.

Neste contexto, o objeto de estudo deste trabalho será a aplicação da NR-12 para a segurança em sistemas de automação industrial, preponderando um caráter prático de utilização da Norma. Isto é, o estudo acadêmico teórico será aplicado a projetos de máquinas reais, a fim de se identificar os paradoxos e imprecisões relacionados à interpretação e aplicação da NR-12.

1.2. Metodologia

O presente Trabalho de Conclusão de Curso é baseado no levantamento teórico relacionado à segurança do trabalho em máquinas e equipamentos, com um caráter de pesquisa descritiva e documental, e posteriormente, na aplicação dos conceitos levantados em um projeto real, caracterizando um estudo de campo.

Em resumo, o projeto pode ser estratificado em uma análise teórica da norma NR-12, escolha do nicho de mercado alvo, estudo de caso relacionado a esse mercado, acompanhamento junto à empresa fonte do caso, produção da monografia e defesa pública ao final do processo.

Para tanto, o projeto foi desenvolvido paralelamente com o estágio, em parceria com a empresa Equitron Automação Eletrônico Mecânica Ltda., localizada na cidade de São Carlos - SP, na Rua Joaquim Augusto Ribeiro de Souza, 531. O orientador do estudo na empresa foi o engenheiro André Sabe, Diretor de Projetos da Equitron, e o coorientador foi o engenheiro Sérgio Gimenes, Gerente do Projeto Elétrico.

Foi realizado um acompanhamento semanal na planta da empresa, que permitiu o contato direto com o ambiente industrial, bem como com questões do cotidiano dos profissionais atuantes. Por conseguinte, potenciais casos de estudo puderam ser identificados e adotados, garantindo lastro à monografia.

Na proposta do trabalho, é importante destacar que seu desenvolvimento permitiu abordar de forma prática um estudo acadêmico teórico, viabilizando mais transparência e eficácia na análise da Norma.

1.3. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é apresentar uma análise técnica de caráter prático da NR-12 em sistemas de automação industrial, de modo a se compreender de forma abrangente as dificuldades de utilização da Norma.

Este se desdobra em dois objetivos específicos:

- Um inicial com o propósito de desenvolver um estudo teórico acerca da NR-12, suas atualizações, outras Normas pertinentes, categorias de segurança e componentes de segurança.

- Outro, de caráter prático, baseado em estudos de caso de máquinas reais.

1.4. Estrutura do Trabalho

A fim de organizar o estudo e manter uma linha de raciocínio contínuo e sintético, o documento foi fragmentado em capítulos. O capítulo 1 traz a motivação e contextualização inicial do estudo, apontando seu tema e objetivos.

Os capítulos que o seguem, do 2 ao 6, apresentam os embasamentos dos estudos teóricos iniciais, sendo eles um parecer inicial sobre a NR-12, uma dissertação sobre mudanças e atualizações na Norma, um breve comentário sobre outras normas técnicas convenientes, uma ponderação sobre categorias de segurança e finalmente um parecer sobre fabricantes e componentes de segurança.

Os capítulos 7 e 8 mostram os estudos de caso em que a NR-12 foi aplicada, sendo um estudo de caso de manufatura de produto cosmético e outro de manufatura automobilística.

Por fim, o capítulo 9 traz as conclusões sobre o estudo, as dificuldades encontradas, as considerações sobre a Norma e propostas de possíveis trabalhos futuros.

2. Aspectos Iniciais

2.1. Contextualização

Em 2013, o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) registrou mais de 717 mil acidentes do trabalho no Brasil, número superior ao ano anterior. É o que denota o Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (AEAT) de 2013, divulgado pela Previdência Social. Estes dados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de acidentes do trabalho, por situação do registro e motivo – 2011/2013

CNAE	QUANTIDADE DE ACIDENTES DO TRABALHO														
	Total			Com CAT Registrada											
				Total			Motivo								
	2011 2012 2013						Típico			Trajeto			Doença do Trabalho		
2011				2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011
TOTAL...	720.629	713.984	717.911	543.889	546.222	559.081	426.153	426.284	432.254	100.897	103.040	111.601	16.839	16.898	15.226

Fonte: Anuário Estatístico da Previdência Social, 2014.²

A partir de 17 de dezembro de 2010, a Portaria SIT n.º 197 trouxe não somente uma significativa atualização na NR-12, como também uma nova redação para o documento. A revisão foi realizada com o intuito de aperfeiçoar a NR-12, de forma a se ter, em médio prazo, trabalhadores informados e capacitados, bem como a totalidade das máquinas e equipamentos realmente seguros, uma vez que também foram criadas medidas para a adequação das máquinas antigas.

Embora houvesse uma intenção positiva com a aplicação da nova versão da Norma, irromperam-se várias discussões e questionamentos acerca o assunto, principalmente em relação aos gastos e investimentos com adequação e manutenção de equipamentos, bem como com a capacitação de funcionários.

Apesar da revisão específica da Norma realizada em 2010 ser bastante expressiva, nem estas, nem outras alterações foram transparecidas nas estatísticas de acidentes do trabalho. A Figura 1 ilustra graficamente a quantidade de acidentes do trabalho ao longo dos anos, de 1999 a 2013. Os dados são da Previdência Social e foram obtidos dos AEAT.³

² Disponível em <<http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/aeat-2013/estatisticas-de-acidentes-do-trabalho-2013/subsecao-a-acidentes-do-trabalho-registrados/tabelas-a-2013/>>. Acesso em 15/09/2015.

³ Disponível em <<http://www3.dataprev.gov.br/AEAT/greg/reg03/reg03.PHP>>. Acesso em 15/09/2015.

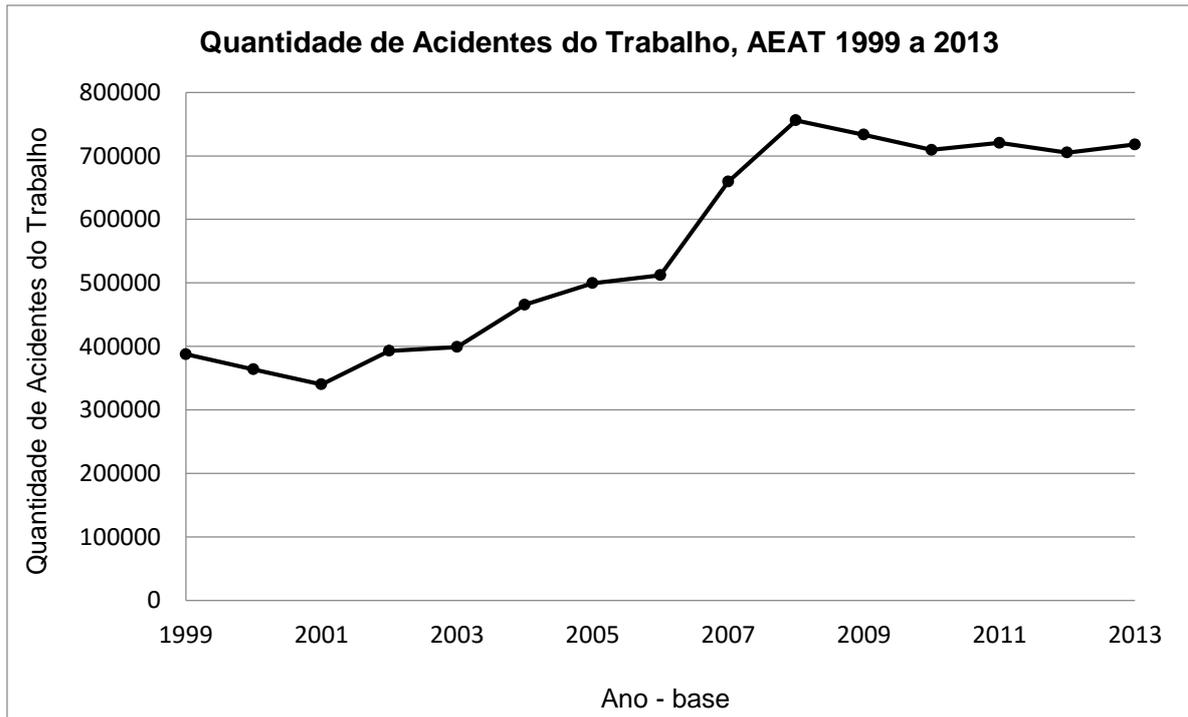


Figura 1: Quantidade de Acidentes do Trabalho conforme AEAT de 1999 a 2013.

Fonte: Elaborada pela autora.

Como pode ser observado neste gráfico, houve um crescimento acentuado do número de acidentes do trabalho entre 1999 e 2008, o que é razoável, pois tal aumento é coerente com a expansão do setor industrial, e conseqüentemente com a quantidade total de trabalhadores no Brasil.

Por outro lado, entre 2008 e 2013, o comportamento da curva mostra que a quantidade de acidentes permaneceu oscilando na média dos 720 mil, o que infelizmente é um número bastante elevado, remetendo a não efetividade das Normas, bem como a perspectiva estagnada para os próximos anos.

Face à cultura nacional e tomando como base as informações apresentadas, é possível compreender o cenário defectivo no qual a segurança do trabalho, principalmente no setor industrial, está imersa. Além disso, salienta-se ainda mais a importância de se ter uma legislação reguladora coerente, eficiente e fiscalizada, neste caso a NR-12.

2.2. Responsabilidade Civil e Criminal

Embora as NRs existam para regular e orientar em relação à segurança e medicina do trabalho, elas são recentes e surgiram de acordo com uma necessidade atual. Em sua história progressiva, o Brasil sempre contou com vários códigos de aspectos menos técnicos

para atribuir responsabilidades civis e criminais aos responsáveis pela manutenção da segurança e prevenção de acidentes do trabalho.

No âmbito da responsabilidade civil, de forma mais geral, observam-se algumas legislações, tais como o Decreto de Lei nº 4.657 (1942), que aponta em seu artigo 3º que “Ninguém se escusa de cumprir a lei, alegando que não a conhece.”.

Por outro lado, a Lei nº 10.406 (2012), afirma no Art. 186. que “Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito.”.

No que diz respeito à empresa e ao empregador, pode-se verificar uma legislação bastante rígida, presente no Art. 157. da Lei nº 5.452 (1943):

Art. 157 - Cabe às empresas: (Redação dada pela Lei nº 6.514, de 22.12.1977)

I - cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho; (Incluído pela Lei nº 6.514, de 22.12.1977)

II - instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais; (Incluído pela Lei nº 6.514, de 22.12.1977)

III - adotar as medidas que lhes sejam determinadas pelo órgão regional competente; (Incluído pela Lei nº 6.514, de 22.12.1977)

IV - facilitar o exercício da fiscalização pela autoridade competente. (Incluído pela Lei nº 6.514, de 22.12.1977).

Somado a este, o art. 932. da Lei nº 10.406 (2002), indica que:

Art. 932. São também responsáveis pela reparação civil: [...]

III - o empregador ou comitente, por seus empregados, serviçais e prepostos, no exercício do trabalho que lhes competir, ou em razão dele; [...].

Além disso, os art. 338., 341., 342. e 343. da Lei nº 3.048 (1999), prescrevem:

Art. 338. A empresa é responsável pela adoção e uso de medidas coletivas e individuais de proteção à segurança e saúde do trabalhador sujeito aos riscos ocupacionais por ela gerados. (Redação dada pelo Decreto nº 4.032, de 2001)

Art. 341. Nos casos de negligência quanto às normas de segurança e saúde do trabalho indicadas para a proteção individual e coletiva, a previdência social proporá ação regressiva contra os responsáveis.

Art. 342. O pagamento pela previdência social das prestações decorrentes do acidente a que se refere o art. 336 não exclui a responsabilidade civil da empresa ou de terceiros.

Art. 343. Constitui contravenção penal, punível com multa, deixar a empresa de cumprir as normas de segurança e saúde do trabalho.

Além da responsabilidade civil, a legislação trata também da responsabilidade criminal. Observa-se esta questão no disposto nos art. 18., 121. e 132. do Decreto de Lei nº 2.848 (1940):

Art. 18 - Diz-se o crime: (Redação dada pela Lei nº 7.209, de 11.7.1984) [...]

Crime culposo (Incluído pela Lei nº 7.209, de 11.7.1984)

II - culposo, quando o agente deu causa ao resultado por imprudência, negligência ou imperícia. (Incluído pela Lei nº 7.209, de 11.7.1984)

Art. 121. Matar alguém: [...]

Homicídio culposo

§ 3º Se o homicídio é culposo: (Vide Lei nº 4.611, de 1965)

Pena - detenção, de um a três anos.

Aumento de pena

§ 4º No homicídio culposo, a pena é aumentada de 1/3 (um terço), se o crime resulta de inobservância de regra técnica de profissão, arte ou ofício, ou se o agente deixa de prestar imediato socorro à vítima, não procura diminuir as conseqüências do seu ato, ou foge para evitar prisão em flagrante. Sendo doloso o homicídio, a pena é aumentada de 1/3 (um terço) se o crime é praticado contra pessoa menor de 14 (quatorze) ou maior de 60 (sessenta) anos. (Redação dada pela Lei nº 10.741, de 2003) [...]

Art. 132 - Expor a vida ou a saúde de outrem a perigo direto e iminente:

Pena - detenção, de três meses a um ano, se o fato não constitui crime mais grave.

As associações destas jurisprudências, acrescidas das NRs, devem garantir a atribuição de responsabilidades a todos os culpados envolvidos, seja a quem causou o acidente, ao fabricante da máquina ou ao empregador. O fato importante e que deve ser notado é que o que é disposto nas NRs está seguramente amparado tanto pela legislação brasileira quanto pela Constituição, que no inciso XXII do artigo 7º do capítulo II afirma que os riscos do trabalho devem ser diminuídos por normas de segurança.

2.3. Interpretações da NR-12

De acordo com o apresentado, a NR-12 foi editada a partir da crescente necessidade de se regulamentar a segurança do trabalho em máquinas e equipamentos. Foram realizados estudos de normas técnicas nacionais e internacionais, bem como um grande levantamento bibliográfico, e então, em 08 de junho de 1978, foi publicada a NR-12 pela Portaria GM nº 3.214 do MTE.

Desde então, a Norma passou a ser obrigatória para todas as empresas brasileiras regidas pela CLT. A partir de sua aplicação e com o tempo, surgiram vários aspectos que

precisavam ser rediscutidos e adequados. Desta forma, o MTE revisou o documento por várias vezes, e foram realizadas atualizações em 06 de junho de 1983, 24 de outubro de 1994, 28 de janeiro de 1997, 17 de dezembro de 2010, 08 de dezembro de 2011, 09 de dezembro de 2013 e 25 de junho de 2015. A NR-12 vigente pode ser encontrada gratuitamente no endereço eletrônico do MTE.⁴

A NR-12 é um regulamento bastante abrangente e complexo, pois contempla máquinas e equipamentos de várias áreas industriais, como prensas e injetoras, até áreas comerciais, como máquinas de panificação e para açougue. Além disso, ela inclui regulamentação sobre como deve ser realizada a capacitação do trabalhador, sobre aspectos ergonômicos, bem como as especificações dos aspectos elétricos dos equipamentos, entre outros.

Por ser uma norma extensa e complexa, por vezes a NR-12 é relativizada e abre espaço para as mais diversas interpretações. Em alguns casos, a Norma é subjetiva e sua aplicação está submetida ao entendimento e bom senso de quem a utiliza, o que por sua vez torna-se bastante questionável, já que o bom senso, que se sustenta em decisões subjetivas, não é um parâmetro aceitável quando se trata da segurança de pessoas.

Em uma simples leitura leiga da NR-12 estas imprecisões tornam-se claras ao leitor. Um exemplo disto são as ambiguidades que podem ser observadas nas várias vezes em que são empregadas expressões como “adequado” e “apropriado”, mas não são especificados os padrões e características que são necessários para classificá-las como tais. Alguns exemplos são apresentados nos itens 12.34, 12.73 e 12.121 da NR-12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS (1978, grifos do autor).

12.34 Devem ser adotadas, **quando necessárias**, medidas adicionais de alerta, como sinal visual e dispositivos de telecomunicação, considerando as características do processo produtivo e dos trabalhadores.

12.73 As passarelas, plataformas e rampas devem ter as seguintes características:

- a) largura útil mínima de 0,60 m (sessenta centímetros);
- b) meios de drenagem, **se necessário**; e
- c) não possuir rodapé no vão de acesso.

12.121 Devem ser adotados, **sempre que necessário**, sinais ativos de aviso ou de alerta, tais como sinais luminosos e sonoros intermitentes, que indiquem a iminência de um acontecimento perigoso, como a partida ou a velocidade excessiva de uma máquina, de modo que:

- a) sejam emitidos antes que ocorra o acontecimento perigoso;

⁴ Disponível em <<http://acesso.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>.

- b) não sejam ambíguos;
- c) sejam claramente compreendidos e distintos de todos os outros sinais utilizados;
e
- d) possam ser inequivocamente reconhecidos pelos trabalhadores.

Outros casos de indeterminação da Norma estão presentes nas citações de conceitos que não são definidos no documento, ou quando há a exigência de que se mantenha a segurança, mas sem especificar de que forma isso deve ser realizado. Alguns exemplos destes casos são apresentados nos itens 12.20.2, 12.39, 12.64.3, 12.138 e 12.144 da NR-12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS (1978, grifos do autor).

12.20.2 Quando a alimentação elétrica possibilitar a inversão de fases de máquina que possa provocar acidentes de trabalho, deve haver dispositivo monitorado de detecção de seqüência de fases ou **outra medida de proteção de mesma eficácia**.

12.39 Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos:

- a) ter **categoria de segurança** conforme prévia análise de riscos prevista nas **normas técnicas oficiais vigentes**;
- b) estar sob a responsabilidade técnica de **profissional legalmente habilitado**;
- c) possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados;
- d) instalação **de modo que não possam ser neutralizados ou burlados**;
- e) manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos de segurança exclusivamente mecânicos; e
- f) paralisação dos **movimentos perigosos e demais riscos** quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho

12.64.3 Nas máquinas e equipamentos, os meios de acesso permanentes devem ser localizados e instalados **de modo a prevenir riscos de acidente e facilitar o seu acesso e utilização pelos trabalhadores**.

12.138 A capacitação deve:

- a) ocorrer antes que o trabalhador assumira a sua função;
- b) ser realizada sem ônus para o trabalhador;
- c) ter **carga horária mínima** que garanta aos trabalhadores executarem suas atividades com segurança, sendo distribuída em no máximo oito horas diárias e realizada durante o horário normal de trabalho;
- d) ter conteúdo programático conforme o estabelecido no Anexo II desta Norma; e
- e) ser ministrada por **trabalhadores ou profissionais qualificados para este fim**, com supervisão de profissional legalmente habilitado que se responsabilizará pela adequação do conteúdo, forma, carga horária, qualificação dos instrutores e avaliação dos capacitados.

12.144 Deve ser realizada capacitação para reciclagem do trabalhador sempre que ocorrerem **modificações significativas** nas instalações e na operação de máquinas ou troca de métodos, processos e organização do trabalho.

Por outro lado, algumas indefinições podem ser positivas, pois existem conceitos que podem mudar, e desta forma, evita-se que a Norma fique desatualizada. Isto pode ser verificado nas vezes em que é citada a expressão “categoria de segurança requerida”, como pode ser visto no item 12.40 da NR-12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS (1978, grifos do autor).

12.40 Os sistemas de segurança, de acordo com a **categoria de segurança requerida**, devem exigir rearme, ou reset manual, após a correção da falha ou situação anormal de trabalho que provocou a paralisação da máquina. (Vide prazos no Art. 4ª da Portaria SIT n.º 197, de 17 de dezembro de 2010).

Outro aspecto da NR-12 é que diversas vezes se mencionam outras normas aplicáveis, bem como normas internacionais. Isto pode gerar problemas, pois eventualmente as normas entram em conflito, e a priorização entre elas não é bem definida. Além disso, uma grande dificuldade é que a NR-12 faz referência a outras normas que não são de poder público, como as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Finalmente, uma última observação geral sobre a NR-12 é que as tabelas e figuras, utilizadas para ilustrar os Anexos, não são padronizadas, não possuem legendas adequadas e em alguns casos possuem resolução tão baixa que apresentam-se distorcidas e até mesmo ilegíveis. Um exemplo disto é mostrado na Figura 2, que é uma reprodução do Quadro I, do Anexo I da NR-12.

QUADRO I

Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores (dimensões em milímetros - mm)

Parte do corpo	Ilustração	Abertura	Distância de segurança s_r		
			fenda	quadrado	retangular
Ponta do dedo		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Dedo até articulação com a mão		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^{1)}$	≥ 120	≥ 120
Braço até junção com o ombro		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

1) Se o comprimento da abertura em forma de fenda $e \leq 65$ mm, o polegar atuará como um limitador e a distância de segurança poderá ser reduzida para 200 mm.

Fonte: ABNT NBRNM-ISO 13852 - Segurança de Máquinas - Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores.

Figura 2: Reprodução do Quadro I, do Anexo I da NR-12.

Fonte: NR-12 – SEGURANÇA DO TRABALHO EM MAQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2015.⁵

Esta figura evidencia nitidamente a incoerência da Norma. Além de o quadro não ter sido construído para a NR-12, e sim ter sido extraído da ABNT, a resolução é tão baixa que os números estão ilegíveis.

⁵ Disponível em <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-12-span-class-destaque-novo-span.htm>>. Acesso em 15/09/2015.

3. Atualizações na NR-12

A redação original da NR-12 data de 08 de junho de 1978, e foi editada após intensas pesquisas e estudos. Com o passar dos anos surgiu a necessidade de adequações frequentes, e o documento foi atualizado em 1983, 1994, 1997, 2010, 2011, 2013 e 2015.

Em 17 de dezembro de 2010 entrou em vigor a Portaria SIT n.º 197, que trouxe acentuadas alterações por toda a extensão da Norma. Diferente das outras atualizações, as de 2010 efetivamente representaram uma nova redação da Norma. As mudanças foram tão expressivas que causaram um enorme alvoroço a respeito da NR-12. A polêmica foi tanta que se estende até os dias de hoje, e ainda é comum que as pessoas façam referência a “atualização de 2010”.

A razão dos descontentamentos em relação às novas diretrizes estabelecidas na Norma de 2010 deve-se ao fato da mesma não considerar o grande impacto econômico e social que produziria nos setores produtivos, principalmente com relação aos custos das adaptações necessárias, em especial às micro e pequenas empresas, que não tiveram nenhum tratamento diferenciado.

Ao observar a Figura 3 é possível verificar os fatores que motivaram a enorme polêmica gerada pela atualização da NR-12 em 2010.

SEGURANÇA CARA

Empresários questionam mudanças na norma de segurança em equipamentos

O que é a Norma Reguladora 12?

Ela define as medidas de proteção e segurança que devem ser adotadas em equipamentos e máquinas usados pelas empresas do país

Por que ela vem causando atrito entre os empresários e o governo?

Excesso de exigências

O texto foi revisado em 2010, quando seu número de artigos foi ampliado de 40 para mais de 300

Fonte: Ministério do Trabalho, CNI e Sistema Federal de Inspeção do Trabalho

Custo excessivo

Segundo a CNI, seriam necessários mais de R\$ 100 bilhões para se adaptar às novas regras

Prazo apertado

Os empresários não estão conseguindo se adequar. O número de interdições mais que dobrou

PÁTIO PARADO

Com a publicação das novas regras, as interdições a estabelecimentos deram um salto

NÚMERO DE INTERDIÇÕES

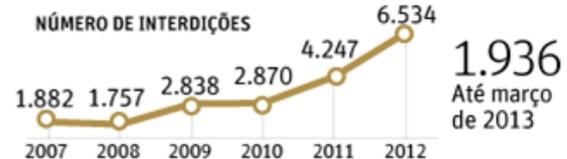


Figura 3: Esclarecimento a respeito da atualização de 2010 da NR-12.

Fonte: Blog digital Relações do Trabalho.⁶

A figura ressalta os excessos que as adequações de 2010 trouxeram a Norma. Além disto, aponta o acentuado aumento de interdições de pátios industriais, salientando como a atualização impactou direta e negativamente no setor industrial brasileiro. As controvérsias e descontentamentos acerca da atualização de 2010 foram tantas que receberam a atenção de várias instituições, como a Confederação Nacional da Indústria (CNI), a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (CIESP).

Em paralelo com a Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP), surgiram Comitês e Comissões exclusivas para tratar do assunto, como o Comitê de Segurança em Máquinas e Equipamentos, criado em setembro de 2014, e a Comissão Nacional Tripartite Temática (CNTT), criada pelo Art. 2º da própria Portaria n.º 197 (2010), que determina a obrigatoriedade de “Criar a Comissão Nacional Tripartite Temática - CNTT da NR-12 com o objetivo de acompanhar a implantação da nova regulamentação, conforme estabelece o art. 9º da Portaria n.º 1.127, de 02 de outubro de 2003.”.

⁶ Disponível em <<http://www.relacoesdotrabalho.com.br/profiles/blogs/nr-12-revisao-e-uma-questao-de-bom-senso>>; acessado em 08/09/2015.

Todas estas organizações dedicaram-se a discutir e criar propostas de revisões para a NR-12, contemplando prorrogação dos prazos, adequações diferenciadas para máquinas novas e antigas, obrigações específicas para fabricante e usuário, tratamento diferenciado para micro e pequenas empresas, entre outros ajustes. As discussões da CNTT podem ser acompanhadas pelas atas de reuniões, que são encontradas no *site* do MTE.⁷

De acordo com a CNI, dentre os problemas da Norma atualizada em 2010 estavam a alta complexidade do texto; a legislação mais rígida do que a praticada nos países europeus; a retroatividade de obrigações; a desconsideração dos impactos econômicos; a falta de tratamento diferenciado para micro e pequenas empresas; a falta de apoio do Estado para as mudanças na NR-12; os custos para se conhecer a NR-12, uma vez que são citadas Normas Técnicas da ABNT, que não são gratuitas; a falta de um órgão oficial certificador que validasse máquinas e equipamentos; o elevado custo econômico para as adequações exigidas; e a consequente retirada dos fabricantes nacionais da concorrência internacional.

A Figura 4 apresenta um artigo da Revista do CIESP Distrital Oeste - Novembro/Dezembro 2013, que exemplifica claramente o tipo de excesso que a nova Norma trouxe.

