

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
ISO
14119

Primeira edição
17.02.2021

**Segurança de máquinas — Dispositivos de
intertravamento associados às proteções —
Princípios de projeto e seleção**

*Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards —
Principles for design and selection*

ICS 13.110

ISBN 978-65-5659-795-9



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR ISO 14119:2021
75 páginas

© ISO 2013 - © ABNT 2021



© ISO 2013

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT, único representante da ISO no território brasileiro.

© ABNT 2021

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 3974-2346

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Sumário

Página

Prefácio Nacionalix

Introduçãox

1 Escopo1

2 Referências normativas1

3 Termos e definições2

4 Princípios de operação e formas típicas de dispositivos de intertravamento
associados às proteções8

4.1 Generalidades8

4.2 Princípios de intertravamento da proteção sem bloqueio9

4.3 Princípios de intertravamento da proteção com bloqueio10

4.3.1 Generalidades10

4.3.2 Dispositivo de intertravamento com bloqueio operado mecanicamente11

4.3.3 Dispositivo de intertravamento com bloqueio operado eletromagneticamente11

5 Requisitos de projeto e instalação de dispositivos de intertravamento com e
sem bloqueio13

5.1 Generalidades13

5.2 Disposição e fixação de interruptores de posição13

5.3 Disposição e fixação de atuadores14

5.3.1 Generalidades14

5.3.2 Cames14

5.4 Modos de acionamento de dispositivos de intertravamento15

5.5 Interface com sistemas de comando16

5.6 Batente mecânico16

5.7 Requisitos adicionais em dispositivos de bloqueio16

5.7.1 Generalidades16

5.7.2 Dispositivo de bloqueio mecânico16

5.7.3 Dispositivo de bloqueio eletromagnético18

5.7.4 Força de retenção19

5.7.5 Liberação complementar do bloqueio19

5.7.6 Requisitos para fixações21

6 Seleção de um dispositivo de intertravamento21

6.1 Generalidades21

6.2 Seleção de um dispositivo de bloqueio22

6.2.1 Desempenho total de parada do sistema e tempo de acesso22

6.2.2 Requisitos específicos para seleção de dispositivos de bloqueio22

6.2.3 Seleção de liberações complementares de bloqueio23

6.3 Considerações das condições ambientais24

6.3.1 Generalidades24

6.3.2 Influência da poeira em dispositivos de intertravamento Tipo 224

7 Projeto para minimizar as possibilidades de burla em dispositivos
de intertravamento25

Exemplar para uso exclusivo - WEG Equipamentos Elétricos S/A - 07.175.725/0010-50 (Pedido 892855 Impresso: 13/02/2024)

7.1 Generalidades.....25

7.2 Medidas adicionais para minimizar as possibilidades de burla dos dispositivos de intertravamento26

8 Requisitos de sistemas de comando30

8.1 Generalidades.....30

8.2 Avaliação de defeitos.....31

8.3 Prevenção contra falhas de causa comum.....31

8.3.1 Generalidades.....31

8.3.2 Ação mecânica direta e não direta dos interruptores de posição de dispositivos de intertravamento Tipo 131

8.3.3 Diversidade da fonte de energia33

8.4 Liberação do dispositivo de bloqueio.....33

8.5 Exclusão de defeito.....33

8.6 Conexão lógica em série de dispositivos de intertravamento.....34

8.7 Condições elétricas e ambientais.....34

8.7.1 Generalidades.....34

8.7.2 Considerações de desempenho35

8.7.3 Imunidade contra perturbações.....35

8.7.4 Condições de operação elétrica35

9 Informações de uso35

9.1 Generalidades.....35

9.2 Informações de uso fornecidas pelo fabricante de dispositivos de intertravamento35

9.2.1 Marcação35

9.2.2 Instruções36

9.3 Informações de uso fornecidas pelo fabricante da máquina.....37

9.3.1 Marcação37

9.3.2 Instruções37

Anexo A (informativo) Dispositivo de intertravamento Tipo 1 – Exemplos38

A.1 Came rotativo38

A.1.1 Descrição38

A.1.2 Características típicas38

A.1.3 Observações.....39

A.2 Came linear39

A.2.1 Descrição39

A.2.2 Características típicas39

A.2.3 Observações.....40

A.3 Dobradiça.....40

A.3.1 Descrição40

A.3.2 Características típicas41

A.3.3 Observações.....41

A.4 Dispositivos de intertravamento hidráulicos/pneumáticos41

A.4.1 Exemplos41

Exemplar para uso exclusivo - WEG Equipamentos Elétricos S/A - 07.175.725/0010-50 (Pedido 892855 Impresso: 13/02/2024)

A.4.2	Observações	42
Anexo B	(informativo) Dispositivo de intertravamento Tipo 2 – Exemplos	43
B.1	Interruptor de posição acionado por lingueta	43
B.1.1	Descrição	43
B.1.2	Características típicas	43
B.1.3	Observações	44
B.2	Chave transferível (<i>Trapped key</i>)	44
B.2.1	Descrição	44
B.2.2	Características típicas	46
B.2.3	Observações	47
Anexo C	(informativo) Dispositivo de intertravamento Tipo 3 – Exemplos	48
C.1	Descrição	48
C.2	Características típicas	48
C.3	Observações	49
Anexo D	(informativo) Dispositivo de intertravamento Tipo 4 – Exemplos	50
D.1	Dispositivo de intertravamento codificado magneticamente	50
D.1.1	Descrição	50
D.1.2	Características típicas	50
D.1.3	Observações	51
D.2	Dispositivo de intertravamento codificado por RFID	51
D.2.1	Descrição	51
D.2.2	Características típicas	51
D.2.3	Observações	51
Anexo E	(informativo) Exemplos de outros dispositivos de intertravamento	53
E.1	Intertravamento mecânico entre uma proteção móvel e um elemento móvel	53
E.1.1	Descrição	53
E.1.2	Observações	53
Anexo F	(informativo) Exemplos de dispositivos de bloqueio	54
F.1	Exemplo de dispositivo de intertravamento com detecção da posição da proteção separada da detecção da posição do meio de bloqueio	54
F.1.1	Descrição	54
F.1.2	Característica típica	54
F.2	Função de intertravamento assegurada pela detecção da posição da proteção e posição do dispositivo de bloqueio separadamente	55
F.2.1	Descrição	55
F.2.2	Característica típica	55
F.3	Função de intertravamento assegurada pela detecção da posição de bloqueio somente pela detecção da posição do dispositivo de bloqueio	56
F.3.1	Descrição	56
F.3.2	Característica típica	56
F.4	Dispositivo de intertravamento com dispositivo de bloqueio eletromagnético	57
F.4.1	Descrição	57
F.4.2	Características típicas	58

F.5	Dispositivo de intertravamento com bloqueio, com dispositivo de retardo operado manualmente	59
F.5.1	Descrição	59
F.5.2	Características típicas	59
F.5.3	Observações	59
Anexo G	(informativo) Exemplos de aplicação de dispositivos de intertravamento utilizados em uma função de segurança	60
G.1	Generalidades	60
G.2	Exemplo 1 – Categoria 1	60
G.2.1	Função de segurança	60
G.2.2	Descrição funcional	61
G.2.3	Características de projeto	61
G.3	Exemplo 2 – Categoria 3	61
G.3.1	Funções de segurança	61
G.3.2	Descrição funcional	61
G.3.3	Características de projeto	63
G.4	Exemplo 3 – Categoria 4	64
G.4.1	Função de segurança	64
G.4.2	Descrição funcional	64
G.4.3	Características de projeto	65
Anexo H	(informativo) Motivação para burla do dispositivo de intertravamento	67
Anexo I	(informativo) Exemplos de forças máximas de ação estática	72
Bibliografia	74

