

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

ALDEMIR LUIZ BRUNHEROTO

**ANÁLISE DO SISTEMA DE SEGURANÇA DE UM AGC (*AUTOMATED
GUIDED CART*) BASEADO EM NORMAS TÉCNICAS VIGENTES**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2018**

ALDEMIR LUIZ BRUNHEROTO

**ANÁLISE DO SISTEMA DE SEGURANÇA DE UM AGC (*AUTOMATED
GUIDED CART*) BASEADO EM NORMAS TÉCNICAS VIGENTES**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. M.Eng. Roberto Serta

CURITIBA
2018

ALDEMIR LUIZ BRUNHEROTO

ANÁLISE DO SISTEMA DE SEGURANÇA DE UM AGC (*AUTOMATED GUIDED CART*) BASEADO EM NORMAS TÉCNICAS VIGENTES

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. M.Eng. Roberto Serta
Professor do CEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2018

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

Visando a redução de custos, as empresas têm cada vez mais buscado soluções para automatizar processos e evitar desperdício, sendo os robôs colaborativos, tais como os AGCs e os AGVs, uma boa solução para a transferência de componentes e produtos entre estações de montagem. Porém, ainda não há uma legislação específica para estes equipamentos, mesmo sua utilização sendo cada vez mais frequente no ambiente industrial. Mediante a este contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o sistema de segurança de um AGC com base em normas técnicas vigentes, assim como elaborar um *checklist*, que possibilitará a caracterização do mesmo como seguro e que poderá ser utilizado como uma ferramenta para melhoria ou, até mesmo, como referência para futuros desenvolvimentos. Este *checklist* de segurança visa determinar a conformidade destes equipamentos com as normas NR-12:2017 e ANSI/ITSDF B56.5-2005, sendo o mesmo, posteriormente aplicado em um AGC existente, atualmente utilizado para transporte de produtos entre processos de uma linha de produção. Para a aplicação deste *checklist*, se fez necessário a realização da análise dos riscos do equipamento, de acordo com a norma NBR ISO 12100:2013 e a classificação da categoria de segurança, conforme a norma NBR 14153:2013, tendo em vista que um dos itens da NR-12:2017 refere-se a esta classificação. Como resultado, verificou-se que o sistema de segurança do AGC atende aos requisitos da categoria de segurança selecionada, entretanto, alguns itens das normas NR-12:2017 e ANSI/ITSDF B56.5-2005 não foram atendidos, sendo recomendado o atendimento aos itens de alta gravidade, identificados no *checklist*, os quais afetam diretamente a segurança. Como primeira conclusão, o equipamento não pode ser considerado seguro, pois não atende a alguns itens graves, como por exemplo, a detecção de perda de controle de velocidade. Como segunda conclusão, a norma NR-12:2017 por si só não é suficiente para analisar este tipo de equipamento, visto que os principais itens de alta gravidade se referem à ANSI/ITSDF B56.5-2005.

Palavras-chave: Riscos; Categoria de Segurança; Transporte; *Checklist*.

ABSTRACT

In order to reduce costs, companies have increasingly sought solutions to automate processes and avoid waste, with collaborative robots such as AGCs and AGVs being a good solution for transferring components and products between assembly stations. However, there is still no specific legislation for these equipment, even its use being increasingly frequent in the industrial environment. In this context, the present work aims to analyze the safety system of an AGC based on current technical standards, as well as to draw up a checklist, which will make it possible to characterize it as safe and that can be used as a tool for improvement or even as a reference for future developments. This safety checklist aims to determine the compliance of these equipments with the NR-12:2017 and ANSI/ITSDF B56.5-2005 standards, and is subsequently applied in an existing AGC, currently used to transport products between processes of a production line. For the application of this checklist, it was necessary to carry out the analysis of the risks of the equipment, according to the NBR ISO 12100:2013 standard and the classification of the safety category, according to NBR 14153:2013 standard, considering that one of the items in NR-12:2017 refers to this classification. As a result, it was verified that the AGC safety system meets the requirements of the selected safety category, however, some items of the NR-12:2017 and ANSI/ITSDF B56.5-2005 standards were not met, being recommended the attendance to items of high severity, identified in the checklist, which directly affect safety. As a first conclusion, the equipment cannot be considered safe because it does not meet some serious items, such as the detection of loss of speed control. As a second conclusion, the NR-12: 2017 standard alone is not enough to analyze this type of equipment, since the main items of high severity refer to ANSI / ITSDF B56.5-2005.

Keywords: Risks; Safety Category; Transport; Checklist.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclos da produção e do consumo	13
Figura 2 - Sete desperdícios de Ohno e Shingo.....	14
Figura 3 - “Guide-O-Matic” da Barret Electronics	15
Figura 4 - Visão geral do sistema AGV	16
Figura 5 - Sistema Filoguiado	17
Figura 6 - Sistema de Faixa	18
Figura 7 - Linha simples.....	18
Figura 8 - Circuito fechado simples	19
Figura 9 - Circuito fechado duplo	19
Figura 10 - Múltiplos circuitos fechados	19
Figura 11 - Solução geral de AGC	20
Figura 12 - Seleção da Categoria de Segurança	24
Figura 13 - Sistema de segurança categoria 1	26
Figura 14 - Sistema de segurança categoria 2	27
Figura 15 - Sistema de segurança categoria 3	28
Figura 16 - Sistema de segurança categoria 4	28
Figura 17 - Limites de Força	42
Figura 18 - Vista geral.....	43
Figura 19 - Layout do percurso	44
Figura 20 - Para-choques de segurança	47
Figura 21 - Seleção da Categoria de Segurança AGC.....	49
Figura 22 - Chaves de segurança.....	49
Figura 23 - Esquema de segurança	50
Figura 24 - Itens do checklist relativos a NR-12.....	51
Figura 25 - Itens do checklist relativos a ANSI/ITSDF B56.5.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Requisitos das categorias de segurança	25
---	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGC – *Automated Guided Cart*

AGV – *Automated Guided Vehicle*

ANSI – *American National Standards Institute*

CLP – Controlador Lógico Programável

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

IMVP – *International Motor Vehicle Program*

ISO – *International Organization for Standardization*

ITSDF – *Industrial Truck Standards Development Foundation*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

MTb – Ministério do Trabalho

MTPS – Ministério do Trabalho e Previdência Social

NBR – Norma Brasileira

NIST – *National Institute of Standards and Technology*

NR – Norma Regulamentadora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.1.1	Objetivo Geral.....	11
1.1.2	Objetivos Específicos.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
1.3	ESTRUTURA	12
2	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	13
2.1	<i>LEAN MANUFACTURING</i>	13
2.2	AGV	15
2.2.1	Visão geral do sistema	16
2.3	AGC	17
2.3.1	Métodos de navegação	17
2.3.2	Configuração de trajetos	18
2.4	LEGISLAÇÃO E NORMAS	20
2.4.1	ABNT NBR ISO 12100:2013	20
2.4.2	ABNT NBR 14153:2013	22
2.4.3	Categorias de Segurança	26
2.4.4	NR-12:2017.....	29
2.4.5	ANSI/ITSDF B56.5-2005	36
3	METODOLOGIA	42
3.1	ESTUDO DE CASO	43
3.1.1	Dados técnicos	43
3.1.2	Percurso.....	44
4	RESULTADOS	45
4.1	APRECIÇÃO DE RISCO (ABNT NBR ISO 12100:2013).....	45
4.1.1	Análise de Riscos	45
4.1.2	Avaliação de Riscos	46
4.2	SISTEMA DE SEGURANÇA (ABNT NBR 14153:2013).....	47
4.2.1	Requisitos de segurança	47
4.2.2	Seleção da categoria de segurança	48
4.2.3	Projeto do sistema de segurança	49
4.2.4	Validação.....	51

4.3	<i>CHECK-LIST</i>	51
5	CONCLUSÃO	53
6	REFERÊNCIAS	54
7	APÊNDICE	56
7.1	<i>CHECK-LIST</i> DE SEGURANÇA.....	56
8	ANEXOS.....	64
8.1	ANEXO 1.....	64

1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de reduzir custos, as empresas têm cada vez mais buscado soluções para automatizar processos e evitar desperdícios, como por exemplo, transferência de componentes e produtos entre estações de montagem. Neste contexto, encontram-se os robôs colaborativos, os AGCs e os AGVs.

Os robôs colaborativos são normalmente utilizados entre estações de trabalho. Operam em conjuntos com os operadores, transferindo peças ou produtos de uma estação para outra, evitando assim a movimentação do operador. Operam sem qualquer tipo de proteção de segurança adicional, como por exemplo, cercas de proteção.

Os AGCs e os AGVs são utilizados normalmente para transferência de componentes ou produtos vindos do estoque para as linhas de produção ou entre as linhas de produção. O sistema de segurança destes equipamentos deve ser projetado levando-se em consideração, principalmente a massa total (veículo e carga) e a velocidade, pois influenciam na severidade do dano em caso de acidente.

O grande problema é que não há uma legislação específica para estes equipamentos e mesmo assim, é cada vez mais frequente a utilização destes na indústria.

Surgem então as dúvidas:

- Quais os riscos envolvidos?
- O sistema de segurança é confiável?

Neste trabalho é feita uma análise do sistema de segurança de um AGC, utilizando-se de normas de segurança vigentes como referência.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é identificar os riscos presentes em um equipamento específico, um AGC, em uma indústria e analisar o sistema de segurança.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar a análise de riscos do equipamento com base na norma NBR ISO 12100:2013;

- Definir a categoria aplicável para o sistema de segurança conforme NBR 14153:2013;
- Elaborar um *checklist* de conformidade com as normas NR-12:2017 e ANSI/ITSDF B56.5-2005, onde aplicável;
- Analisar o sistema de segurança utilizando-se do *checklist*.

1.2 JUSTIFICATIVA

A análise do sistema de segurança em relação às normas e a elaboração do *checklist* possibilita a caracterização do mesmo como seguro e pode ser utilizado como ferramenta para melhoria. Pode ainda ser utilizado como referência para futuros desenvolvimentos.

1.3 ESTRUTURA

No capítulo 2 é apresentado o conceito do *Lean Manufacturing* e sua relação com os AGVs/AGCs. Apresenta ainda uma definição do AGC, os sistemas de navegação e os tipos de trajeto. Em seguida são descritas as normas utilizadas para análise do sistema de segurança. No capítulo 3 é mostrada a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho e o estudo de caso objeto deste trabalho. No capítulo 4 são apresentados os resultados, contemplando a análise de riscos, a classificação da categoria de segurança e a aplicação do *checklist* para verificação dos itens relacionados à segurança. No capítulo 5 é mostrada a conclusão do trabalho.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 LEAN MANUFACTURING

Na década de 1980 foi realizado um trabalho de pesquisa nas organizações do setor automobilístico localizadas nos Estados Unidos, Europa, Coreia do Sul e Japão. Este trabalho foi feito por pesquisadores do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) vinculados ao IMVP (*International Motor Vehicle Program*) (RODRIGUES, 2014).

Através da pesquisa, constatou-se que, principalmente nas indústrias automobilísticas asiáticas, havia boas práticas na gestão dos negócios, nas relações com parceiros e nos sistemas de manufatura. Estas práticas foram identificadas como responsáveis pelo êxito de algumas plantas, principalmente as japonesas (RODRIGUES, 2014).

A Toyota foi a organização que demonstrou modelos de gestão mais eficazes. A sistematização destas práticas focando nos ciclos de produção e do consumo, tendo como elo o produto, foi denominado *Lean Manufacturing*, como mostra a figura 1 (RODRIGUES, 2014).

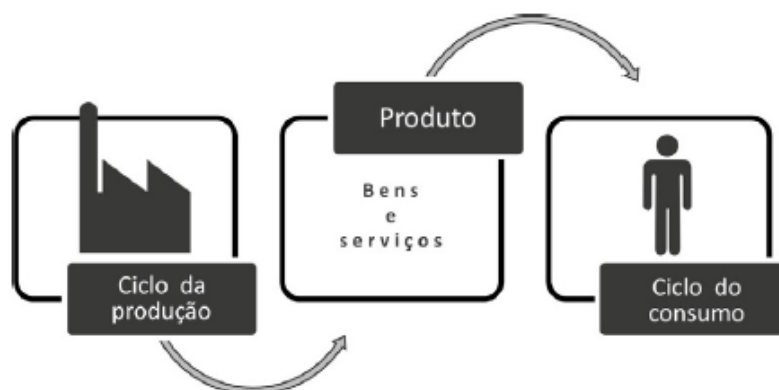


Figura 1 - Ciclos da produção e do consumo
Fonte: Rodrigues, 2014

No sistema *Lean*, o princípio inicial que norteia todos os outros é o valor. O valor de um produto é o que atende as expectativas e necessidades do cliente. O valor é definido pelo cliente, pois ele está disposto a pagar por aquilo que ele entende por valor (RODRIGUES, 2014).

Em contrapartida, o que não agrega valor a um produto, mas consome tempo ou qualquer outro recurso, é chamado de *muda*, que são perdas ou desperdícios. Além desta, outras formas que não agregam valor são o *mura* (desnívelamento) e *muri* (sobrecarga) (RODRIGUES, 2014).

O pensamento *Lean* tem como princípio permanente, a eliminação de *mudas* (desperdícios) em todas as etapas do processo produtivo. Uma das técnicas mais eficazes para esse fim, surgiu através de Taiichi Ohno, executivo da Toyota. Ohno tinha dois princípios em relação aos resultados organizacionais, o primeiro que “o aumento da eficácia só faz sentido quando está associado à redução de custos” e o segundo que “a eficiência deve ser melhorada em cada estágio e, ao mesmo tempo, para a fábrica como um todo” (RODRIGUES, 2014).

Ohno ainda propôs a equação: *Capacidade atual = Trabalho + Desperdício*. O trabalho foi associado aos colaboradores, no sentido de que, é possível aumentar a produção com a mesma ou com menos força de trabalho e que a eficiência total é atingida com zero desperdício (RODRIGUES, 2014).

Entretanto, foi Shigeo Shingo, consultor da Toyota, quem auxiliou Ohno e ampliou as formas de entendimento sobre o desperdício, considerando todas as outras atividades organizacionais, não somente com foco na mão de obra. Desta forma, foram levantados os sete grupos de ocorrência de desperdício: superprodução, espera, **transporte**, processos, estoque, movimentação e produtos defeituosos, conforme figura 2 (RODRIGUES, 2014).



Figura 2 - Sete desperdícios de Ohno e Shingo
Fonte: Rodrigues, 2014

Os sete desperdícios são relacionados abaixo (RODRIGUES, 2014):

- Superprodução – refere-se à produção em excesso, gerando estoques adicionais e pode omitir problemas no processo;
- Espera – está associado ao tempo parado da mão de obra, equipamentos ou peças. Pode ser dividido em espera do lote ou do processo;

- Transporte – causado principalmente por *layouts* mal projetados, ocasionando uma grande movimentação de peças, estoques e equipamentos;
- Processo – diz respeito à metodologia de processamento. São procedimentos e atividades desnecessárias ou superdimensionadas, bem como a utilização de equipamentos de maneira inadequada e alocação de mão de obra não compatível;
- Estoque – causado pelo estoque de peças ou produtos em quantidades acima do necessário, que pode trazer consequências como má utilização de espaços, omissão de falhas no fluxo ou nivelamento do processo;
- Movimentação – refere-se ao movimento dos operadores nos postos de trabalho para realizar suas tarefas. Ocorre em função do posicionamento das ferramentas, do *layout* e localização dos equipamentos, bem como de aspectos ergonômicos;
- Defeitos – provocado pela produção fora das especificações e necessidades dos clientes, ocasionando retrabalho ou refugo.