⁷ Disponível em <http://acesso.mte.gov.br/seg_sau/comissao-nacional-tripartite-tematica-da-nr-12-cntt-nr12.htm>. Acesso em 08/09/2015.

artigo

Norma Inexequível?

Não se questiona a importância da proteção em máquinas e equipamentos, como uma das várias formas de prevenção de acidentes do trabalho (artigo 184 da CLT), tampouco a obrigação do empregador cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho (artigo 157 da CLT). As ações e programas do sistema SESI - SENAI, voltados à contínua promoção da saúde e segurança dos trabalhadores, atestam de forma clara a atenção que a indústria dispensa a esse tema. No entanto, alterações introduzidas na NR12 no final de 2010 criaram um patamar elevado de exigências, revestidas de altíssimo conhecimento técnico e especializado de engenharia em vários de seus ramos, tanto para máquinas e equipamentos a serem fabricados após sua publicação, quanto para aqueles que já estavam em uso no parque industrial brasileiro.

Fala-se que o objetivo da reformulação da NR 12 foi o de alinhar o padrão brasileiro de segurança em máquinas e equipamentos àquele adotado por países europeus. Contudo, a nova Norma pode ser considerada mais exigente que as da União Europeia, possuindo regras subjetivas que permitem várias interpretações e a tornam de difícil compreensão e cumprimento. Isto cria um ambiente de absoluta insegurança jurídica e de elevadíssimos custos para a indústria, seja na adaptação das máquinas existentes, seja para alterações dos projetos das máquinas novas.

Para tentar minimizar os graves impactos causados pelos atuais termos da NR12, a FIESP encaminhou várias propostas de alterações aos Ministros do Trabalho e Emprego Brizola Neto e Manoel Dias, entre as quais: prorrogação de três anos para todos os prazos da Norma, a fim de que seja promovida sua revisão pela CNTT-NR12, com alterações e adequações mediante consenso (unanimidade) condizentes com a realidade de cada segmento da economia; a suspensão das autuações respaldadas nas alterações promovidas na NR 12 e das interdições de máquinas, equipamentos e estabelecimentos até que se concluam as alterações; e a revisão do texto para torná-lo de mais fácil entendimento.

18 - CIESP OESTE



Foto: Divulgação



“

A FIESP continuará defendendo as propostas de alterações na NR 12 anteriormente citadas e conta com o apoio de empresas, Sindicatos e Associações da Indústria para que as mesmas sejam implementadas.”



Roberto Della Manna

Ministro Aposentado do Tribunal Superior do Trabalho, Vice-Presidente da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e Diretor Titular do Departamento Sindical - DESIN

Cassius Marcellus Zomignani

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP- Departamento Sindical - DESIN

Figura 4: Artigo que questiona a viabilidade da NR-12 atualizada em 2010.

Fonte: Revista do CIESP Distrital Oeste, 2013.⁸

⁸ Disponível em <http://www.ciespcampinas.org.br/site/noticias/379/2013/12/norma_inexequivel_nr_12>. Acesso em 08/09/2015.

É importante destacar que as instituições não estão interessadas apenas nos aspectos econômicos que a Norma acarreta. É indiscutível a importância da NR-12, e é de interesse comum que a segurança seja aperfeiçoada e traga melhores condições trabalho. Entretanto, o que se questiona são os exageros estabelecidos em sua versão de 2010, o que acaba tornando a adaptação às exigências inviável.

Os trabalhos dos órgãos se estenderam ao longo dos anos e surgiram várias propostas de revisão da Norma. Houve pequenas conquistas a partir de então. Foram feitas revisões em 2011, 2013 e a mais recente, em junho deste ano (2015).

A atualização de 26 de junho de 2015 traz pequenas mudanças, com destaque para a simplificação de regras para micro e pequenas empresas. Outra alteração relevante é a adequação da linguagem para uma terminologia de caráter mais técnico, especificamente em eletricidade, com relação ao nível de tensão dos comandos de acionamentos de máquinas.

Para a CNI estes têm sido pequenos passos diante do amplo conjunto de mudanças que ainda são necessárias. Apesar das mudanças, este avanço ainda não é capaz de reverter o grande impacto que a NR-12 teve no setor produtivo brasileiro. Destaca-se ainda, pelo Portal da Indústria (2015), que para a CNI, “[...] padrões de segurança devem ser dinâmicos e atuais, para que incorporem e valorizem inovações tecnológicas disponíveis para oferecer o máximo grau de segurança aos trabalhadores do parque industrial.”⁹

Neste contexto e considerando as altas taxas de acidentes do trabalho sem perspectiva de melhora, o MTE lançou em 2015 a Estratégia Nacional para Redução dos Acidentes do Trabalho. A iniciativa tem como objetivo reduzir a taxa de mortalidade e acidentes do trabalho. O plano é baseado em quatro eixos, que possuem ações alocadas para ocorrer entre 2015 e 2016. Os eixos nos quais o documento se baseia estão ilustrados pela Figura 5.

⁹ Disponível em < <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/imprensa/2015/06/1,65172/portaria-que-altera-nr-12-e-avanco-mas-norma-precisa-de-mudancas-profundas.html>>. Acesso em 25/09/2015.

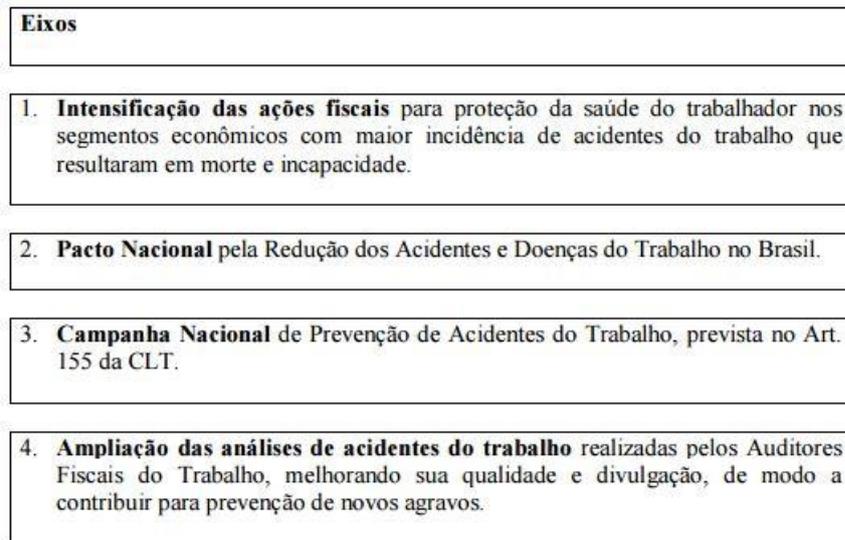


Figura 5: Eixos da Estratégia Nacional para Redução dos Acidentes do Trabalho.

Fonte: Estratégia Nacional para Redução dos Acidentes do Trabalho, 2015.¹⁰

Os eixos da proposta foram determinados de maneira interessante, tratando os problemas em suas origens. No caso dos trabalhadores, muitas vezes existe um déficit de informação com relação ao que são condições seguras de trabalho e até mesmo com relação ao uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), e por isso é muito importante uma campanha nacional de conscientização.

Além disto, a principal dificuldade enfrentada na área de segurança não é com relação à existência de normas reguladoras adequadas e sim com relação ao seu cumprimento, por isto, a intensificação das ações fiscais é bastante importante. Porém, o problema da não efetividade das normas está em sua grande dificuldade de implantação, e não apenas na falta de fiscalização. Desta forma, um aspecto que deveria ser abordado, possivelmente tornando-se um eixo, é um estudo profundo acerca das normas, considerando seus aspectos práticos.

De forma geral, por se tratar de um projeto muito recente, ainda é cedo para avaliar a efetividade da estratégia, porém, a iniciativa é extremamente válida, e certamente terá algum efeito positivo sobre o atual cenário de segurança do trabalho.

¹⁰ Disponível em <<http://acesso.mte.gov.br/data/files/FF8080814D5270F0014D71FF7438278E/Estrat%C3%A9gia%20Nacional%20de%20Redu%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Acidentes%20do%20Trabalho%202015-2016.pdf>>. Acesso em 08/09/2015.

4. Outras Normas Técnicas

Apesar de o foco deste trabalho estar majoritariamente no estudo e aplicação da NR-12 à sistemas de automação industrial, existem várias outras Normas Regulamentadoras, as quais também são relativas à segurança do trabalho. Na Figura 6 são listadas todas as NR existentes.

NR 1 - Inspeção Prévia;
 NR 2 - Disposições Gerais;
 NR 3 - Embargo ou Interdição;
 NR 4 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho;
 NR 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA);
 NR 6 - Equipamento de Proteção Individual;
 NR 7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional;
 NR 8 - Edificações;
 NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais;
 NR10 - Serviços em Eletricidade;
 NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais;
 NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos;
 NR 13 - Caldeiras e Vasos de Pressão;
 NR 14 - Fornos;
 NR 15 - Atividades e Operações Insalubres;
 NR 16 - Atividades e Operações Perigosas;
 NR 17 - Ergonomia;
 NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;
 NR 19 - Explosivos;
 NR 20 - Líquidos Combustíveis e Inflamáveis;
 NR 21 - Trabalhos a céu aberto;
 NR 22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração;
 NR 23 - Proteção contra incêndios;
 NR 24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho;
 NR 25 - Resíduos Industriais;
 NR 26 - Sinalização de Segurança;
 NR 27 - Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho no Ministério do Trabalho;
 NR 28 - Fiscalização e Penalidades;
 NR 29 - Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário;
 NR 30 - Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário;
 NR 31 - Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura;
 NR 32 - Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde;
 NR 33 - Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados;
 NR 34 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval;
 NR 35 - Trabalho em Altura;
 NR 36 - Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados.

Figura 6: Relação de todas as NRs aprovadas pelo MTE.

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao todo são 36 Normas aprovadas pelo MTE, cada uma caracterizando uma variedade específica de atividade. Estas NRs se completam sem se sobrepor, e em conjunto integram a legislação brasileira referente à segurança e medicina do trabalho. Estão sujeitas a este regulamento as empresas públicas e privadas, os órgãos públicos e os órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela CLT.

No Brasil, as jurisprudências de segurança do trabalho limitam-se às NRs e às legislações que foram apresentadas no capítulo 2.2. Responsabilidade Civil e Criminal. Todavia, diversas vezes a NR-12 menciona outras normas técnicas, de forma direta ou indireta. Dentre as que se apresentam de forma indireta existem várias citações do tipo: “de acordo com os padrões estabelecidos pelas normas técnicas nacionais vigentes e, na falta destas, pelas normas técnicas internacionais”. Já na forma direta, são referidas outras normas, como a ABNT NBR NM-ISO 13930, 14153, 14253, a ISO 13855, 14122, a EN 12622, 954-1, entre outras.

No caso das normas da ABNT, suas diretrizes são criadas para auxiliar o desenvolvimento de algumas atividades. As normas técnicas da ABNT devem ser utilizadas para completar a NR-12. Porém, é importante notar que elas são de uso voluntário, ou seja, não são obrigatórias por lei. Além disso, destaca-se novamente que as normas técnicas da ABNT não são de poder público.

Já no caso das normas ISO, os documentos são produzidos pela Organização Internacional de Normalização, do inglês *International Organization for Standardization* (ISO). Estas normas são padrões internacionais e foram criadas com o propósito de trazer melhorias à qualidade de produtos e serviços em geral, facilitando o comércio e promovendo boas práticas de gestão e desenvolvimento tecnológico. Os padrões ISO possuem ampla aplicação em diversas tecnologias, incluindo elétrica, hidráulica, pneumática e mecânica, porém não são normas específicas de segurança.

Finalmente, têm-se os padrões da Comissão Eletrotécnica Internacional, *International Electrotechnical Commission* (IEC), que assim como as normas da ISO, não são de uso público. Os padrões IEC assemelham-se bastante aos ISO, divergindo no âmbito que suas normas internacionais são mais restritas e dedicam-se apenas a regular aspectos técnicos da elétrica, eletrônica e tecnologias relacionadas.

Além disto, é importante destacar a classificação de Grau de Proteção, que é frequentemente utilizada em equipamentos e componentes elétricos. Do inglês, *Ingress Protection Ratings* (IP) é o grau de proteção referente ao invólucro dos componentes. Esta categorização é definida por duas normas brasileiras da ABNT, a NBR 6146 e a NBR 9884,

que foram baseadas em normas internacionais, o que implica que o Brasil adota a nomenclatura internacional. O IP é composto por uma terminologia que leva a sigla “IP”, seguido de dois dígitos, sendo que o primeiro refere-se ao grau de proteção contra penetração de objetos sólidos estranhos, e o segundo ao grau de proteção contra a penetração de água. As Tabelas 2 e 3 elucidam melhor o significado dos dígitos do IP.

Tabela 2: Significado do primeiro dígito do IP

PRIMEIRO DÍGITO	
Grau de Proteção contra a penetração de corpos sólidos	
Dígito	Descrição
0	Não protegido
1	Protegido contra objetos sólidos de Ø 50 mm e maior
2	Protegido contra objetos sólidos de Ø 12 mm e maior
3	Protegido contra objetos sólidos de Ø 2,5 mm e maior
4	Protegido contra objetos sólidos de Ø 1,0 mm e maior
5	Protegido contra poeira
6	Totalmente protegido contra poeira

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 3: Significado do segundo dígito do IP

SEGUNDO DÍGITO	
Grau de Proteção contra a penetração de água	
Dígito	Descrição
0	Não protegido
1	Protegido contra gotas d'água caindo verticalmente
2	Protegido contra queda de gotas d'água caindo verticalmente com invólucro inclinado até 15°
3	Protegido contra aspersão d'água
4	Protegido contra projeção d'água
5	Protegido contra jatos d'água
6	Protegido contra jatos potentes d'água
7	Protegido contra efeitos de imersão temporária em água
8	Protegido contra efeitos de imersão contínua em água

Fonte: Elaborada pela autora.

Por exemplo, um componente classificado com IP65 é totalmente protegido contra poeira e possui proteção contra jatos d'água.

Assim como estas normas e padrões, existem classificações de segurança que são utilizadas internacionalmente e também são adotadas pelo Brasil. Em um projeto de segurança, tanto a máquina como um todo, quanto seus procedimentos e componentes

usados em sua construção serão tratados em termos destas classificações. Sendo assim, estas categorizações serão analisadas a seguir.

5. Classificações de Segurança

5.1. Substituição da EN 954-1 pela nova EN ISO 13849-1

É indispensável que toda e qualquer máquina produzida, independentemente de sua complexidade, receba uma criteriosa análise técnica de segurança. Portanto, existem alguns padrões internacionais que podem ser adotados e que irão fornecer classificações de segurança que devem ser atingidas.

O termo “categorias de segurança” ainda é muito utilizado quando se trata de componentes e sistemas de segurança. Todavia, é indispensável notar que este termo se refere a uma norma obsoleta, que é a EN 954-1. Desde 2005 foi aprovada e tem sido internacionalmente adotada a norma EN ISO 13849-1, que traz o conceito de Nível de Desempenho, do inglês, *Performance Level* (PL).

Diversos foram os fatores que acarretaram o surgimento da EN ISO 13849-1. Dentre eles destacam-se a necessidade de uma norma que representasse as normas internacionais, que acompanhasse o constante progresso técnico e que fosse compatível com os sistemas eletrônicos programáveis com funções de segurança.

Além disso, a norma EN 954-1 sempre foi muito criticada por apresentar uma abordagem puramente determinista, considerando os sistemas de segurança estáticos e constantes. Em contrapartida, uma aproximação mais probabilística sobre o assunto é dada pela norma IEC 62061, que considera a probabilidade de erro dos componentes individualmente. A nova norma, EN ISO 13849-1, concilia as duas abordagens, eliminando o excesso de determinismo observado na EN 954-1. Este equilíbrio pode ser ilustrado pela Figura 7.

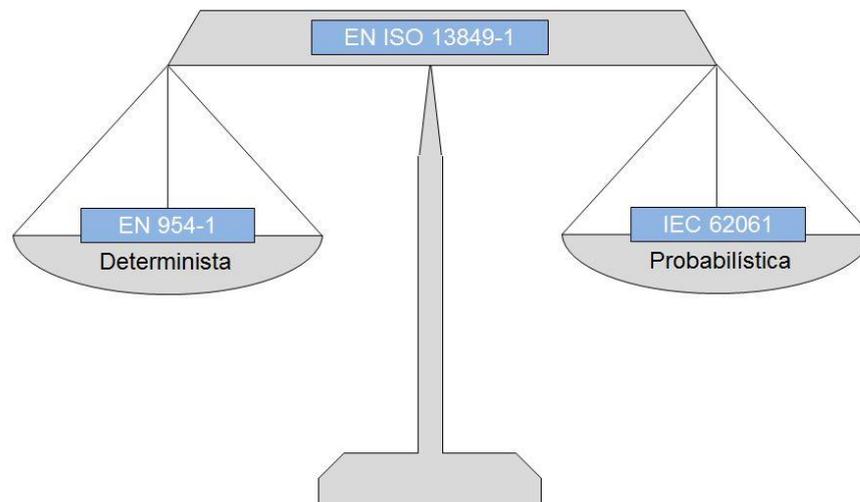


Figura 7: A nova norma, EN ISO 13849-1, balanceia entre a teoria determinista e probabilística.

Fonte: Elaborada pela autora.

Em síntese, a nova norma surgiu da crescente necessidade de um padrão tecnologicamente completo, e coerente com outras normas internacionais de segurança em máquinas, no caso a IEC 62061.

5.2. EN ISO 13849-1 ou IEC 62061?

Existem dois padrões distintos a ser adotados quando se trata de segurança em máquinas: a EN ISO 13849-1, que utiliza a categorização em PL e a IEC 62061, a qual classifica a segurança em Níveis de Integridade de Segurança, *Safety Integrity Levels* (SIL).

A escolha entre PL e SIL deve ser realizada considerando-se três aspectos: a tecnologia utilizada, a experiência do profissional e a exigência do cliente. Quanto à tecnologia, sabe-se que a EN ISO 13849-1 é mais ampla e neutra, além de ter aplicação em diversas tecnologias, incluindo elétrica, hidráulica, pneumática e mecânica. Já a IEC 62061 é mais restrita, limitando-se a soluções em sistemas elétricos, eletrônicos e programáveis.

Com relação à experiência, o projetista deve considerar que a classificação em níveis PL possui a mesma estrutura da classificação em categorias da antiga EN 954-1. Como a maioria dos profissionais já teve contato com a classificação em categorias, a classificação em SIL pode se tornar um pouco mais trabalhosa por ser ligeiramente diferente.

Finalmente, no que diz respeito à exigência do cliente, a ponderação é intuitiva. Por exemplo, no caso de um cliente industrial acostumado em usar SIL, a utilização da IEC 62061 pode ser solicitada. Existe uma correspondência aproximada entre os níveis da classificação PL e SIL. Esta relação pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4: Correlação entre níveis PL e SIL

PL	SIL	Probabilidade de Falha Perigosa por hora
a	Sem Correspondência	$\geq 10^{-5}$ e $< 10^{-4}$
b	1	$\geq 3 \cdot 10^{-6}$ e $< 10^{-5}$
c	1	$\geq 10^{-6}$ e $< 3 \cdot 10^{-6}$
d	2	$\geq 10^{-7}$ e $< 10^{-6}$
e	3	$\geq 10^{-8}$ e $< 10^{-7}$

Fonte: Adaptada do *website* da SCHNEIDER ELECTRIC.¹¹

Embora seja possível correlacionar as categorias da EN ISO 13849-1 e da IEC 62061, é mais indicado que a análise e projeto de segurança sejam desenvolvidos considerando-se previamente uma das duas normas. De uma forma geral, observa-se a preferência pela utilização dos níveis de desempenho da EN ISO 13849-1, principalmente por sua semelhança com a antiga classificação em categorias.

5.3. Avaliação da EN ISO 13849-1

Para a determinação de níveis de segurança, sejam PL ou categorias, são utilizados alguns parâmetros para classificação. São eles:

S1: Lesão reversível

S2: Lesão irreversível

F1: Frequência baixa de exposição ao perigo

F2: Frequência alta de exposição ao perigo

P1: Possibilidade de parada da máquina durante o ciclo

P2: Impossibilidade de parada da máquina

No caso da divisão em categorias da EN 954-1, a classificação é realizada através do diagrama mostrado na Figura 8.

¹¹ Disponível em http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/225000/FA225416/en_US/Difference%20between%20EN_ISO%2013849%20and%20EN_IEC%2062061.pdf. Acesso em 15/07/2015.

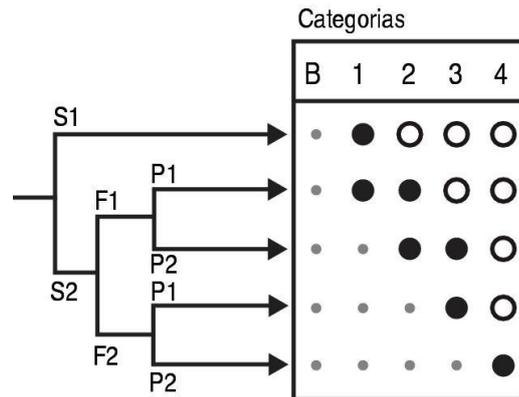


Figura 8: Gráfico de risco do anexo B da EN 945-1.

Fonte: Rockwell Automation, em meio eletrônico.¹²

Neste gráfico, utilizam-se os parâmetros identificados anteriormente e a simbologia de círculos é tal que os círculos pequenos e cinzas denotam uma categoria possível, que exige a adoção de medidas complementares, ou seja, puramente, é uma categoria insegura. Já os círculos maiores e preenchidos de preto representam a categoria adequada para aqueles parâmetros de entrada. Finalmente, as circunferências, também maiores, não preenchidas indicam categorias acima das necessidades determinadas pelas entradas, isto é, uma categoria de segurança superdimensionada.

De maneira equivalente, a determinação do PL da EN ISO 13849-1 pode ser elaborada utilizando-se um diagrama bastante semelhante ao anterior. Este diagrama é mostrado na Figura 9.

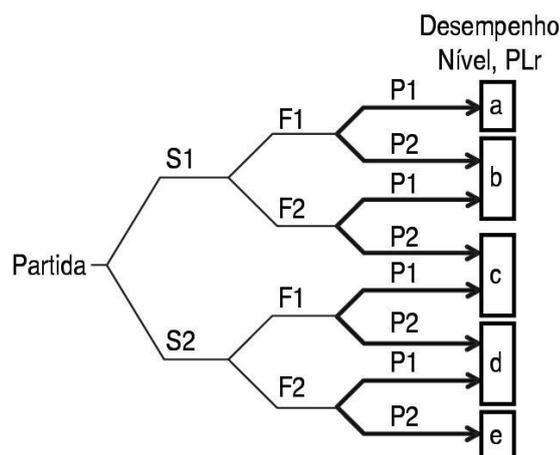


Figura 9: Gráfico de risco do anexo A da EN ISO 13849-1.

Fonte: Rockwell Automation, em meio eletrônico.¹³

¹² Disponível em <<http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7565826/print.html>>. Acesso em 15/07/2015.

A nova classificação é semelhante à anterior, mas é importante notar que na padronização atual a linha S1 se subdivide, proporcionando uma avaliação mais atenta nos níveis mais baixos de segurança, isto é, em **a**, **b** e **c**.

Certamente a nova norma é bem mais complexa e exige dos profissionais uma dedicação extra para uma compreensão profunda e completa. O principal ponto favorável é que, neste caso, são os fabricantes de componentes que estão sujeitos ao maior nível de complexidade, sendo também os responsáveis por fornecer os dados necessários de cada componente para o projetista do sistema.

Além disso, uma facilidade interessante é dada pelo *software* SISTEMA (*Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications*), que é uma ferramenta desenvolvida para auxiliar a implementação da norma EN ISO 13849-1. No SISTEMA, o usuário pode inserir os dados manualmente ou pode utilizar a biblioteca de dados de um fabricante, e o *software* emitirá o PL e uma documentação técnica do projeto. Desta forma, o profissional será auxiliado com a estrutura da solução de segurança, e não precisará realizar todos os cálculos manualmente.

Este *software* é de uso livre e foi desenvolvido pela BGIA (*Bard Globalization and International Affairs*), uma instituição de pesquisa alemã envolvida com a solução de problemas técnicos e científicos relacionados com segurança. O *download* gratuito do *software* SISTEMA pode ser realizado através de seu endereço eletrônico.¹⁴

Os cálculos para obtenção do nível de segurança PL são trabalhosos e complexos, porém é fundamental saber desenvolvê-los. Por isto, o tópico que segue tratará um pouco sobre um método de obtenção do nível PL.

5.4. Cálculo do Nível de Desempenho PL

Um nível de desempenho PL é um tipo de classificação que mede a confiabilidade da função de segurança de uma máquina ou componente. O PL abrange uma quantidade bem maior de características que as antigas categorias, e pode assumir cinco níveis diferentes, que vão de **a** até **e**.

¹³ Disponível em <<http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7565826/print.html>>. Acesso em 15/07/2015.

¹⁴ Disponível em <<http://www.dguv.de/ifa/Praxishilfen/Software/SISTEMA/index-2.jsp>>. Acesso em 15/07/2015.

A implementação da EN ISO 13849-1 pode ser realizada por meio de um método baseado em três passos: a avaliação de riscos, a redução de riscos e o projeto e cálculo das funções de segurança. Este método está especificado no fluxograma da Figura 10.