Figuras

Figura 1	– Exemplo de um dispositivo de intertravamento	2
Figura 2	– Princípio de dispositivos de intertravamento Tipos 1, 2, 3 e 4	9
Figura 3	– Diagrama funcional de dispositivos de intertravamento sem bloqueio	10
Figura 4	– Diagramas funcionais de dispositivos de intertravamento com bloqueio	11
Figura 5	– Modos de operação de dispositivo de bloqueio em dispositivos de bloqueio acionados por energia elétrica	12
Figura 6	– Exemplo de dispositivo de intertravamento Tipo 2 com bloqueio	17
Figura 7	– Determinação da necessidade de dispositivos de bloqueio	22
Figura 8	– Exemplo de um dispositivo de bloqueio afetado por forças dinâmicas	23
Figura 9	– Metodologia para determinar o possível incentivo e as medidas requeridas tomadas pelo fabricante da máquina	26
Figura 10	– Exemplos de proteção contra burla por obstrução ou proteção física	29
Figura 11	– Exemplo de proteção contra burla de um dispositivo de intertravamento operado por ângulo de torção pela instalação fora de alcance, em uma máquina para construção de vias públicas	30
Figura 12	– Prevenção de falha de causa comum de dois interruptores de posição acionados mecanicamente, utilizando ação mecânica direta e não direta associada	32

Figura 13 – Símbolo para monitoramento do bloqueio de elementos de bloqueio	36
Figura A.1 – Dispositivo de intertravamento Tipo 1 com interruptor de posição acionado por came rotativo	38
Figura A.2 – Dispositivo de intertravamento Tipo 1 com interruptor de posição acionado por came linear.....	39
Figura A.3 – Dispositivo de intertravamento com dobradiça.....	40
Figura A.4 – Válvula única (sistema de saída) com ação mecânica direta da válvula por proteção móvel.....	41
Figura A.5 – Duas válvulas (sistema de saída).....	42
Figura A.6 – Dispositivo de intertravamento híbrido (elétrico e hidráulico).....	42
Figura B.1 – Interruptor de posição com atuador de lingueta codificado	43
Figura B.2 – Princípio de trabalho do interruptor de posição acionado por lingueta	44
Figura B.3 – Princípio de intertravamento acionado por chave transferível – Etapa 1	45
Figura B.4 – Princípio de intertravamento acionado por chave transferível utilizando pino e trava estendido – Etapa 2	45
Figura B.5 – Sistema básico simples	46
Figura B.6 – Sistema complexo	46
Figura C.1 – Dispositivo de intertravamento Tipo 3 com interruptor de proximidade acionado por atuador não codificado	48
Figura D.1 – Exemplo de dispositivo de intertravamento Tipo 4 com interruptor de posição acionado por atuador magnético codificado.....	50
Figura D.2 – Exemplo de dispositivo de intertravamento Tipo 4 com interruptor de posição acionado por atuador com <i>tag</i> de RFID codificado	52
Figura E.1 – Exemplo de intertravamento mecânico entre a proteção móvel e o elemento móvel	53
Figura F.1 – Dispositivo de intertravamento com dispositivo de bloqueio aplicado por mola/liberado por energia elétrica	55
Figura F.2 – Detecção separada de posições da proteção móvel e do dispositivo de bloqueio	56
Figura F.3 – Detecção combinada de posições da proteção móvel e do dispositivo de bloqueio	57
Figura F.4 – Dispositivo de intertravamento com dispositivo de bloqueio eletromagnético.....	58
Figura F.5 – Dispositivo de intertravamento com bloqueio, com dispositivo de retardo operado manualmente	59
Figura G.1 – Monitoramento da posição de proteções móveis para a prevenção de movimentos perigosos.....	60
Figura G.2 – Dispositivo de bloqueio com relé de segurança e monitor de parada – Categoria 3.....	62
Figura G.3 – Monitoramento da posição de proteções móveis por meio de um módulo de segurança	65

Tabelas

Tabela 1 – Visão geral dos dispositivos de intertravamento8

Tabela 2 – Ação mecânica direta e não direta de dispositivos de intertravamento Tipo 1 15

Tabela 3 – Medidas adicionais contra burla de dispositivos de intertravamento dependendo do tipo28

Tabela H.1 – Avaliação de motivação para burlar dispositivos de intertravamento69

Tabela H.2 – Exemplo de uma avaliação de motivação para burlar dispositivos de intertravamento em uma máquina.....71

Tabela I.1 – Exemplos de forças máximas de ação estática72



Prefácio Nacional

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos internacionais adotados são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 3.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR ISO 14119 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos (ABNT/CB-004), pela Comissão de Estudo de Segurança de Máquinas de Uso Geral (CE-004:026.001). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 10, de 21.10.2020 a 19.11.2020.

A ABNT NBR ISO 14119 é uma adoção idêntica, em conteúdo técnico, estrutura e redação, à ISO 14119:2013, que foi elaborada pelo *Technical Committee Safety of Machinery* (ISO/TC 199).

A ABNT NBR ISO 14119 cancela e substitui a ABNT NBR NM 273:2002.

O Escopo em inglês da ABNT NBR ISO 14119 é o seguinte:

Scope

This Standard specifies principles for the design and selection – independent of the nature of the energy source – of interlocking devices associated with guards.

This Standard covers the parts of guards which actuate interlocking devices.

NOTE ISO 14120 specifies general requirements for the design and construction of guards provided primarily to protect persons from mechanical hazards. The processing of the signal from the interlocking device to stop and immobilize the machine is dealt with in ABNT NBR ISO 13849-1 or IEC 62061.

This Standard does not necessarily provide all the specific requirements for trapped key systems.

This Standard provides measures to minimize defeat of interlocking devices in a reasonably foreseeable manner.

Introdução

A estrutura das normas de segurança no campo das máquinas é a seguinte.

- a) As normas do tipo A (normas básicas de segurança) proveem conceitos básicos, princípios de projeto e aspectos gerais que podem ser aplicados a todas as máquinas.
- b) As normas do tipo B (normas de segurança genéricas) abordam um aspecto de segurança ou um tipo de dispositivo de segurança que pode ser utilizado em uma ampla variedade de máquinas:
 - as normas do tipo B1, sobre aspectos de segurança específicos (por exemplo, distâncias de segurança, temperatura da superfície, ruído);
 - as normas do tipo B2, sobre dispositivos de segurança (por exemplo, comando acionados pelas duas mãos, dispositivos de intertravamento, dispositivos sensíveis à pressão, proteções);
- c) As normas do tipo C (normas de segurança de máquinas) abordam os requisitos de segurança detalhados para uma máquina ou grupo de máquinas específico.

Este Documento é uma norma do tipo B2, conforme declarado na ABNT NBR ISO 12100.

Os requisitos deste Documento podem ser complementados ou modificados por uma norma do tipo C.

Para máquinas que são abrangidas pelo escopo de uma norma do tipo C e que foram projetadas e construídas de acordo com os requisitos da referida norma, os requisitos dessa referida norma do tipo C prevalecem.

Esta Norma foi preparada para prover orientações aos projetistas de máquinas e redatores de normas de segurança de produto sobre como projetar e selecionar dispositivos de intertravamento associados às proteções.

As seções relevantes desta Norma, utilizadas isoladamente ou em conjunto com disposições das outras normas, podem ser utilizadas como uma base para procedimentos de verificação para a adequabilidade de um dispositivo para aplicações de intertravamento.

Os Anexos A a F, de caráter informativo, descrevem a tecnologia e as características típicas dos quatro tipos definidos de dispositivos de intertravamento. Outras soluções podem ser adotadas, desde que estejam em conformidade com os princípios desta Norma. Os Anexos G a I, de caráter informativo, proveem informações sobre aspectos específicos, como dispositivos de intertravamento utilizados em funções de segurança, apreciação de riscos considerando a motivação para burla e forças de ação estáticas. O ISO/TR 24119 está em estudo e proverá informações sobre a ocultação de defeitos na conexão em série de dispositivos de intertravamento.

NOTA BRASILEIRA O ISO/TR 24119 foi publicado em 2015.
--

Segurança de máquinas — Dispositivos de intertravamento associados às proteções — Princípios de projeto e seleção

1 Escopo

Esta Norma especifica os princípios para o projeto e a seleção – independentemente da natureza da fonte de energia – de dispositivos de intertravamento associados às proteções.