2.2 AGV

Um método eficaz e econômico de transporte de mercadorias no chão de fábrica é a utilização de AGVs. O AGV (*Automated Guided Vehicle*) é veículo independente, auto propelido, que se guia através de trajetos pré-definidos e é alimentado por bateria (COSTA, 2017).

Suas raízes estão na década de 1950, onde a Barrett Electronics, através de seu fundador Arthur Barret, criou um veículo que se guiava por um fio em vez de uma pista convencional, conforme mostrado na figura 3. O veículo foi chamado “*Guide-O-Matic*” e foi lançado em 1954. O termo AGV foi introduzido na década de 1980 (COSTA, 2017).

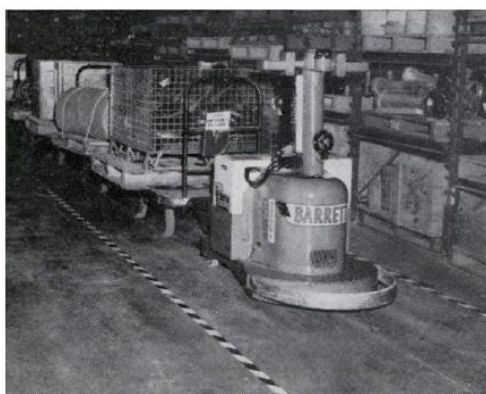


Figura 3 - “*Guide-O-Matic*” da Barrett Electronics
Fonte: Costa, 2017

Um sistema composto por AGVs pode ser aplicado em casos onde seja necessário transportar materiais de múltiplos pontos de carga para múltiplos pontos de descarga. Abaixo são mostrados alguns tipos de AGVs (COSTA, 2017):

- Carros automatizados (AGC) – tipo mais simples, com recursos mínimos para implementação e com menor custo;
- AGVs de carga unitária – transportam cargas, normalmente caixas, carrinhos ou fardos, em garfos ou no convés;
- AGVs rebocador – unidades motorizadas que puxam reboques não motorizados;
- Empilhador automatizado – empilhador com controles que permitem a operação não tripulada.

2.2.1 Visão geral do sistema

Os sistemas para AGV são constituídos basicamente dos veículos, periféricos, componentes do local e do sistema de controle estacionário. A interação destes componentes, sem falhas, garante um funcionamento eficiente nas plantas (SCHULZE, BEHLING e BUHRS, 2008). A figura 4 mostra a composição do sistema.

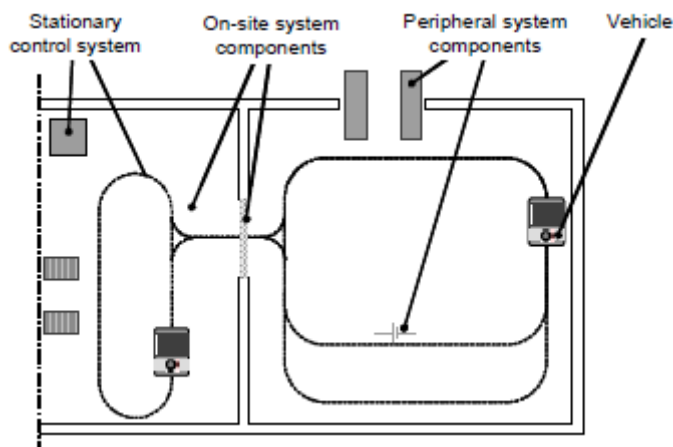


Figura 4 - Visão geral do sistema AGV
Fonte: Schulze, Behling e Buhrs, 2008

Abaixo são descritos os componentes integrantes do sistema (SCHULZE, BEHLING e BUHRS, 2008):

- Veículo – os veículos são os elementos centrais, uma vez que eles executam as tarefas de transporte. Devem ser projetados individualmente de acordo com as condições específicas do ambiente onde serão utilizados;

- Sistema de controle estacionário – o sistema de controle é responsável pela administração do tráfego, da comunicação com outros sistemas de controle e ainda possui funções auxiliares como visualização gráfica e análise estatística;
- Periféricos – são componentes auxiliares, como por exemplo, as estações de carga de baterias e mecanismos de transferência;
- Componentes do local – são aspectos estruturais que afetam os AGVs, como por exemplo, o piso, portões e empilhadeiras.

2.3 AGC

Os AGCs (*Automated Guided Carts*) são veículos autônomos, de pequeno porte e baixo custo, que são utilizados para transporte de materiais dentro de uma fábrica. Utilizam fita magnética e sistemas óticos como guia. Possuem ainda sistemas para evitar colisões (SANTOS, 2013).

2.3.1 Métodos de navegação

2.3.1.1 Sistema filoguiado

Neste sistema, o percurso é definido por intermédio de condutores elétricos embutidos no chão. Estes condutores criam um campo magnético provocado pela corrente elétrica que circula através dos mesmos. Este campo magnético é detectado por uma antena instalada no veículo, conforme mostrado na figura 5 (SANTOS, 2013).

Este sistema não permite que as rotas sejam alteradas com facilidade. Por esta razão não é utilizado em indústrias que reconfiguram o *layout* várias vezes (SANTOS, 2013).

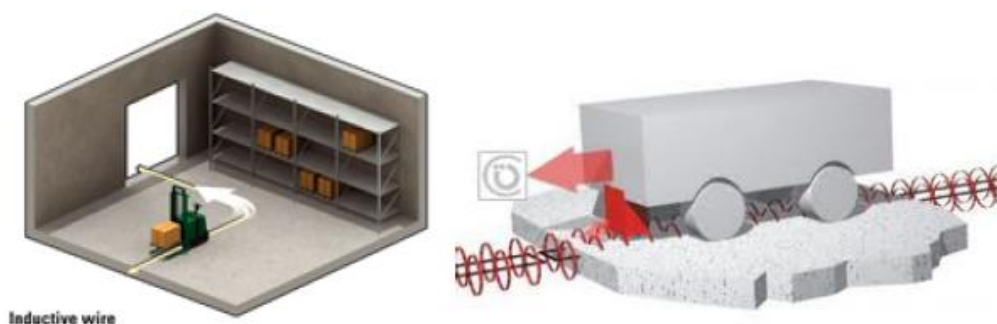


Figura 5 - Sistema Filoguiado
Fonte: Santos, 2013

2.3.1.2 Sistema de faixas

Assim como o anterior, é um método de trajetória fixa. Entretanto o percurso é definido por uma fita magnética colada no chão ou por faixas pintadas. As faixas são detectadas através de sensores apropriados, como mostra a figura 6 (SANTOS, 2013).

É um método mais flexível que o anterior, pois permite que as rotas sejam trocadas fácil e rapidamente, com menor custo e com menos tempo. Entretanto, se a fita for danificada ou estiver suja, o veículo pode não identificar a mesma e conseqüentemente não continuará o percurso corretamente (SANTOS, 2013).

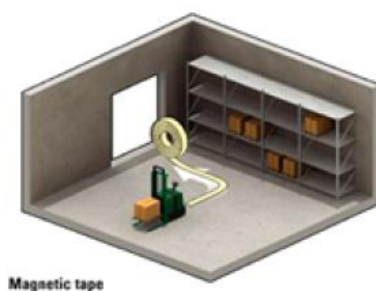


Figura 6 - Sistema de Faixa
Fonte: Santos, 2013

2.3.2 Configuração de trajetos

As configurações apresentadas a seguir são as mais comuns.

2.3.2.1 Linha Simples

O movimento é feito em linha reta, podendo ser para frente ou para trás. Só pode haver um AGC em cada linha. As estações localizam-se ao longo da reta ou nas extremidades como mostrado na figura 7 (SANTOS, 2013).



Figura 7 - Linha simples
Fonte: Santos, 2013

2.3.2.2 Circuito fechado simples

Permite a utilização de vários AGCs simultaneamente. Andam em circuito fechado, sempre em volta das estações, conforme figura 8 (SANTOS, 2013).

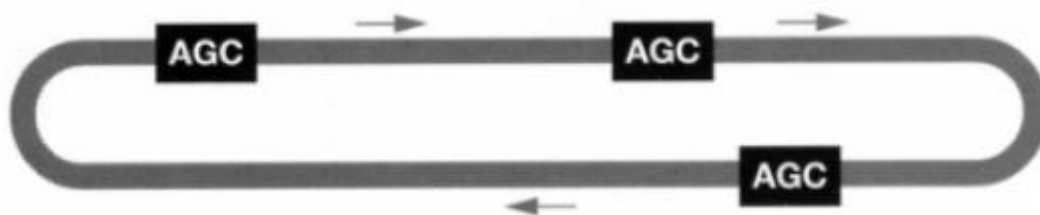


Figura 8 - Circuito fechado simples
 Fonte: Santos, 2013

2.3.2.3 Circuito fechado duplo

Semelhante ao anterior, porém existe um trecho comum. Isto permite uma redução no custo de fita magnética, porém reduz o número de AGCs utilizados simultaneamente, como ilustrado na figura 9 (SANTOS, 2013).



Figura 9 - Circuito fechado duplo
 Fonte: Santos, 2013

2.3.2.4 Múltiplos circuitos fechados

Permite atender a sistemas que exijam muitas estações, porém requer um controle de tráfego e memorização das estações, como mostra a figura 10 (SANTOS, 2013).

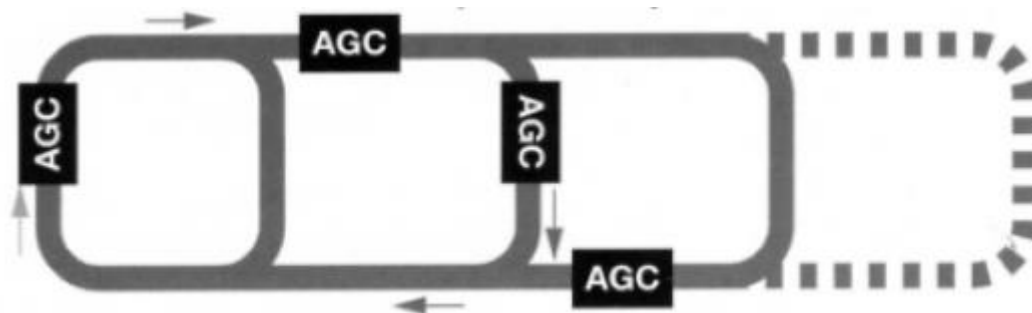


Figura 10 - Múltiplos circuitos fechados
 Fonte: Santos, 2013

2.3.2.5 Constituição geral de um AGC

A figura 11 ilustra a composição básica de um AGC.

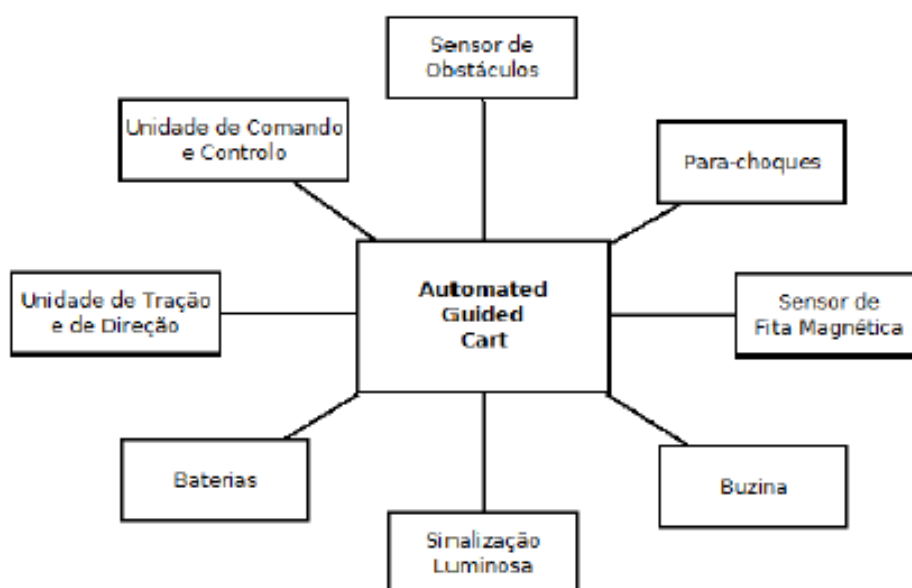


Figura 11 - Solução geral de AGC
Fonte: Santos, 2013

2.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS

2.4.1 ABNT NBR ISO 12100:2013

Esta norma foi elaborada com o propósito de auxiliar a interpretação das exigências essenciais de segurança de máquinas no âmbito do Mercosul. Ela apresenta uma hierarquia no processo de elaboração de normas, para evitar a repetição de tarefas e para criar uma lógica que permita um trabalho rápido, facilitando a referência cruzada entre estas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

As normas de segurança são divididas em categorias, conforme abaixo:

- a) *as normas do tipo A (normas fundamentais de segurança), que definem com rigor conceitos fundamentais, princípios de concepção e aspectos gerais válidos para todos os tipos de máquinas.*
- b) *as normas do tipo B (normas de segurança relativas a um grupo), que tratam de um aspecto ou de um tipo de dispositivo condicionador de segurança, aplicáveis a uma gama extensa de máquinas, sendo:*
 - *as normas do tipo B1 sobre aspectos particulares de segurança (por exemplo, distâncias de segurança, temperatura de superfície, ruído); e*
 - *as normas do tipo B2 sobre dispositivos condicionadores de segurança (por exemplo, comandos bimanuais, dispositivos de intertravamento, dispositivos sensíveis à pressão, proteções);*

- c) as normas do tipo C (normas de segurança por categoria de máquinas), que dão prescrições detalhadas de segurança aplicáveis a uma máquina em particular ou a um grupo de máquinas.*

A NBR ISO 12100:2013 é uma norma do tipo A. Esta norma especifica a terminologia básica e os princípios para apreciação e redução de riscos. Estes princípios são baseados no conhecimento e experiência de projetos, no uso, acidentes, incidentes e riscos associados a máquinas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Para apreciação de riscos, devem ser seguidas as seguintes etapas:

- a) determinação dos limites da máquina, considerando seu uso devido, bem como quaisquer formas de mau uso razoavelmente previsíveis;*
- b) identificação dos perigos e situações perigosas associadas;*
- c) estimativa do risco para cada perigo ou situação perigosa;*
- d) avaliação do risco e tomada de decisão quanto à necessidade de redução de riscos;*
- e) eliminação do perigo ou redução de risco associado ao perigo por meio de medidas de proteção;*

As etapas de a) a d) compõem o processo de apreciação de riscos, enquanto que a etapa e), o processo de redução de riscos.

As etapas de a) a c) por sua vez referem-se à análise de risco.

2.4.1.1 Documentação

Após finalizadas as etapas de apreciação de riscos e redução de riscos, deve ser providenciada a documentação relativa a esta análise. Esta documentação deve demonstrar o procedimento utilizado e os resultados obtidos. Deve incluir, quando relevante, documentos referentes a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013):

- a) à máquina para a qual a apreciação de riscos tenha sido feita (por exemplo, especificações, limites, uso previsto);*
- b) a quaisquer premissas relevantes ou condições de contorno que tenham sido adotadas (cargas, forças, fatores de segurança etc.);*
- c) aos perigos e situações perigosas identificadas e os eventos perigosos considerados na apreciação de risco;*
- d) informações nas quais a apreciação de risco tenha sido baseada;*

- 1) *dados utilizados e suas fontes (histórico de acidentes, experiência obtida com a redução de risco aplicada a máquinas similares etc.);*
- 2) *as incertezas relativas aos dados utilizados e seus impactos na avaliação dos riscos;*
- e) *aos objetivos de redução de riscos a serem atingidos pelas medidas de proteção;*
- f) *às medidas de proteção implementadas destinadas a eliminar os perigos ou reduzir os riscos;*
- g) *aos riscos residuais associados à máquina;*
- h) *ao resultado da apreciação de riscos;*
- i) *a quaisquer formulários preenchidos durante a avaliação do risco.*

Normas ou outras especificações utilizadas na seleção das medidas de proteção apresentadas em f) acima devem ser referenciadas.