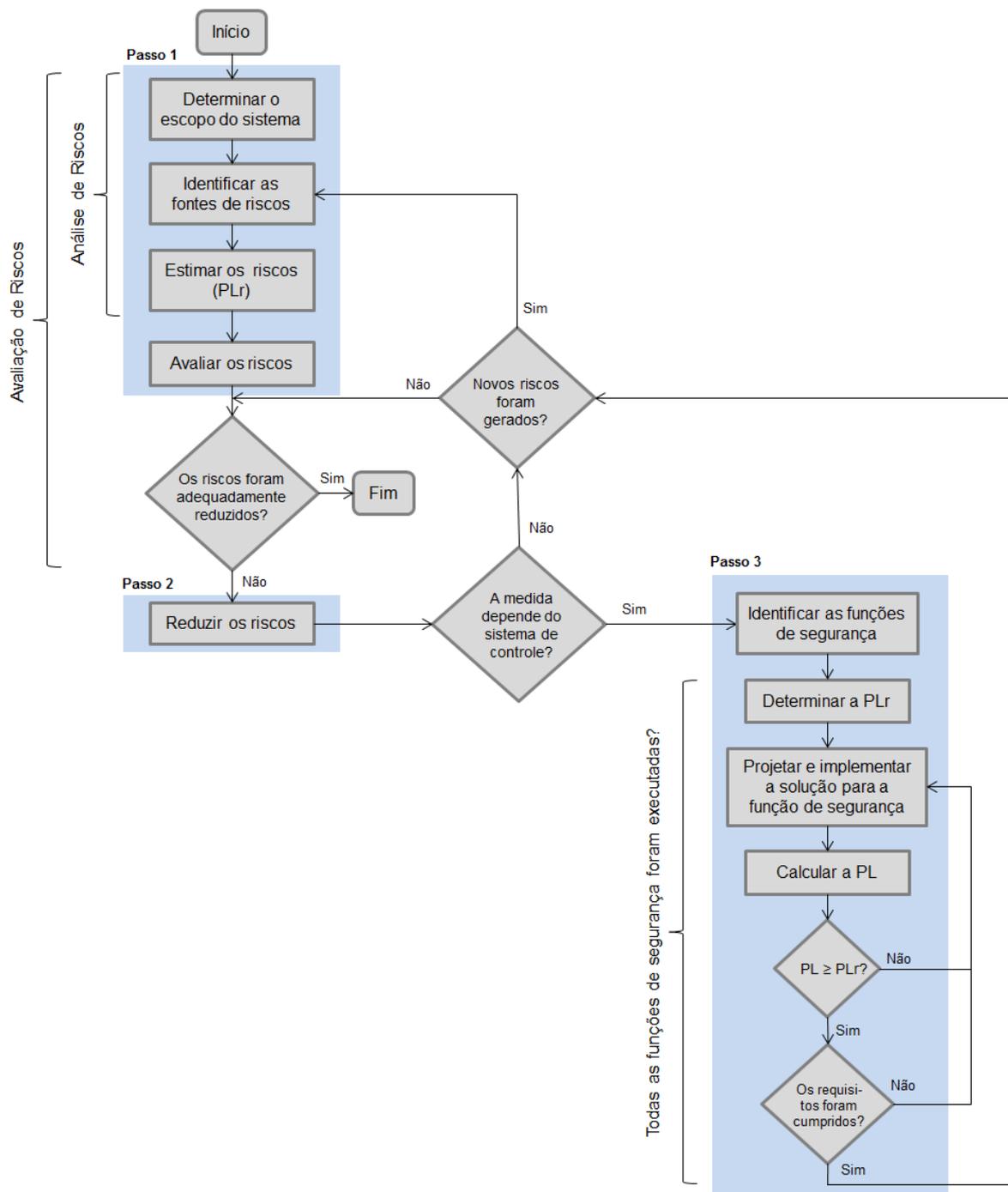


Figura 10: Fluxograma de implementação da EN ISO 13849-1.

Fonte: Elaborada pela autora.

Inicialmente deve-se fazer a avaliação dos riscos potenciais inerentes à máquina, para tanto, deve-se determinar o escopo do sistema e identificar todas as fontes de riscos,

considerando-se a totalidade de processos que a máquina irá executar ao longo de seu ciclo de vida.

A partir de então, desenvolve-se a estimativa dos riscos para cada uma das fontes identificadas, de forma a atribuir um nível de desempenho requerido PLr (*Required Performance Level*) a cada risco. Este PLr deve ser obtido a partir do gráfico da Figura 9 e analisando-se os parâmetros apresentados anteriormente.

O primeiro passo é finalizado com a avaliação dos riscos, determinando-se se os riscos precisam ser reduzidos ou se a máquina já apresenta um nível de segurança adequado. Caso seja identificado que a segurança da máquina não é satisfatória, deve-se passar para a redução de riscos do passo dois.

Nesta segunda etapa, os riscos devem ser reduzidos da forma que melhor convir, seja eliminando-se o risco ainda em projeto, usando dispositivos de proteção ou desenvolvendo documentos de orientação sobre o uso da máquina. Caso sejam implantados dispositivos de segurança, o fluxo deve seguir para o terceiro passo, caso contrário, a medida adotada deve ser avaliada, a fim de se garantir a efetiva redução do risco.

No passo 3, inicialmente deve ser realizada a identificação das funções de segurança, tais como botões de parada de emergência, portas monitoradas e barreiras óticas. Em seguida é necessário estabelecer o PLr de cada função de segurança, projetar e implantar as funções e então calcular qual o PL que a função realmente atinge. Finalmente, compara-se o PL obtido com o PLr que era necessário, e se o PL for maior ou igual o PLr, o fluxo segue para a validação.

A validação é realizada de forma a garantir que as especificações do sistema foram atendidas corretamente e que o sistema opera de maneira satisfatória, sem erros sistemáticos. Após esta etapa, os riscos são novamente avaliados, e se o nível de segurança desejado for atingido, o processo pode ser encerrado.

É interessante notar que o PL reflete vários riscos residuais, que antes não eram considerados. Estes riscos residuais incluem a teoria probabilística e são expressos pela grandeza PFHd, *Probability of Dangerous Failure per Hour*, ou probabilidade de erro perigoso por hora.

Frequentemente o valor de PL ou PFHd dos componentes é fornecido pelos fabricantes. Neste caso, o valor do PL total pode ser obtido pela combinação dos valores de cada um dos componentes. Contudo, alguns componentes não possuem o PL especificado.

Um exemplo comum disto são componentes de saída, nos quais a PFHd dependerá de sua frequência de utilização, como válvulas e contatores.

No caso do PL não ser especificado pelo fabricante, o projetista deve desenvolver o cálculo do PL ou PFHd. Para isso, é necessário que alguns parâmetros do componente sejam determinados: sua categoria, segundo a antiga norma EN 954-1; seu DC, *Diagnostic Coverage* ou cobertura de diagnóstico; e seu MTTFd, *Mean Time To dangerous Failure* ou tempo médio até um erro perigoso.

Além disto, é necessário que o projetista observe o Apêndice F da EN ISO 13849-1, que traz uma tabela com as CCF, *Common Cause Failure* ou erros por causas comuns, e o Apêndice G da mesma norma, que descreve ações que precisam ser seguidas para evitar que falhas sejam erroneamente incorporadas ao cálculo.

Toda análise técnica e cálculos do PL devem ser especificados na documentação dos dispositivos de segurança para que o projetista possa selecionar os componentes adequados. Desta maneira, o projetista sabe qual o PL a máquina deve atingir para cumprir os requisitos legais e normativos.

Maiores informações e exemplos sobre a realização dos cálculos do nível de desempenho PL de um sistema podem ser encontrados no Anexo A deste trabalho. Ademais, o padrão EN ISO 13849-1 deve ser consultado. No entanto, infelizmente, esta norma não é de uso público e também não possui uma adaptação gratuita realizada por algum órgão público brasileiro.

Tomando as informações obtidas até aqui, o embasamento teórico sobre segurança do trabalho está quase completo. O capítulo a seguir é o último desta etapa teórica e tratará um pouco acerca de fabricantes e componentes de segurança comuns, e o que é importante observar sobre eles quando se está projetando a segurança de uma máquina.

6. Fabricantes e Componentes de Segurança

Quando o assunto é a segurança em máquinas e equipamentos, é substancialmente importante conhecer os componentes de segurança e estar atualizado sobre as tecnologias disponíveis. Também é fundamental dominar as normas de segurança vigentes, não só no domínio nacional, afinal muitos componentes são importados e seguem padrões internacionais.

É pertinente notar que as fontes de consulta e pesquisa sobre o assunto serão, essencialmente, fabricantes, catálogos de fornecedores e *datasheets*. Portanto é indispensável estar familiarizado com a linguagem utilizada nestes meios. Isto é, deve-se conhecer conceitos técnicos, classificações de segurança, normas e padrões nacionais e internacionais, requisitos do projeto, entre outros.

Dentre os principais componentes de segurança utilizados, destacam-se as barreiras óticas, botões de parada de emergência, relés de segurança, chaves de segurança de porta, válvulas pneumáticas de segurança, CLPs (Controlador Lógico Programável) de segurança, comandos bimanuais, varreduras de segurança a *laser*, entre outros.

Todos estes elementos são dedicados, ou seja, são componentes minuciosamente desenvolvidos para atender às necessidades de segurança requeridas. Em sua maioria, estes componentes são importados e podem ser consultados e encomendados nos endereços eletrônicos de seus fabricantes. Alguns dos fornecedores mais comuns de componentes de segurança são: KEYENCE, WEG, FESTO, SCHMERSAL, SIEMENS, SICK, BANNER, PHOENIX CONTACT, TELEMECANIQUE, LEUZE e SMC.

Usualmente, os componentes são escolhidos de acordo com suas propriedades de segurança, como por exemplo, sua classificação SIL, PL ou IP. Além disto, é importante observar outras características, como dimensões físicas, o material de composição, as conexões elétricas, a vida útil elétrica e mecânica, o tempo de resposta, as normas que atende, etc. Um exemplo de catálogo geral de componentes pode ser visto no ANEXO B deste trabalho.

Ademais, é interessante compreender os conceitos de segurança funcional e integrada. Em linhas gerais, esta técnica tem como objetivo cumprir os requisitos de segurança e ainda atingir uma maior eficiência e produtividade nos equipamentos. No que diz respeito à Segurança Integrada, a proposta é integrar tecnologias de segurança às soluções de automação convencionais.

Já com relação à segurança funcional, a ideia é que a segurança global do sistema trabalhe em paralelo com o processo, gerando uma maior produtividade, maior vida útil dos sistemas e fluxos de trabalho mais contínuos. Além disto, há uma redução de tempos de paralisação e evita-se custos diretos e indiretos consequentes de acidentes.

Um exemplo ilustrativo de segurança funcional é mostrado na Figura 11, que traz uma célula com um robô, que interage com o exterior através de quatro barreiras óticas e uma porta com chave de segurança.

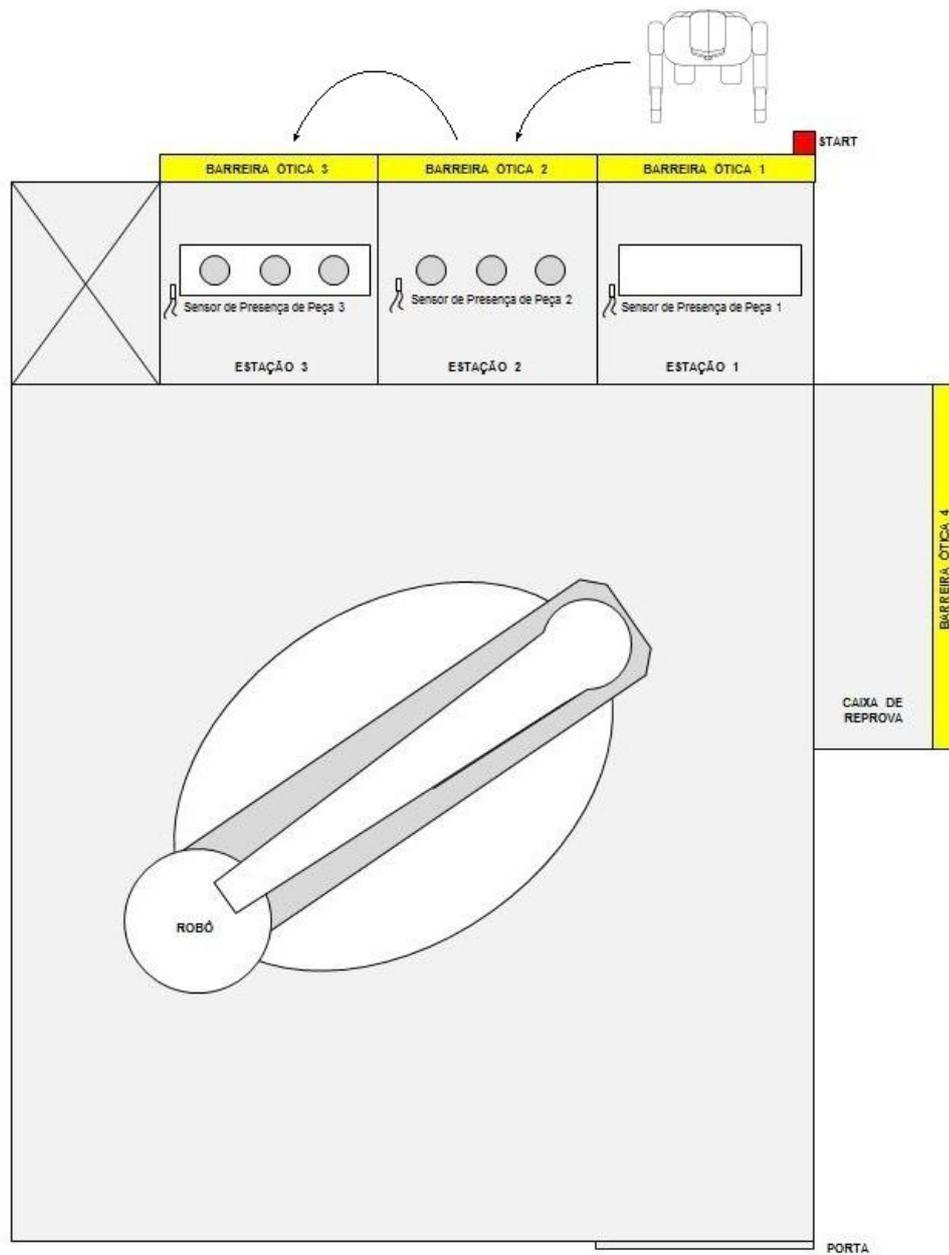


Figura 11: Exemplo de segurança funcional.

Fonte: Elaborada pela autora.

Neste exemplo, o operador posiciona a respectiva peça na estação 1 e pressiona o *start*. A partir de então, se a porta estiver fechada e a barreira 1 liberada, o robô segue para fazer o processo na estação 1. Ao mesmo tempo, o operador estará invadindo a barreira 2 para posicionar a segunda peça. Note que, neste caso, o operador está invadindo uma barreira, porém o sistema não entrou em uma função de segurança e a célula robótica não parou. O processo segue semelhante até o final, de forma que o funcionamento da máquina siga combinado com a segurança prevista. Este é um exemplo claro de que segurança funcional é parte da segurança total e que depende do funcionamento correto do equipamento em resposta a sua entrada.

Com esta definição de segurança funcional, encerra-se a etapa teórica do trabalho, onde foi apresentado um contexto histórico e o cenário atual da segurança do trabalho, com os problemas acerca da NR-12, e alguns conceitos básicos de segurança. Todo este embasamento será fundamental para a compreensão dos dois estudos de caso reais que são apresentados a seguir.

7. Estudo de Caso – Manufatura de Produto Cosmético

Com o objetivo de fixar e aplicar os conceitos apresentados anteriormente, um estudo de caso foi especialmente selecionado. O projeto que será apresentado é real e foi acompanhado pela autora durante o período de estágio.

7.1. Produto

Este estudo de caso concentra-se em uma máquina de manufatura de produto cosmético. O produto, que é objeto de estudo deste trabalho, é um lápis delineador de olhos, artigo de maquiagem muito utilizado pelas mulheres. O lápis é de madeira, já cortado, arredondado, impresso, sem ponta e sem tampa. A Figura 12 traz um exemplo ilustrativo do produto em questão.



Figura 12: Produto final: lápis cortado, impresso, sem tampa e sem ponta.

Fonte: Elaborada pela autora.

A linha é capaz de produzir lápis de diversas marcas e cores, sendo que as principais variações são a matriz utilizada para fazer a mina do produto, o tamanho do lápis e o carimbo usado na impressão do “rótulo”.

7.2. Layout da Linha

A linha desenvolvida pela empresa é bastante descontínua, ou seja, as máquinas não foram construídas para operar necessariamente em sequência. A linha pode ser segmentada em quatro equipamentos principais, que serão chamados de: Extrusora de Minas, Encoladeira, Prensa e Carimbadeira.

A Extrusora de Minas é o equipamento responsável por produzir as minas dos lápis de olho, que são semelhantes ao grafite dos lápis usuais. A massa é colocada em uma matriz, dentro de um compartimento à vácuo, e comprimida por um cilindro hidráulico de grandes dimensões (força da ordem de grandeza de 150 kN). O resultado é a extrusão de um fio ininterrupto de mina, que vai sendo cortado no tamanho desejado. As minas cortadas são

farinadas com um pó próprio para evitar aglutinação e finalmente são depositadas em uma esteira. A Figura 13 traz uma foto do mecanismo da Extrusora.

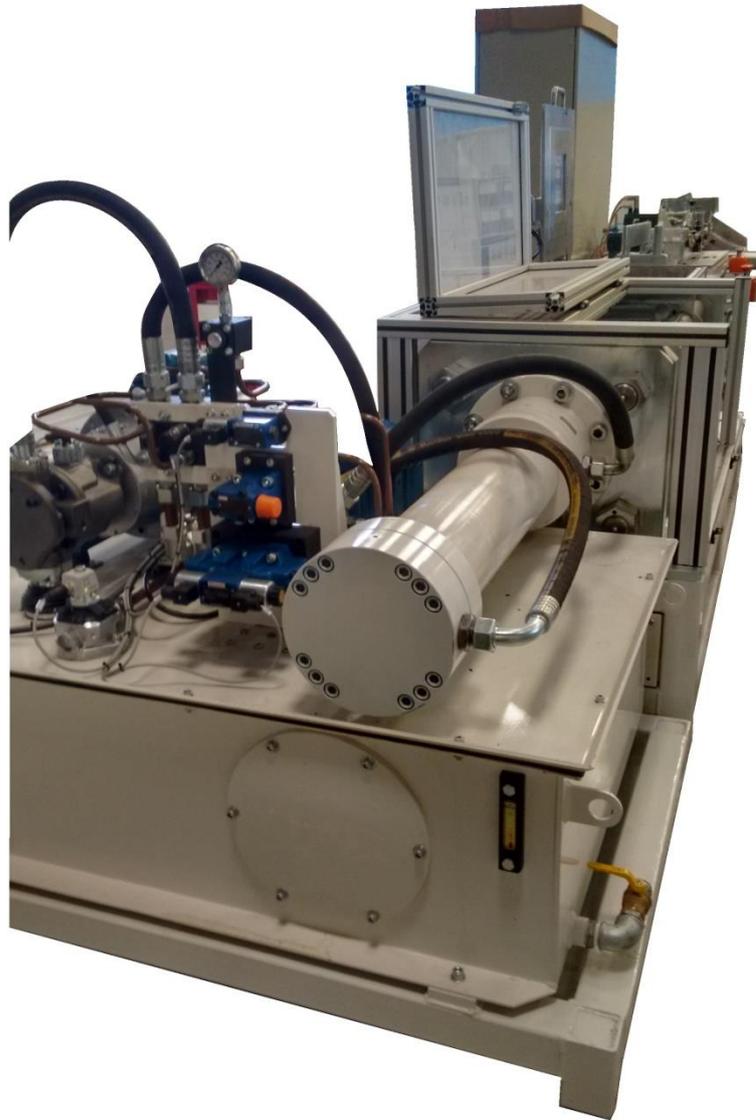


Figura 13: Mecanismo da máquina Extrusora de Minas.

Fonte: Elaborada pela autora.

Os lápis de olhos são produzidos de tal forma que as minas sejam depositadas em ranhuras entre duas placas de madeira, que são coladas, prensadas e posteriormente cortadas no formato do lápis. A Figura 14 ilustra como são essas placas de madeira.



Figura 14: Placa de madeira que é a base da produção dos lápis.

Fonte: Elaborada pela autora.

A Encoladeira é o equipamento que posiciona corretamente as placas de madeira, deposita as minas nas ranhuras, aplica a cola e fecha os lápis com uma segunda placa. Em seguida, as placas já montadas e coladas são introduzidas na Prensa, que garantirá que as placas serão fixadas corretamente. A Prensa possui um formato de gaiola de esquilo em um ambiente fechado e termicamente controlado, com uma temperatura elevada. Dentro da Prensa, as placas passam por uma volta completa na gaiola de esquilo e saem prontas para serem cortadas. A Figura 15 mostra a Encoladeira (à direita) e a Prensa (à esquerda).



Figura 15: Mecanismo da máquina Encoladeira e Prensa.

Fonte: Elaborada pela autora.

Sequencialmente, as placas são cortadas no formato dos lápis e os lápis são lixados e pintados. Entretanto, os equipamentos que realizam estes procedimentos não foram desenvolvidos pela empresa.

Portanto, finalmente tem-se a Carimbadeira, que é o equipamento responsável por estampar o “rótulo” nos lápis. Esta máquina opera com uma fita de *hot stamping*, que imprime nos lápis com a ajuda de um carimbo aquecido. O mecanismo da Carimbadeira é mostrada na Figura 16.



Figura 16: Mecanismo da máquina Carimbadeira.

Fonte: Elaborada pela autora.

7.3. Máquina Selecionada

Dentre as máquinas desta linha, a que foi selecionada para este estudo foi a Carimbadeira. Tal escolha foi realizada porque a Carimbadeira apresenta um mecanismo relativamente simples de ser entendido. Além disto, e mais importante, ela manifesta uma abundante variedade de riscos que devem considerados.

7.4. Funcionamento da Máquina

A Carimbadeira possui alimentação e funcionamento contínuo e automático, ou seja, o operador não precisa posicionar cada produto. Um abastecedor deposita os lápis, já

cortados e pintados, em um reservatório, de forma que os lápis subam até a máquina através de uma esteira, como demonstra a Figura 17.



Figura 17: Alimentação contínua da Carimbadeira.

Fonte: Elaborada pela autora.

Recuperando o que foi disposto anteriormente, a Carimbadeira é o equipamento responsável por imprimir o “rótulo” nos lápis. Este processo é realizado com o auxílio de uma fita de *hot stamping*, que geralmente é dourada ou prateada e funciona como uma operação de decalque a quente. Esta fita é posicionada de forma a desenrolar em uma ponta e enrolar na outra, conforme o processo de carimbagem é realizado. A Figura 18 traz um esquema simplificado da máquina que permite visualizar como a fita é enrolada.

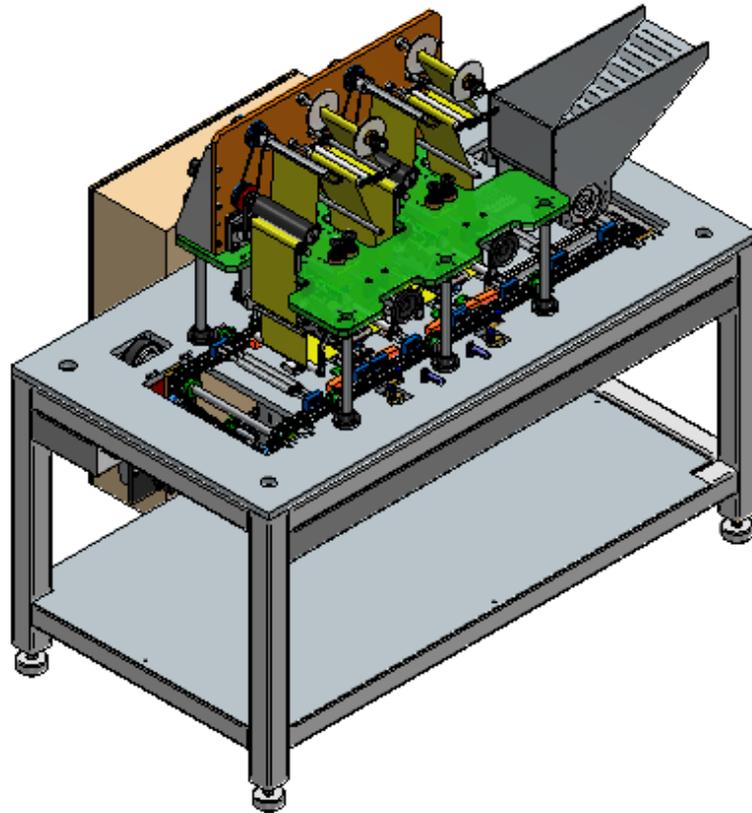


Figura 18: Projeto simplificado da Carimbadeira.

Fonte: Equitron Automação Eletrônico Mecânica Ltda., 2015.

Os lápis sobem pela esteira e caem ordenadamente em uma caixa que alimenta a máquina. A partir de então, um a um, os lápis são posicionados em berços que caminham da direita para a esquerda. Os lápis vão rodando enquanto seguem para a esquerda, e quando chegam aos decalques, um cilindro pneumático avança os berços, de forma a pressionar o negativo do carimbo aquecido contra a fita e contra o lápis. Como o lápis está girando, a impressão atinge toda a extensão que deve ser rotulada.

Existem dois mecanismos de impressão, trabalhando simultaneamente. Ou seja, os lápis nos berços são alternados entre os dois carimbos. Esta duplicação foi desenvolvida a fim de diminuir o tempo de processo e atingir os requisitos de projeto. Os lápis impressos saem na extremidade esquerda da máquina, onde podem ser coletados para passar a outro processo. A Figura 19 mostra um detalhe da máquina, com os berços e o mecanismo de estampagem.