Esta Norma abrange os dispositivos de intertravamento utilizados nas proteções.

NOTA A ISO 14120 especifica os requisitos gerais para o projeto e a construção de proteções fornecidas principalmente para proteger as pessoas contra perigos mecânicos. O processamento do sinal do dispositivo de intertravamento para cessar os movimentos da máquina é tratado na ABNT NBR ISO 13849-1 ou na IEC 62061.

Esta Norma não fornece necessariamente todos os requisitos específicos para os sistemas acionados por chave transferível (*trapped key*).

Esta Norma fornece medidas para minimizar a burla dos dispositivos de intertravamento de uma maneira razoavelmente previsível.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR ISO 12100:2013, *Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Avaliação e redução de riscos*

ABNT NBR ISO 13849-1:2019, *Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Parte 1: Princípios gerais de projeto*

ABNT NBR ISO 13849-2:2019, *Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Parte 2: Validação*

IEC 60204-1:2009, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60947-5-3, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-3: Control circuit devices and switching elements – Requirements for proximity devices with defined behaviour under fault conditions (PDF)*

IEC 62061:2012, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

3 Termos e definições

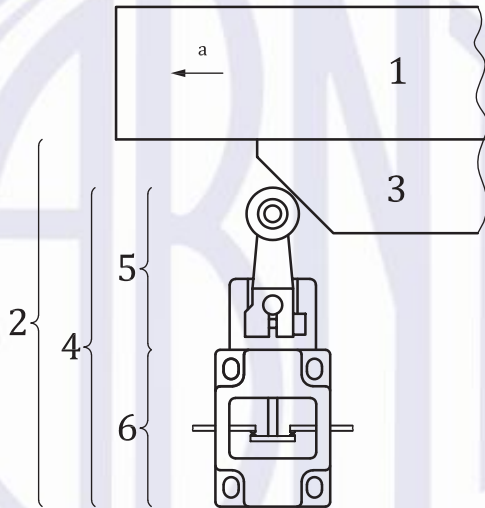
Para os efeitos deste Documento, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR ISO 12100 e ABNT NBR ISO 13849-1, e os seguintes.

3.1 dispositivo de intertravamento
intertravamento

dispositivo mecânico, elétrico ou de outro tipo, cujo propósito é prevenir a execução das funções perigosas da máquina sob condições específicas (geralmente enquanto uma proteção estiver aberta)

Nota 1 de entrada: Ver Figura 1 e Tabela 1.

[FONTE: ABNT NBR ISO 12100:2013, 3.28.1]



Legenda

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|------------------------|
| 1 | proteção | 4 | interruptor de posição |
| 2 | dispositivo de intertravamento | 5 | sistema de acionamento |
| 3 | atuador | 6 | sistema de saída |
| a | Sentido de abertura. | | |

Figura 1 – Exemplo de um dispositivo de intertravamento

3.2 proteção com intertravamento

proteção associada a um dispositivo de intertravamento que, em conjunto com o sistema de comando da máquina, realiza as seguintes funções:

- impede a máquina de executar as suas funções perigosas “cobertas” pela proteção, até que a proteção esteja fechada
- se a proteção for aberta, durante a operação das funções perigosas da máquina, executa o comando de parada

- quando a proteção for fechada, a execução das funções perigosas da máquina “cobertas” pela proteção podem ser executadas (o fechamento da proteção não inicia por si só a operação de tais funções)

Nota 1 de entrada: Uma proteção com intertravamento pode conter/estar equipada com um ou mais dispositivos de intertravamento. Esses dispositivos de intertravamento também podem ser de tipos diferentes.

[FONTE: ABNT NBR ISO 12100:2013, 3.27.4]

3.3

proteção com intertravamento e comando de partida

proteção de controle

forma especial de proteção com intertravamento que, uma vez fechada, gera um comando para iniciar as funções perigosas da máquina, sem a necessidade de comando adicional

Nota 1 de entrada: A ABNT NBR ISO 12100:2013, 6.3.3.2.5, fornece disposições detalhadas sobre a condição de uso.

[FONTE: ABNT NBR ISO 12100:2013, 3.27.6]

3.4

dispositivo de bloqueio

dispositivo destinado a bloquear uma proteção na posição fechada e conectado ao sistema de comando

3.5

proteção com intertravamento e bloqueio

proteção associada a um dispositivo de intertravamento e a um dispositivo de bloqueio que, em conjunto com o sistema de comando da máquina, realiza as seguintes funções:

- as funções perigosas da máquina “cobertas” pela proteção não podem operar até que ela esteja fechada e bloqueada
- a proteção permanece fechada e bloqueada até que os riscos decorrentes das funções perigosas da máquina, “cobertos” por ela, tenham cessado e
- quando a proteção estiver fechada e bloqueada, isto permite a execução das funções perigosas da máquina “cobertas” pela proteção, entretanto, o fechamento e bloqueio da proteção não inicia por si só a operação de tais funções

[FONTE: ABNT NBR ISO 12100:2013, 3.27.5]

3.6

parte relativa à segurança de um sistema de comando

SRP/CS

parte de um sistema de comando que responde a sinais de entrada relativos à segurança e que gera sinais de saída relativos à segurança

NOTA BRASILEIRA SRP/CS = *Safety-Related Part of a Control System*.

Nota 1 de entrada: As partes combinadas relativas à segurança de um sistema de comando começam no ponto onde os sinais de entrada relativos à segurança são iniciados (incluindo, por exemplo, o came de acionamento e o rolete do interruptor de posição) e terminam na saída dos elementos de controle de energia (incluindo, por exemplo, os principais contatos de um contator).

Nota 2 de entrada: Se sistemas de monitoramento forem utilizados para diagnósticos, eles também são considerados SRP/CS.

[FONTE: ABNT NBR ISO 13849-1:2019, 3.1.1]

3.7

burla

ação que torna os dispositivos de intertravamento inoperantes ou anulados, de modo que uma máquina possa ser utilizada de uma maneira não prevista pelo projetista ou sem as medidas de segurança necessárias

3.8

burla de uma maneira razoavelmente previsível

anulação ou burla de um dispositivo de intertravamento realizada manualmente ou utilizando objetos facilmente disponíveis

Nota 1 de entrada: Esta definição inclui a remoção de chaves ou atuadores utilizando ferramentas que são necessárias para o uso devido da máquina ou que são facilmente disponíveis (chaves de fenda, chaves fixas, chave hexagonal, alicates).

Nota 2 de entrada: Os objetos facilmente disponíveis para acionamento substituto incluem parafusos, agulhas e peças de chapa metálica, objetos de uso diário, como chaves, moedas, fita adesiva, barbante e arame, chaves sobressalentes para os dispositivos de intertravamento acionados por chave transferível (*trapped key*) e atuadores sobressalentes.

3.9

monitoramento automático

função de diagnóstico que inicia uma função de reação ao defeito, se a capacidade de um componente ou de um elemento no desempenho da sua função for diminuída ou se as condições do processo forem alteradas de tal forma que perigos sejam gerados

3.10

ação mecânica direta

ação mecânica positiva

movimento de um componente mecânico que surge inevitavelmente do movimento de outro componente mecânico, por contato direto ou por meio de elementos rígidos

3.11

ação de abertura direta

operação de abertura positiva

ruptura positiva

〈elemento de contato〉 obtenção da separação dos contatos como resultado direto de um movimento específico do atuador da chave, por meio de elementos não resilientes (por exemplo, não dependentes de molas)

[FONTE: ABNT NBR IEC 60947-5-1:2014, K.2.2]

3.12**atuador**

parte separada de um dispositivo de intertravamento que transmite o estado da proteção (fechado ou não fechado) ao sistema de acionamento

EXEMPLO Came instalado na proteção, chave, lingueta moldada, refletor, ímã, *tag* de RFID.

NOTA BRASILEIRA O termo “*Tag*” embora de origem estrangeira, é o que melhor designa os dispositivos atuadores cuja tecnologia de identificação baseia-se em codificação RFID = *Radio-Frequency IDentification* (identificação por radiofrequência).

Nota 1 de entrada: Ver também os Anexos A a E.