2.4.2 ABNT NBR 14153:2013

As partes de um sistema de comando que têm a atribuição de prover segurança são chamadas de partes relacionadas à segurança. Estas partes podem ser constituídas de hardware e software e desempenham funções de segurança, podendo ser parte integrante ou separada do sistema de comando (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

O desempenho destas partes, com relação à ocorrência de defeitos relacionados à segurança é dividido em cinco categorias (B, 1, 2, 3 e 4) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

As categorias podem ser aplicadas para:

- a) *comandos para todo tipo de máquinas, desde máquinas simples (por exemplo, pequenas máquinas para a cozinha) até complexas instalações de manufatura (por exemplo, máquinas de embalagem, máquinas de impressão, prensas etc.);*
- b) *sistemas de comando de equipamentos de proteção, por exemplo, dispositivos de comando a duas mãos, dispositivos de intertravamento, dispositivos de proteção eletrossensitivos, por exemplo, barreiras fotoelétricas e plataformas sensíveis à pressão.*

Esta norma especifica os requisitos de segurança e é um guia para classificação das partes de um sistema de comando em categorias de segurança. Aplica-se a todas as partes de sistemas de comando que tenham relação com a segurança, independentemente do tipo de

energia (elétrica, hidráulica, pneumática, mecânica) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

A norma abrange todas as aplicações de máquinas, seja para uso profissional ou não.

O processo para seleção das medidas de segurança é dividido em etapas, conforme abaixo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013):

a) Passo 1: Análise do perigo e apreciação de riscos;

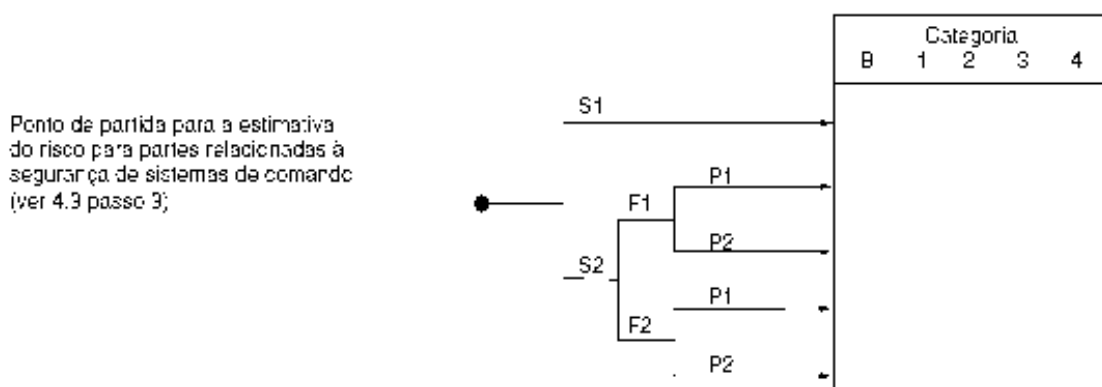
- Identificação dos perigos e avaliação dos riscos, conforme ABNT NBR NM 213-1 e ABNT NBR 14009. Embora ainda seja citada, a norma NBR 14009 foi cancelada em 17/12/2013 e substituída pela NBR ISO 12100:2013.

b) Passo 2: Decisão das medidas para redução do risco;

- Buscar soluções para minimizar os riscos, por exemplo, instalação de proteções.

c) Passo 3: Especificação dos requisitos de segurança para as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança;

- Especificar as funções de segurança, por exemplo, parada de emergência, rearme e reinício;
- Especificar a categoria de segurança necessária;
- A categoria de segurança é definida em função da severidade do ferimento, frequência da exposição ao perigo e possibilidade de evitar o perigo. A figura 12 ilustra o método de seleção.



S Severidade do ferimento

S1 Ferimento leve (normalmente reversível)

S2 Ferimento sério (normalmente irreversível) incluindo morte

F Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo

F1 Raro a relativamente freqüente e/ou baixo tempo de exposição

F2 Freqüente a contínuo e/ou tempo de exposição longo

P Possibilidade de evitar o perigo

P1 Possível sob condições específicas

P2 Quase nunca possível

B, 1 a 4 Categorias para partes relacionadas à segurança de sistemas de comando

Categorias preferenciais para pontos de referência (ver 4.2)

Categorias possíveis que requerem medidas adicionais (ver B.1)

Medidas que podem ser superdimensionadas para risco relevante

Figura 12 - Seleção da Categoria de Segurança

Fonte: ABNT, 2013

d) Passo 4: Projeto;

Projetar as partes do sistema de comando para atender aos requisitos da categoria selecionada. O quadro 1 indica os requisitos de cada categoria.

e) Passo 5: Validação.

Validar as funções e a categoria de segurança atingida no projeto, comparando com as funções e categoria requeridas.

Quadro 1 – Requisitos das categorias de segurança

Categoria ^a	Resumo de requisitos	Comportamento do sistema ^b	Princípios para atingir a segurança
3 (ver 6.2.1)	Partes de sistemas de comando, relacionadas à segurança, e/ou equipamentos de protecção, bem como seus componentes, devem ser projetado, construído, selecionado, montado e combinado de acordo com as normas relevantes, de tal forma que resistam às influências esperadas	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança	Principalmente caracterizado pela seleção de componentes
1 (ver 6.2.2)	Os requisitos de 3 se aplicam. Princípios comprovados e componentes de segurança bem testados devem ser utilizados	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança, porém a probabilidade de ocorrência é menor que para a categoria B	
2 (ver 6.2.3)	Os requisitos de 3 e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam A função de segurança deve ser verificada em intervalos adequados pelo sistema de comando da máquina	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança entre as verificações A perda da função de segurança é detectada pela verificação	Principalmente caracterizado pela estrutura
3 (ver 6.2.4)	Os requisitos de 3 e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam As partes relacionadas a segurança devem ser projetadas de tal forma que: — um defeito isolado não leve à perda da função de segurança, e — sempre que razoavelmente praticável, o defeito isolado seja detectado	Quando um defeito isolado ocorre, a função de segurança é sempre cumprida Alguns defeitos serão detectados O acúmulo de defeitos não detectados pode levar a perda da função de segurança	Principalmente caracterizado pela estrutura
4 (ver 6.2.5)	Os requisitos de 3 e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam As partes relacionadas a segurança devem ser projetadas de tal forma que: — um defeito isolado não leve à perda da função de segurança, e — o defeito isolado seja detectado durante ou antes da próxima demanda da função de segurança. Se isso não for possível, o acúmulo de defeitos não pode levar à perda das funções de segurança	Quando os defeitos ocorrem, a função de segurança é sempre cumprida Os defeitos serão detectados a tempo de impedir a perda das funções de segurança	Principalmente caracterizado pela estrutura
^a As categorias não objetivam sua aplicação em uma sequência ou hierarquia definidas, com relação aos requisitos de segurança.			
^b A apreciação dos riscos indicará se a perda total ou parcial da(s) função(ões) de segurança, consequente de defeitos, é aceitável.			

Fonte: ABNT, 2013

2.4.3 Categorias de Segurança

As categorias dos sistemas de controle tiveram origem na norma europeia EN 954-1:1996 (ISO13849-1:1999). São divididas em cinco categorias que descrevem o desempenho de um sistema de segurança em relação à uma falha (SAFEBOOK 4, 2011).

A categoria B por si só não possui medidas especiais relacionadas à segurança, mas forma a base para as demais categorias. A categoria 1 tem como objetivo a prevenção de falhas, o que é conseguido através do uso de componentes adequados. As categorias 2, 3 e 4 exigem que, caso as falhas não possam ser evitadas, devem ser detectadas e tomadas medidas apropriadas. A redundância, diversidade e o monitoramento são os pontos chave para estas categorias (SAFEBOOK 4, 2011).

A redundância é a duplicação de uma mesma técnica. A diversidade é a aplicação de técnicas diferentes. O monitoramento consiste em verificar o status dos dispositivos e tomar as ações apropriadas com base no resultado do status (SAFEBOOK 4, 2011).

2.4.3.1 Categoria 1

A categoria 1 requer que o sistema utilize componentes de segurança. Componentes de segurança são aqueles projetados em conformidade com as normas apropriadas. O sistema da figura 13 é caracterizado como categoria 1 em função da chave *Tongue Switch*, com ação de abertura direta e do *Contactor*, o qual deve ser dimensionado para evitar contatos soldados (SAFEBOOK 4, 2011).

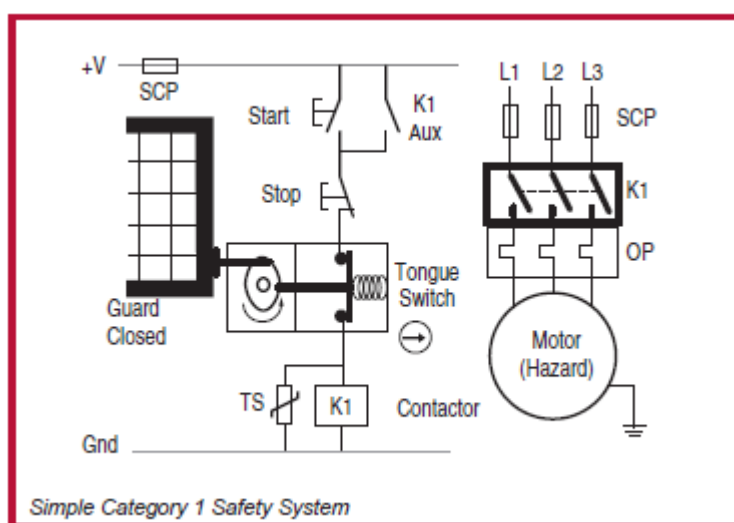


Figura 13 - Sistema de segurança categoria 1
Fonte: SAFEBOOK, 2011

2.4.3.2 Categoria 2

A categoria 2, além dos requerimentos da categoria 1, deve incluir testes do sistema de segurança. Os testes devem ser projetados para detectar falhas no sistema de controle. Caso não sejam detectadas falhas, é permitida a partida de máquina. Caso sejam detectadas, os testes devem iniciar um comando, o qual sempre que possível, deve levar a máquina a um estado seguro. Os testes podem ser executados quando a máquina é energizada ou periodicamente, se necessário, conforme análise de risco (SAFEBOOK 4, 2011).

No sistema da figura 14, em relação à figura 13, foi inserido um relé de monitoramento de segurança.

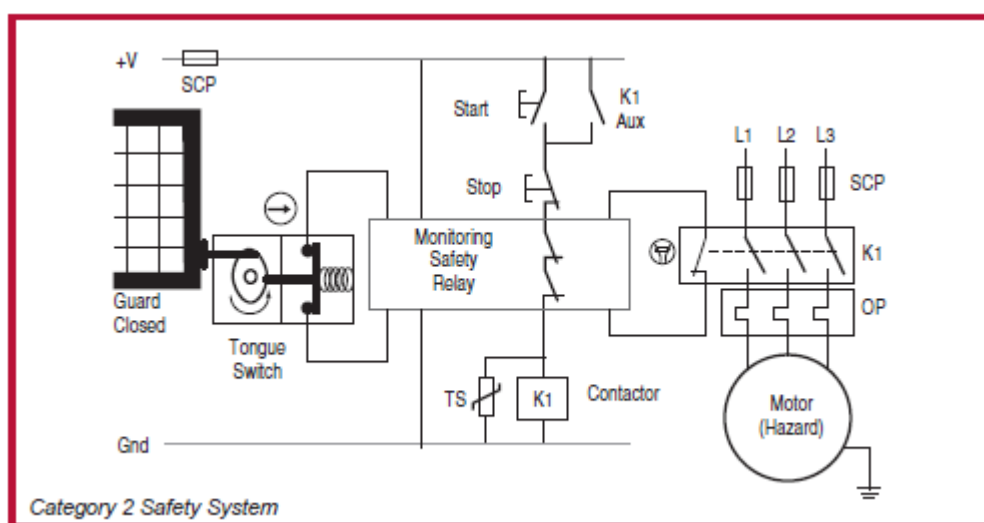


Figura 14 - Sistema de segurança categoria 2
Fonte: SAFEBOOK, 2011

2.4.3.3 Categorias 3

A categoria 3 requer que seja garantida a função de segurança na presença de uma falha única. A falha deve ser detectada no momento ou antes da próxima solicitação da função de segurança, quando praticável. A expressão quando praticável implica que algumas falhas não são detectadas. Enquanto a falha não detectada não levar a perda da função de segurança, a categoria 3 é atendida. Um acúmulo das falhas pode levar a perda da função de segurança. (SAFEBOOK 4, 2011).

A redundância combinada com monitoramento cruzado e monitoramento das saídas são utilizados para garantir a confiabilidade da função de segurança (SAFEBOOK 4, 2011).

A figura 15 ilustra um sistema de segurança categoria 3.

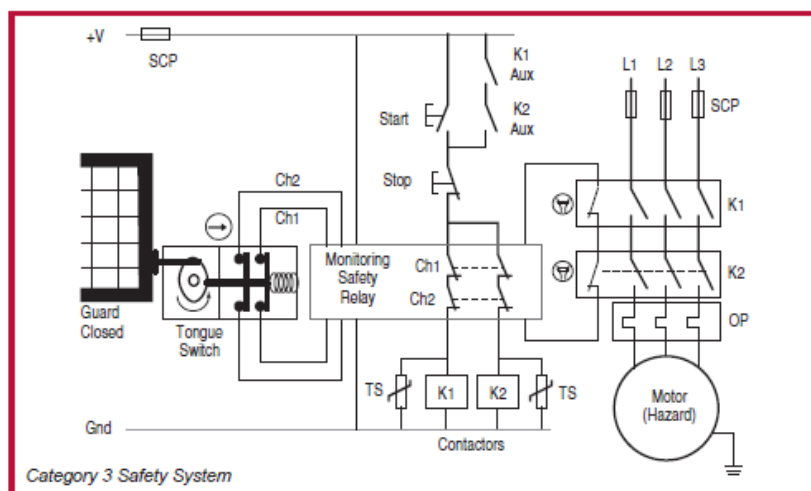


Figura 15 - Sistema de segurança categoria 3
Fonte: SAFEBOOK, 2011

2.4.3.4 Categorias 4

Assim como na categoria 3, a categoria 4 requer que seja garantida a função de segurança na presença de uma falha única. Entretanto, diferente da categoria 3, a categoria 4 requer que a função de segurança seja garantida na presença de um acúmulo das falhas. Duas falhas podem ser suficientes para considerar um acúmulo de falhas (SAFEBOOK 4, 2011).

O monitoramento dos dispositivos de saída e monitoramento cruzado são essencialmente requeridos, não apenas quando praticável. Esta é uma diferença entre a categoria 3 e categoria 4. A diversidade também pode ser aplicada para reduzir a probabilidade da perda da função de segurança (SAFEBOOK 4, 2011).

A figura 16 mostra um sistema de segurança categoria 4, com a inclusão da diversidade nas *Tongue Switches*.