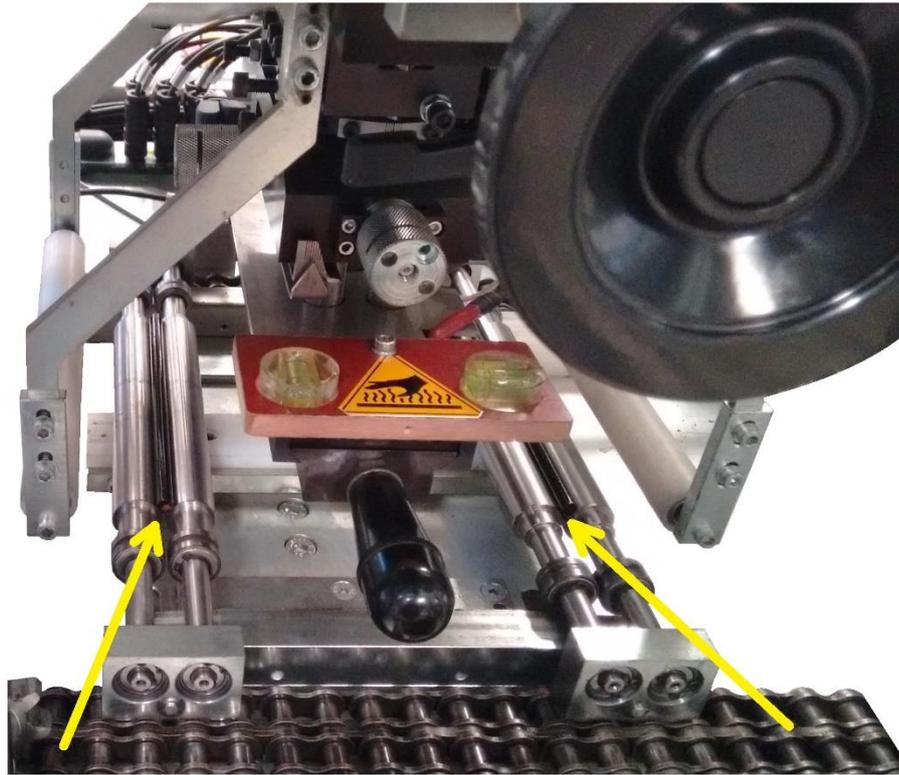


Figura 19: Detalhe dos berços e mecanismos de estampagem da Carimbadeira.

Fonte: Elaborada pela autora.

7.5. Análise de Riscos

De acordo com o que já foi apresentado, a Carimbadeira é um mecanismo que apresenta uma grande diversidade de riscos. Portanto, neste capítulo, estes riscos serão enumerados e analisados.

Os riscos mais graves e evidentes são os que efetivamente relacionam-se com o carimbo. O equipamento de impressão configura-se como uma prensa e apresenta um ponto de esmagamento. Agravando a situação, a estampagem é realizada a quente, com uma temperatura por volta de 80° Celsius.

Existe também a esteira que transporta os lápis, e que por estar em movimento apresenta risco. Além disto, existem os riscos intrínsecos a uma máquina, relativos às falhas elétricas e de *software*.

7.6. Contenção de Riscos

Com o propósito de mitigar os riscos ao nível exigido pelo cliente e considerado seguro, diversas medidas de segurança foram adotadas.

A fim de se impedir o acesso ao carimbo durante a operação do equipamento, máquina foi totalmente enclausurada. Na área inferior, foram utilizadas placas de aço pintadas, presas à estrutura da máquina. Já na região superior, foi construída uma estrutura com perfis de alumínio, onde foram afixadas placas de policarbonato. Embora as placas de policarbonato sejam mais custosas, elas são translúcidas, possibilitando que o operador acompanhe o processo e facilitando muito a operação da máquina.

Como a máquina foi totalmente fechada, três portas foram criadas, para auxiliar na manutenção dos equipamentos, instalação da fita térmica, entre outros. A Figura 20 ilustra o projeto do enclausuramento da máquina.



Figura 20: Projeto de enclausuramento da máquina.

Fonte: Equitron Automação Eletrônico Mecânica Ltda., 2015.

Com o objetivo de garantir que as portas permaneçam fechadas durante a operação da máquina, foram utilizadas três chaves de segurança de porta com travas mecânicas. Estas chaves possuem **PL e**, como foi requisitado. Sua liberação é realizada por *software*, via solenoide. A Figura 21 mostra o detalhe das chaves de segurança instaladas nas portas.

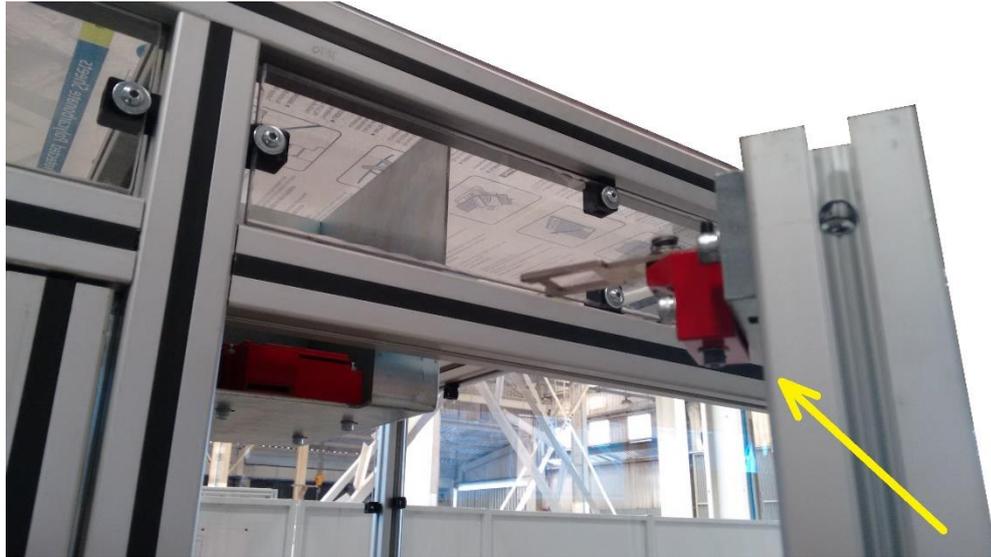


Figura 21: Detalhe da chave de segurança de porta com trava mecânica.

Fonte: Elaborada pela autora.

Além disto, atentou-se para os pontos de entrada e saída de produtos, que foram desenvolvidos de forma a não permitir acesso de mãos ou outras partes do corpo. Este detalhe é mostrado na Figura 22.



Figura 22: Pontos de saída e entrada de produtos, respectivamente.

Fonte: Elaborada pela autora.

Também foram utilizados componentes de segurança comuns, como botões luminosos, sinaleiros luminosos, contadores e botões de parada de emergência. Todos os componentes empregados possuem nível de segurança adequado para o projeto, ou seja, categoria 4 ou **PL e**. A Figura 23 traz alguns exemplos destes componentes que foram empregados.



Figura 23: Botão de parada de emergência e sinaleiros luminosos utilizados na máquina.

Fonte: Elaborada pela autora.

Houve cuidado também com as identificações e organização na máquina, por exemplo, todos os cabos elétricos foram devidamente nomeados nas duas extremidades e o quadro elétrico foi estruturado de forma clara e coesa. Outro exemplo interessante é a sinalização das áreas aquecidas, que foi realizada com adesivos simples e autoexplicativos, como mostra a Figura 24.



Figura 24: Sinalização da área aquecida.

Fonte: Elaborada pela autora.

A coordenação de todos estes componentes e processos foi realizada por um CLP de segurança, que foi cuidadosamente configurado para operar as funções de segurança. Este CLP também possui o mais alto nível de segurança e é tal como mostra a Figura 25.



Figura 25: CLP de segurança utilizado na máquina.

Fonte: Elaborada pela autora.

Por fim, é de extrema importância observar o *software* que foi desenvolvido para controlar e processar todas as funções da máquina. Este *software* foi minuciosamente criado e aperfeiçoado e é ele que garante o correto funcionamento da máquina e de sua segurança, afinal nenhum componente de segurança, por mais sofisticado que seja, opera sozinho. O *software* precisa entender profundamente as funcionalidades da máquina, precisa contemplar o conceito de segurança funcional e ainda atingir os requisitos do cliente. A Figura 26 traz a Interface Homem Máquina (IHM) desenvolvida para o projeto.



Figura 26: IHM da Carimbadeira.

Fonte: Elaborada pela autora.

Analisando todas as medidas que foram implementadas, conclui-se que o projeto desenvolvido possui nível de desempenho **e**, o que equivale a categoria 4 e condiz com o requisito de segurança do cliente. Além disso, o projeto é de baixo custo, afinal vários

problemas são resolvidos com a própria construção física da máquina e não são utilizados componentes muito sofisticados e caros. Desta forma, o projeto de segurança é considerado satisfatório, garantindo a segurança do operador e um funcionamento adequado da máquina, com integridade do mecanismo e dos produtos.

8. Estudo de Caso – Manufatura Automobilística

O segundo estudo de caso que será apresentado é concentrado em um caso de manufatura automobilística. Nesta situação, a linha é mais complexa do que a da manufatura de produto cosmético e apresenta riscos diferentes e mais desafiadores.

8.1. Produto

O produto manufaturado por esta linha é uma direção assistida elétrica, ou seja, é um sistema elétrico que fornece assistência ao condutor do veículo, permitindo-lhe manobrar a direção com maior conforto. Este componente, também chamado de EPAS (*Electrical Powered Assisted Steering*) é o conceito de direção assistida mais moderno que existe, e é composta por um *resolver*, um servo motor e um controlador, que podem ser acoplados na coluna da direção ou no conjunto pinhão-cremalheira. A Figura 27 mostra as possíveis composições de um sistema de direção assistida elétrica.

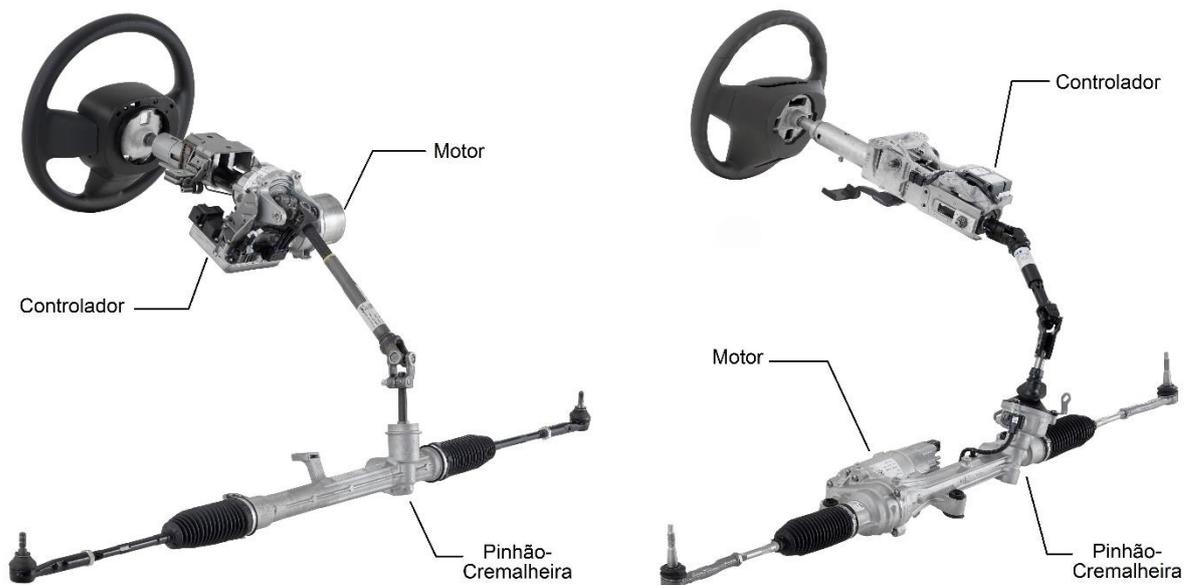


Figura 27: EPAS com acoplamento na coluna de direção e no conjunto pinhão-cremalheira, respectivamente.

Fonte: Adaptado do *website* da ZF-TRW.¹⁵

De forma simplificada, o funcionamento da direção elétrica é tal que no momento em que o motorista aplica um momento angular no volante, o *resolver* reconhece as variáveis de entrada, que são posição angular e velocidade angular, e as repassa ao controlador, que processa as informações e gera as saídas, acionando o servo motor de forma a fornecer o torque auxiliar necessário.

¹⁵ Adaptado de < http://www.trw.com/steering_systems/steering/electrically_powered_steering>. Acesso em 22/10/2015.

Por se tratar de um mecanismo que influi diretamente na condução do carro, a construção da direção assistida elétrica requer uma enorme atenção com relação à segurança. O sistema de produção deve ser totalmente controlado e muito preciso, sendo constituído por uma primeira etapa de montagem e uma segunda etapa totalmente dedicada à testes e validações. A direção assistida elétrica produzida pela linha pode ser visualizada na Figura 28.



Figura 28: Produto final: direção assistida elétrica.

Fonte: Elaborada pela autora.

8.2. *Layout da Linha*

Diferentemente da linha de manufatura de produto cosmético, a linha de manufatura de direção elétrica é totalmente contínua, com cerca de vinte e nove máquinas sequenciais. Estas máquinas são basicamente de dois tipos: montagem através de processos de prensagem servo-assistida e processos de testes, com aquisição de dados e validação.

A Figura 29 traz o *layout* da linha completa, na qual é possível visualizar em azul as máquinas iniciais, que compõem a etapa de montagem. Já as máquinas finais, em preto, são os mecanismos de testes.

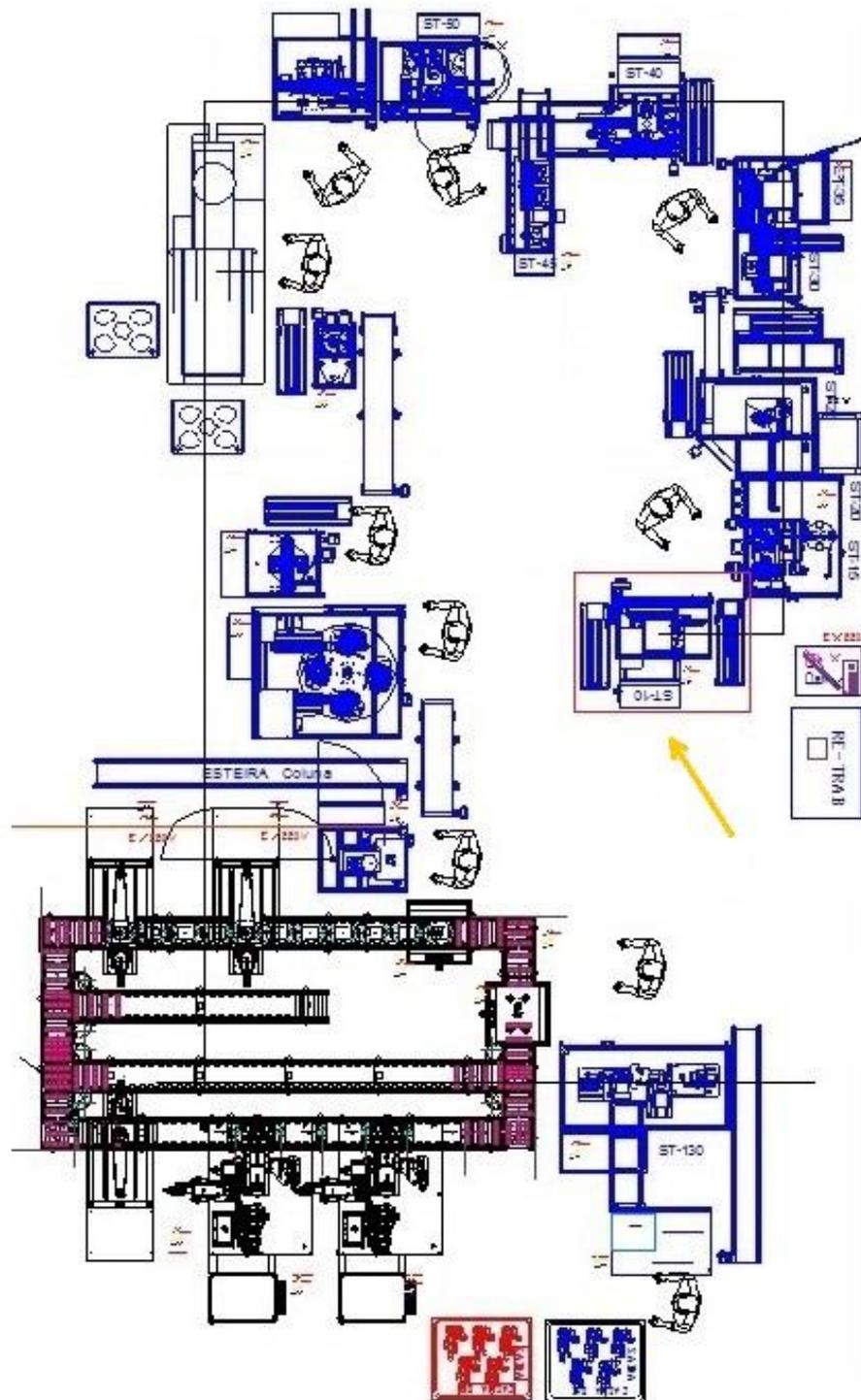


Figura 29: *Layout* completo da linha.

Fonte: Adaptada de Equitron Automação Eletrônico Mecânica Ltda., 2015.

A primeira parte da linha é responsável pela montagem dos componentes do produto, como por exemplo, a prensagem de rolamentos em carcaças, de forma a montar a direção assistida elétrica ao longo da linha.

Como já foi mencionado, a direção elétrica influencia diretamente na condução do veículo e por isto deve estar totalmente calibrada e dentro dos parâmetros adequados, garantindo a segurança do motorista. Desta forma, é interessante notar que cada direção assistida deve ser gravada com um código, permitindo uma rastreabilidade individual de cada produto. Por isto existe uma parte da linha exclusivamente dedicada a testar os produtos, um a um, e não por amostragem estatística.

8.3. Máquina Seleccionada

Dentre as máquinas desta linha, a que foi selecionada para este estudo foi a primeira máquina da montagem, que está destacada pela seta na Figura 29. Este mecanismo é responsável por fazer a gravação do código de rastreabilidade na carcaça principal da direção elétrica e posteriormente inserir um rolamento e um anel elástico na carcaça. A Figura 30 traz uma foto do mecanismo da máquina em questão.

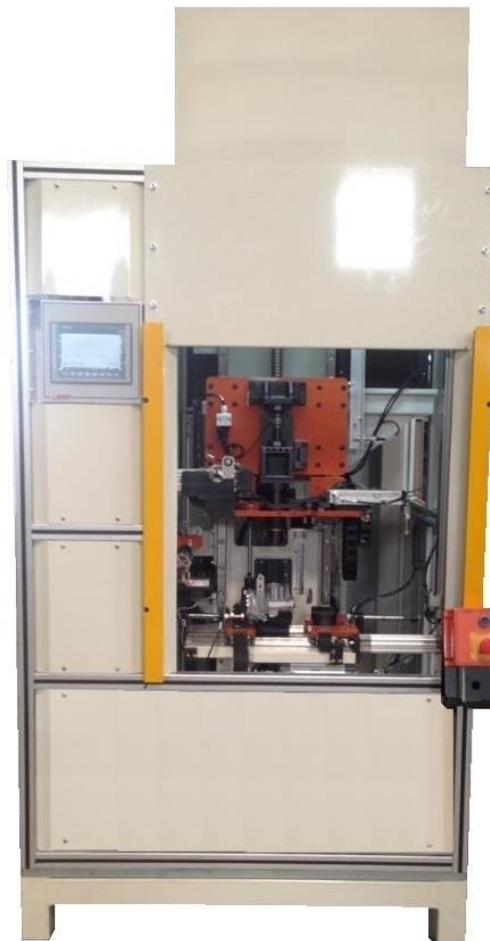


Figura 30: Mecanismo da máquina de gravação do código de rastreabilidade e de inserção de rolamento e anel elástico na carcaça principal.

Fonte: Elaborada pela autora.

Mais uma vez, a escolha da máquina foi realizada baseando-se na simplicidade de entendimento do mecanismo e na grande variedade de riscos inerentes à máquina. Neste caso, tanto o funcionamento, quanto os riscos intrínsecos à operação são mais complexos comparados ao caso anterior, entretanto será priorizada uma análise simplificada e visual sobre o assunto.

8.4. Funcionamento da Máquina

Conforme o que foi apresentado, a operação da máquina é dividida em duas etapas. A primeira etapa consiste em gravar um código de rastreabilidade na carcaça principal da direção elétrica e a segunda em inserir um rolamento e um anel elástico, respectivamente, na carcaça.

A carcaça principal é de alumínio e é fornecida pelo cliente, então supõe-se que todas as carcaças sejam padronizadas dentro de uma faixa de tolerância. A Figura 31 traz uma imagem das vistas superior e lateral da carcaça principal.

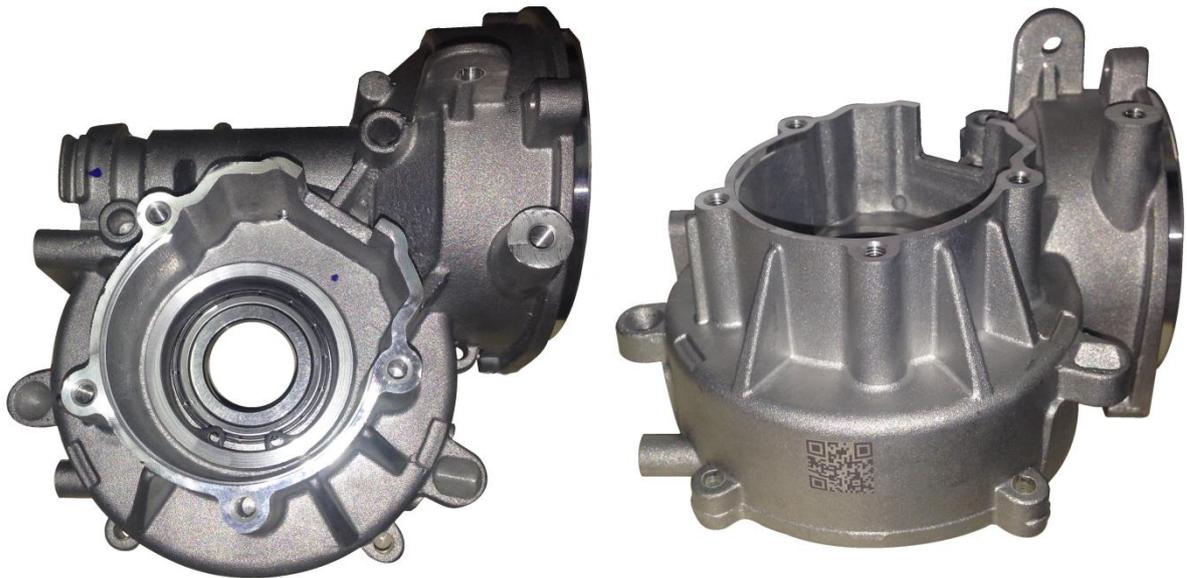


Figura 31: Carcaça principal, vista superior e lateral.

Fonte: Elaborada pela autora.

Sabe-se que a validação das direções elétricas deve ser realizada individualmente, e por este motivo é tão importante que um código seja gravado em cada carcaça. Este código de rastreabilidade é composto por um *QR code* (*código Quick Response*), semelhante ao mostrado na carcaça da Figura 31. Assim, o processo é realizado de tal forma que tanto a primeira máquina como todas as subsequentes possam identificar a peça e armazenar informações relacionadas à montagem e testes daquele produto específico.

Após a marcação a laser, um leitor faz a identificação da peça, que é posicionada para receber o rolamento e o anel elástico. Assim como a carcaça, o rolamento e o anel são fornecidos pelo cliente. A Figura 32 ilustra a construção física destes componentes.



Figura 32: Rolamento e anel elástico.

Fonte: Elaborada pela autora.

Seguindo a operação, os movimentos dos cilindros pneumáticos fazem com que um rolamento seja posicionado no colo da carcaça. Um servo motor faz a inserção por prensagem e contra batente, sendo realizada a frio e a seco. O limiar que determina o fim da inserção é dado por uma célula de carga, que identifica quando a força desejada foi atingida.

Os dados pertinentes à inserção, como data e horário da inserção, posição e velocidade do servo motor, e carga aplicada, são armazenados em um banco de dados, de acordo com o código da peça. Para maiores detalhes mecânicos sobre a inserção do rolamento, consultar o Trabalho de Conclusão de Curso Dimensionamento Eletromecânico e Gerenciamento de um Projeto de Automação Mecânica.¹⁶

Em seguida, o anel elástico é colocado no alojamento da carcaça e também é inserido pelo servo motor. Neste caso, o limite da inserção é por posição do servo, de forma que o anel atinja o canal de alojamento da carcaça e se expanda, travando o rolamento na posição correta. Se estas montagens forem realizadas com sucesso, a máquina libera o produto, que pode seguir para a próxima estação, caso contrário, o produto reprovado é descartado em uma caixa de refugo.

A alimentação de peças é efetuada manualmente, sendo que a carcaça e o anel elástico são posicionados pelo operador a cada ciclo de funcionamento. No caso dos

¹⁶ WELTER, E. B. P.; BORGES, G. J. Dimensionamento Eletromecânico e Gerenciamento de um Projeto de Automação Mecânica. São Carlos: USP, 2015.

rolamentos, a alimentação é realizada de modo automático pela máquina. A Figura 33 mostra estes pontos de abastecimento.

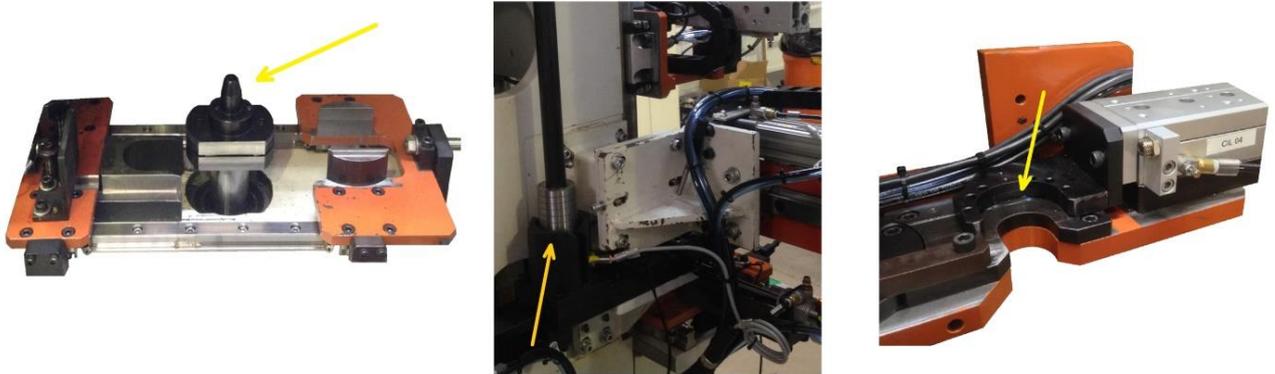


Figura 33: Alimentação de carcaça principal, rolamento e anel elástico, respectivamente.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quando a máquina finaliza a operação, a carcaça pronta está deslocada para o suporte à direita do berço inicial, permitindo que o operador retire a peça montada com uma mão e posicione a nova peça com a outra. Esta técnica é importante, pois auxilia para que o tempo de operação da máquina seja reduzido até o requisito do cliente.