Nota 2 de entrada: Exemplos de atuadores são mostrados na Figura 2.

3.13**atuador codificado**

atuador que é especialmente projetado (por exemplo, por formato) para acionar um determinado interruptor de posição

3.13.1**atuador com codificação de nível baixo**

atuador codificado que oferece 1 a 9 variações de código

3.13.2**atuador com codificação de nível médio**

atuador codificado que oferece de 10 a 1 000 variações de código

3.13.3**atuador com codificação de nível alto**

atuador codificado que oferece mais de 1 000 variações de código disponíveis

3.14**sistema de acionamento**

parte do dispositivo de intertravamento que transmite a posição do atuador e altera o estado do sistema de saída

EXEMPLO Êmbolo de rolete, mecanismo de came, sensor óptico, indutivo ou capacitivo.

Nota 1 de entrada: Exemplos de sistemas de acionamento são mostrados na Figura 2.

3.15**sistema de saída**

parte do dispositivo de intertravamento que indica o estado da proteção ao sistema de comando

EXEMPLO Elemento de contato (eletromecânico), saída de semicondutor, válvula.

3.16**dispositivo de intertravamento Tipo 1**

dispositivo de intertravamento com interruptor de posição, acionado mecanicamente por atuador não codificado

EXEMPLO Dispositivos de intertravamento com dobradiça.

Nota 1 de entrada: Ver Anexo A para exemplos detalhados.

3.17

dispositivo de intertravamento Tipo 2

dispositivo de intertravamento com interruptor de posição, acionado mecanicamente por atuador codificado

EXEMPLO Interruptores de posição acionados por lingueta.

Nota 1 de entrada: Ver Anexo B para exemplos detalhados.

3.18

dispositivo de intertravamento Tipo 3

dispositivo de intertravamento com interruptor de posição acionado sem contato por atuador não codificado

EXEMPLO Interruptores de proximidade.

Nota 1 de entrada: Ver Anexo C para um exemplo detalhado.

3.19

dispositivo de intertravamento Tipo 4

dispositivo de intertravamento com interruptor de posição, acionado sem contato por atuador codificado

EXEMPLO Interruptores de posição acionados por *tag* de RFID.

Nota 1 de entrada: Ver Anexo D para exemplos detalhados.

3.20

comando de parada

signal gerado pelo dispositivo de intertravamento que faz com que a função perigosa da máquina cesse

3.21

tempo total de parada do sistema

intervalo de tempo entre o comando de parada gerado pela abertura da proteção e o término da função perigosa da máquina

[FONTE: ABNT NBR ISO 13855:2013, 3.1.2, modificada]

3.22

tempo de acesso

tempo que uma pessoa leva para alcançar a zona de perigo após o início do comando de parada gerado pelo dispositivo de intertravamento, conforme cálculo, com base na velocidade de aproximação do corpo ou parte do corpo

Nota 1 de entrada: Para a seleção da velocidade de aproximação e cálculo, ver ABNT NBR ISO 13855.

3.23

força de retenção

força que um dispositivo de bloqueio pode resistir sem ser danificado, de forma que o seu uso posterior não seja prejudicado e a proteção não saia da posição fechada

3.24

prevenção contra bloqueio inadvertido

característica de um dispositivo de bloqueio que assegura que o meio de bloqueio (por exemplo, um ferrolho ou pino de trava) não possa tomar a posição de bloqueio enquanto a proteção não estiver fechada

3.25**liberação de emergência do bloqueio**

possibilidade de liberar manualmente o bloqueio, sem o auxílio de ferramentas, pelo lado externo da área protegida, em caso de emergência

Nota 1 de entrada: O bloqueio com liberação de emergência pode ser necessário para liberar, por exemplo, pessoas aprisionadas ou combater incêndio.

3.26**liberação auxiliar do bloqueio**

possibilidade de liberar manualmente o bloqueio, por meio de uma ferramenta ou uma chave, pelo lado externo da área protegida, em caso de sua falha

Nota 1 de entrada: O bloqueio com liberação auxiliar não é adequado para liberação de emergência ou de escape do bloqueio.

3.27**liberação de escape do bloqueio**

possibilidade de liberar manualmente o bloqueio, sem o auxílio de ferramentas, pelo interior da área protegida, para deixar a área

3.28**bloqueio para proteção de pessoas**

aplicação de um dispositivo de bloqueio para proteger pessoas contra perigos

3.29**bloqueio para proteção de processos**

aplicação de um dispositivo de bloqueio para proteger o processo contra interrupções

3.30**ferramenta**

objeto, como uma chave de fenda ou chave inglesa, projetado para operar uma trava

Nota 1 de entrada: Um objeto improvisado, como uma moeda ou uma lixa de unha, não pode ser considerado uma ferramenta.

[FONTE: ISO 14120:2002, 3.9]

3.31**intertravamento de potência**

intertravamento que interrompe diretamente o fornecimento de energia aos atuadores da máquina ou que desconecta as partes móveis dos atuadores da máquina

Nota 1 de entrada: A retomada do fornecimento de energia somente é possível com a proteção na posição fechada e bloqueada. "Diretamente" significa que, diferentemente do intertravamento, o sistema de comando não desempenha qualquer papel intermediário na função de intertravamento.

3.32**função de segurança**

função da máquina cuja falha pode resultar em um aumento imediato do(s) risco(s)

[FONTE: ABNT NBR ISO 12100:2013, 3.30]

4 Princípios de operação e formas típicas de dispositivos de intertravamento associados às proteções

4.1 Generalidades

As técnicas de intertravamento envolvem uma ampla variedade de aspectos tecnológicos. Os dispositivos de intertravamento podem ser classificados utilizando uma grande variedade de critérios, por exemplo, a natureza da ligação entre a proteção e o sistema de saída ou o tipo tecnológico (eletromecânico, pneumático, eletrônico etc.) do sistema de saída.

Os dispositivos de intertravamento possuem uma função de monitoramento da posição da proteção que detecta se a proteção está fechada ou não e produz um comando de parada quando a proteção não está na posição fechada. Um dispositivo de intertravamento também pode ser utilizado no controle de outras funções, por exemplo, a aplicação de um freio para parar as funções perigosas da máquina antes que o acesso seja possível. Alguns dispositivos de intertravamento também possuem uma função de bloqueio para manter a proteção bloqueada enquanto a função perigosa da máquina estiver presente. Uma função de monitoramento da condição do dispositivo de bloqueio monitora se o dispositivo de bloqueio está engatado ou liberado e produz um sinal de saída apropriado (ver 4.3.1 a) e b)).

NOTA 1 O dispositivo de bloqueio (ver 3.4) pode ser parte integrante de um dispositivo de intertravamento ou uma unidade separada.

NOTA 2 Ver também a ABNT NBR ISO 12100:2013, 6.3.3.1, para informações adicionais sobre proteções.