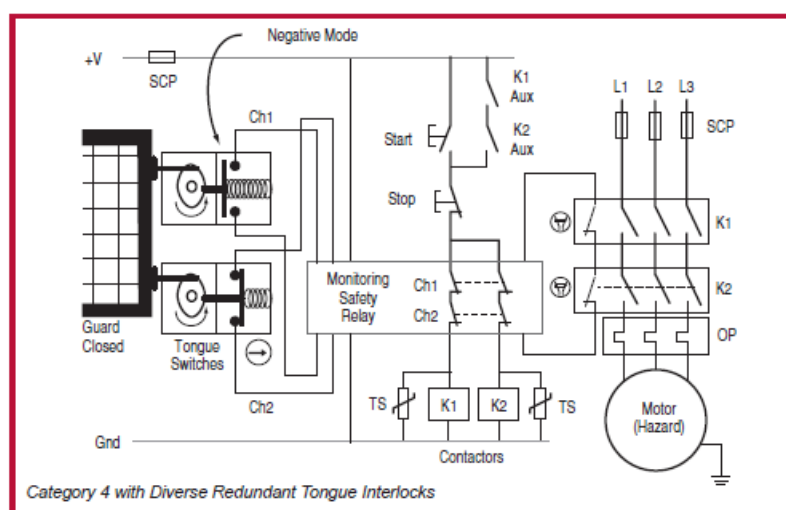


Figura 16 - Sistema de segurança categoria 4
Fonte: SAFEBOOK:2011

2.4.4 NR-12:2017

As normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho, foram aprovadas através da PORTARIA N° 3.214, 08 DE JUNHO DE 1978 (BRASIL, 2017).

Estas normas são obrigatórias para empresas privadas e públicas, de administração direta e indireta e pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT (BRASIL, 2017).

A Norma NR-12, trata da Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Esta norma define referências técnicas e medidas de proteção para os trabalhadores e estabelece os requisitos mínimos para a prevenção de acidentes, na fase de projeto e todas as fases de utilização (transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte da máquina ou equipamento) (BRASIL, 2017).

Não se aplica às máquinas e equipamentos, conforme abaixo:

- *Movidos ou impulsionados por força humana ou animal;*
- *Expostos em museus, feiras e eventos, para fins históricos ou que sejam considerados como antiguidades e não sejam mais empregados com fins produtivos, desde que sejam adotadas medidas que garantam a preservação da integridade física dos visitantes e expositores;*
- *Classificados como eletrodomésticos.*

As medidas de proteção para garantir a saúde e integridade física dos trabalhadores, devem ser adotadas, obedecendo a ordem de prioridade abaixo (BRASIL, 2017):

- a) *Medidas de proteção coletiva;*
- b) *Medidas administrativas ou de organização do trabalho; e*
- c) *Medidas de proteção individual.*

A NR-12 está dividida em tópicos, descritos abaixo:

- *Princípios gerais;*
- *Arranjo físico e instalações;*
- *Instalações e dispositivos elétricos;*
- *Dispositivos de partida, acionamento e parada;*
- *Sistemas de segurança;*
- *Dispositivos de parada de emergência;*
- *Meios de acesso permanentes;*

- *Componentes pressurizados;*
- *Transportadores de materiais;*
- *Aspectos ergonômicos;*
- *Riscos adicionais;*
- *Manutenção, inspeção, preparação, ajuste, reparo e limpeza;*
- *Sinalização;*
- *Manuais;*
- *Procedimentos de trabalho e segurança;*
- *Projeto, fabricação, importação, venda, locação, leilão, cessão a qualquer título e exposição;*
- *Capacitação;*
- *Outros requisitos específicos de segurança;*
- *Disposições finais;*
- *Anexo I – Distâncias de segurança e requisitos para uso de detectores de presença optoeletrônicos;*
- *Anexo II – Conteúdo programático da capacitação;*
- *Anexo III – Meios de acesso permanentes;*
- *Anexo IV – Glossário;*
- *Anexo V – Motosserras;*
- *Anexo VI – Máquinas para panificação e confeitaria;*
- *Anexo VII – Máquinas para açougue, mercearia, bares e restaurantes; Anexo VIII – Prensas e similares;*
- *Anexo IX – Injetora de materiais plásticos;*
- *Anexo X – Máquinas para fabricação de calçados e afins;*
- *Anexo XI – Máquinas e implementos para uso agrícola e florestal; Anexo XII – Equipamentos de guindar para elevação de pessoas e realização de trabalho em altura.*

2.4.4.1 Instalações e dispositivos elétricos

As instalações elétricas devem ser projetadas com o intuito de evitar os perigos de choque elétrico, explosão ou incêndio e devem estar em conformidade com a NR-10 (BRASIL, 2017).

Os condutores utilizados na alimentação elétrica devem:

- a) *oferecer resistência mecânica compatível com a sua utilização;*
- b) *possuir proteção contra a possibilidade de rompimento mecânico, de contatos abrasivos e de contato com lubrificantes, combustíveis e calor;*
- c) *localização de forma que nenhum segmento fique em contato com as partes móveis ou cantos vivos;*
- d) *facilitar e não impedir o trânsito de pessoas e materiais ou a operação das máquinas;*
- e) *não oferecer quaisquer outros tipos de riscos na sua localização; e*
- f) *ser constituídos de materiais que não propaguem o fogo, ou seja, autoextinguíveis. (Alterada pela Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015)*

Quando utilizadas baterias, os serviços e substituições devem ser realizados de acordo com as indicações do manual de operação (BRASIL, 2017).

As baterias devem atender aos requisitos abaixo:

- a) *localização de modo que sua manutenção e troca possam ser realizadas facilmente a partir do solo ou de uma plataforma de apoio;*
- b) *constituição e fixação de forma a não haver deslocamento acidental; e*
- c) *proteção do terminal positivo, a fim de prevenir contato acidental e curto-circuito.*

2.4.4.2 Dispositivos de partida, acionamento e parada

Os dispositivos de partida não devem permitir o funcionamento automático ao serem energizados (BRASIL, 2017).

Os dispositivos de partida e parada que compõe a interface de operação, devem:

- a) *possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo sobre dispositivos de parada de emergência, desta norma; e*
- b) *operar em extrabaixa tensão de até 25VCA(vinte e cinco volts em corrente alternada) ou de até 60VCC (sessenta volts em corrente contínua), ou ser adotada outra medida de proteção contra choques elétricos, conforme Normas Técnicas oficiais vigentes.*

2.4.4.3 Sistemas de segurança

As zonas de perigo em máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, que podem ser proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados (BRASIL, 2017).

Estes sistemas devem ser selecionados e instalados em conformidade com os requisitos abaixo:

- 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.*

São considerados dispositivos de segurança os componentes que, sozinhos ou interligados ou associados a proteções, reduzam o risco de acidentes e são classificados em (BRASIL, 2017):

- a) comandos elétricos ou interfaces de segurança: dispositivos responsáveis por realizar o monitoramento, que verificam a interligação, posição e funcionamento de outros dispositivos do sistema e impedem a ocorrência de falha que provoque a perda da função de segurança, como relés de segurança, controladores configuráveis de segurança e controlador lógico programável - CLP de segurança;*
- b) dispositivos de intertravamento: chaves de segurança eletromecânicas, magnéticas e eletrônicas codificadas, optoeletrônicas, sensores indutivos de segurança e outros dispositivos de segurança que possuem a finalidade de impedir o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas; (Alterada pela Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015)*
- c) sensores de segurança: dispositivos detectores de presença mecânicos e não mecânicos, que atuam quando uma pessoa ou parte do seu corpo adentra a zona de detecção, enviando um sinal para interromper ou impedir o início de funções*

perigosas, como cortinas de luz, detectores de presença optoeletrônicos, laser de múltiplos feixes, barreiras óticas, monitores de área, ou scanners, batentes, tapetes e sensores de posição; (Alterada pela Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015)

- d) válvulas e blocos de segurança ou sistemas pneumáticos e hidráulicos de mesma eficácia;*
- e) dispositivos mecânicos, tais como: dispositivos de retenção, limitadores, separadores, empurradores, inibidores/defletores, retráteis, ajustáveis ou com auto fechamento; e (Alterada pela Portaria MTb n.º 1.110, de 21 de setembro de 2016)*
- f) dispositivos de validação: dispositivos suplementares de controle operados manualmente, que, quando aplicados de modo permanente, habilitam o dispositivo de acionamento. (Alterada pela Portaria MTb n.º 1.110, de 21 de setembro de 2016)*

2.4.4.4 Dispositivos de parada de emergência

As máquinas devem possuir um ou mais dispositivos de parada de emergência. Estes dispositivos não devem ser utilizados como dispositivo de partida ou de acionamento (BRASIL, 2017).

Os dispositivos de parada de emergência devem ser instalados em local de fácil acesso e mantidos permanentemente desobstruídos (BRASIL, 2017).

Devem atender aos requisitos abaixo:

- a) ser selecionados, montados e interconectados de forma a suportar as condições de operação previstas, bem como as influências do meio;*
- b) ser usados como medida auxiliar, não podendo ser alternativa a medidas adequadas de proteção ou a sistemas automáticos de segurança;*
- c) possuir acionadores projetados para fácil atuação do operador ou outros que possam necessitar da sua utilização;*
- d) prevalecer sobre todos os outros comandos;*
- e) provocar a parada da operação ou processo perigoso em período de tempo tão reduzido quanto tecnicamente possível, sem provocar riscos suplementares;*

- f) *ter sua função disponível e operacional a qualquer tempo, independentemente do modo de operação; e (Alterada pela Portaria MTb n.º 1.110, de 21 de setembro de 2016)*
- g) *ser mantidos em perfeito estado de funcionamento.*

A parada de emergência não deve (BRASIL, 2017):

- a) *prejudicar a eficiência de sistemas de segurança ou dispositivos com funções relacionadas com a segurança;*
- b) *prejudicar qualquer meio projetado para resgatar pessoas acidentadas; e*
- c) *gerar risco adicional.*

A parada de emergência deve exigir rearme manual, que somente pode ser executado após a correção do evento (BRASIL, 2017).

2.4.4.5 Sinalização

As máquinas, equipamentos e instalações devem possuir sinalização de segurança para alertar trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos. A sinalização deve estar em local visível, ser de fácil compreensão e ser escrita na língua portuguesa – Brasil (BRASIL, 2017).

As máquinas e equipamentos devem possuir as informações abaixo:

- a) *razão social, CNPJ e endereço do fabricante ou importador;*
- b) *informação sobre tipo, modelo e capacidade;*
- c) *número de série ou identificação, e ano de fabricação;*
- d) *número de registro do fabricante ou importador no CREA; e*
- e) *peso da máquina ou equipamento.*

2.4.4.6 Manuais

Todas as máquinas e equipamentos devem possuir manual de instruções, contendo informações relacionadas à segurança. Devem ser escritos na língua portuguesa – Brasil, ser objetivos e claros (BRASIL, 2017).

Os manuais devem conter, no mínimo, as informações abaixo:

- a) *razão social, CNPJ e endereço do fabricante ou importador;*
- b) *tipo, modelo e capacidade;*
- c) *número de série ou número de identificação e ano de fabricação;*

- d) *normas observadas para o projeto e construção da máquina ou equipamento;*
- e) *descrição detalhada da máquina ou equipamento e seus acessórios;*
- f) *diagramas, inclusive circuitos elétricos, em especial a representação esquemática das funções de segurança;*
- g) *definição da utilização prevista para a máquina ou equipamento;*
- h) *riscos a que estão expostos os usuários, com as respectivas avaliações quantitativas de emissões geradas pela máquina ou equipamento em sua capacidade máxima de utilização;*
- i) *definição das medidas de segurança existentes e daquelas a serem adotadas pelos usuários;*
- j) *especificações e limitações técnicas para a sua utilização com segurança;*
- k) *riscos que podem resultar de adulteração ou supressão de proteções e dispositivos de segurança;*
- l) *riscos que podem resultar de utilizações diferentes daquelas previstas no projeto;*
- m) *informações técnicas para subsidiar a elaboração dos procedimentos de trabalho e segurança durante todas as fases de utilização; (Alterada pela Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015)*
- n) *procedimentos e periodicidade para inspeções e manutenção;*
- o) *procedimentos a serem adotados em situações de emergência;*
- p) *indicação da vida útil da máquina ou equipamento e/ou dos componentes relacionados com a segurança. (Alterada pela Portaria MTPS n.º 509, de 29 de abril de 2016)*

Para atendimento à esta norma, devem ainda ser observados os requisitos das normas:

- NR-10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade – esta norma estabelece as condições mínimas para garantir a segurança dos trabalhadores que direta ou indiretamente interajam com instalações elétricas ou serviços em eletricidade. Aplica-se às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica;
- NR-17 – Ergonomia – estabelece parâmetros para adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, com o intuito de proporcionar segurança, desempenho e conforto.

2.4.5 ANSI/ITSDF B56.5-2005

Considerando que não há uma legislação específica para AGC no Brasil, a norma ANSI/ITSDF B56.5-2005 (*Safety Standard for Guided Industrial Vehicles and Automated Functions of Manned Industrial Vehicles*) pode ser utilizada como referencial adicional.

ANSI (*American National Standards Institute*), é um representante oficial nos Estados Unidos para a ISO (*International Organization for Standardization*), cuja função é fortalecer a posição do mercado nos Estados Unidos e no exterior, auxiliando na garantia da segurança e saúde dos consumidores, através de normas e diretrizes que afetam quase todos os setores da indústria.

ITSDF (*Industrial Truck Standards Development Foundation*) é uma fundação que, baseada nos critérios da ANSI, desenvolve normas para veículos industriais.

Esta norma define os requisitos de segurança relacionados ao projeto, operação e manutenção de veículos industriais automáticos e veículos que tenham sido automatizados. Aplica-se à veículos industriais guiados, em modo automático de operação e em áreas não restritas. Em caso de áreas restritas, devem ser determinadas as necessidades de segurança apropriadas (*INDUSTRIAL TRUCK STANDARDS DEVELOPMENT FOUNDATION, 2005*).

2.4.5.1 Requisitos para o Usuário

Antes da utilização do veículo, o usuário deve responsabilizar-se pela manutenção do mesmo, bem como por todos os fatores que afetem sua operação (*INDUSTRIAL TRUCK STANDARDS DEVELOPMENT FOUNDATION, 2005*).

Devem ser observados os itens abaixo:

- Modificações;
Não são permitidas alterações no veículo que possam afetar a capacidade, estabilidade ou segurança.
- Distância de parada;
Depende de vários fatores, como condições do piso, estabilidade da carga e capacidade do veículo. Deve-se observar as condições do ambiente, pois elas podem afetar a distância de parada do veículo.
- Baterias;
Devem ser feitas as recargas das baterias, bem como sua substituição, conforme instruções do manual do fabricante, utilizando os modelos indicados pelo mesmo.

- Sistema de segurança;
Os sistemas de segurança não devem ser desabilitados, seja em modo automático ou semiautomático.
- Manutenção.
A inspeção e manutenção do veículo devem ser feitas de acordo com as recomendações do manual do fabricante.

2.4.5.2 Requisitos para o fabricante

Os requisitos são divididos em dois grupos, para veículos industriais tripulados e não tripulados. Serão apresentados apenas os itens relativos aos veículos não tripulados (*INDUSTRIAL TRUCK STANDARDS DEVELOPMENT FOUNDATION, 2005*).