A máquina em questão possui um servo motor combinado a doze cilindros pneumáticos, que juntos fazem todas as movimentações necessárias. A Figura 34 mostra a distribuição dos doze cilindros utilizados nas operações.

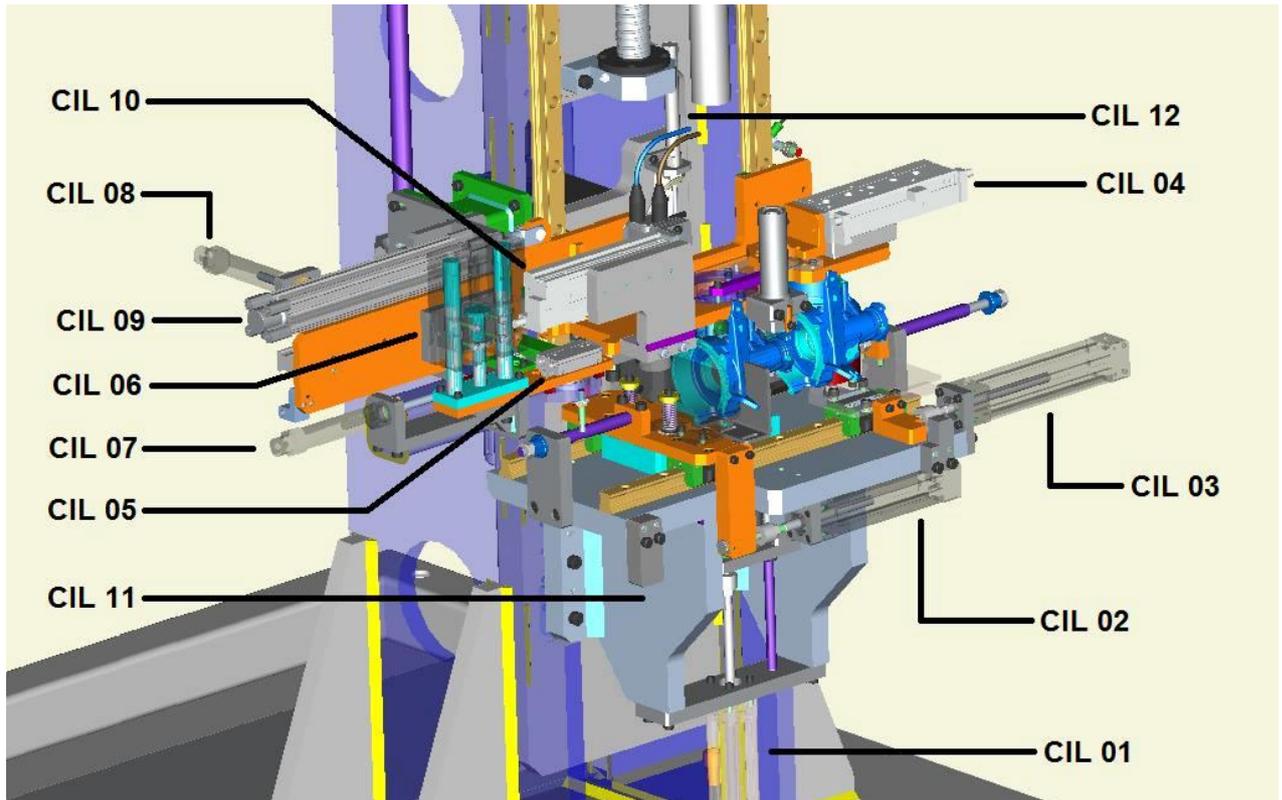
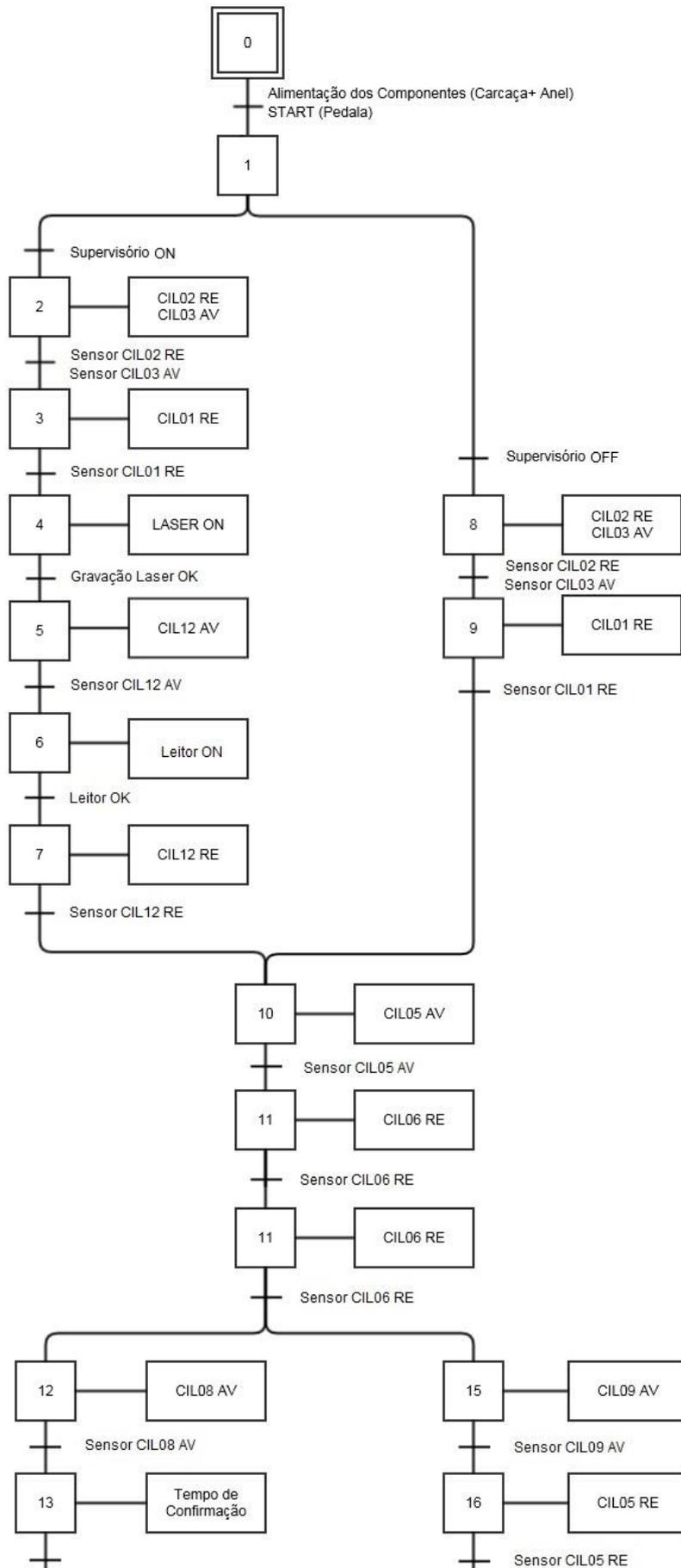


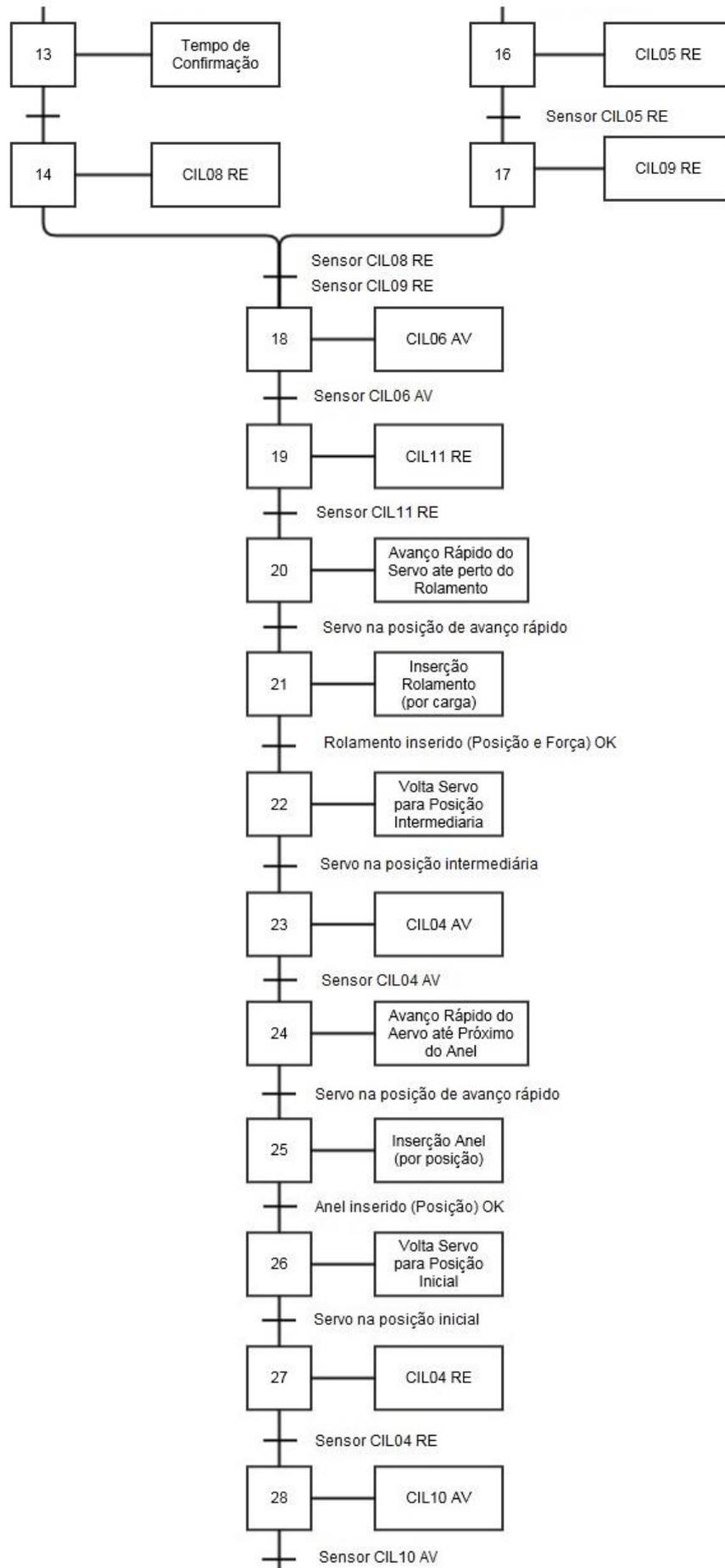
Figura 34: Distribuição dos cilindros pneumáticos.

Fonte: Adaptada de Equitron Automação Eletrônico Mecânica Ltda., 2015.

Os cilindros pneumáticos utilizados são de modelos variados, sendo desde atuadores padrões, até mesas lineares e atuadores compactos, todos de acordo com sua aplicação. Todos os cilindros foram instalados de forma guiada, ou por buchas lineares de esferas recirculantes ou por patins e trilhos. Além disto, foram instalados sensores, indutivos ou magnéticos, nos pontos de avanço e recuo de todos os cilindros.

O funcionamento da máquina pode ser compreendido de maneira mais clara e detalhada se os movimentos dos cilindros forem observados sequencialmente. Para tanto, foi produzido um SFC (Sequential Function Chart), que é uma ferramenta de programação sequencial gráfica, baseada em passos e transições. Este diagrama está apresentado na Figura 35 e será explanado a seguir





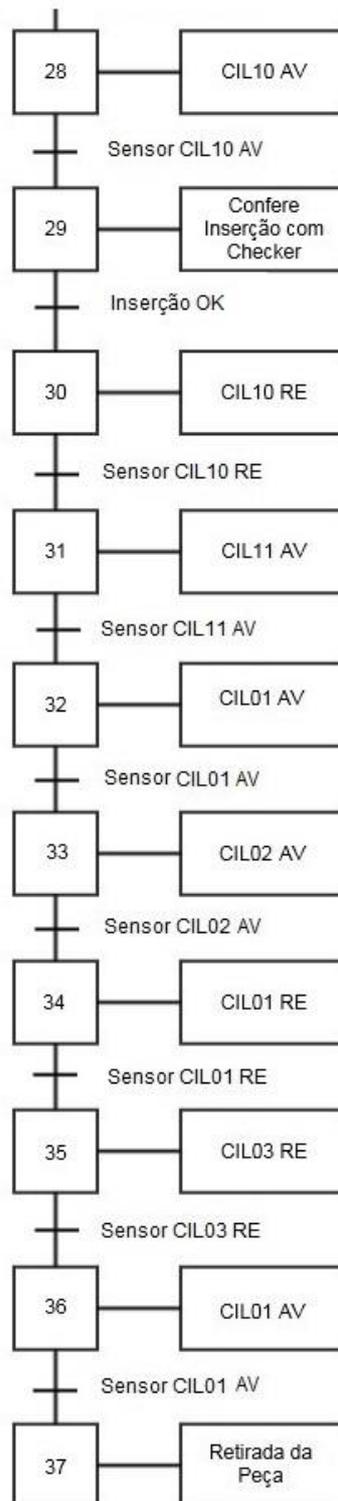


Figura 35: SFC de funcionamento da máquina.

Fonte: Elaborada pela autora.

Inicialmente a máquina aguarda a alimentação das peças e o *start* do processo. Se essa combinação for atingida, a máquina segue por caminhos divergentes não simultâneos.

A seleção do caminho é tal que depende do *status* do Supervisor responsável por controlar a gravação a laser.

Tomando a máquina em ciclo automático, o Supervisor encontra-se ativo, e o fluxo segue para a movimentação dos berços, esquerdo e direito, que são posicionados de forma a fixar a carcaça principal. Em seguida, o cilindro 01 é recuado e a carcaça aterrissa exatamente sobre os berços.

Neste momento, o laser é acionado, fazendo a gravação do código de rastreabilidade. Depois, o cilindro 12 é avançado, posicionando o leitor, que faz a verificação da impressão e retorna para a posição inicial, com o recuo do cilindro 12.

Posteriormente o cilindro 05 avança, fazendo com que um rolamento seja pinçado por um mecanismo de garra. Esta garra e o rolamento são içados pelo movimento do cilindro 06. Neste momento o fluxo segue por dois caminhos paralelos e simultâneos. Por um, o rolamento é avançado na direção da carcaça, a garra é aberta, o rolamento cai no alojamento da carcaça e a garra recua. Concomitantemente, pelo outro caminho, o cilindro 08 avança, de forma a esfoliar um rolamento do reservatório, posicionando o rolamento que será utilizado no próximo ciclo.

Quando ambos os caminhos são finalizados, garra é abaixada para sua posição de origem e o cilindro 11 é recuado, ajudando com a afiação da carcaça. Agora, o servo motor desce rapidamente até a posição de avanço rápido, e mais vagarosamente insere o rolamento, até a célula de carga indicar o limiar desejado. Em seguida o servo retorna para uma posição intermediária, e o anel é disposto no colo da carcaça pelo avanço do cilindro 04.

O servo é acionado até a posição de avanço rápido e em seguida o anel é inserido por posição. Quando a inserção é finalizada, o servo retorna para a posição inicial e a gaveta do anel também. Seguindo com o processo, o cilindro 10 avança, de maneira que o *Checker* possa conferir a inserção, e logo depois retorna à posição inicial.

Logo após, o cilindro 11 e o cilindro 01 avançam, liberando a carcaça. O berço direito retorna para a posição inicial, seguido do cilindro 01, que retorna e coloca a carcaça apenas sobre o berço esquerdo. Este, por sua vez, retorna deslocando a carcaça para a direita do operador. O cilindro 01 avança, preparando-se para receber a próxima peça. Finalmente a carcaça montada pode ser retirada, e a próxima alocada para que o ciclo de montagem possa ser reiniciado.

Observa-se que o cilindro 07 não aparece durante o ciclo de funcionamento da máquina. Isto acontece porque este cilindro faz a segregação de rolamentos bons e ruins, ou seja, quando o sensor identifica um rolamento fora dos padrões, este cilindro 07 é acionado para descartar o rolamento ruim. O funcionamento deste mecanismo é independente do ciclo de operação, atuando paralelamente.

8.5. Requisitos de Projeto

Por se tratar de uma linha de produção extensa e complexa, o requisito mais crítico deste projeto é o tempo de produção, ou *takt time*, que é uma grandeza que representa o tempo de produção pela demanda de mercado. O *takt time* é originado da expressão alemã *taktzeit*, na qual *takt* significa ritmo e *zeit* significa tempo. Esta medida tem como objetivo ritmar o sistema de produção, de forma a adequar a produção à demanda.

No caso desta linha, o requisito é a produção de 105 peças por hora. Portanto, o *takt time* exigido pode ser aproximado para 35 segundos, ou seja, a cada 35 segundos, uma direção assistida elétrica, montada e testada, deve sair pronta no final da linha.

Considerando o número de processos e máquinas pelos quais o produto deve passar, observa-se que atingir o *takt time* necessário é um desafio. Por consequência, todas as operações devem receber um ajuste fino, de maneira a eliminar todas as folgas e tempos inutilizados.

Um exemplo de prática que pode ser adotada para reduzir o tempo de operação da máquina é a técnica mostrada anteriormente, que desloca a carcaça montada no final da operação, permitindo que o operador retire a peça montada com uma mão e reponha a nova com a outra.

A fim de estudar esta problemática de tempos, foi elaborado um diagrama trajeto passo da operação da primeira máquina. Este diagrama é mostrado na Figura 36.

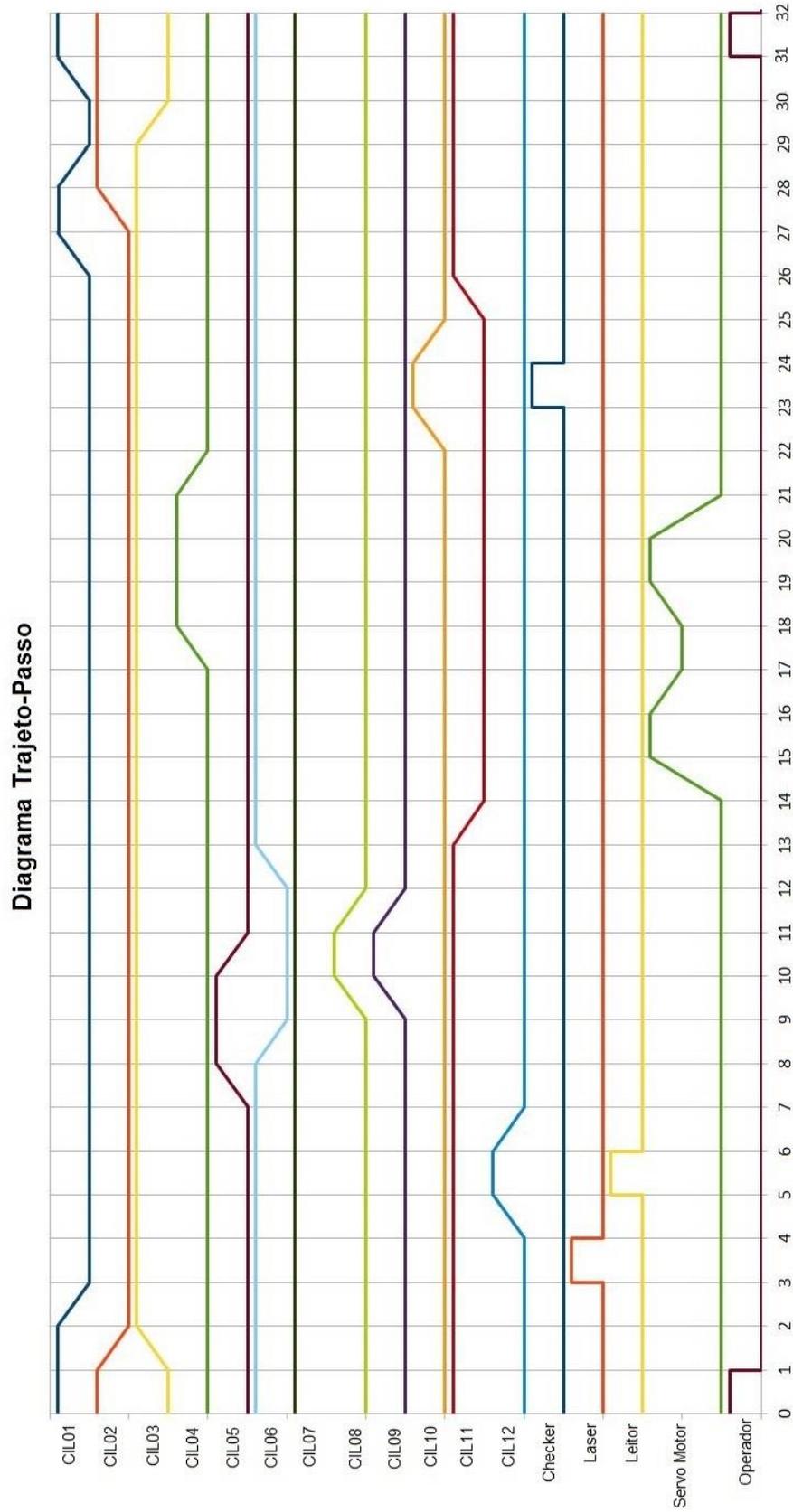


Figura 36: Diagrama trajeto passo de funcionamento da máquina.

Fonte: Elaborada pela autora.

A partir deste diagrama, foi desenvolvido um cálculo de tempos, com o objetivo de transformar o digrama trajeto passo em um diagrama trajeto tempo, de maneira a estudar o *takt* da máquina.

Partindo da segunda lei de Newton e da definição de pressão, tem-se:

$$a = \frac{P \cdot A}{m} \quad (1)$$

Por outro lado, da equação do movimento linear e considerando o sistema inicialmente parado, sabe-se que:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{a}} \quad (2)$$

Substituindo-se (1) em (2) obtém-se:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot m}{P \cdot A}} \quad (3)$$

Onde, t é o tempo de avanço ou recuo do cilindro, d o percurso do cilindro, m a massa atrelada ao cilindro, P a pressão aplicada e A a área da seção transversal do cilindro. Estes cálculos foram realizados para cada um dos cilindros e os tempos foram somados. Entretanto, comparando-se os resultados obtidos com o tempo real da máquina, constatou-se que este método de estudo de tempo é insatisfatório, pois não considerou as perdas do sistema.

Isto aconteceu porque a vazão de ar foi considerada constante e invariante no tempo. Infelizmente esta aproximação não pode ser realizada, pois cada cilindro possui uma válvula de regulação de vazão que é ajustada manualmente. Desta forma, este método de avaliação tornou-se impreciso.

Outra técnica sugerida foi registrar o funcionamento da máquina com uma câmera filmadora e medir os tempos dos cilindros inversamente. Este método também foi aplicado, porém, como as máquinas são calibradas e aceleradas até o *takt* de 35 segundos somente na planta do cliente, este método também não pôde ser totalmente implementado.

8.6. Análise de Riscos

Esta máquina apresenta diversos riscos de operação. Existem dois tipos de riscos principais, os riscos relacionados a pontos de esmagamento e os riscos relacionados à utilização do laser.

No caso dos pontos de esmagamento, existem alguns locais de movimento da máquina que são de livre acesso e são classificados como prensas. Dentre eles, os mais perigosos são os movimentos dos berços, da gaveta do anel e do servo motor. Estes pontos estão destacados com setas nas Figuras 37 e 38.

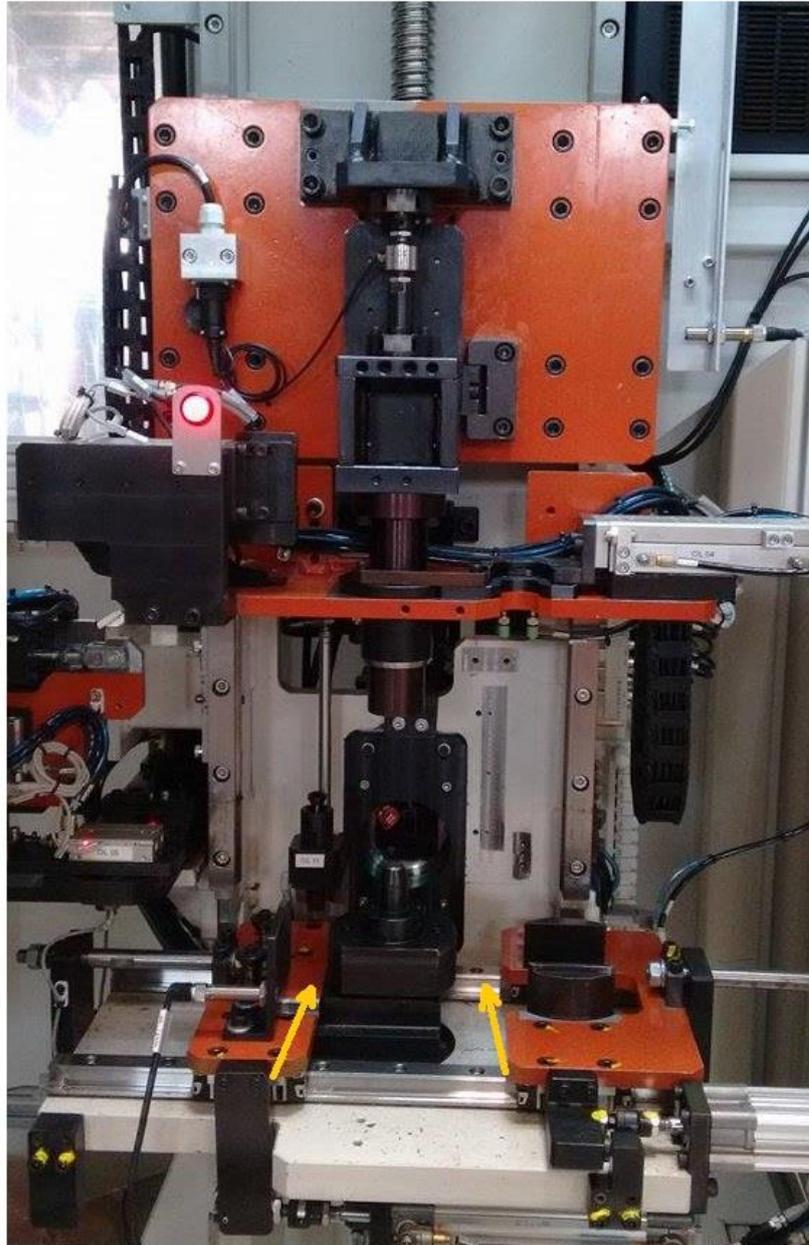


Figura 37: Pontos de esmagamento pelos berços, direito e esquerdo.