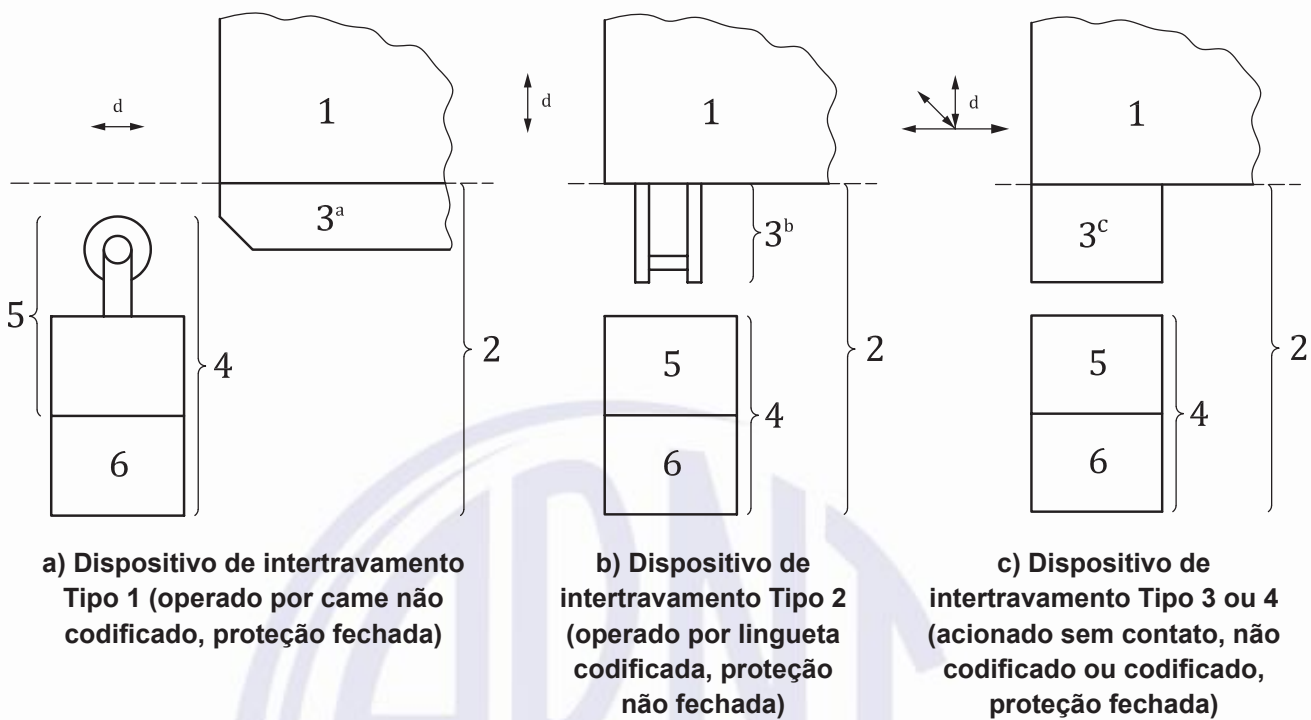
A Tabela 1 mostra os princípios de acionamento e atuadores para os tipos definidos de dispositivos de intertravamento.

NOTA 3 Os quatro tipos de dispositivos de intertravamento não são apresentados em uma ordem hierárquica. A aplicação correta de cada tipo de dispositivo de intertravamento dependerá da apreciação de risco que convém que seja realizada para a máquina específica.

Tabela 1 – Visão geral dos dispositivos de intertravamento

Exemplos de princípios de acionamento		Exemplos de atuadores		Tipo	Exemplos: ver Anexo a
Mecânico	Contato físico/força	Não codificado	Came rotativo	Tipo 1	A.1
			Came linear		A.2, A.4
			Dobradiça		A.3
		Codificado	Lingueta (atuador com perfil)	Tipo 2	B.1
			Chave transferível (<i>trapped key</i>)		B.2
Sem contato	Indutivo	Não codificado	Metal ferroso adequado	Tipo 3	C
	Magnético		Ímã, solenoide		
	Capacitivo		Qualquer objeto adequado		
	Ultrassônico		Qualquer objeto adequado		
	Óptico		Qualquer objeto adequado		
	Magnético	Codificado	Ímã codificado	Tipo 4	D.1
	RFID		Dispositivo RFID codificado		D.2
	Óptico		Dispositivo óptico codificado		–

a Exemplos de outros dispositivos de intertravamento são mostrados no Anexo E.



Legenda

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1 proteção móvel | 4 interruptor de posição |
| 2 dispositivo de intertravamento | 5 sistema de acionamento |
| 3 atuador | 6 sistema de saída |
| a Came. | c Por exemplo, RFID, refletor, superfície adequada. |
| b Lingueta. | d Sentido de movimento. |

NOTA Em alguns casos excepcionais, o interruptor de posição pode ser instalado na proteção móvel e o atuador na parte estacionária da máquina. Nos casos acima, "1" é a parte estacionária da máquina.

Figura 2 – Princípio de dispositivos de intertravamento Tipos 1, 2, 3 e 4

4.2 Princípios de intertravamento da proteção sem bloqueio

Quando uma função de intertravamento da proteção sem bloqueio for utilizada, a proteção pode ser aberta a qualquer momento, independentemente da função da máquina.

Se a proteção não estiver fechada, o dispositivo de intertravamento deve gerar um comando de parada.

O tempo de acesso deve ser maior que o tempo total de parada do sistema.

NOTA 1 Para intertravamento com o sistema de comando da máquina, ver Seção 8.

NOTA 2 Exemplos de dispositivos de intertravamento sem bloqueio são mostrados nos Anexos A, B, C e D.

NOTA 3 Um diagrama funcional de dispositivos de intertravamento sem bloqueio é mostrado na Figura 3.

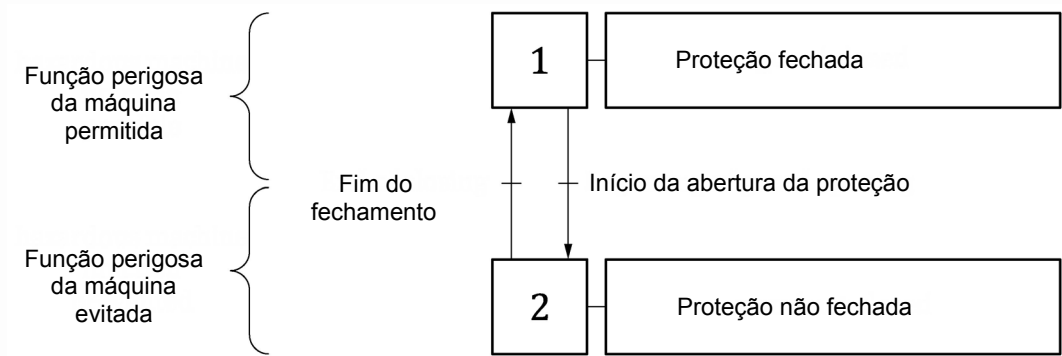


Figura 3 – Diagrama funcional de dispositivos de intertravamento sem bloqueio

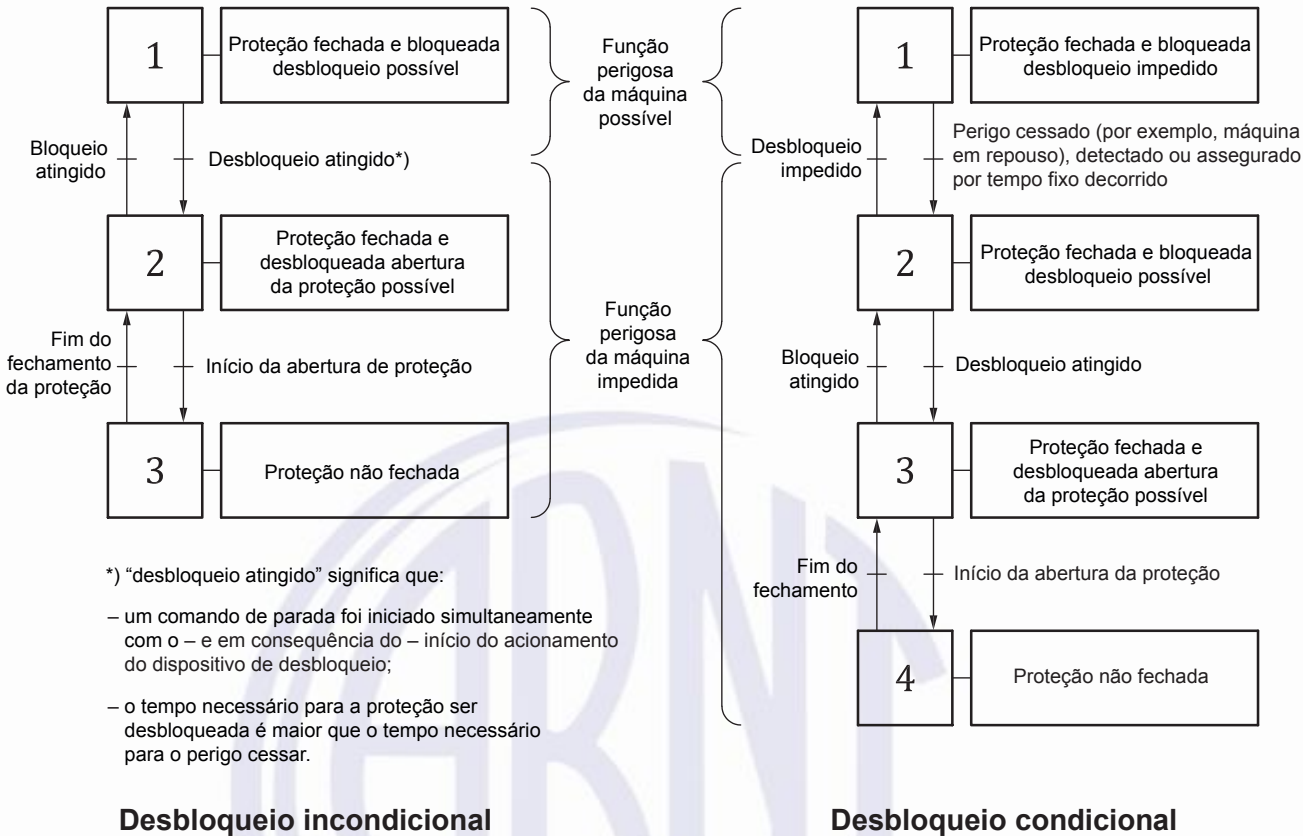
4.3 Princípios de intertravamento da proteção com bloqueio