2.4.5.2.1 Capacidade de carga de veículos tipo rebocador

- a) Veículos tipo rebocador, devem ter especificados, a força de tração normal de trabalho e a força máxima. Estes valores referem-se à uma superfície seca, com coeficiente de atrito mínimo de 0,6. O peso e as dimensões da bateria utilizada devem estar dentro dos limites indicados na placa de identificação do veículo;
- b) A força máxima em Newtons deve ser definida pelo fabricante, de acordo com as condições do item a), movimentando-se a uma velocidade mínima de 0,22 m/s, em um tempo mínimo de 30s;
- c) A força de tração normal de trabalho é a força contínua de tração, em Newtons, que pode ser mantida de acordo com as condições do item a), na velocidade nominal ou ciclo de trabalho especificado;
- d) Se o veículo possuir capacidade adicional de carga tipo carregador, devem ainda ser feitos testes, conforme item 2.4.5.2.2.
- e) Os testes da força de tração normal de trabalho devem ser feitos, conforme abaixo:
 - Percorrer 61m nas condições definidas no item a), com carga nominal;
 - Percorrer 61m nas condições definidas no item a), sem carga;
 - O veículo deve acelerar até a velocidade nominal durante cada partida, com ciclos de pelo menos 6 vezes por hora;
 - Teste contínuo até que seja alcançada a estabilidade da temperatura. No mínimo 1 hora.

2.4.5.2.2 Capacidade de carga de veículos tipo carregador

- a) Veículos tipo carregador, devem ter especificados a capacidade de carga. Estes valores referem-se à uma superfície seca, com coeficiente de atrito mínimo de 0,6. O peso e as dimensões da bateria utilizada devem estar dentro dos limites indicados na placa de identificação do veículo;
- b) Se o veículo possuir capacidade adicional de carga tipo rebocador, devem ainda ser feitos testes, conforme item 2.4.5.2.1.
- c) Os testes da capacidade de carga devem ser feitos, conforme abaixo:
 - Percorrer 61m nas condições definidas no item a), com carga nominal;
 - Percorrer 61m nas condições definidas no item a), sem carga;
 - O veículo deve acelerar até a velocidade nominal durante cada partida, com ciclos de pelo menos 6 vezes por hora;
 - Teste contínuo até que seja alcançada a estabilidade da temperatura. No mínimo 1 hora.

2.4.5.2.3 Sinalização de advertência

- a) Antes de iniciar o movimento, deve ser acionada sinalização visual e sonora ou combinação de ambas, indicando movimentação iminente do veículo em modo automático. A sinalização visual, por exemplo, uma torre luminosa tipo *flash*, deve ser bem visível.
- b) Durante o movimento, deve haver sinalização visual e sonora ou combinação de ambas;
- c) Durante o movimento, em modo reverso, deve haver sinalização diferente do item b);
- d) Deve haver sinalização de alerta de falha ou de ativação de algum dispositivo do sistema de segurança, incluindo os itens abaixo:
 - Perda de direção;
 - Perda de controle da velocidade;
 - Outras falhas do sistema de controle que exijam interferência de pessoal qualificado.
- e) Deve haver sinalização de carga baixa da bateria quando não houver uma programação automática de rota para carregamento da bateria.

2.4.5.2.4 Parada de emergência

- a) Dispositivos de parada de emergência são aqueles que automaticamente e rapidamente param o veículo, sem possibilidade de partida automática após seu acionamento. Param todos os movimentos e aplicam freios de emergência.
- b) O sistema de emergência deve incluir as funções e dispositivos abaixo:
 - Botão de parada de emergência, localizado em local acessível;
 - Detecção da perda de controle da velocidade;
 - Detecção da perda da referência de direção;
 - Monitoramento do processador do CLP (*Watchdog timer*);
 - Interrupção da alimentação elétrica;
 - Detecção de falhas das fontes de energia elétrica que sejam essenciais aos aspectos de segurança;
 - Sensores ou combinação de dispositivos para evitar colisão entre o veículos e objetos que possam estar na sua rota.

Qualquer um destes itens deve levar o veículo a uma parada de emergência.

2.4.5.2.5 Detecção de objetos

- a) Para-choques – Se utilizado como dispositivo de emergência, o para-choque deve garantir a parada segura (*fail-safe*) e não deve exercer força maior que 134N aplicada paralela ao piso e na direção oposta do movimento. Seu acionamento deve causar uma parada de emergência dentro da distância de acionamento do mesmo;
- b) Dispositivos sensores sem contato – Se utilizado como dispositivo primário de emergência, deve garantir a parada segura (*fail-safe*) e deve parar o veículo antes de haver contato entre o mesmo e o objeto detectado;
Devem ser utilizadas peças para teste de detecção na direção do movimento, conforme abaixo:
 - Peça com diâmetro de 200mm e comprimento de 600mm, na posição deitada, em qualquer ângulo e em qualquer lugar na direção do movimento;
 - Peça com diâmetro de 70mm e altura de 400mm, na posição vertical, em qualquer lugar na direção do movimento;

- c) Dispositivos de detecção adicionais – Dispositivos adicionais podem ser instalados, por solicitação do usuário e/ou por necessidade em função da aplicação.

2.4.5.2.6 Controles e dispositivos (não emergência)

- a) Quando atuados, estes dispositivos normalmente causam redução da velocidade, parada ou inibem a ação do veículo. A ação do veículo pode ser reiniciada automaticamente quando não mais detectado pelo dispositivo da situação indesejada. Estes dispositivos não podem ser usados em substituição ao item 2.4.5.2.4 (b);
- b) Dispositivos para detecção de objetos podem ser usados dentro da rota do veículo. Podem ser utilizados para redução de velocidade ou parada, a critério do usuário. Modelos, formatos e área de cobertura devem ser definidos entre usuário e fabricante;
- c) Monitoramentos adicionais podem ser implementados, como condição da bateria, sensores na carga, posição do veículo, etc;
- d) Uma chave de parada controlada pode ser adicionada ao veículo, em local de fácil acesso;
- e) Quando em modo manual, as operações automáticas devem ser desativadas. O operador é responsável quando o veículo está sob seu controle. A velocidade de operação em modo manual deve ser controlada para garantir um controle manual correto;
- f) Para-choques - Se utilizado como dispositivo não de emergência, o para-choque não deve exercer força maior que 134N aplicada paralela ao piso e na direção oposta do movimento. Seu acionamento deve causar uma parada dentro da distância de acionamento do mesmo.

2.4.5.2.7 Desconexão do controle

- a) Uma chave operada manualmente deve ser prevista para desligar todo o sistema de controle;
- b) Em modo manual, prever função para rapidamente desligar o circuito de força das baterias em uma emergência. Botões de parada de emergência, quando não sobrepostos, são aceitáveis se eles desligarem o circuito de força das baterias.

2.4.5.2.8 Modos de operação

- a) Automático – Não necessita de intervenção do operador para operação do veículo;
- b) Semiautomático (opcional) – Em certas operações é necessária a intervenção do operador. Deve ser previsto o acionamento contínuo pelo operador de um dispositivo de habilitação;
- c) Manual – A operação completa do veículo fica sob controle do operador. Deve ser previsto o acionamento contínuo pelo operador de um dispositivo de habilitação. Dispositivos de segurança utilizados para o modo automático e semiautomático podem ser sobrepostos no modo manual;
- d) Manutenção (opcional) – Um modo de diagnóstico ou de serviço onde é permitido sobrepor os dispositivos de segurança.

2.4.5.2.9 Proteção de partes móveis

Devem ser previstas proteções para redução do risco de acidente com partes móveis (incluindo rodas).

2.4.5.2.10 Dispositivos de manipulação de carga

- a) Cada dispositivo de manipulação de carga com alimentação elétrica deve ter um botão de emergência no veículo acessível ao operador, o qual pode ser o mesmo utilizado para parada de emergência do veículo;
- b) Quando o dispositivo de manipulação não estiver na posição correta e segura para o transporte, deve ter um intertravamento apropriado para restringir o movimento do veículo para uma posição segura;
- c) Dispositivos de manipulação com alimentação elétrica devem ter um intertravamento quando usados em conjunto com outros dispositivos. Um sinal de confirmação de alinhamento é necessário antes da ativação do mecanismo de transferência. Este intertravamento deve inibir o movimento tanto do veículo quanto do equipamento fixo, quando ativo.

3 METODOLOGIA

O método adotado para execução deste trabalho foi a aplicação de um *checklist* de segurança, com base nas normas NR-12:2017 e ANSI/ITSDF B56.5-2005.

O *checklist* foi elaborado com base nos itens considerados aplicáveis de cada norma, sendo que na NR-12:2017 foram utilizados os itens conforme abaixo:

- Instalações e dispositivos elétricos – itens 12.14, 12.17, 12.22 e 12.23;
- Dispositivos de partida, acionamento e parada – itens 12.25, 12.36 e 12.37;
- Sistemas de segurança – itens 12.38, 12.39, 12.47, 12.56, 12.57 a 12.60 e 12.63;
- Sinalização – itens 12.116 a 12.121 e 12.123;
- Manuais – itens 12.125, 12.127 e 12.128.

Em relação a ANSI/ITSDF B56.5-2005, foram considerados os itens:

- Sinalização – itens 8.2.1, 8.3.1 e 8.9.1 a 8.9.5;
- Parada de emergência – itens 8.10.2, 8.10.3.1, 8.10.3.2 e 8.16.1;
- Controles adicionais – itens 8.11.1, 8.11.5, 8.12.1, 8.12.2, 8.15 e 8.16.2.

O *checklist* de segurança é mostrado no item 7 Apêndice.

Como referência adicional ao item 12.84.1 da NR-12, foi utilizada a tabela apresentada pela NIST (*National Institute of Standards and Technology*), como mostra a figura 17.

Body model Main and individual regions with codification ^a		Maximum allowable Limit values of the injury severity criteria (CSF, IMF, PSP) and arranging factor (CC) ^b			
Main body regions	Individual body regions	CSF [N]	IMF [N]	PSP [N/cm ²]	CC [N/mm]
1. Head with neck	1.1 Skull/Forehead	130	175	30	150
	1.2 Face	65	90	20	75
	1.3 Neck (sides/neck)	145	190	50	50
	1.4 Neck (front/larynx)	35	35	10	10
2. Trunk	2.1 Back/Shoulders	210	250	70	35
	2.2 Chest	140	210	45	25
	2.3 Belly	110	160	35	10
	2.4 Pelvis	180	250	75	25
	2.5 Buttocks	210	250	80	15
3. Upper extremities	3.1 Upper arm/Elbow joint	150	190	50	30
	3.2 Lower arm/Hand joint	160	220	50	40
	3.3 Hand/Finger	135	180	60	75
4. Lower extremities	4.1 Thigh/Knee	220	250	80	50
	4.2 Lower leg	140	170	45	60
	4.3 Feet/Toes/Joint	125	160	45	75

^a BR - Body region with codification
Regions - Name of the individual body region

^b CSF - Clamping/Squeezing force
IMF - Impact force
PSP - Pressure/Surface pressing
CC - Compression constant

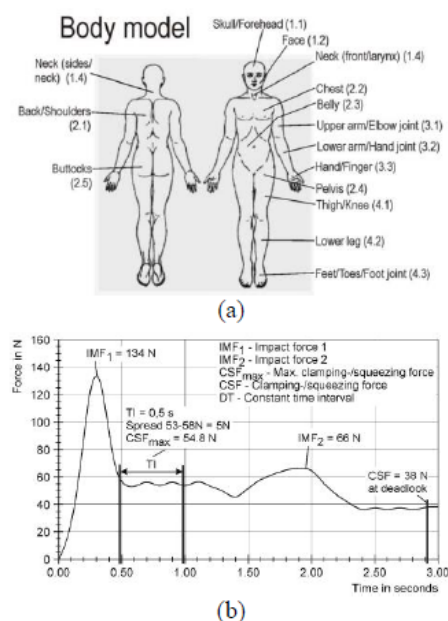


Figura 17 - Limites de Força
Fonte: NIST

3.1 ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso, foi feita análise em um AGC, mostrado na figura 18, com as características relacionadas no item 3.1.1. A função deste equipamento é o transporte de produtos entre as linhas de produção, reduzindo assim as perdas relacionadas a este tipo de atividade, a qual não agrega valor.

3.1.1 Dados técnicos

- Tipo – Carregador
- Sentido – Bidirecional (frente e reverso)
- Massa do AGC – 60 kg
- Velocidade – 0,4 m/s
- Massa da Carga – 65 kg
- Força de impacto máxima a velocidade e carga nominais – 150N
- Método de navegação – Faixas no piso

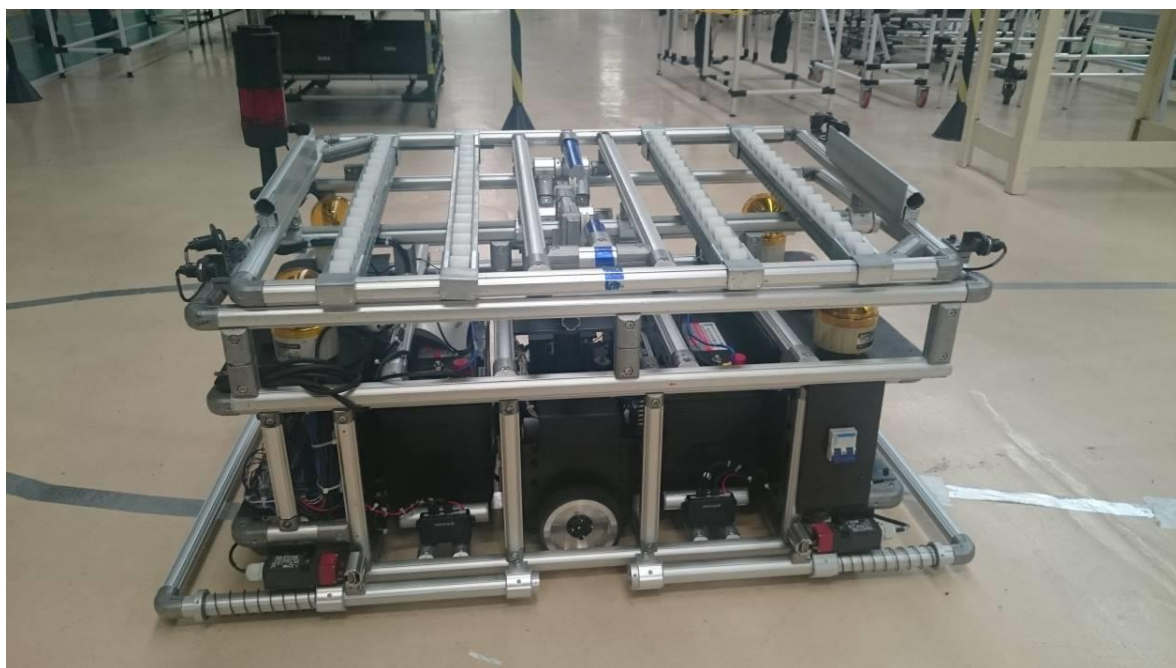


Figura 18 - Vista geral
Fonte: O Autor

3.1.2 Percurso

O percurso do AGC é feito conforme abaixo, considerando o percurso mostrado na figura 19 (cotas em mm):

1. Inicia o movimento da Estação 2 até a Estação 3, para carga;
2. Retorna para Estação 2, para descarga;
3. Segue para Estação 4, para carga;
4. Em seguida segue para Estação 1, para descarga;
5. Retorna para Estação 3, para carga;
6. Vai para Estação 2, para descarga;
7. Segue para Estação 5, para carga;
8. Retorna para Estação 1, para descarga.