Fonte: Elaborada pela autora.

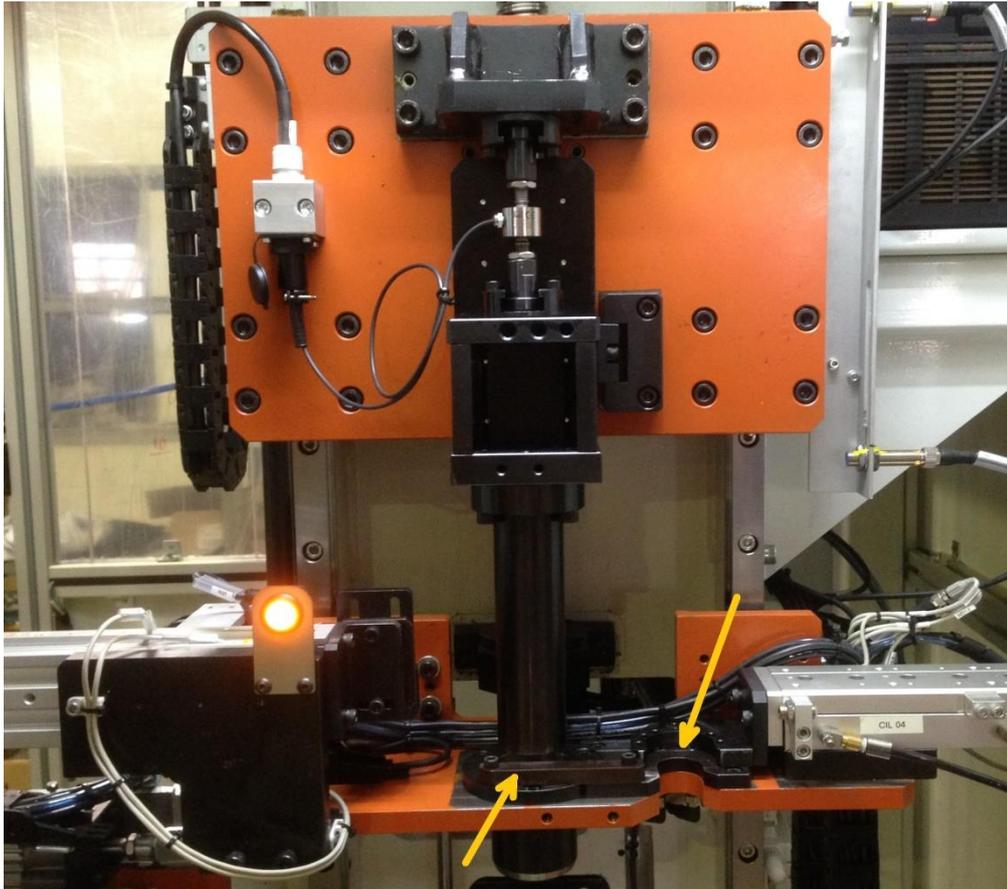


Figura 38: Pontos de esmagamento pela ferramenta de inserção e pela gaveta do anel elástico.

Fonte: Elaborada pela autora.

Já no caso dos riscos relacionados ao laser, sua gravidade e complexidade são bem mais elevadas. O laser produz uma radiação eletromagnética monocromática, isto é, com comprimento de onda bem definido; coerente, com todos os elétrons em fase; e colimada, ou seja, a propagação do feixe é em ondas paralelas. Além disto, nota-se que qualquer tecido orgânico que absorva uma radiação laser sofrerá danos.

O marcador a laser utilizado possui alta potência é uma tecnologia bastante sofisticada, com três eixos, isto é, com perspectiva tridimensional. A técnica de marcação é híbrida e por oscilação, combinando lasers de fibra YAG com lasers YVO4.

Tomando os dados do manual do produto, sabe-se que, segundo a padronização internacional IEC 60825-1, o laser marcador é da classe 4, o que significa que ele é perigoso para pele e olhos, tanto em feixes diretos quanto em reflexões difusas. Além disto, estes lasers também representam riscos de incêndio. A Figura 39 apresenta um detalhe das lentes do laser marcador.



Figura 39: Detalhe das lentes do laser marcador.

Fonte: Elaborada pela autora.

Somado a isto, tem-se o problema das partículas e gases emitidos no processo de marcação da carcaça de alumínio. Ademais, existem os riscos comuns, inerentes a falhas elétricas, defeitos de *software*, erros humanos e problemas mecânicos e de *hardware*.

8.7. Contenção de Riscos

Com o objetivo de minimizar os riscos ao nível de segurança **PL e**, requisitado pelo cliente, foram empregadas diversas medidas de segurança. De início, serão abordados os riscos relacionados ao laser, afinal estes problemas são mais complexos e podem impactar na operação de todo o mecanismo.

O Brasil não possui uma regulamentação adequada sobre a utilização segura de equipamentos lasers. Existem duas normas da ABNT que tratam sobre o assunto, entretanto somente com relação à área medicinal. Já a NR-15, traz apenas três parágrafos sobre atividades insalubres relacionadas à utilização de lasers.

Enfim, a utilização de lasers não é regulada, e passa a depender somente do bom senso do profissional de segurança. Entretanto, por se tratar de uma tecnologia muito complexa, perigosa e com a qual a maioria dos profissionais não está habituada, em geral, os projetos de segurança acabam sendo superdimensionados.

No caso desta máquina, os aspectos levados em consideração na segurança foram os dados do manual do produto e o histórico de máquinas anteriores que também utilizavam

lasers. Desta forma, a medida adotada foi o total enclausuramento da máquina com chapas de aço pintadas. A Figura 40 mostra o projeto do enclausuramento da máquina.

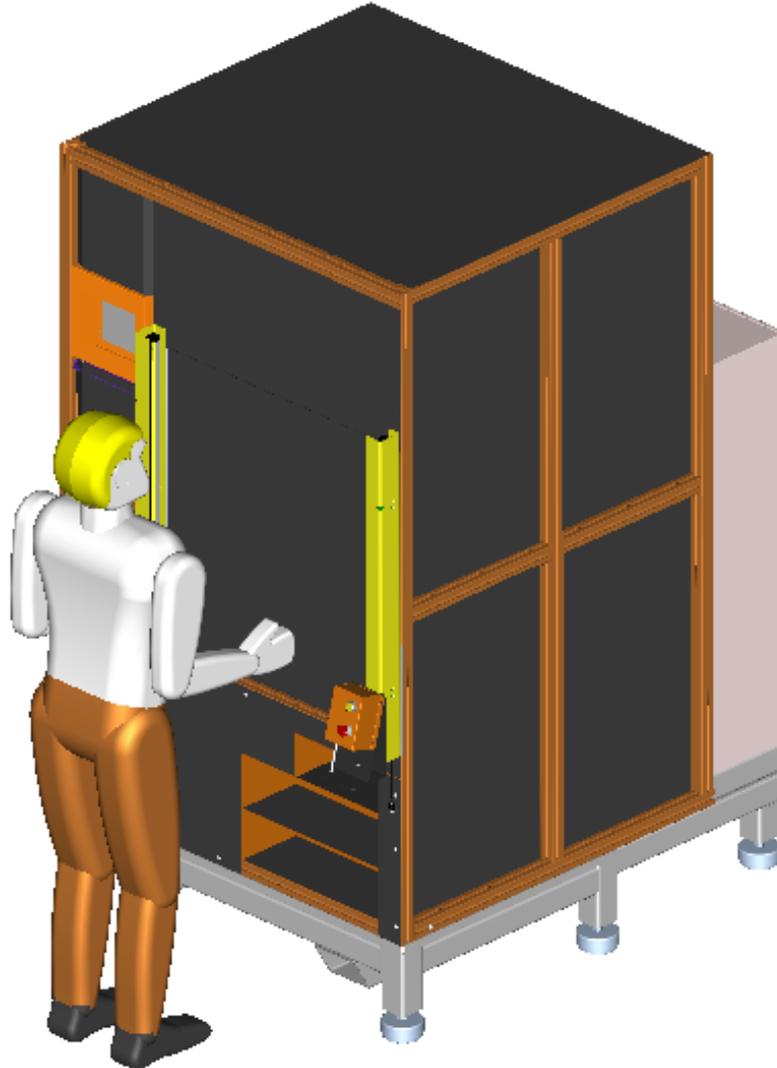


Figura 40: Projeto de enclausuramento da máquina.

Fonte: Equitron Automação Eletrônico Mecânica Ltda., 2015.

Este fechamento garante que o operador não será exposto à radiação laser, além disto, a exaustão de gases também pode ser realizada, porém de forma menos eficiente do que se o volume de enclausuramento fosse menor. Esta exaustão é realizada por um equipamento especialmente desenvolvido para a tarefa, que capta os gases no interior da máquina, filtrando-os para o ambiente externo.

Esta técnica ameniza o problema com o laser, porém, surge a necessidade de uma porta automática frontal, que desliza verticalmente e é fechada após o operador posicionar

as peças e pressionar o *start* da máquina. Todas as operações do mecanismo, incluindo a gravação a laser e a inserção do rolamento e anel, são realizadas com a porta fechada.

O aspecto de fechamento total é negativo para o funcionamento da máquina, pois impede que o operador acompanhe os movimentos do processo. Além disto, a presença da porta cria um ponto de prensa extremamente perto do operador e muito mais severo do que os pontos de esmagamento indicados anteriormente.

Desta forma, foi utilizada uma barreira ótica, que aciona a segurança da máquina sempre que é invadida. Esta barreira é robusta, possui **PL e**, apresenta resolução de dedo e não contem zonas mortas.

O cálculo de distância de barreira é realizado de tal forma que muitos parâmetros devem ser considerados, inclusive a inércia do sistema, que é uma grandeza difícil de ser medida. Assim, segundo a NR-12 e o fabricante da barreira, uma forma simplificada de se obter a distância de barreira é pelas equações:

$$S = (K \cdot T) + C$$

$$C = [8 \cdot (d - 14)]$$

Onde: S = Distância Mínima entre a barreira e a zona de perigo [mm]

K = Velocidade de Aproximação do Corpo [mm/s]

T = Tempo de Parada do Sistema [s]

C = Distância Adicional [mm]

d = Capacidade de Detecção da Barreira [mm]

Existem duas tabelas gerais que auxiliam nestes cálculos. Estas informações são apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Distância adicional para o cálculo de distância mínima de barreira.

Capacidade de Detecção da Barreira d (mm)	Distância Adicional C (mm)
≤ 14	0
> 14 ≤ 20	80
> 20 ≤ 30	130
> 30 ≤ 40	240
> 40	850

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 6: Velocidade de aproximação para o cálculo de distância mínima de barreira.

Disposição da Cortina	K (mm/s)
Horizontal	1600
Vertical, Se a Distância Mínima > 500 mm	1600
Vertical, Se a Distância Mínima \leq 500 mm	2000

Fonte: Elaborada pela autora.

No caso da barreira deste projeto, o cálculo é realizado como mostra a Tabela 7.

Tabela 7: Cálculo de distância mínima de barreira para a máquina em questão.

Velocidade de Aproximação do Corpo K (mm/s)	Tempo Aproximado de Parada do Sistema T (ms)		Distância Adicional C (mm)	Distância Mínima S (mm)
1600	Cortina de Luz SICK	13,5	Resolução de Dedo 14 mm	69,6
	Controlador de Segurança PILZ	10		
	Contator SIEMENS	20		
	Inércia do Sistema	Desconsiderado		
	TOTAL	43,5	0	

Fonte: Elaborada pela autora.

Portanto, a distância mínima entre a barreira e o ponto de esmagamento, que no caso é a porta frontal, é de 69,6 mm. Este valor de distância mínima é pequeno, entretanto a barreira está distante da porta frontal apenas 72 mm. Como os valores são aproximados e possuem certa tolerância, o limiar da segurança torna-se muito incerto. Ademais, a barreira está disposta de forma que existe uma área desprotegida na parte inferior da porta.

Além da barreira ótica, foram utilizados componentes comuns de segurança, como botões de parada de emergência e sinaleiras luminosas. Na função de *start* da máquina, foi utilizado uma chave de início com alavanca, que é instalada de tal forma a manter uma inclinação conveniente para seu acionamento. É interessante notar que esta técnica é mais prática e também ajuda a atingir o *takt* desejado.

A Figura 41 mostra a barreira de segurança e o conjunto que contém a chave de início com alavanca, o botão de parada de emergência e o botão de *reset* que foram utilizados na máquina.



Figura 41: Barreira de segurança e conjunto chave de início com alavanca, botão de parada de emergência e botão de *reset* utilizados na máquina.

Fonte: Elaborada pela autora.

Além da porta frontal, a máquina conta com uma porta comum lateral, utilizada para manutenção. A fim de se garantir que ambas as portas, permaneçam fechadas durante a operação da máquina, foram utilizadas duas chaves magnéticas de segurança de porta.

Estas chaves possuem **PL e**, como foi requisitado. Seu funcionamento é tal que as chaves entendem a situação das portas, como fechadas ou não fechadas, e transmitem esta informação para o *software*. O *software*, por sua vez, irá processar as informações das portas para tomar a atitude correta.

Especificamente neste projeto, o funcionamento da máquina será totalmente interrompido se qualquer uma das duas portas não estiver fechada. No caso da porta frontal, esta característica de funcionamento é muito importante por eliminar a necessidade de preocupação com os pontos de esmagamento internos. A Figura 42 mostra o detalhe das chaves magnéticas instaladas nas portas.



Figura 42: Detalhe da chave magnética de segurança de porta.

Fonte: Elaborada pela autora.

Com relação à instalação elétrica, novamente primou-se pela organização, limpeza e identificação de cabos e componentes. Foi utilizado um CLP de segurança, que é dedicado a controlar as funções de segurança. A Figura 43 mostra o quadro de energia da máquina, com destaque para o CLP de segurança em amarelo.



Figura 43: Painel elétrico da máquina, com destaque para o CLP de segurança.

Fonte: Elaborada pela autora.

Por fim, nota-se a grande importância do *software* desenvolvido para a máquina. Além de o programa executar as operações do mecanismo, todas as funções de segurança são processadas e controladas com o auxílio do *software*. A Figura 44 mostra o *display* da IHM que foi desenvolvida para este projeto.



Figura 44: IMH da máquina de inserção de rolamento e anel elástico.

Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir serão apresentadas algumas sugestões para auxiliar na contenção de riscos, tanto para solucionar os riscos que permaneceram quanto para oferecer alternativas a algumas medidas adotadas, visando-se sempre segurança e baixo custo.

8.8. Sugestões

Ao longo da contenção de riscos, foram identificados alguns inconvenientes, como o enclausuramento total da máquina e a distância mínima de barreira. Há também alguns exageros, portanto, serão propostas algumas sugestões, a fim de garantir a segurança da máquina, prezando também pelo ponto de vista financeiro.

De início, propõe-se que a barreira ótica seja abaixada em alguns centímetros. Esta intervenção já resolveria o problema da zona desprotegida. Outra solução seria substituir a barreira ótica por uma disposta verticalmente. Desta forma, a zona de esmagamento da porta estaria totalmente protegida.

Com relação à distância de barreira, que está muito apertada, poderia ser adotado um mecanismo de alívio na porta. O funcionamento desta técnica é tal que a porta possui uma folga na parte superior, fazendo com que, no final do percurso, a porta seja puramente forçada pela gravidade. Desta forma, o ponto de esmagamento é atenuado e a chave magnética de porta impede que o ciclo de operação comece antes que a obstrução seja retirada. A Figura 45 ilustra simplificada o funcionamento desta porta com folga.

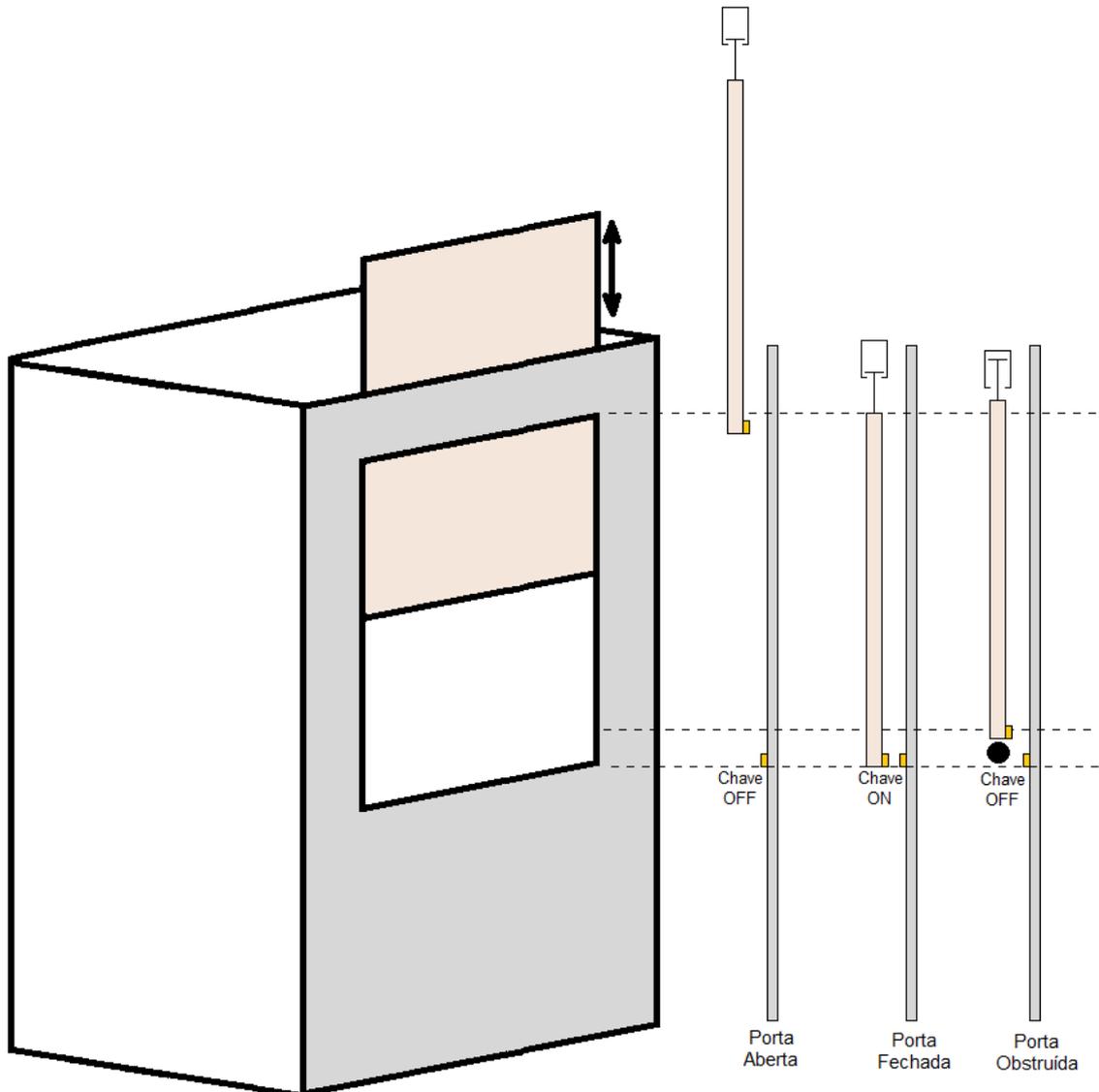


Figura 45: Mecanismo da porta com folga.

Fonte: Elaborada pela autora.

Este dispositivo de porta é puramente mecânico e é bastante simples, tanto com relação a sua fabricação quanto com relação a sua instalação e manutenção. Atrelada a esta simplicidade, a quantidade de material utilizada na implementação do mecanismo é tão pequena que pode ser desconsiderada. Desta forma, a ideia se torna muito interessante, pois representa um mecanismo simples, de baixo custo e que soluciona vários problemas de segurança.

Com relação à marcação a laser, uma medida simples que poderia ser adotada para minimizar os riscos da gravação seria o posicionamento do laser na vertical, isto é, de cima para baixo, e não frontalmente como ele foi alocado. Esta medida garantiria que os feixes do

laser não incidissem diretamente sobre a pele ou olhos do operador, mas sim de forma refletida, e menos severa.

Observa-se também o aspecto do completo enclausuramento da máquina. A proposta é que a máquina não seja totalmente fechada com placas de aço, mas que somente a carcaça seja enclausurada e apenas no momento da marcação. Por um lado, como se trata de uma máquina compacta, a implementação desta técnica exigiria mudanças em sua construção mecânica. Porém, por outro lado, esta adequação seria muito positiva, pois permitiria o acompanhamento do processo pelo operador, diminuiria o custo com o enclausuramento, a exaustão de gases seria realizada de forma mais eficiente e ainda assim a segurança com relação ao laser seria mantida.

A máquina possui um equipamento externo exclusivo para realizar a exaustão e filtragem dos gases emitidos pelo processo de marcação a laser. No caso em que a máquina é totalmente enclausurada, a porta frontal é aberta a cada 35 segundos, o que resulta em um processo de exaustão deficitário. Por outro lado, se o fechamento pudesse ser mantido apenas na área de marcação, a exaustão seria mais efetiva e, possivelmente, o equipamento de exaustão poderia ser menos potente e, portanto, com menor custo.

Outra possibilidade seria a implementação de janelas translúcidas de materiais com características térmicas e reflexivas adequadas para manter a segurança do operador. Este tipo de material existe, tanto em vidros quanto em polímeros e podem ser encontrados *online* em empresas como a LASERVISION GMBH & CO. KG. Esta é uma solução muito interessante, entretanto cabe a empresa avaliar o custo-benefício de sua utilização.

Por fim, outra proposta seria o desenvolvimento de um estudo mais avançado sobre a marcação a laser, considerando seu comprimento de onda, potência, duração, diâmetro do feixe, divergência, entre outros parâmetros relevantes. Desta forma, seus riscos poderiam ser realmente entendidos e suas medidas de segurança seriam melhor praticadas.

9. Conclusões

Segurança do trabalho é um assunto muito discutido e que coleciona opiniões bastante distintas. A importância de condições seguras de trabalho e da contenção das quantidades de acidentes e óbitos é consenso entre as pessoas, empresas, órgãos e o governo. Afinal, um acidente do trabalho, por mais leve que seja, gera vários transtornos, não só aos envolvidos.

O Brasil conta com várias legislações e normas bastante rígidas que regulam este setor, entretanto, as estatísticas não têm mostrado um efeito positivo da aplicação destas normas. Assim sendo, conclui-se que o real problema acerca do assunto está na dificuldade de cumprimento destas legislações.

De fato, a fiscalização é deficitária. Entretanto, no caso da NR-12, é importante notar que ela foi redigida em caráter excessivamente teórico e interpretativo, ignorando os impactos econômicos e sociais acerca de sua aplicação. É evidente que esta é uma norma importante e que deve ser respeitada, porém ela também possui diversos excessos e indeterminações, que acabam negligenciando sua real utilização.

Outro aspecto de utilização da NR-12 está diretamente ligado com o profissional de segurança. Como esta norma é extremamente interpretativa, o bom senso do profissional terá grande impacto no resultado do projeto. Não basta que ele entenda apenas dos aspectos de segurança do mecanismo. É fundamental ter um conhecimento interdisciplinar, dominando profundamente o funcionamento da máquina e observando seu produto, requisitos e limitações, bem como seus aspectos elétricos, mecânicos e de *software*.

Por muitas vezes, as empresas não conseguem manter um profissional de segurança, e como isto não é exigido por lei, é a própria equipe que acaba desenvolvendo a segurança da máquina. A área mecânica pensa em algumas medidas, a área elétrica em outras, o *software* em outras e assim a segurança é estabelecida. Na maior parte dos casos, as áreas da empresa possuem comunicação deficitária, e o projeto de segurança acaba com algumas falhas.

Em geral, em uma empresa, os prazos são muito apertados e os problemas a serem resolvidos no dia-a-dia são tantos que não é raro que o projeto de segurança da máquina seja deixado em segundo plano, afinal, efetivamente, o mais importante é que a máquina funcione.

É muito importante que o profissional de segurança mantenha-se sempre atualizado com novas tecnologias e componentes de segurança e que priorize uma visão global sobre a máquina, evitando práticas viciosas e erros comuns no desenvolvimento do projeto. Algumas vezes, os projetos solicitam conhecimento de assuntos muito específicos, como ocorreu no caso do laser, portanto é importante que o profissional tenha acesso e interesse em buscar novas informações. Além disto, como engenheiro, é indispensável primar por baixos custos no projeto de segurança.

Desta forma, conclui-se que projetos de segurança são extremamente complexos e exigem conhecimentos profundos em várias áreas. Além disto, o problema de cumprimento da NR-12 é muito mais intrincado do que se supõe. Uma revisão na Norma, acatando o que as comissões reivindicam não seria suficiente, uma vez que o grande problema é cultural. A Norma está sujeita aos seres humanos e como foi observado, quando em um ambiente tumultuado, as pessoas não priorizam a segurança.

Enfim, para solucionar o problema de segurança no Brasil é necessário investir intensamente na conscientização de todas as pessoas, tanto profissionais de segurança, empresas, operadores de máquinas e quanto qualquer cidadão, por mais alheio que seja. Além disto, é necessário que a NR-12 seja revisada, de forma a ser melhor definida, diminuindo o espaço para interpretações.

Tomando o estudo de caso da manufatura automobilística, uma sugestão para trabalho futuro seria o desenvolvimento de um novo projeto mecânico para a primeira máquina da montagem, de forma que somente a área de marcação a laser seja enclausurada com chapas de aço.

Além disto, propõe-se estudar a fundo os reais perigos da utilização do laser e aplicar o conhecimento adquirido em um projeto de segurança com gravação a laser, garantindo a saúde das pessoas, com um dimensionamento sem exageros e com o menor despendimento econômico possível.