4.3.1 Generalidades

Quando o intertravamento com bloqueio for aplicado, a abertura da proteção deve ser impedida por um dispositivo de bloqueio (ver 3.4), a menos que todas as funções perigosas da máquina cobertas por essa proteção tenham cessado.

Existem duas alternativas para o projeto da função de bloqueio (ver Figura 4).

- a) O desbloqueio da proteção pode ser iniciado a qualquer momento pelo operador. Quando o desbloqueio é iniciado, um comando de parada é gerado pelo dispositivo de bloqueio. Isto é denominado de desbloqueio incondicional. O tempo necessário para a proteção ser desbloqueada deve ser maior que o tempo necessário para que a função perigosa da máquina cesse.
- b) O desbloqueio da proteção é possível somente quando as funções perigosas da máquina tiverem cessado. Isto é denominado de desbloqueio condicional.



NOTA No bloqueio condicional, a mudança do estado 2 para o estado 3 ou do estado 3 para o estado 2 pode ocorrer sem retardo de tempo.

Figura 4 – Diagramas funcionais de dispositivos de intertravamento com bloqueio

Exemplos de dispositivos de bloqueio são mostrados no Anexo F.

4.3.2 Dispositivo de intertravamento com bloqueio operado mecanicamente

A parte mecânica (por exemplo, pino) que bloqueia a proteção com intertravamento pode ser

- acionada manualmente e liberada manualmente (ver Figura F.5);
- acionada por ação de mola (ou similar) e liberada por energização [ver a) na Figura 5];
- acionada por energização e liberada por ação de mola (ou similar) [ver b) na Figura 5];
- acionada por energização e liberada também por energização [ver c) na Figura 5].

O bloqueio operado mecanicamente deve utilizar o princípio de bloqueio mecânico direto devido ao formato. Atrito e força de forma isolada não podem ser levados em consideração.

4.3.3 Dispositivo de intertravamento com bloqueio operado eletromagneticamente

A proteção é mantida fechada (bloqueada) sem qualquer meio de bloqueio mecânico por uma força eletromagnética (ver F.4). O bloqueio eletromagnético opera sobre o princípio de aplicação de energia elétrica ou energização e liberação por desenergização [ver d) na Figura 5].

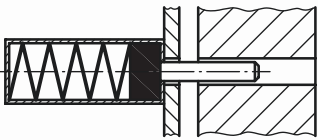
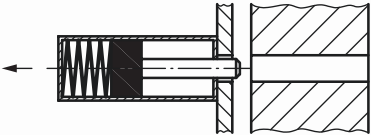
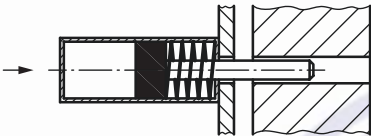
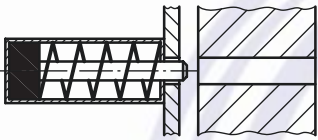
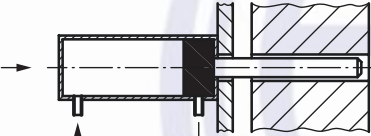
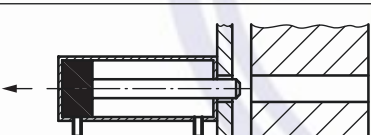
a)		Acionado por ação de mola	Engatado
		Liberado por energia elétrica (energizado)	Liberado
b)		Bloqueado por energia elétrica (energizado)	Engatado
		Liberado por ação de mola	Liberado
c)		Bloqueado por energia elétrica (energizado)	Engatado
		Liberado por energia elétrica (energizado)	Liberado

Figura 5 – Modos de operação de dispositivo de bloqueio em dispositivos de bloqueio acionados por energia elétrica (continua)

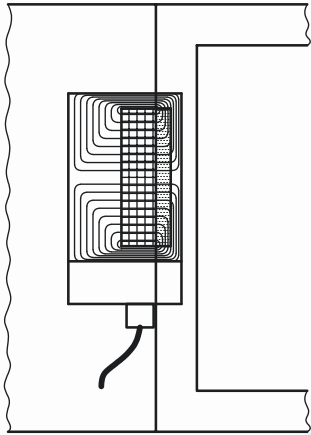
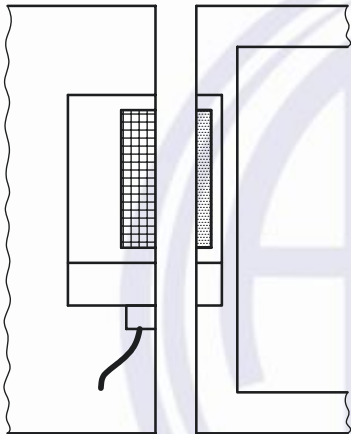
d)		Bloqueado por energia elétrica (energizado)	Engatado
		Liberado por ausência de energia elétrica (desenergizado)	Liberado

Figura 5 (conclusão)

5 Requisitos de projeto e instalação de dispositivos de intertravamento com e sem bloqueio

5.1 Generalidades

Os dispositivos de intertravamento devem ser instalados de maneira robusta e adequada de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante (ver Seção 9).

5.2 Disposição e fixação de interruptores de posição

Os interruptores de posição devem estar dispostos de modo que estejam suficientemente protegidos contra uma alteração da sua posição. A fim de atingir esse objetivo, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- a) os fixadores dos interruptores de posição devem ser confiáveis e a sua remoção deve ser feita somente com auxílio de uma ferramenta;
- b) os interruptores de posição Tipo 1 devem ter meios que permitam a fixação no local de modo permanente, após o ajuste (por exemplo, por meio de pinos ou cavilhas);
- c) meios de acesso necessários aos interruptores de posição para manutenção e verificação da operação correta devem ser assegurados. A prevenção contra burla de uma maneira razoavelmente previsível também deve ser considerada ao serem projetados os meios de acesso;

- d) o autoafrouxamento deve ser prevenido;
- e) a burla do interruptor de posição de uma maneira razoavelmente previsível deve ser evitada (ver Seção 7);
- f) o interruptor de posição deve estar localizado e, se necessário, protegido de modo que danos de causas externas previsíveis sejam prevenidos;
- g) o movimento produzido por acionamento mecânico ou a folga do sistema de acionamento do dispositivo de proximidade devem permanecer dentro da faixa de operação especificada pelo fabricante do interruptor de posição ou sistema de acionamento, de modo a assegurar a operação correta e/ou evitar o sobrecurso;
- h) um interruptor de posição não pode ser utilizado como um batente mecânico, a menos que este seja o uso previsto do interruptor de posição, conforme declarado pelo fabricante;
- i) um desalinhamento da proteção que venha a criar uma folga antes que o interruptor de posição altere o seu estado não pode ser suficiente para prejudicar o efeito funcional da proteção (para acesso às zonas de perigo, ver ABNT NBR ISO 13855 e ISO 13857);
- j) o suporte e a fixação dos interruptores de posição devem ser suficientemente rígidos para manter a operação correta do interruptor de posição.