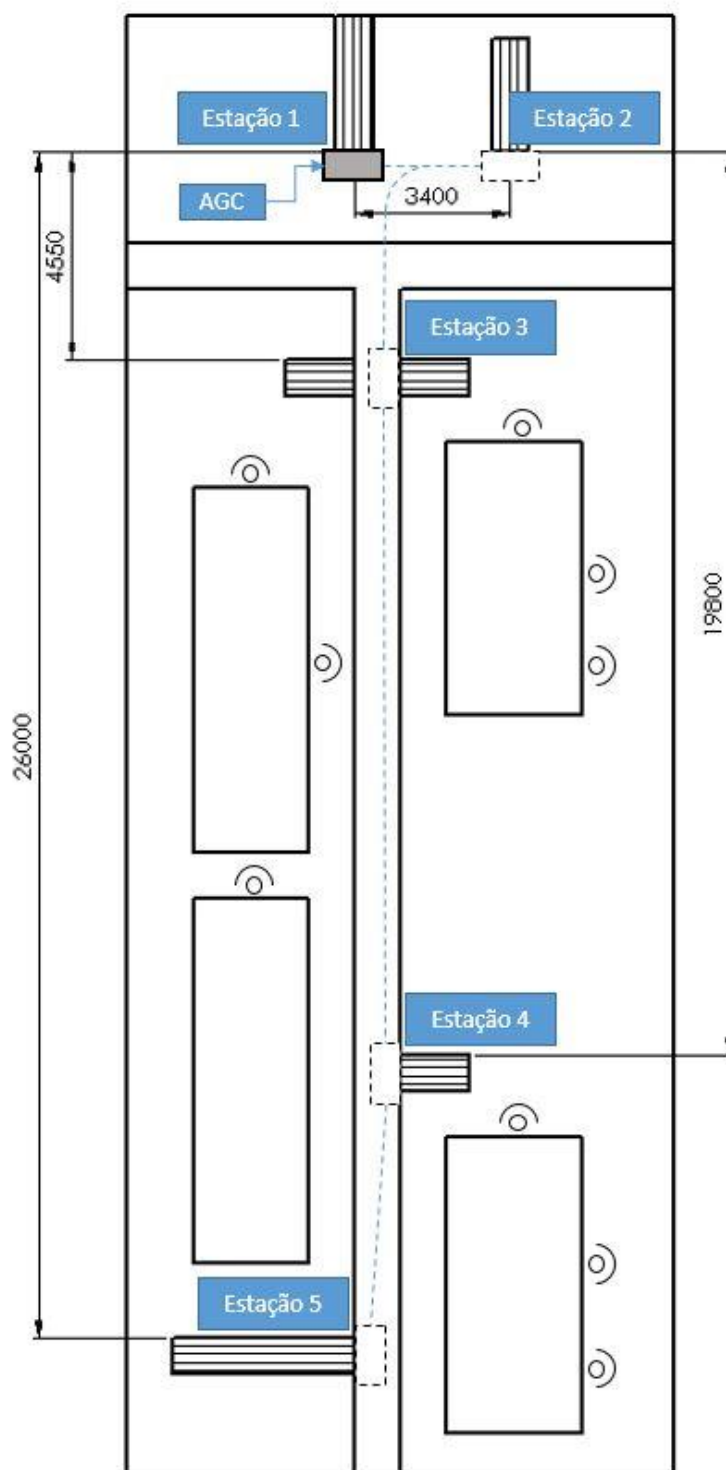


Figura 19 - Layout do percurso
Fonte: O Autor

4 RESULTADOS

4.1 APRECIACÃO DE RISCO (ABNT NBR ISO 12100:2013)

4.1.1 Análise de Riscos

4.1.1.1 Determinação dos limites da máquina

a) Limites de uso;

O equipamento possui somente um modo de operação, automático. Em caso de falha, a equipe de manutenção é acionada para eventuais reparos. Somente os Engenheiros de produção e Técnicos de manutenção possuem autorização para operar o equipamento.

Os operadores das máquinas instaladas no trajeto do AGC são orientados a não manusear o mesmo.

O AGC é utilizado para transporte de produtos entre as linhas de produção.

b) Limites de espaço;

O percurso do AGC é traçado utilizando-se dos corredores de circulação da fábrica, ou seja, todos os funcionários estão expostos aos riscos relativos à movimentação do mesmo.

Há um local específico para que seja efetuada a recarga das baterias, a qual é feita através de tomadas de conexão rápida.

c) Limites de tempo.

As baterias foram projetadas para uma autonomia de trabalho de oito horas.

Recomenda-se uma manutenção preventiva a cada seis meses, para verificação geral do sistema. O sistema de segurança deve ser testado diariamente, antes do início da operação.

4.1.1.2 Identificação dos perigos

a) Interação humana;

- Fase de ajustes e manutenção

Perigos	Origem	Potenciais consequências
mecânicos	Energia cinética	Impacto (máx. 150N)
	Queda do produto transportado	Pequenas lesões
		Corte

Perigos elétricos	Curto-circuito	Queimadura
--------------------------	----------------	------------

- Fase de utilização

Perigos mecânicos	Origem	Potenciais consequências
	Energia cinética	Impacto (máx. 150N)
	Queda do produto transportado	Pequenas lesões Corte

- b) Estado da máquina.

A perda do controle de direção ou de velocidade do AGC pode ocasionar qualquer uma das consequências indicados no item a) da fase de utilização.

4.1.1.3 Estimativa de riscos

- a) Severidade do dano;

As potenciais consequências indicadas no item 4.1.1.2 caracterizam um eventual dano como leve. Em caso de impacto, em função da velocidade e da massa total do veículo, a força não é suficiente para causar dano grave. Nos casos de queda do produto, trata-se de um produto leve, cerca de 2kg, fabricado em alumínio. Mesmo que a pessoa seja atingida por alguma das extremidades, o dano resume-se a corte superficial ou pequena lesão.

- b) Probabilidade de ocorrência.

A exposição das pessoas aos riscos é constante, pois a circulação nos corredores acontece em conjunto com a movimentação do AGC.

Para os operadores das máquinas instaladas no trajeto do AGC, não há como evitar esta exposição, entretanto as demais pessoas podem utilizar caminhos alternativos, através de outros corredores.

4.1.2 Avaliação de Riscos

4.1.2.1 Redução de risco

- a) Medidas de segurança inerentes ao projeto;
- Limitação da massa e a velocidade do AGC, para redução da energia cinética.
 - Instalação de travas para evitar a queda do produto durante o transporte.
 - Nivelamento do piso para evitar a perda da estabilidade.

- Aumento do número de sensores para melhoria do controle de direção.
- b) Proteções de segurança ou medidas de proteção complementares.
 - Instalação de sensores de detecção de objetos (sem a função de segurança) para evitar colisões.
 - Instalação de sinais luminosos e sonoros indicando que o AGC está em movimento.
 - Instalação de para-choques de segurança.

4.2 SISTEMA DE SEGURANÇA (ABNT NBR 14153:2013)

4.2.1 Requisitos de segurança

- a) Função de parada de emergência – Após o acionamento da parada de emergência, os motores são desligados e o equipamento permanece em condição segura;
- b) Rearme manual – A função de parada de emergência somente é cancelada após o acionamento do rearme manual;
- c) Partida e reinício – O movimento não ocorre automaticamente após reinício. É necessário novo comando de partida.

4.2.1.1 Para-choques de segurança

Foi selecionado o para-choques como dispositivo de parada de emergência. O dimensionamento do mesmo foi feito levando-se em consideração força máxima de 150N, conforme item 12.84.1 da NR-12. Este item da NR-12 refere-se a componentes pressurizados, mas como não há norma específica, foi adotado como referência principal.

A velocidade do AGC foi definida com base no limite da força de colisão (150N), da distância de amortecimento do para-choques (10cm) e da massa total do AGC (125kg), como indicado na figura 20.

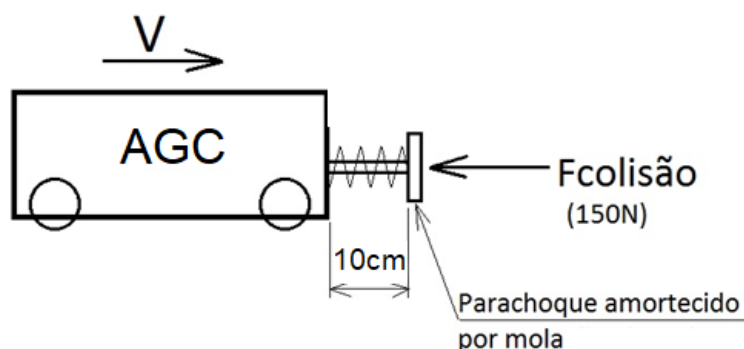


Figura 20 - Para-choques de segurança
Fonte: O Autor

4.2.2 Seleção da categoria de segurança

As categorias de segurança determinam o comportamento do sistema em relação as suas falhas. A seleção da categoria é feita em função da severidade do ferimento, frequência da exposição e possibilidade de evitar o perigo.

a) Severidade do ferimento (S)

Dividida entre S1 e S2, sendo a primeira relativa a ferimentos leves (reversíveis), como por exemplo, contusões ou lacerações e S2 refere-se a ferimentos sérios (não reversíveis), como por exemplo, amputação ou morte. No caso do AGC, conforme item 4.1.1.3, as potenciais consequências não são graves e são reversíveis, portanto enquadra-se na seleção **S1**;

b) Frequência da exposição (F)

Dividida entre F1 e F2, sendo que F1 é selecionado se o acesso for necessário de tempo em tempo. Caso seja frequente ou continuamente, deve ser selecionado F2. Conforme indicado no item 4.1.1.3, a exposição é constante, portanto seleção **F2**;

c) Possibilidade de evitar o perigo (P)

Neste item, o importante é saber se, quando o perigo aparece, se ele pode ser reconhecido e quando pode ser evitado. Dividido em P1 e P2, sendo P1 selecionado apenas se houver uma chance real de se evitar o acidente ou reduzir o seu efeito. Se não houver chance de evitar, deve ser selecionado P2. Conforme indicado no item 4.1.2.1, o AGC possui sinalização sonora e luminosa, que permite identificar o perigo. Movimenta-se com velocidade baixa, ou seja, é possível evitar o acidente, portanto a seleção é **P1**.

Aplicando-se o resultado da seleção no gráfico apresentado na figura 12, o sistema de segurança do AGC deve atender aos requisitos da **Categoria 1**, conforme indicado na figura 21.

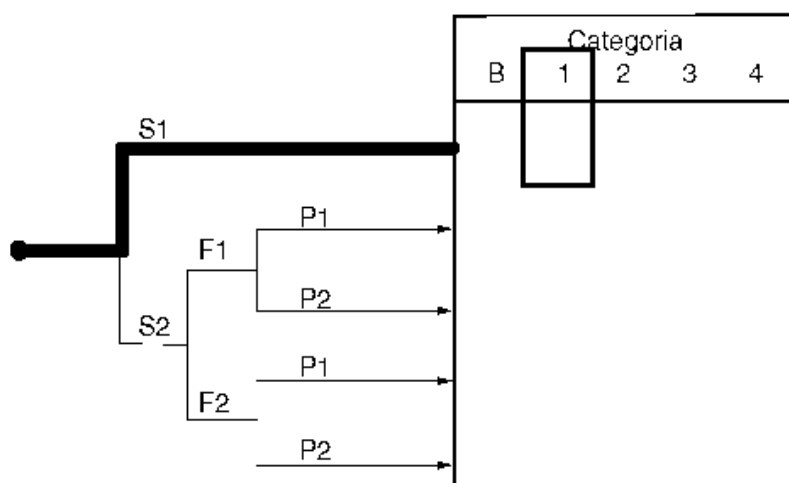


Figura 21 - Seleção da Categoria de Segurança AGC
Fonte: O Autor

4.2.3 Projeto do sistema de segurança

Conforme Tabela 1, para atendimento a Categoria 1, basicamente devem ser selecionados componentes de segurança cuja probabilidade de ocorrência de defeito é menor do que de componentes comuns, como por exemplo, a utilização de relés com contatos guiados e não relés de uso geral. No para-choques do AGC foram instaladas chaves de segurança, categoria 1, com duplo canal, modelo D4NS-4CF, da Omron (Anexo 1), como mostrado na figura 22.



Figura 22 - Chaves de segurança
Fonte: O Autor

A figura 23 mostra o esquema do projeto do sistema de segurança.

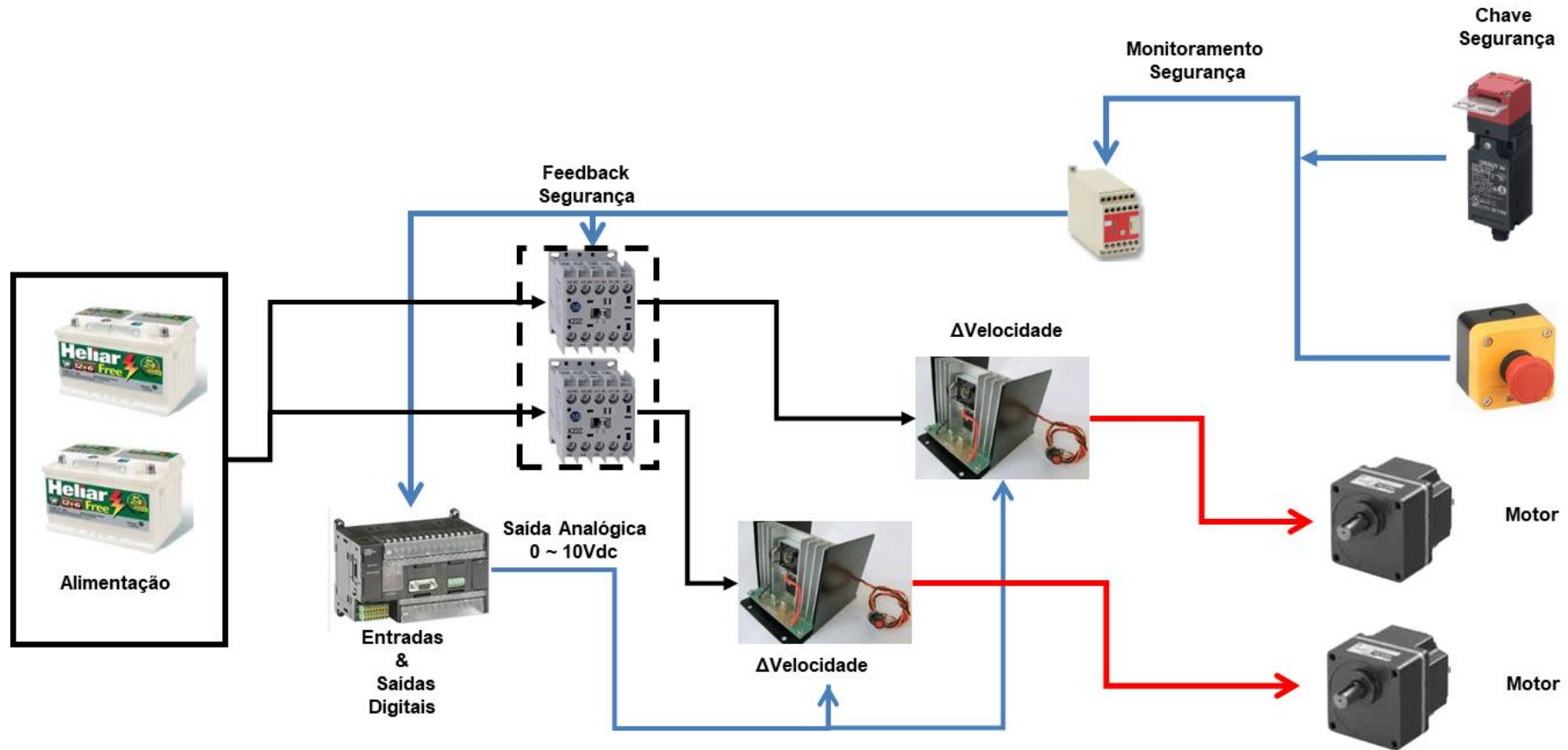


Figura 23 - Esquema de segurança

Fonte: O Autor

Quando o botão de emergência ou as chaves de segurança são acionadas, o relé de segurança, responsável pelo monitoramento destes dispositivos, desliga os contadores principais que alimentam os motores, independente dos comandos enviados pelo CLP, cortando a alimentação elétrica.