Referências

ANUÁRIO Estatístico de Acidentes do Trabalho 2013. Ministério da Previdência Social, 2015. Disponível em <<http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/aeat-2013/estatisticas-de-acidentes-do-trabalho-2013/subsecao-a-acidentes-do-trabalho-registrados/tabelas-a-2013/>>. Acesso em 15/09/2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Disponível em <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso em 19/09/2015.

ATAS da Comissão Nacional Tripartite Temática da NR 12 (CNTT NR-12). Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em <http://acesso.mte.gov.br/seg_sau/comissao-nacional-tripartite-tematica-da-nr-12-cntt-nr12.htm>. Acesso em 08/09/2015.

ATUADORES. SMC Brasil. Disponível em <<http://www.smcb.com.br/produtos/>>. Acesso em 07/10/2015.

AUTOMAÇÃO e Controle. SCHNEIDER ELECTRIC. Disponível em <<http://www.schneider-electric.com/products/br/bz/?Business=1>>. Acesso em 15/07/2015.

BAÚ, Marli Teresinha. **A Nova NR12 e as grandes mudanças para as empresas e os usuários.** Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina, 1º de novembro de 2013. Disponível em <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=2661#.VjeF2PmrShd>>. Acesso em 15/09/2015.

BEM-VINDO à IEC. Comissão Eletrotécnica Internacional. Disponível em <http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/about_iec/welcome_to_the_iec-p.pdf>. Acesso em 19/09/2015.

BRANDALIZE, Maria Cecília Bonato. **Padrões de Classificação de Equipamentos Laser Utilizados em Levantamentos Terrestres e Aéreos.** Disponível em <<http://www.lidar.com.br/arquivos/PadroesSegurancaLaser.pdf>>. Acesso em 08/09/2015.

BRANDÃO, Dennis. **Notas de Aulas, SEL0406 – Automação (Versão 2014.1).** SEL-EESC-USP.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 5 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm#adct>. Acesso em 28/10/2015.

BRASIL. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Código Penal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 31 de dezembro de 1940. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del2848.htm>. Acesso em 15/09/2015.

BRASIL. Decreto-Lei nº 4.657, de 4 de setembro de 1942. Lei de Introdução às normas do Direito Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 9 de setembro de 1942. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del4657.htm>. Acesso em 15/09/2015.

BRASIL. Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 14 de setembro de 2001. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm>. Acesso em 15/09/2015.

BRASIL. Decreto nº 3.048, de 6 de maio de 1999. Aprova o Regulamento da Previdência Social, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 7 de maio de 1999. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3048.htm>. Acesso em 15/09/2015.

BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 25 de julho de 1991. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L8213cons.htm>. Acesso em 07/09/2015.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 11 de janeiro de 2002. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em 15/09/2015.

CHAVE magnética codificada. SIEMENS. Disponível em <<http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/fim-de-curso/chave-magnetica-codificada/pages/chave-magnetica-codificada.aspx>>. Acesso em 22/09/2015.

ELECTRICALLY Powered Steering. ZF-TRW. Disponível em <http://www.trw.com/steering_systems/steering/electrically_powered_steering>. Acesso em 22/10/2015.

ESTRATÉGIA Nacional para Redução dos Acidentes do Trabalho 2015- 2016. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, 2015. Disponível em <<http://acesso.mte.gov.br/data/files/FF8080814D5270F0014D71FF7438278E/Estrat%C3%A9gia%20Nacional%20de%20Redu%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Acidentes%20do%20Trabalho%202015-2016.pdf>>. Acesso em 08/09/2015.

FIESP acompanha texto sobre Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, 06 de abril de 2015. Disponível em <<http://www.fiesp.com.br/noticias/fiesp-e-ciesp-acompanham-texto-da-nr12-sobre-seguranca-no-trabalho-em-maquinas-e-equipamentos/>>. Acesso em 08/09/2015.

GRAU de Proteção IP para Equipamentos Elétricos. Assessoria Industrial. Disponível em <<http://assessoriaindustrial.com.br/wp-content/uploads/2014/09/GraudeProtecao.pdf>>. Acesso em 21/09/2015.

INFORMAÇÕES: Acidentes do Trabalho por UF, Idade e Sexo. Ministério da Previdência Social. Disponível em <<http://www3.dataprev.gov.br/AEAT/greg/reg03/reg03.PHP>>. Acesso em 15/09/2015.

International Electrotechnical Commission (IEC). Disponível em <www.iec.ch>. Acesso em 19/09/2015.

International Organization for Standardization (ISO). Disponível em <<http://www.iso.org/iso/home/standards.htm>>. Acesso em 19/09/2015.

INTRODUÇÃO à segurança funcional dos sistemas de controle. ROCKWELL AUTOMATION. Disponível em <<http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7555769/O-que-seguran-a-funcional.html>>. Acesso em 15/07/2015.

MÁQUINAS seguras de forma rápida e fácil- com alta produtividade. SIEMENS. Disponível em <<http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/documents/safety-general-safety.pdf>>. Acesso em 15/07/2015.

MINERAL Glass and Plastic Laser Protection Windows. LASERVISION GMBH & CO. KG. Disponível em <<http://www.uvex-laservision.de/en/laser-safety-windows/>>. Acesso em 25/10/2015.

NORMA Inexequível? Revista do CIESP Distrital Oeste. CIESP Campinas, 11 de dezembro de 2013. Disponível em <http://www.ciespcampinas.org.br/site/noticias/379/2013/12/norma_inexequivel_nr_12>. Acesso em 08/09/2015.

NORMAS Regulamentadores de Segurança e Saúde no Trabalho. Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em <<http://acesso.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em 30/06/2015.

NR-12: revisão é uma questão de bom senso. Blog Relações do Trabalho, 16 de abril de 2014. Disponível em <<http://www.relacoedotrabalho.com.br/profiles/blogs/nr-12-revisao-e-uma-questao-de-bom-senso>>. Acesso em 08/09/2015.

NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, de 8 de junho de 1978. Ministério do Trabalho e Emprego. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 6 de julho de 1978. Atualizada em 26 de junho de 2015. Disponível em <<http://acesso.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em 13/09/2015.

OPERATING Instructions. deTec4 Core, Safety light curtain. SICK.

PORTARIA MTE nº 857 de 25 de junho de 2015. Altera a Norma Regulamentadora nº12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 26 de junho de 2015. Disponível em <<http://www.normaslegais.com.br/legislacao/Portaria-mte-857-2015.htm>>. Acesso em 15/09/2015.

PORTARIA que altera NR 12 é avanço, mas norma precisa de mudanças profundas. Portal da Indústria, 26 de junho de 2015. Disponível em <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/imprensa/2015/06/1,65172/portaria-que-altera-nr-12-e-avanco-mas-norma-precisa-de-mudancas-profundas.html>>. Acesso em 25/09/2015.

PORTARIA SIT nº 197 de 17 de dezembro de 2010. Altera a Norma Regulamentadora nº12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 24 de dezembro de 2010. Disponível em <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/portariasit197_2010.htm>. Acesso em 15/09/2015.

PROJETO do sistema de acordo com a norma EN ISO 13849 e SISTEMA. ROCKWELL AUTOMATION. Disponível em <<http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7565826/print.html>>. Acesso em 15/07/2015.

SAFETY and health at work. Organização Internacional do Trabalho. Disponível em <<http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm>>. Acesso em 07/09/2015.

SAFETY in control systems according to EN 13849-1. Machine Safety – Jokab products. ABB. Disponível em <https://library.e.abb.com/public/f282e8fb773fa733c1257996004307a6/EN_ISO_13849-1_2TLC172003B02002.pdf>. Acesso em 15/07/2015.

SAFETY Legislation and Standards. SCHNEIDER ELECTRIC. Disponível em <http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/225000/FA225416/en_US/Difference%20between%20EN_ISO%2013849%20and%20EN_IEC%2062061.pdf>. Acesso em 15/07/2015.

SANTI, Thais. **NR-12 em Revisão**. Revista o Papel, dezembro de 2013. Disponível em <<http://www.sinpacel.org.br/informativos/2014/640/nr12-em-revisao.pdf>>. Acesso em 08/09/2015.

SCHMIDT, Frank. **EN ISO 13849-1: Novo princípio de categorias para a segurança em máquinas**. SCHMERSAL. Disponível em <www.schmersal.pt>. Acesso em 15/07/2015.

SEGURANÇA. KEYENCE Brasil. Disponível em <<http://www.keyence.com.br/products/safety/index.jsp>>. Acesso em 20/08/2015.

SEGURANÇA. SCHMERSAL Brasil. Disponível em <<http://www.schmersal.com.br/produtos/seguranca/>>. Acesso em 20/08/2015.

SISTEMAS de segurança configuráveis PNOZmulti. PILZ Brasil. Disponível em <<https://www.pilz.com/pt-BR/eshop/A0011B0019/Configurable-safety-systems>>. Acesso em 22/09/2015.

SOARES, Luiz de Jesus Peres. **Os Impactos Financeiros dos Acidentes do Trabalho no Orçamento Brasileiro: Uma Alternativa Política e Pedagógica para Redução dos Gastos**. Brasília, 2008. Disponível em <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/178124/MonografiaLuisPeres.pdf?sequence=4>>. Acesso em 17/09/2015.

SOFTWARE-Assistent SISTEMA: Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Disponível em <<http://www.dguv.de/ifa/Praxishilfen/Software/SISTEMA/index-2.jsp>>. Acesso em 15/07/2015.

SOLUÇÕES de Segurança. Modularidade, Flexibilidade e Segurança. SIEMENS. Disponível em <www.siemens.com.br/safety>. Acesso em 15/07/2015.

USER's Manual. MD-F3100/5100 Series, 3-Axis Fiber Laser Marker. KEYENCE.

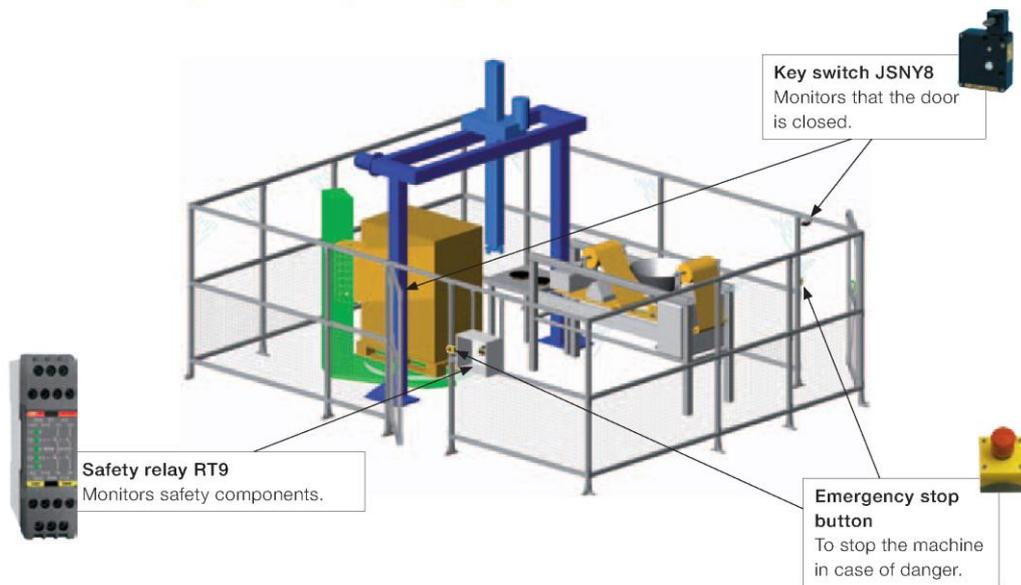
WELTER, E. B. P.; BORGES, G. J. Dimensionamento Eletromecânico e Gerenciamento de um Projeto de Automação Mecânica. São Carlos: USP, 2015.

ZAFALON, Joelmir. **Grau de Proteção (IP)**. Lumière electric. Disponível em <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/artigos/grau_de_protecao_ip.pdf>. Acesso em 21/09/2015.

Anexo A – Exemplos de cálculo de nível de desempenho PL em sistemas de segurança

Example 1 Safety system using RT9

Protection layout for a packaging machine with low risks.



Step 1 – Risk assessment

Food to be packaged is loaded into the cell manually through the rear door. A batch is prepared for the packing conveyor in the infeed hopper. The cell is reset and restarted. The packaging machine with conveyor belt only operates when both doors are closed and when the protection system has been reset.

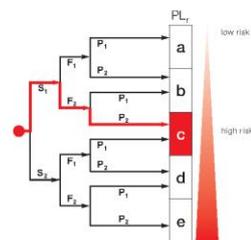
In the risk assessment it was established that the machine is to be operated in three shifts (8 hours per shift) 365 days a year. It is assumed that operational disturbances were resolved in less than one minute in the danger zone. This can be carried out two times per hour (F2). Unexpected start-ups are not deemed to cause serious injury but rather minor healable injuries (S1). The operator is deemed not to have the possibility of avoiding injury as the machine moves quickly (P2).

The number of cycles for the safety function = 365 days/year · (3·8) hours/day · 2 cycles/hour = 17,520 cycles/year

The assessment for the safety function required for access to the machine is $PL_r = c$ (S1, F2, P2). In addition to this safety function, an emergency stop function is needed. This is also assessed as $PL_r = c$.

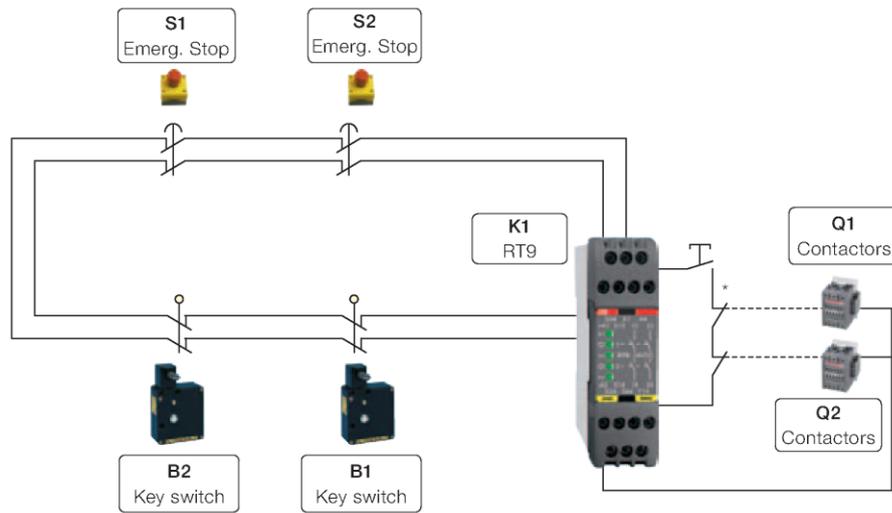
Step 2 – Reduce the risk

As protection, an interlocked door is selected with the key switch JSNY8. Downtime is short enough for the dangerous movement to have stopped before the operator can access it. The emergency stop is placed within easy reach, on both sides of the cell near the locked doors.



Assessment of the PL_r necessary for the safety function with interlocked door for this example.

NOTE: The assessment needs to be made for each safety function.



* Monitoring of contactors with K1

Step 3 - Calculate the safety functions

The starting block that is composed of double unmonitored contactors has been calculated at $2,47 \cdot 10^{-9}$. The safety functions are represented by block diagrams.

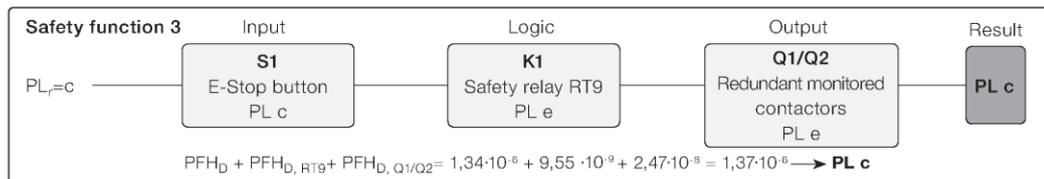
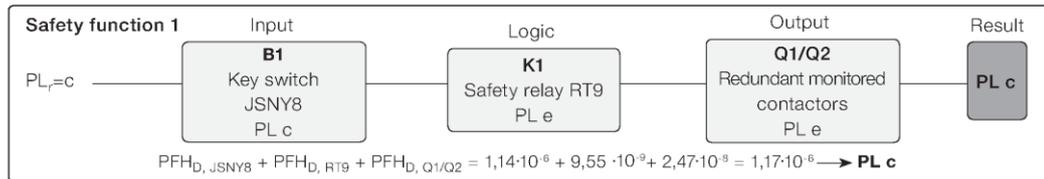
Safety functions 1 and 2 are identical. Therefore, only safety function 1 is shown.

Safety functions 3 and 4 are identical. Therefore, only safety function 3 is shown.

How safe is a mechanical switch?

A mechanical switch must be installed and used according to its specifications in order to be reliable.

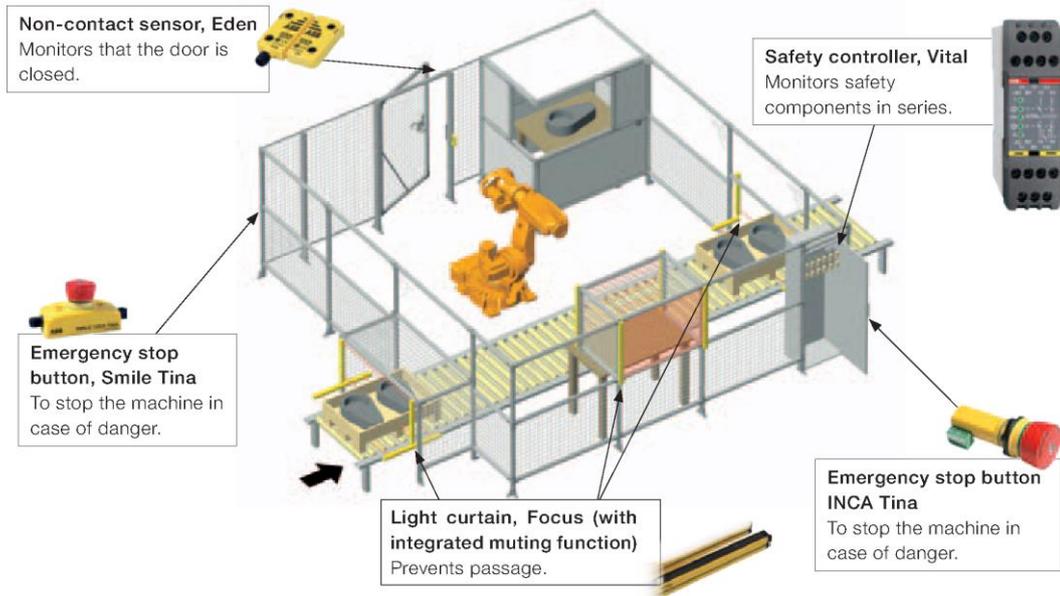
- Life expectancy only applies if correctly installed.
- The locking head must be fixed so that it will not loosen.
- The environment around the lock housing must be kept clean.
- Two mechanical switches on a door can also fail for the same reason.



The reason for not achieving more than PL_c with this solution is that you use one key switch per door. PL_d could be achieved by using two key switches per door, but further action on the monitoring of each switch will be required as well. Note: If the risk assessment had shown that a serious injury, S2, could occur, the outcome would have been $PL_{r=e}$. This would have meant that the above solution was inadequate. For the emergency stop function, PL_d can be achieved provided that certain failure exclusions can be made. These safety functions can be downloaded from our website as a SISTEMA project, www.jokabsafety.com.

Example 2 Safety system using Vital

Protection layout for a robot cell with high risks.



Step 1 – Risk assessment

The workpieces are fed into the equipment and transported out again following an error-free test. With the help of a robot the workpieces are added to a machine for testing. Unauthorised workpieces are positioned by the robot for post-machining in a manual discharge station. The work that needs to be done in the robot cell is to correct operational disturbances for the test equipment and the conveyor belt (about once an hour), post-machining and unloading from the manual station (about once an hour), program adjustments (once/week) and cleaning (once/week) (F2). Unexpected start-ups of the robot are expected to cause serious injury (S2). The operator is deemed not to have the possibility of avoiding injury as the robot moves quickly (P2). The assessment for the safety function required for access to the machine is $PL_r=e$ (S2, F2, P2).

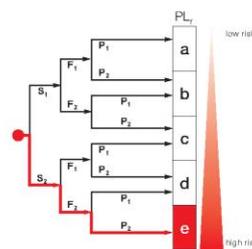
The coming ISO 10218-2 standard for robot systems/cells specifies the requirement PL d for the safety functions to be used (if the risk analysis does not show a different PL). For the robot safety stop and emergency stop inputs, the requirement is at least PL d (according to the EN ISO 10218-1 standard). However, in this case risk assessment is $PL_r=e$.

Step 2 – Reduce the risk

As protection, an interlocked door is selected with the Eden non-contact sensor. To protect against entering the cell the wrong way, transport of materials in and out is protected and provided with muting to distinguish between material and people. The emergency stop is also a safety function that

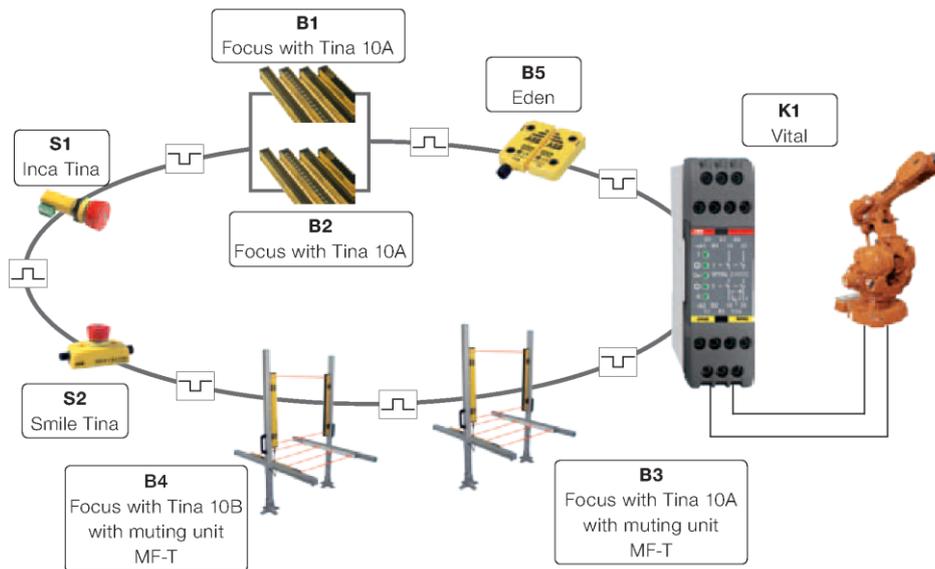
is required. The power source to all hazardous machinery functions has to be cut using all safety functions.

The solution with Vital makes it possible to implement a robot application with only one safety controller, which does not need to be configured or programmed. Vital makes it possible to connect up to 30 safety functions in a single loop, with PL e in accordance with EN ISO 13849-1.



Assessment of the PL_r required for the safety function with interlocked door.

NOTE: The assessment needs to be made for each safety function.

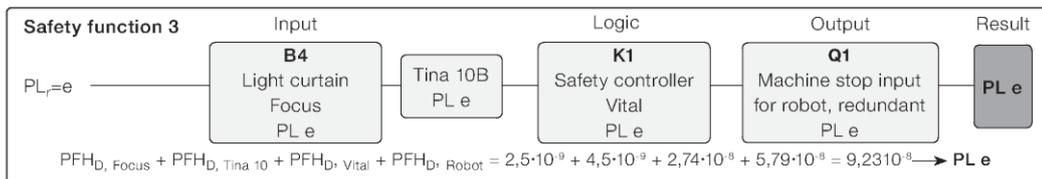
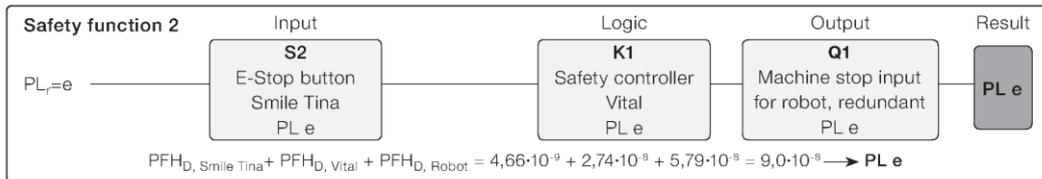
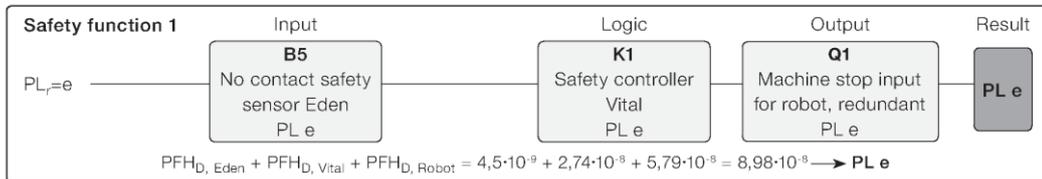


Step 3 - Calculate the safety functions

The PFH_D-value of the robot's safety stop input is 5.79·10⁻⁸ (the value applies to ABB industrial robots with IRC5 controller). The safety functions are represented by block diagrams.