5.3 Disposição e fixação de atuadores

5.3.1 Generalidades

Os atuadores (ver Figura 2) devem ser fixados de forma a minimizar a possibilidade de afrouxamento ou a alteração da posição prevista em relação ao sistema de acionamento durante o tempo de vida útil previsto.

NOTA Uma verificação regular pode ser necessária (ver 9.3.2).

Os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- a) os fixadores dos atuadores devem ser confiáveis e o seu afrouxamento somente deve ser feito com auxílio de uma ferramenta;
- b) o autoafrouxamento deve ser prevenido;
- c) o atuador deve estar localizado e, se necessário, protegido de modo que danos de causas externas previsíveis sejam evitados;
- d) um atuador não pode ser utilizado como um batente mecânico, a menos que este seja o uso previsto do atuador, conforme declarado pelo fabricante;
- e) o suporte e a fixação dos atuadores devem ser suficientemente rígidos para manter a operação correta do atuador.

5.3.2 Cames

Os cames rotativos e lineares para dispositivos de intertravamento Tipo 1 devem atender aos seguintes requisitos:

- a) ser fixados por elementos que requeiram uma ferramenta para a sua remoção;

- b) a fixação final é atingida pelo formato de encaixe (por exemplo, ranhuras ou chaveta) ou outros métodos que garantam a integridade de fixação de modo equivalente;
- c) não danifiquem o interruptor de posição ou prejudiquem a sua durabilidade.

5.4 Modos de acionamento de dispositivos de intertravamento

Quando um único dispositivo de intertravamento Tipo 1 ou Tipo 2 for utilizado para gerar um comando de parada, ele deve ser acionado por ação mecânica direta entre a proteção, o atuador e o sistema de acionamento, e o elemento de contato deve ter ação de abertura direta (ver 3.10, 3.11 e Tabela 2).

Ação mecânica não direta para um dispositivo de intertravamento Tipo 1 deve ser utilizada somente em conjunto com um dispositivo de intertravamento Tipo 1 ou Tipo 2 com ação mecânica direta entre a proteção, o atuador e o sistema de saída. A combinação de um dispositivo de intertravamento com ação mecânica direta com um segundo dispositivo de intertravamento com ação mecânica não direta evita falhas de causas comuns (ver 8.3).

Tabela 2 – Ação mecânica direta e não direta de dispositivos de intertravamento Tipo 1

Ação mecânica	Proteção fechada	Proteção não fechada	Modo de operação	Exemplo de comportamento em caso de falha (ver 8.3.2)
Direta			O atuador é mantido pressionado pelo came, enquanto a proteção estiver não fechada. Quando a proteção for fechada, o sistema de saída altera o seu estado como resultado da ação da mola de retorno.	O sistema de saída permanece em estado seguro quando a proteção não está fechada, mesmo se a mola romper.
Não direta			O atuador é mantido pressionado por um came, enquanto a proteção estiver fechada. Quando a proteção estiver não fechada, o sistema de saída altera o estado como resultado da ação da mola de retorno.	Se a mola romper, o sistema de saída pode ir para o estado inseguro, mesmo se a proteção não for fechada.

Os dispositivos de intertravamento devem ser acionados de maneira apropriada ao princípio de acionamento do interruptor de posição aplicado.

Se um dispositivo de intertravamento Tipo 3 ou Tipo 4 for o único dispositivo de intertravamento, ele deve atender aos requisitos da IEC 60947-5-3.

5.5 Interface com sistemas de comando

O sistema de saída dos dispositivos de intertravamento deve ser adequado para inclusão em um sistema de comando projetado de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1 ou IEC 62061.

5.6 Batente mecânico

Se um dispositivo de intertravamento for declarado pelo seu fabricante como adequado para uso como batente mecânico, o valor máximo de resistência à energia de impacto deve ser informado (ver também 9.2.2 r)).

5.7 Requisitos adicionais em dispositivos de bloqueio

5.7.1 Generalidades

Se a aplicação da função de bloqueio criar perigos, medidas adicionais devem ser consideradas (ver 5.7.5 e a ABNT NBR ISO 12100:2013, 6.3.5.3).

O elemento de bloqueio (por exemplo, ferrolho ou pino de trava) destinado a bloquear a proteção deve ser “acionado por mola – liberado por energia elétrica (ON)” (ver Figura 5 a)) ou “acionado por energia elétrica (ON) – liberado por energia elétrica ligada (ON)” (ver Figura 5 c)), a menos que o resultado da apreciação de risco demonstre que isto não é apropriado. Se, em uma aplicação específica, outros sistemas (por exemplo, Figura 5 b)) forem utilizados, eles devem prover um nível de segurança equivalente.

NOTA Quando a perda de energia elétrica resultar na liberação do elemento de bloqueio, o tempo de parada da máquina é muitas vezes aumentado consideravelmente e pode ser possível acessar o perigo antes que os movimentos tenham sido cessados (ou outro perigo tenha desaparecido).

Os requisitos de 5.7 se aplicam quando a função de bloqueio for utilizada para a proteção de pessoas. Os requisitos não se aplicam quando a função de bloqueio for utilizada somente para a proteção de um processo. Entretanto, se a função de bloqueio e a função de intertravamento da proteção fizerem parte do mesmo dispositivo, o nível de segurança da função de intertravamento da proteção não pode ser afetado negativamente por uma função de bloqueio não relativa à segurança (ou seja, função de bloqueio utilizada somente para a proteção do processo).

Os requisitos de 5.7 se aplicam a ambos os dispositivos de bloqueio compostos por componentes separados, bem como aos dispositivos de bloqueio que formam uma parte integrante de um dispositivo de intertravamento com bloqueio. Eles se aplicam a todas as tecnologias.

O dispositivo de bloqueio deve permitir que a posição engatada seja monitorada, provendo um sistema de saída compatível com um sistema de comando projetado de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1 ou IEC 62061.

O dispositivo de bloqueio somente deve permitir funções perigosas da máquina quando a proteção estiver fechada e bloqueada.

5.7.2 Dispositivo de bloqueio mecânico

5.7.2.1 Generalidades

O bloqueio operado mecanicamente deve resultar do engate de duas partes rígidas (fechamento pelo formato, ver Figura 5 a) a c)).

Se for previsível o acesso ser necessário em caso de emergência para sistemas “acionados por mola – liberados por energia elétrica (ON)” ou “acionados por energia elétrica (ON) – liberados por energia

elétrica (ON)” (ver Figura 5 a) e c), um dispositivo de bloqueio com liberação de emergência (ver 5.7.5.3) deve ser provido.

A Figura 6 mostra a funcionalidade desse dispositivo.