4.2.4 Validação

Para validação do sistema de segurança foram feitos os seguintes testes:

- Acionamento dos para-choques de segurança;
- Acionamento do botão de emergência.

Sendo os componentes de Categoria 1 e estando conectados diretamente na alimentação elétrica, os requisitos são atendidos.

4.3 CHECK-LIST

O *checklist* é composto por itens referentes as normas NR-12 e ANSI/ITSDF B56.5 e é apresentado no item 7 Apêndice. Os itens da NR-12 devem ser totalmente atendidos. A ANSI/ITSDF B56.5 é uma norma americana, ou seja, não é parte integrante da legislação brasileira. Tendo isto como base, os itens da mesma são indicados como recomendação.

Com relação a NR-12, estão sendo atendidos 58% dos itens, 15 num total de 26 itens, conforme mostra a figura 24, coluna da esquerda. Apesar do percentual ser baixo, a grande maioria dos itens são de baixa gravidade. Apenas dois subitens foram classificados como alta gravidade, para os quais devem ser tomadas medidas imediatas para atendê-los.

A coluna da direita refere-se a subitens, ou seja, pertencem aos itens da coluna esquerda. Para considerar um item totalmente atendido, todos os subitens devem também ser atendidos.

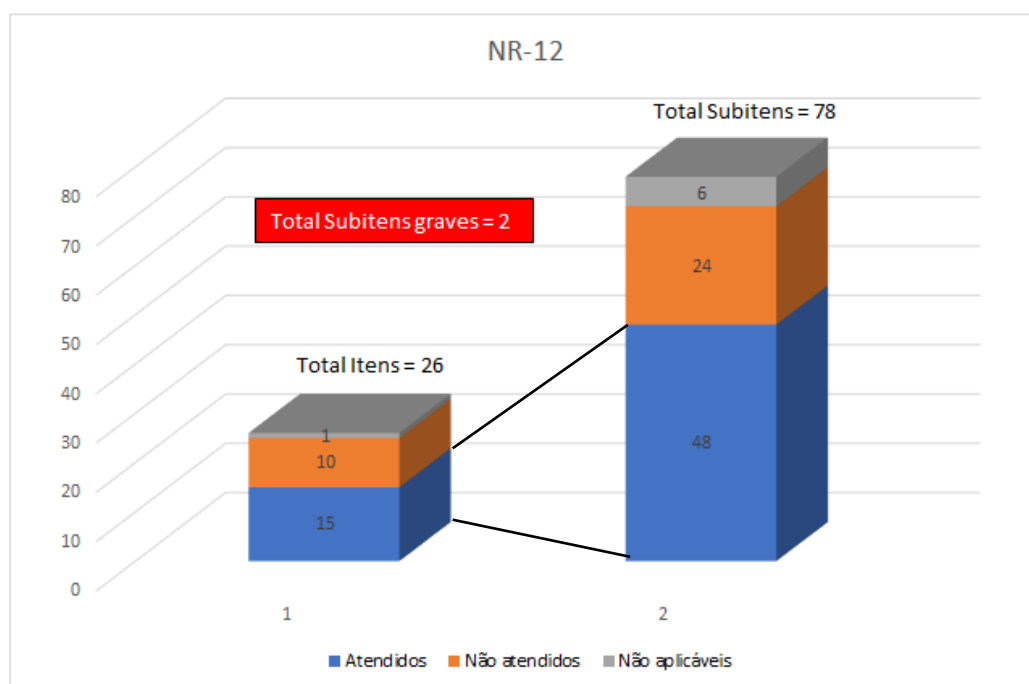


Figura 24 - Itens do *checklist* relativos a NR-12
Fonte: O Autor

Considerando a ANSI/ITSDF B56.5, estão sendo atendidos 38% dos itens, 6 num total de 16 itens, conforme mostra a figura 25, coluna da esquerda. Entretanto, neste caso, temos seis itens graves. A maioria destes itens graves refere-se à parada de emergência, relativos a perda de controle de velocidade ou direção. Uma perda de controle de velocidade, eventualmente poderia provocar um dano diferente do previsto na análise prévia de riscos, visto que poderia mudar a força de impacto. Assim sendo, recomenda-se ações imediatas para estes itens.

Assim como no gráfico referente à NR-12, a coluna da direita refere-se aos subitens. O critério para consideração de um item totalmente atendido é o mesmo.

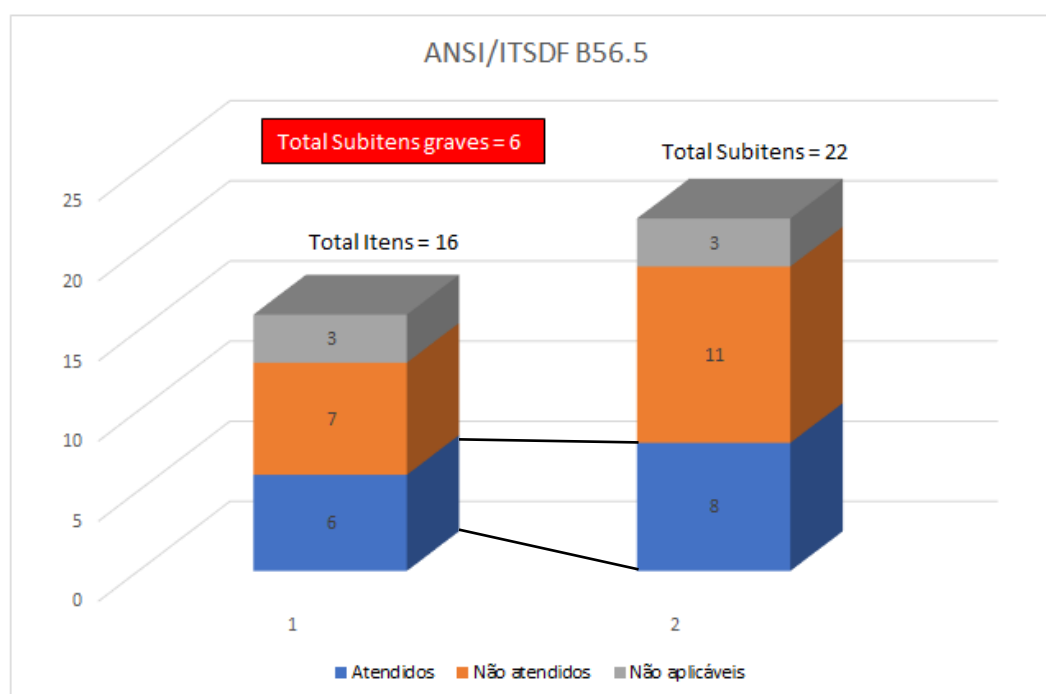


Figura 25 - Itens do checklist relativos a ANSI/ITSDF B56.5
Fonte: O Autor

5 CONCLUSÃO

O primeiro item analisado foi a conformidade da categoria de segurança requerida em relação ao sistema do AGC. Para tal, foi elaborada a análise de riscos do equipamento e a partir desta, foi selecionada a categoria de segurança requerida. Na avaliação da categoria requerida em relação ao sistema do AGC, conclui-se que o projeto do equipamento apresenta características superiores ao requisitado pela classificação (Categoria 1). No projeto do sistema de segurança do AGC, além de utilizar os componentes da categoria de segurança 1, adicionalmente foram implementadas medidas de redundância (duplo canal) e monitoramento, característicos da categoria 3.

Entretanto, apesar de a categoria de segurança ser um item essencial, não é o único. Os demais itens do *checklist* foram analisados e constatou-se que ainda faltam alguns itens importantes, como a instalação de proteção nas partes móveis e medidas de proteção contra perda de controle de velocidade e direção, que devem ser implementados.

Como primeira conclusão, o equipamento não pode ser considerado seguro, pois não atende a alguns itens graves, como citado anteriormente. Como segunda conclusão, a norma NR-12:2017 por si só não é suficiente para analisar este tipo de equipamento, uma vez que os principais itens de alta gravidade se referem à ANSI/ITSDF B56.5-2005.

Para futuros desenvolvimentos é recomendado o estudo das normas aqui apresentadas, na fase de projeto, bem como posterior utilização do *checklist* para verificação do sistema de segurança.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO12100**: Segurança de máquinas: Princípios gerais de projeto: Apreciação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14153**: Segurança de máquinas: Partes de sistemas de comando relacionados à segurança: Princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, Luís Tiago do Silva – **Desenvolvimento de um controlador modular para LeanAGV baseado no norma IEC 61131-3** - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2017.

ITSDF. *Industrial Truck Standards Development Foundation - ANSI/ITSDF B56.5-2005 - Safety Standard For Guided Industrial Vehicles And Automated Functions Of Manned Industrial Vehicles*, 2005.

LOTHAR, Schulz BEHLING, Sebastian e BUHRS, Stefan – *Automated Guided Vehicle Systems: a Driver for Increased Business Performance* – ISBN:978-988-17012-1-3, IMECS (*International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists*), 2008.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-12**: Segurança No Trabalho em Máquinas e Equipamentos, 2017.

NIST. National Institute of Standards and Technology - **Automated Guided Vehicle Bumper Test Method Development**, 2015.

ROCKWELL AUTOMATION - *Safety related control systems for machinery*, **Publicação: SAFEBK-RM002B-EN-P - SAFEBOOK 4**, 2011.

RODRIGUES, Marcus Vinicius – **Sistema de Produção Lean Manufacturing** - Elsevier Editora Ltda, 2014.

SANTOS, Eduardo António da Silva - **Logística baseada em AGVs** - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.

6 APÊNDICE

6.1 CHECK-LIST DE SEGURANÇA

Legenda para avaliação

O – Atende aos requisitos

X – Não atende aos requisitos

NA – Não aplicável

ITEM	DESCRIÇÃO	SUBITEM	COMENTÁRIOS
NR12			
Instalações e dispositivos elétricos			
12.14	As instalações elétricas das máquinas e equipamentos devem ser projetadas e mantidas de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto na NR-10.	O	
12.17	Os condutores de alimentação elétrica das máquinas e equipamentos devem atender aos seguintes requisitos mínimos de segurança: a) oferecer resistência mecânica compatível com a sua utilização; b) possuir proteção contra a possibilidade de rompimento mecânico, de contatos abrasivos e de contato com lubrificantes, combustíveis e calor; c) localização de forma que nenhum segmento fique em contato com as partes móveis ou cantos vivos; d) facilitar e não impedir o trânsito de pessoas e materiais ou a operação das máquinas; e) não oferecer quaisquer outros tipos de riscos na sua localização; e f) ser constituídos de materiais que não propaguem o fogo, ou seja, autoextinguíveis. (Alterada pela Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015)	O O O NA O O	
12.22	As baterias devem atender aos seguintes requisitos mínimos de segurança: a) localização de modo que sua manutenção e troca possam ser realizadas facilmente a partir do solo ou de uma plataforma de apoio; b) constituição e fixação de forma a não haver deslocamento acidental; e c) proteção do terminal positivo, a fim de prevenir contato acidental e curto-	O O O	

	circuito.		
12.23	Os serviços e substituições de baterias devem ser realizados conforme indicação constante do manual de operação.	O	
Dispositivos de partida, acionamento e parada			
12.25	Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas.	O	
12.36	Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados a partir de 24 de Março de 2012 devem: (Item e alíneas alterados pela Portaria MTE n.º 857, de 25/06/2015) a) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo sobre dispositivos de parada de emergência, desta norma; e b) operar em extrabaixa tensão de até 25VCA (vinte e cinco volts em corrente alternada) ou de até 60VCC (sessenta volts em corrente contínua), ou ser adotada outra medida de proteção contra choques elétricos, conforme Normas Técnicas oficiais vigentes.	O O	
12.37	Quando indicado pela apreciação de riscos, em função da categoria de segurança requerida, o circuito elétrico do comando da partida e parada, inclusive de emergência, do motor das máquinas e equipamentos deve ser redundante e atender a uma das seguintes concepções, ou estar de acordo com o estabelecido pelas normas técnicas nacionais vigentes e, na falta destas, pelas normas técnicas internacionais: (Item alterado e alíneas inseridas pela Portaria MTPS n.º 509, de 29 de abril de 2016) a) possuir, no mínimo, dois contatores ligados em série, com contatos mecanicamente ligados ou contatos espelho, monitorados por interface de segurança; b) utilizar um contator com contatos mecanicamente ligados ou contatos espelho, ligado em série a inversores ou conversores de frequência ou softstarters que possua entrada de habilitação e que disponibilize um sinal de falha, monitorados por interface de segurança;	NA NA	Como o sistema foi classificado como Categoria 1, não é necessária a redundância.

	c) utilizar dois contadores com contatos mecanicamente ligados ou contatos espelho, monitorados por interface de segurança, ligados em série a inversores ou conversores de frequência ou softstarters que não possua entrada de habilitação e não disponibilize um sinal de falha; d) utilizar inversores ou conversores de frequência ou softstarters que possua entrada de segurança e atenda aos requisitos da categoria de segurança requerida.	NA NA	
Sistemas de segurança			
12.38	As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.	X	Possui para-choques de segurança, mas não há proteção para partes móveis (rodas). Alta gravidade
12.39	Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos: (Vide prazos no Art. 4ª da Portaria SIT n.º 197, de 17 de dezembro de 2010) 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.	O O O O O O	Categoria 1
12.47	As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.	X	As rodas estão expostas. A estrutura é aberta, feita com perfis. Alta gravidade
Dispositivos de parada de emergência			
12.56	As máquinas devem ser equipadas com um ou mais dispositivos de parada de	O	

	emergência, por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes.		
12.57	Os dispositivos de parada de emergência devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos operadores em seus postos de trabalho e por outras pessoas, e mantidos permanentemente desobstruídos.	O	
12.58	Os dispositivos de parada de emergência devem: a) ser selecionados, montados e interconectados de forma a suportar as condições de operação previstas, bem como as influências do meio; b) ser usados como medida auxiliar, não podendo ser alternativa a medidas adequadas de proteção ou a sistemas automáticos de segurança; c) possuir acionadores projetados para fácil atuação do operador ou outros que possam necessitar da sua utilização; d) prevalecer sobre todos os outros comandos; e) provocar a parada da operação ou processo perigoso em período de tempo tão reduzido quanto tecnicamente possível, sem provocar riscos suplementares; f) ter sua função disponível e operacional a qualquer tempo, independentemente do modo de operação; e (Alterada pela Portaria MTb n.º 1.110, de 21 de setembro de 2016) g) ser mantidos em perfeito estado de funcionamento.	O O O O O O O	
12.59	A função parada de emergência não deve: a) prejudicar a eficiência de sistemas de segurança ou dispositivos com funções relacionadas com a segurança; b) prejudicar qualquer meio projetado para resgatar pessoas acidentadas; e c) gerar risco adicional.	O NA O	
12.60	O acionamento do dispositivo de parada de emergência deve também resultar na retenção do acionador, de tal forma que quando a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado.	O	
12.63	A parada de emergência deve exigir rearme, ou reset manual, a ser realizado somente após a correção do evento que motivou o acionamento da parada de emergência.	O	
Sinalização			