Safety function 3

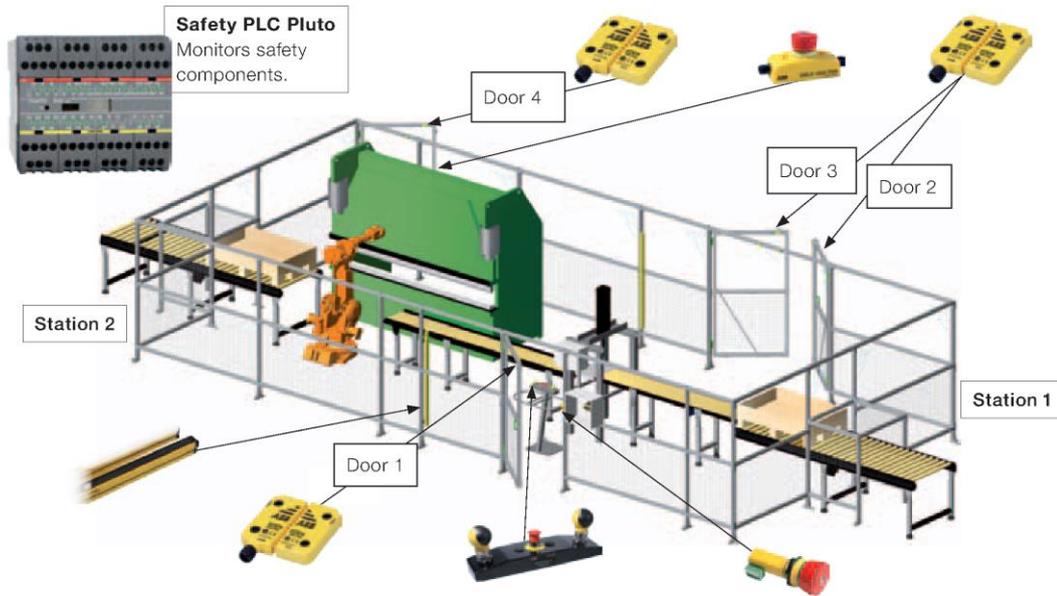
When calculating the safety function the PFH_D- values for both the light curtain and the muting unit shall be included in the same function. See safety function 3 below.



These safety functions with Vital meet PL e in accordance with EN ISO 13849-1. Note that the above functions are only selected examples of the safety functions that is represented in the robot cell.

Example 3 Safety system using Pluto

Protection layout for a machining tool and industrial robot with high risks.



Step 1 – Risk assessment

The workpieces to be machined are fed into the cell through a conveyor belt and positioned by the operator in the pneumatic machining tool in station 1. The operator starts station 1 manually. The pneumatic machining tool performs work on the workpiece in station 1. The operator then places the machined workpiece on the conveyor belt for transfer to station 2. The robot then takes the workpiece that is placed in the hydraulic press. The workpiece leaves the cell by transport out onto the conveyor. The work that needs to be done in station 2 is, for example, to address operational disturbances in the press and the robot (a few times a week, F2).

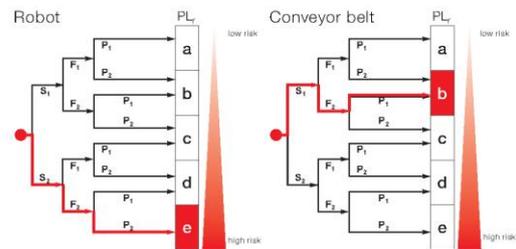
Unexpected start-ups of the robot are expected to cause serious injury (S2). The operator is deemed not to have the possibility of avoiding injury as the robot moves quickly (P2). The assessment for the safety function required for access to station 2 is $PL_r=e$ (S2, F2, P2). This assessment would still be the same in respect of the press. For the safety function for the risks associated with the conveyor belt, the assessment S1, F2, P1 is made giving $PL_r= b$.

Step 2 – Reduce the risk

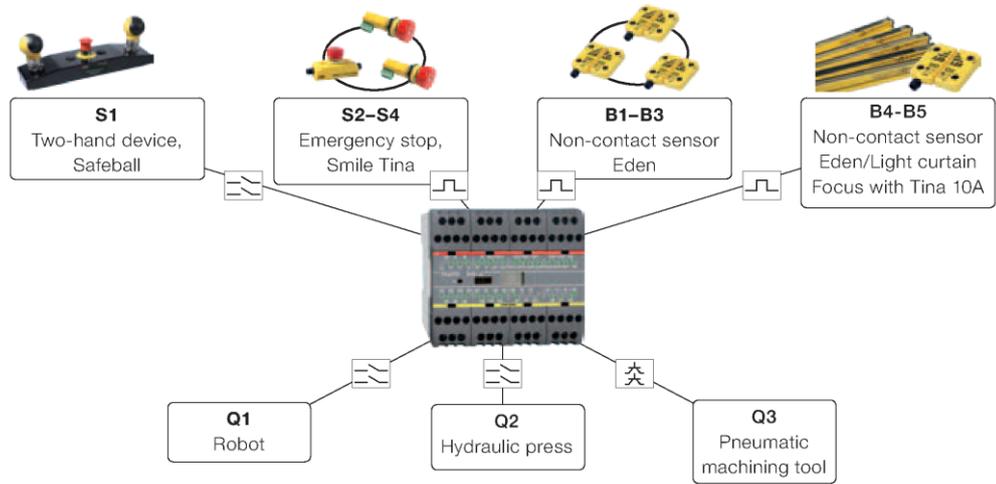
As protection, interlocked doors are selected with the Eden non-contact sensor. Station 1 with the pneumatic machining tool is operated by a two-hand device. When the two-hand device is released, the dangerous movement will be stopped safely. Station 2 can be in automatic mode, when a light curtain (Focus) and a non-contact sensor at door 4 (Eden) protects the entry. If the door is opened or the light curtain

is breached, station 2 stops in a safe manner. By opening doors 2 and 3 (also monitored by Eden) the conveyor belt and the pneumatic machining tool will stop safely. Manual reset must always be done after actuation by any safety device.

When the protection system requires a number of safety devices and that multiple machines must be checked, safety PLC Pluto is the most effective solution. If the protection system also has to work by zones and in different modes of operation, this is another compelling reason to use Pluto. With Pluto, PL e can be achieved regardless of the number of connected safety devices.



$PL_r= e$ for the robot and hydraulic press and $PL_r= b$ for the conveyor belt.

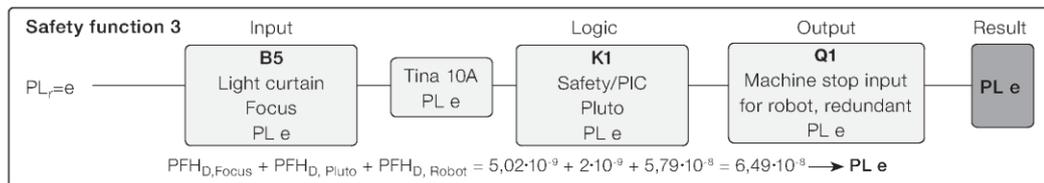
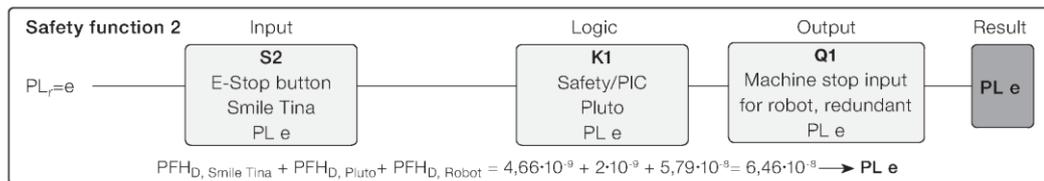
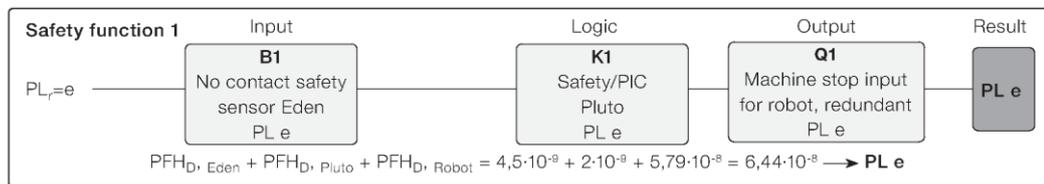


Step 3 - Calculate the safety functions for the robot cell

The PFH_D-value for the robot's safety stop input is 5.79·10⁻⁸ (the value applies to ABB industrial robots with IRC5 controller).

Only safety functions to help cut the power to the industrial

robot are shown below. This is only a subset of the safety functions. When the power is to be cut to multiple machines in a cell, the safety functions can be defined in different ways depending on the risk analysis. The safety functions are represented by block diagrams.



These safety functions with Pluto meet PL e in accordance with EN ISO 13849-1. Note that the above functions are only selected examples of the safety functions that appear in the robot cell.

Anexo B – Exemplo de catálogo de componentes de segurança

SIEMENS

PRODUTO SEGURO

Linha Plus

Linha Master

www.siemens.com.br/safety

Soluções de Segurança

Modularidade, Flexibilidade e Segurança

Relés de Segurança 3SK1

Com os relés de segurança SIRIUS 3SK1, você dispõe da solução ideal para a maioria das aplicações de segurança.

A versão BÁSICA é apropriada para uso geral, onde os relés podem ser interligados de forma convencional, através de fios. Os canais de entrada universais permitem a conexão com qualquer tipo de sensor.

Já a versão ADVANCED permite a expansão através de módulos de entrada e saída, conectados de forma prática e segura através de suportes para fixação ao trilho DIN.

Sistema de Segurança Modular MSS

O sistema de segurança modular MSS representa uma solução intermediária entre os relés de segurança convencionais e os CLPs de segurança. Com o MSS é possível implementar soluções mais complexas graças à facilidade da programação via software. Por outro lado, o sistema modular foi desenvolvido para facilitar

o trabalho de quem desenvolve soluções de segurança e não está acostumado com programação de CLPs, pois dispõe de linguagem simplificada e blocos de funções apropriados para a maioria das aplicações. Com capacidade para expansão de até 9 módulos de entrada e saída, sejam de segurança ou standard, além do módulo de comunicação PROFIBUS-DP, o MSS é a solução ideal para adequações de segurança que requerem integração com sistemas de comando e automação já existentes. Solução de baixo custo que traz grandes benefícios, tanto para as fases de projeto como montagem e startup.



Sistema de Segurança Modular MSS



Código	Descrição	Profibus DP ⁵⁾	Interface AS-I	Entrada de Segurança ²⁾	Saídas de Segurança ³⁾⁴⁾		Entradas Standard	Saídas standard
Módulos principais - Unidade básica (CPUs)¹⁾				FDI	FRO (Relé)	FDO (PNP)	DI	PNP
3RK3 111-1AA10	Básico - expansível até 7 módulos	sim	Não	8	1 dupla	1 dupla	-	-
3RK3 121-1AC00	ASIsafe - não expansível	sim	Integrada	2	1 dupla	1 dupla	6	-
3RK3 122-1AC00	ASIsafe - expansível até 2 módulos	sim	Integrada	4	1 dupla	1 dupla	4	-
3RK3 131-1AC10	Advanced - expansível até 9 módulos	sim	Integrada	8	1 dupla	1 dupla	-	-
Kit que inclui módulo principal (CPU) + cabo de programação + software de programação MSS ES								
3RK3 922-1AC10	3RK3 131-1AC10 + cabo + software	Sim	Sim	8	1 dupla	1 dupla	-	-
Módulos de expansão								
3RK3 211-1AA10	Módulo de entradas de segurança	-	-	8	-	-	-	-
3RK3 221-1AA10	Módulo de entradas e saídas	-	-	4	2 simples	-	-	-
3RK3 231-1AA10	Módulo de entradas e saídas	-	-	4	-	2 duplas	-	-
3RK3 242-1AA10	Módulo de saídas	-	-	-	-	4 duplas	-	-
3RK3 251-1AA10	Módulo de saídas	-	-	-	8 simples	-	-	-
3RK3 311-1AA10	Módulo de saídas	-	-	-	-	-	-	8
3RK3 321-1AA10	Módulo de entradas	-	-	-	-	-	8	-
Módulos especiais								
3RK3 511-1BA10	Módulo de interface Profibus DP (Basic: 32 bits de leitura / 32 de escrita - Advanced: 64 bits de leitura / 64 de escrita)							
3RK3 611-3AA00	Módulo de diagnóstico - Display							
Acessórios								
3ZS13145CC100YA5	Software de Parametrização MSS ES							
3UF7 941-0AA000	Cabo de Programação USB							
3UF7 930-0AA000	Cabo Flat 2,5cm							
3UF7 931-0AA00	Cabo Flat 10cm							
3RK3 931-0AA00	Módulo de Memória							

NOTAS:

- 1) Toda unidade básica já é um módulo autônomo, ou seja, não necessita a inclusão de módulo adicional para operar;
- 2) Entradas de segurança: em sistemas com arquitetura redundante (categoria 3 ou 4, PLd, SIL2) é necessário a combinação de 2 entradas;
- 3) Saídas de segurança simples: em sistemas com arquitetura redundante (categoria 3 ou 4, PLd, SIL2) é necessário a combinação de duas saídas deste tipo para comutar 2 atuadores de forma independente;
- 4) Saídas de segurança duplas: em sistemas com arquitetura redundante (categoria 3 ou 4, PLd, SIL2) é possível a utilização de apenas uma saída deste tipo para comutar 2 ou mais atuadores, desde que as falhas na conexão possam ser excluídas (ex. MSS e contadores montados no mesmo painel);
- 5) Para conectar o MSS em uma rede PROFIBUS é necessário adicionar o módulo de interface 3RK3 511-1B10

Relé de Segurança SIRIUS 3SK1					
Modelo	Aplicação ¹⁾				
	Paradas de Emergência 	Porta de Proteção 	Calço de Segurança 	Dispositivos Ópticos 	Comando Bimanual 
3SK1 111 – Unidade Básica para uso geral ¹⁾	x	x	x	x	
3SK1 12X – Unidade Advanced Expansível, com funções avançadas ¹⁾	x	x	x	x	x

Código de especificação						
	Saídas seguras à relé		Saídas seguras à semicondutores		Alimentação	Número de saídas
Unidades básicas padrão SIRIUS 3SK1	3SK1 111 -	<input type="checkbox"/> AB 30			24 V ca/cc	3NA+1NF
	3SK1 111 -	<input type="checkbox"/> AW 20			110 - 240 V ca/cc	3NA+1NF
Unidades Avançadas SIRIUS 3SK1			3SK1 112 -	<input type="checkbox"/> BB 40	24 V cc	2FDO+1DO
			3SK1 120 -	<input type="checkbox"/> AB 40	24 V cc	1FDO
	3SK1 121 -	<input type="checkbox"/> AB 40	3SK1 122 -	<input type="checkbox"/> AB 40	24 V cc	3FDO+1DO
Módulos de expansão de saída SIRIUS 3SK1	3SK1 121 -	<input type="checkbox"/> CB 4	<input type="checkbox"/> 3SK1 122 -	<input type="checkbox"/> CB 4	<input type="checkbox"/> 24 V cc	2FDO+2FDOtd
	3SK1 211 -	<input type="checkbox"/> BB 00			24 V ca	4NA
	3SK1 211 -	<input type="checkbox"/> BB 40			24 V cc	4NA
	3SK1 211 -	<input type="checkbox"/> BW 20			110 - 240 V ca/cc	4NA
	3SK1 213 -	<input type="checkbox"/> AB 40			24 V cc	3NA
	3SK1 213 -	<input type="checkbox"/> AJ 20			115 V ca	3NA
Módulo de entrada Duplo canal SIRIUS 3SK1	3SK1 213 -	<input type="checkbox"/> AL 20			230 V ca	3NA
	3SK1 220 -	<input type="checkbox"/> AB 40				
Módulo fonte	3SK1 230 -	<input type="checkbox"/> AW 20				
	1	Conexão do tipo parafuso				
	2	Conexão à mola				
FDO: Saída de segurança (NA ou PNP) DO: Saída de sinalização (NF ou PNP) td: saída com atraso					1	0,05 - 3 seg.
					2	0,5 - 30 seg.
					4	5,0 - 300 seg.



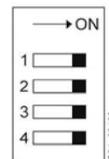
Unidade básica:

- Para aplicações básicas como:
- Portas de proteção (Fim de curso)
 - Botão de Emergência
 - Cortinas de Luz ou Scanners;
 - Rearme Auto/Manual



Unidade Avançada: Expansível :

- Inclui funções adicionais:
- Comando Bimanual (simultaneidade);
 - Canais antivoltantes (NA/NF)
 - Saídas temporizadas (Categoria de parada 1)



- Rearme Auto/Manual Monitorado
- Detecção de curto circuito
- Simultaneidade
- Teste de partida

OBSERVAÇÕES:

- 1) Operação automática ou manual monitorada ajustável;
- 2) Unidades básicas e avançadas sem expansão não requerem conectores 3ZY1;
- 3) Para expansão de módulos de entrada, o sistema de conexão 3ZY1 torna-se necessário;
- 4) O módulo fonte 3SK1-230 não é obrigatório;

- 5) O módulos de expansão de saída podem ser utilizados também com a unidade básica, porém a conexão deve ser feita por fios (não é permitido o uso de conectores 3ZY1);
- 6) Número Max. de módulos de entrada: 5 (à esquerda)
- 7) Número Max. de módulos de saída: 5 (à direita)

Acessórios			
	Para módulos de 17,5 mm	Base para instalação de módulos de entrada. Nota: também utilizada com unidade avançada 3SK1 120	3ZY1212-1BA00
	Para módulos de 22,5 mm	Base para unidade avançada e módulos de saída (e fonte)	3ZY1212--2BA00
	Para módulos de 22,5 mm	Base terminadora - similar a base 3ZY1212-2BA, porém deve ser utilizada na última posição à direita do sistema	3ZY1212-2DA00
	Para módulos de 45 mm - Tipo II	Base Tipo II - para módulos de saída de potência 3SK1 213	3ZY1212-2FA01
	Para módulos de 22,5 mm	Base para partidas eletrônicas compactas 3RM1	3ZY1212-2EA00
	Para módulos de 22,5 mm	Base terminadora para partidas eletrônicas compactas 3RM1	3ZY1212-2FA00

Para aplicações específicas - 45 mm			
	3TK2810-0BA01	24 V CC	Relé de velocidade zero (monitor de fases do motor)
	3TK2810-0GA01	230 V CC	
	3TK2810-1BA41	24V CC	Relé monitor de velocidade (leitor de sensores ou encoders)
	3TK2810-1KA41	120 ... 240 V CA	

Soluções combinadas - relé duplo (categoria 4): 2 monitores + seletor manutenção/serviço ⁴⁾								
	Soluções combinadas - 45 mm		Alim.	Saídas instantâneas (Segurança + sinalização)		Saídas temporizadas (Segurança + sinalização)		Tempo
				Contato seco	Transistor PNP	Contato seco	Transistor PNP	
3TK28 45-1HB_	Auto e Manual	24 V CC	1NA+1NA	1	1NA+1NA		Completar o espaço _ do código: 0 ... 0S 1 ... 0,05 ... 3s 2 ... 0,5 ... 30s 4 ... 5 ... 300s	
3TK28 45-1DB_	Auto e Manual	24 V CC	1NA+1NA	1	1NA+1NA			
3TK28 45-1EB_	Comando pulsante	24 V CC	1NA+1NA	1	1NA+1NA			
3TK28 45-1FB_	Bloqueio de porta ²⁾	24 V CC	1NA+1NA	1	1NA+1NA			
3TK28 45-1GB_	Bloqueio de porta ³⁾	24 V CC	1NA+1NA	1	1NA+1NA			

NOTAS:

- 1) Todos os relés da linha 3SK1 permitem atingir categoria 4, Ple (conforme ISO13849-1) ou SIL3 (conforme IEC62061), entretanto, o atendimento da categoria de segurança, de acordo com a apreciação de riscos, sempre depende das condições de projeto e instalação do sistema no qual o relé está inserido.)
- 2) Para ser combinado com chaves com bloqueio de porta por ação de mola.
- 3) Para ser combinado com chaves com bloqueio de porta por ação magnética.
- 4) Para maiores detalhes sobre o funcionamento dos relés 3TK2845, consulte o manual de instruções ou o simulador que podem ser obtidos em www.siemens.com.br/safety

Chave de Segurança					
Versão			Tensão do solenóide	Linha plástica Força de travamento 1300N	Linha metálica Força de travamento 2600N
(Fechamento atuado por mola) Contatos da porta de proteção 1NA / 2NF Contatos magnéticos 1NA / 2NF	liberação com chave		24 VDC 115 VAC 230 VAC	3SE5 322-0SE21 3SE5 322-0SE22 3SE5 322-0SE23	3SE5 312-0SE11 3SE5 312-0SE12 3SE5 312-0SE13
	liberação botão escape		24 VDC 115 VAC 230 VAC	3SE5 322-0SF21 3SE5 322-0SF22 3SE5 322-0SF23	3SE5 312-0SF11 3SE5 312-0SF12 3SE5 312-0SF13
	liberação auxiliar		24 VDC 115 VAC 230 VAC	3SE5 322-0SD21 3SE5 322-0SD22 3SE5 322-0SD23	3SE5 312-0SD11 3SE5 312-0SD12 3SE5 312-0SD13
(Fechamento atuado por solenóide) Contatos da porta de proteção 1NA / 2NF Contatos magnéticos 1NA / 2NF			24 VDC 115 VAC 230 VAC	3SE5 322-0SB21 3SE5 322-0SB22 3SE5 322-0SB23	3SE5 312-0SB11 3SE5 312-0SB12 3SE5 312-0SB13
Chave atuador separado			Contatos 1NA / 1NF 1NA / 2NF	Força de extração 18N 3SE5 232-0RV40 3SE5 232-0QV40	Força de extração 9N - 3SE5 112-0QV10
Obs.: Os atuadores da chave são vendidos separadamente					
	Atuador Standard 3SE5 000-0AV01		3SE5 000-0AV02		3SE5 000-0AV03
	3SE5 000-0AV04				3SE5 000-0AV05
	Direção de aproximação para a esquerda		3SE5 000-0AV04		
	Direção de aproximação para a direita		3SE5 000-0AV06		
Chaves RFID Safety			Chaves RFID Safety		
	Chave codificada	Conector M12 - 8 pinos	3SE6315-0BB01	Standard	3SE6310-0BC01
		Conector M12 - 8 pinos Com força retenção 18N	3SE6315-1BB01		Com força de retenção de 18N
	Codificado individualmente Múltiplas gravações	Conector M12 - 8 pinos	3SE6315-0BB02		
		Conector M12 - 8 pinos Com força retenção 18N	3SE6315-1BB02		
	Codificado individualmente Única gravação	Conector M12 - 8 pinos	3SE6315-0BB03		
		Conector M12 - 8 pinos Com força retenção 18N	3SE6315-1BB03		
	Caixa Aberta 3SE5 250-0LC05 (1NA + 2NF)		3SE7 120-1BH00		Pedaleira 3SE2 924-3AA20 (2NA + 2NF)
					Combinado bi-manual (IP65) 3SB3 386-1BB3

Contato NF - Ruptura forçada conforme IEC60947-5-1, anexo K e DIN VDE 0660, parte 200.

Botões 3SB3

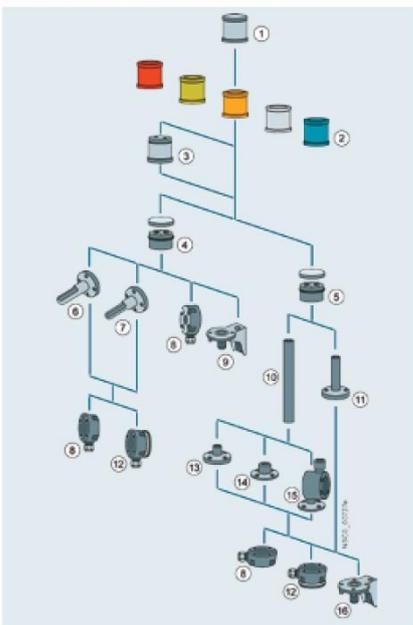
				
Botoneira plástica para botão de emergência	Etiqueta de contraste amarela. Para botão de emergência, 80 mm, Auto-adesiva	Botão Emergência	Cogumelo vermelho, destravamento conforme EM 418	
		Destravamento		
Sem colar de proteção	Sem inscrição	Giratório (Ø 40 mm)	Giratório (Ø 32 mm)	Por chave (Ø 40 mm)
3SB38 01-0AB3	3SB39 21-0AB	3SB3 □00-1HA20	3SB3 □00-1FA20	3SB3 □00-1KA20
Com colar de proteção	Emergência Desliga	Puxar (Ø 40 mm)	Giratório (Ø 60 mm)	
3SB38 01-0AD3	3SB39 21-0AZ	3SB3 □00-1TA20	3SB3 □00-1AA20	

	
Colar de proteção Botão de emergência	Blocos de contato Com terminais por parafuso
Comum	1NA 3SB34 00-0B
3SB39 21-0AK	1NF 3SB34 00-0C
3SB39 21-0AP	1NA+1NF 3SB34 00-0A
Para 5 cadeados	2NA 3SB34 00-0D
3SB39 21-0CG	2NF 3SB34 00-0E
	Bloco Monitorado
	1NF 3SB34 03-0M

Completar o código do produto com a versão correspondente:

3SB3 □
 ↑
 0 = versão plástica
 5 = versão metálica

Colunas de Sinalização 8WD



- 1) Elemento acustico 8WD44
- 2) Módulos luminosos
- 3) Elemento adaptador AS-I 8WD44 28 0BD/8WD44 28-0BE
- 4) Elemento de conexão 8WD44 08-0AB/ 8WD44 08-0AE
- 5) Elemento de conexão para montagem em tudo 8WD44 08-0AA/ 8WD44 08-0AD
- 6) Suporte para parede 8wd43 08-0CA
- 7) Suporte para parede (dois lados) 8WD43 08-0CB
- 8) Suporte 8WD43 08-0DO
- 9) Suporte para montagem 8WD44 08-0CD
- 10) Tubo 8WD42 08-0EF/8WD43 08-0E
- 11) Base com tubo 8WD43 08-0DA
- 12) Base para montagem com tubos 8WD43 08-0DB
- 13) Base para montagem com tubo (> 400 mm) 8WD43 08-0DC
- 14) Base ajustadora de ângulo para montagem com tubo 8WD44 08-0DF
- 15) Suporte (fixação magnética) 8WD43 08-0DE
- 16) Suporte para montagem com base 8WD44 08-0CC

Siemens Ltda
 Digital Factory
 Av. Mutinga, 3800
 05110-902
 São Paulo / SP - Brasil

www.siemens.com.br/safety

As informações presentes nesta publicação contêm apenas descrições ou características de desempenho que nem sempre coincidirão com determinados casos concretos de aplicação, ou elas ainda podem variar em função de uma eventual continuação do desenvolvimento dos produtos. As características de desempenho somente terão um vínculo obrigatório quando existir uma adesão por escrito nos termos do contrato.

Todas denominações de produto podem ser marcas registradas da Siemes AG ou de fornecedores desta, cujo uso por terceiros pode implicar na violação de direitos autorais.