12.116	As máquinas e equipamentos, bem como as instalações em que se encontram, devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, as instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores.	X	
12.117	A sinalização de segurança deve: a) ficar destacada na máquina ou equipamento; b) ficar em localização claramente visível; e c) ser de fácil compreensão.	X X X	
12.118	Os símbolos, inscrições e sinais luminosos e sonoros devem seguir os padrões estabelecidos pelas normas técnicas nacionais vigentes e, na falta dessas, pelas normas técnicas internacionais.	X	O equipamento possui os sinais luminosos, mas não possui a sinalização de segurança.
12.119	As inscrições das máquinas e equipamentos devem: a) ser escritas na língua portuguesa – Brasil; e b) ser legíveis.	X X	
12.120	As inscrições e símbolos devem ser utilizados nas máquinas e equipamentos para indicar as suas especificações e limitações técnicas.	X	
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; b) não sejam ambíguos; c) sejam claramente compreendidos e distintos de todos os outros sinais utilizados; e d) possam ser inequivocamente reconhecidos pelos trabalhadores.	O O O O	
12.123	As máquinas e equipamentos fabricados a partir da vigência desta Norma devem possuir em local visível as informações indelévels, contendo no mínimo: a) razão social, CNPJ e endereço do fabricante ou importador; b) informação sobre tipo, modelo e capacidade; c) número de série ou identificação, e ano de fabricação;	X X X	

	d) número de registro do fabricante ou importador no CREA; e e) peso da máquina ou equipamento.	X X	
Manuais			
12.125	As máquinas e equipamentos devem possuir manual de instruções fornecido pelo fabricante ou importador, com informações relativas à segurança em todas as fases de utilização.	O	
12.127	Os manuais devem: a) ser escritos na língua portuguesa - Brasil, com caracteres de tipo e tamanho que possibilitem a melhor legibilidade possível, acompanhado das ilustrações explicativas; b) ser objetivos, claros, sem ambiguidades e em linguagem de fácil compreensão; c) ter sinais ou avisos referentes à segurança realçados; e d) permanecer disponíveis a todos os usuários nos locais de trabalho.	O O O X	
12.128	Os manuais das máquinas e equipamentos fabricados ou importados a partir da vigência desta Norma devem conter, no mínimo, as seguintes informações: a) razão social, CNPJ e endereço do fabricante ou importador; b) tipo, modelo e capacidade; c) número de série ou número de identificação e ano de fabricação; d) normas observadas para o projeto e construção da máquina ou equipamento; e) descrição detalhada da máquina ou equipamento e seus acessórios; f) diagramas, inclusive circuitos elétricos, em especial a representação esquemática das funções de segurança; g) definição da utilização prevista para a máquina ou equipamento; h) riscos a que estão expostos os usuários, com as respectivas avaliações quantitativas de emissões geradas pela máquina ou equipamento em sua capacidade máxima de utilização; i) definição das medidas de segurança existentes e daquelas a serem adotadas pelos usuários; j) especificações e limitações técnicas para a sua utilização com segurança; k) riscos que podem resultar de adulteração ou supressão de proteções e	X O O X O O X X O O X	

	dispositivos de segurança; l) riscos que podem resultar de utilizações diferentes daquelas previstas no projeto; m) informações técnicas para subsidiar a elaboração dos procedimentos de trabalho e segurança durante todas as fases de utilização; (Alterada pela Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015) n) procedimentos e periodicidade para inspeções e manutenção; o) procedimentos a serem adotados em situações de emergência; p) indicação da vida útil da máquina ou equipamento e/ou dos componentes relacionados com a segurança. (Alterada pela Portaria MTPS n.º 509, de 29 de abril de 2016)	X X O O X	
Total de itens		26	Atendidos – 15
Total de subitens		78	Atendidos – 48
ANSI/ITSDF B56.5-2005			
Sinalização			
8.2.1/ 8.3.1	Especificação da capacidade de carga (com coeficiente de atrito mínimo de 0,6).	X	
8.9.1	Sinalização visual e sonora indicando movimentação iminente.	O	
8.9.2	Sinalização visual e sonora durante o movimento	O	
8.9.3	Sinalização visual e sonora diferente no modo reverso	X	
8.9.4	Sinalização de falha ou ativação do sistema de segurança.	O	
8.9.5	Monitoramento da condição da bateria.	O	
Parada de emergência			
8.10.2	O sistema de emergência deve incluir as funções e dispositivos abaixo: a) Botão de parada de emergência, localizado em local acessível; b) Detecção da perda de controle da velocidade; c) Detecção da perda da referência de direção; d) Monitoramento do processador do CLP (Watchdog timer); e) Interrupção da alimentação elétrica; f) Detecção de falhas das fontes de energia elétrica que sejam essenciais aos aspectos de segurança;	O X X X X X	Alta gravidade

	g) Sensores ou combinação de dispositivos para evitar colisão entre o veículos e objetos que possam estar na sua rota.	O	
8.10.3.1	Para-choques utilizado como dispositivo de emergência, deve ter força de atuação menor que 134N. A parada deve ocorrer dentro da distância de acionamento do mesmo.	X	A parada ocorre dentro da distância de acionamento, porém não foi possível medir a força de atuação por falta de instrumento.
8.10.3.2	Dispositivo sem contato utilizado como parada de emergência deve parar o veículo antes de haver contato entre o mesmo e o objeto detectado.	NA	
8.16.1	Dispositivo de manipulação de carga com alimentação elétrica, deve possuir botão de emergência, que pode ser o mesmo utilizado pelo veículo.	NA	
Controles adicionais			
8.11.1	Dispositivos para detecção de objetos, sem função de emergência, utilizados para redução de velocidade ou parada, que permitem o reinício automático do movimento.	O	
8.11.5	Modo de operação manual e automático, intertravados. A velocidade em modo manual deve ser controlada.	X	Possui somente modo automático
8.12.1	Possibilidade de desligamento do sistema de controle através de chave operada manualmente.	X	
8.12.2	Possibilidade de desligamento do circuito de força das baterias em caso de emergência.	O	
8.15	Devem ser previstas proteções para redução do risco de acidente com partes móveis (incluindo rodas).	X	Alta gravidade
8.16.2	Dispositivos de manipulação com alimentação elétrica devem ter intertravamento para garantir que a transferência da carga seja feita somente quando o veículo estiver na posição correta.	NA	
Total de itens		16	Atendidos – 6
Total de subitens		22	Atendidos – 8

7 ANEXOS

7.1 ANEXO 1

Safety-door Switch

D4NS/D4NS-SK

CSM_D4NS_D4NS-SK_DS_E_9_2

Multi-contact, Labor-saving, Environment-friendly, Next-generation Safety-door Switch

- Lineup includes three contact models with 2NC/1NO and 3NC contact forms and MBB models in addition to the previous contact forms 1NC/1NO, and 2NC.
- M12-connector models are available, saving on labor and simplifying replacement.
- Standardized gold-clad contacts provide high contact reliability.
- Applicable to both standard loads and microloads.
- Variety of metallic heads available.

Be sure to read the "Safety Precautions" on page 12.



Safety Door Switches



Slide Keys

For the most recent information on models that have been certified for safety standards, refer to your OMRON website.

Model Number Structure

Model Number Legend

Switch (Standard type)

D4NS-□□□
1 2 3

- Conduit Outlet/Connector**
 - 1:Pg13.5 (1-conduit type)
 - 2:G1/2 (1-conduit type)
 - 4:M20 (1-conduit type)
 - 6:G1/2 (2-conduit type)
 - 8:M20 (2-conduit type)
 - 9:M12 connector (1-conduit type)
- Built-in Switch**
 - A:1NC/1NO (slow-action)
 - B:2NC (slow-action)
 - C:2NC/1NO (slow-action)
 - D:3NC (slow-action)
 - E:1NC/1NO (MBB contact)
 - F:2NC/1NO (MBB contact)
- Head Mounting Direction**
 - F:Four mounting directions possible (Front-side mounting at shipping)/plastic
 - D:Four mounting directions possible (Front-side mounting at shipping)/metal

Note: An order for the head part or the switch part alone cannot be accepted. (The Operation Key is sold separately.)

Switch (High pull-force type)

D4NS-□□F-SJ
1 2

- Conduit Outlet**
 - 2:G1/2 (1-conduit type)
 - 4:M20 (1-conduit type)
- Built-in Switch**
 - A:1NC/1NO (slow-action)
 - B:2NC (slow-action)
 - C:2NC/1NO (slow-action)
 - D:3NC (slow-action)

Operation Key

D4DS-K□
1

- Operation Key Type**
 - 1:Horizontal mounting
 - 2:Vertical mounting
 - 3:Adjustable mounting (Horizontal)
 - 5:Adjustable mounting (Horizontal/Vertical)

Specifications

Standards and EC Directives

Conforms to the following EC Directives:

- Machinery Directive
- Low Voltage Directive
- EN50047
- EN60947-5-1
- EN ISO 14119
- GS-ET-15

Certified Standards

Certification body	Standard	File No.
TÜV SÜD	EN60947-5-1 (certified direct opening)	Consult your OMRON representative for details.
UL *1	UL508, CSA C22.2 No.14	E76675
CQC (CCC)	GB14048.5	Consult your OMRON representative for details.
KOSHA *2	EN60947-5-1	Consult your OMRON representative for details.

*1. Certification for CSA C22.2 No. 14 is authorized by the UL mark.

*2. Only certain models have been certified.

Certified Standard Ratings

TÜV (EN60947-5-1), CCC (GB14048.5)

Item	Utilization category	AC-15		DC-13
		Make	Break	Make
Rated operating current (I _N)	3 A			0.27 A
Rated operating voltage (U _N)	240 V			250 V

Note: Use a 10 A fuse type gI or gG that conforms to IEC60269 as a short-circuit protection device. This fuse is not built into the Switch.

UL/CSA (UL508, CSA C22.2 No. 14)

A300

Rated voltage	Carry current	Current (A)		Volt-amperes (VA)	
		Make	Break	Make	Break
120 VAC	10 A	60	6	7,200	720
240 VAC		30	3		

Q300

Rated voltage	Carry current	Current (A)		Volt-amperes (VA)	
		Make	Break	Make	Break
125 VDC	2.5 A	0.55	0.55	60	60
250 VDC		0.27	0.27		

Characteristics

Interlock type	Type 2 (EN ISO 14119)	
Coding level	Low level coded (EN ISO 14119)	
Degree of protection *1	IP67 (EN60947-5-1)	
Durability *2	Mechanical	<Standard type> 1,000,000 operations min. <High pull-force type> 100,000 operations min.
	Electrical	<Standard type> 500,000 operations min. (3 A resistive load at 250 VAC) *3 300,000 operations min. (10 A resistive load at 250 VAC) <High pull-force type> 100,000 operations min. (10 A resistive load at 250 VAC)
Operating speed	0.05 to 0.5 m/s	

Direct opening force *4	<Standard type> 60 N min. <High pull-force type> 80 N min.	
Direct opening travel *4	10 mm min.	
Contact resistance	25 mΩ max.	
Minimum applicable load *5	1 mA resistive load at 5 VDC (N-level reference value)	
Rated insulation voltage (U _i)	300 V	
Rated frequency	50/60 Hz	
Protection against electric shock	Class II (double insulation) <input type="checkbox"/>	
Pollution degree (operating environment)	3 (EN60947-5-1)	
Impulse withstand voltage (U _{imp}) (EN60947-5-1)	Between terminals of same polarity	2.5 kV
	Between terminals of different polarity	4 kV
	Between each terminal and non-current carrying metallic parts	6 kV
Insulation resistance	100 MΩ min.	
Contact gap	2 × 2 mm min.	
Vibration resistance	Malfunction	10 to 55 Hz, 0.75 mm single amplitude
Shock resistance	Destruction	1,000 m/s ² min.
	Malfunction	300 m/s ² min.
Conditional short-circuit current	100 A (EN60947-5-1)	
Conventional free air thermal current (I _N)	10 A (EN60947-5-1)	
Ambient operating temperature	-30 to 70°C (with no icing)	
Ambient operating humidity	95% max.	
Weight	Approx. 96 g (D4NS-1CF)	

Note: 1. The above values are initial values.

2. The Switch contacts can be used with either standard loads or microloads. Once the contacts have been used to switch a load, however, they cannot be used to switch smaller loads. The contact surfaces will become rough once they have been used and contact reliability for smaller loads may be reduced.

*1. The degree of protection is tested using the method specified by the standard (EN60947-5-1). Confirm that sealing properties are sufficient for the operating conditions and environment beforehand. Although the switch box is protected from dust or water penetration, do not use the D4NS in places where foreign material may enter through the key hole on the head, otherwise Switch damage or malfunctioning may occur.

*2. The durability is for an ambient temperature of 5 to 35°C and an ambient humidity of 40% to 70%. For more details, consult your OMRON representative.

*3. Do not pass the 3 A, 250 VAC load through more than 2 circuits.

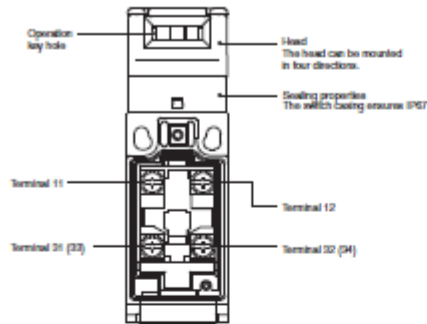
*4. These figures are minimum requirements for safe operation.

*5. This value will vary with the switching frequency, environment, and reliability level. Confirm that correct operation is possible with the actual load beforehand.

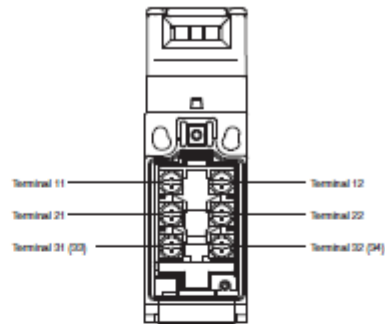
Structure and Nomenclature

Structure

D4NS-□A□, D4NS-□B□, D4NS-□E□,
D4NS-□AF-SJ, D4NS-□BF-SJ



D4NS-□C□, D4NS-□D□, D4NS-□F□,
D4NS-□CF-SJ, D4NS-□DF-SJ



Note: The 2-conduit types have the same terminal arrangement.

Model and Contact Configuration

Diagrams Show State with Key Inserted.

Model	Contact	Contact form	Operating pattern	Remarks
D4NS-□A□ D4NS-□AF-SJ	1NC/1NO			Only NC contacts 11-12 have a certified direct opening mechanism. ⊖ The terminals 11-12 and 33-34 can be used as unlike poles.
D4NS-□B□ D4NS-□BF-SJ	2NC			NC contacts 11-12 and 31-32 have a certified direct opening mechanism. ⊖ The terminals 11-12 and 31-32 can be used as unlike poles.
D4NS-□C□ D4NS-□CF-SJ	2NC/1NO			NC contacts 11-12 and 21-22 have a certified direct opening mechanism. ⊖ The terminals 11-12, 21-22, and 33-34 can be used as unlike poles.
D4NS-□D□ D4NS-□DF-SJ	3NC			NC contacts 11-12, 21-22, and 31-32 have a certified direct opening mechanism. ⊖ The terminals 11-12, 21-22, and 31-32 can be used as unlike poles.
D4NS-□E□	1NC/1NO MBB *			Only NC contacts 11-12 have a certified direct opening mechanism. ⊖ The terminals 11-12 and 33-34 can be used as unlike poles.
D4NS-□F□	2NC/1NO MBB *			NC contacts 11-12 and 21-22 have a certified direct opening mechanism. ⊖ The terminals 11-12, 21-22 and 33-34 can be used as unlike poles.

* MBB (Make Before Break) contacts have an overlapping structure, so that before the normally closed contact (NC) opens, the normally open contact (NO) closes.