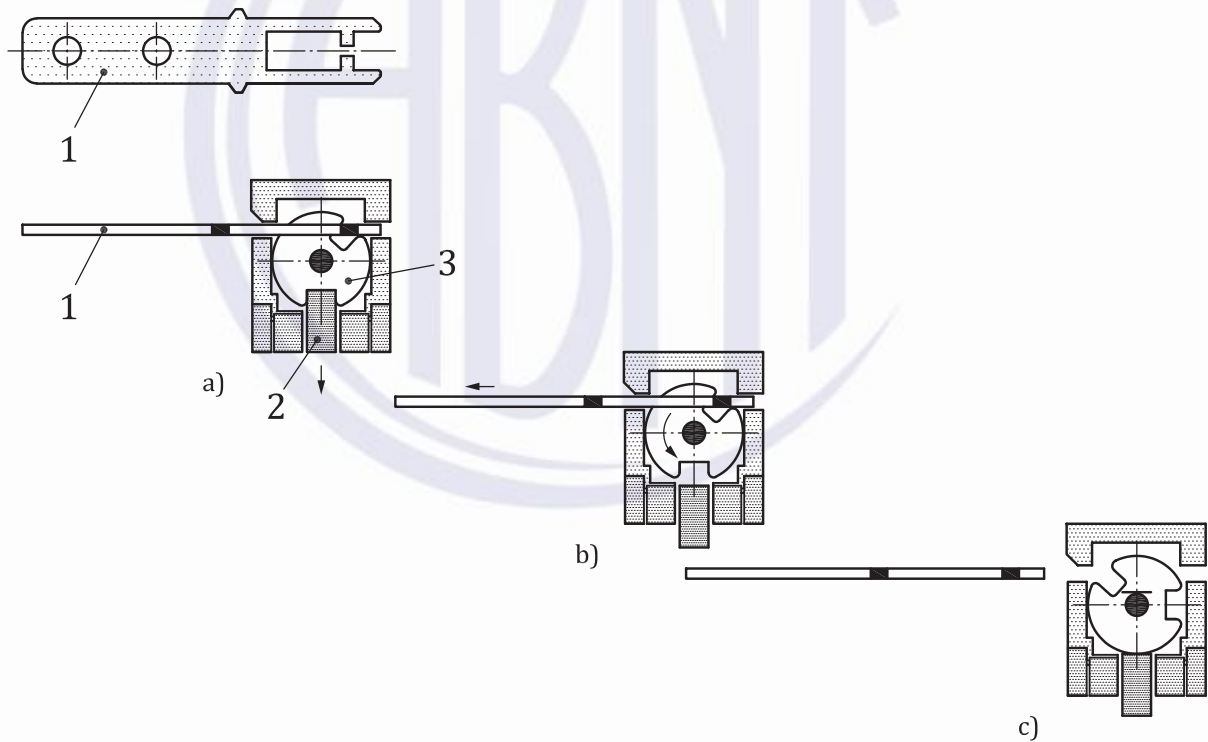
5.7.2.2 Monitoramento do bloqueio

A posição engatada do elemento de bloqueio deve ser monitorada de acordo com os requisitos de 5.5.

A função perigosa da máquina somente deve ser possível quando o monitoramento detectar a posição fechada da proteção e a posição engatada do elemento de bloqueio (ver Anexo F).

Para um monitoramento efetivo do dispositivo de bloqueio, um dos seguintes métodos deve ser assegurado:

- o elemento de bloqueio somente pode permanecer na posição engatada se a proteção móvel estiver na posição fechada (ver Figura 6) e, nesse caso, a posição fechada e o bloqueio da proteção podem ser verificados pelo monitoramento do elemento de bloqueio;
- no outro caso, o monitoramento do elemento de bloqueio e, adicionalmente, o monitoramento da posição da proteção devem ser utilizados para intertravamento.



Legenda

- | | |
|---|--|
| a) proteção fechada e bloqueada | 1 atuador (lingueta) |
| b) proteção fechada e não bloqueada | 2 elemento de bloqueio (pino de trava) |
| c) proteção não fechada e não bloqueada | 3 sistema de acionamento (came rotativo interno) |

NOTA Neste tipo de interruptor de posição, o atuador possui duas funções: operar os contatos (não mostrados na figura) e, juntamente com o came rotativo interno e o pino, prover a função de bloqueio. O pino pode ser operado por meios externos, por exemplo, um solenoide ou cilindro pneumático.

Figura 6 – Exemplo de dispositivo de intertravamento Tipo 2 com bloqueio

5.7.3 Dispositivo de bloqueio eletromagnético

5.7.3.1 Generalidades

A força requerida para o bloqueio da proteção é aplicada pela geração de um campo eletromagnético (ver Figura 5 d)).

5.7.3.2 Monitoramento do bloqueio

A força de retenção deve ser monitorada para determinar se a força de retenção especificada foi atingida e mantida (ver 6.2.2 e Anexo I).

A função perigosa da máquina somente deve ser possível quando o monitoramento detectar a posição fechada da proteção e a obtenção da força de retenção especificada.

5.7.3.3 Medidas básicas para minimizar as possibilidades de burla

Se um dispositivo de bloqueio eletromagnético for aberto forçadamente, deve ser assegurado que o processo não pode ser imediatamente continuado.

NOTA Em contraste a um bloqueio mecânico, um bloqueio eletromagnético não mostra danos após uma abertura por força.

O objetivo das medidas é que uma abertura forçada resulte em um gasto de tempo similar ao demandado pelos trabalhos de reparo (perda de tempo) e comparável com o tempo de reparo de um dano em um bloqueio eletromecânico.

Isto pode ser implementado por

- a) medidas inerentes ao dispositivo de bloqueio, como, por exemplo,
 - 1) uma reinicialização após uma interrupção da função perigosa da máquina somente é possível após um período mínimo de 10 min, ou
 - 2) a geração de um defeito do bloqueio que requeira substituição ou reparo;ou
- b) medidas equivalentes no sistema de comando da máquina que provoquem atrasos, como, por exemplo, a seguinte sequência:
 - 1) mensagem de advertência na máquina, e
 - 2) parada do ciclo, e
 - 3) desligamento do modo de produção, e
 - 4) teste da função de bloqueio, e
 - 5) ligação do modo de produção, e
 - 6) reinício do próximo ciclo da máquina (após um período de tempo fixo de um mínimo de 10 min).

5.7.4 Força de retenção

O fabricante do dispositivo de bloqueio deve assegurar que, na posição engatada, o dispositivo de bloqueio resista a pelo menos a força de retenção especificada F . O fabricante deve especificar uma força de retenção que deve ser menor ou igual à força de retenção, F_{Zh} , que é determinada por meio do seguinte teste:

Teste

O dispositivo de bloqueio é fixado em uma base conforme previsto pelo fabricante. Em seguida, o dispositivo de bloqueio recebe uma carga até o ponto de falha da função de bloqueio, em que o meio de bloqueio em seu ângulo máximo de operação é movimentado a uma velocidade constante no sentido de “proteção aberta”. Durante esta aplicação de carga, a força máxima, $F_{1máx.}$, é medida durante o transcorrer da deformação. O teste deve ser realizado com uma amostra nova não utilizada.

Avaliação

Com base na força máxima, $F_{1máx.}$, medida durante o teste, levando em consideração o fator de segurança S , a força de retenção, F_{Zh} , é determinada pela seguinte equação:

$$F_{Zh} = \frac{F_{1máx.}}{S}$$

com

$$S = 1,3$$

Requisitos no dispositivo de teste

Velocidade de tração: constante ($10 \pm 0,25$) mm/min

Requisitos no dispositivo de medição de força

Taxa de amostragem: ≥ 10 Hz

Exatidão na medição da força máxima: $\pm 2,5$ %

NOTA Para detalhes do teste, ver Referência [19].

5.7.5 Liberação complementar do bloqueio

5.7.5.1 Generalidades

Dependendo da aplicação, métodos complementares de liberação do bloqueio podem ser necessários (ver ABNT NBR ISO 12100:2013, 6.3.5.3). Para a seleção, ver 6.2.3. As liberações do bloqueio para escape e emergência devem atender pelo menos aos requisitos da Categoria B, de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1.

NOTA Recomenda-se que, quando um dos métodos de liberação descritos for utilizado, um tempo de parada consideravelmente mais longo que o normal seja um efeito a ser considerado na apreciação de risco.

5.7.5.2 Liberação do bloqueio para escape

Quando o dispositivo de bloqueio for provido com uma liberação para escape, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- a liberação intencional do bloqueio a partir do interior da área protegida deve ser facilmente possível sem meios auxiliares e independentemente da condição de operação;
- o meio de liberação deve ser operado manualmente e atuar diretamente no princípio do mecanismo de bloqueio;
- a liberação deve gerar um comando de parada;
- o meio de liberação para escape deve ser acessível somente de dentro da área protegida.

5.7.5.3 Liberação do bloqueio em caso de emergência

Quando o dispositivo de bloqueio for provido com uma liberação de emergência, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- a liberação intencional do bloqueio a partir de fora da área protegida deve ser possível e facilmente acionada sem meios auxiliares e independentemente da condição de operação;
- o meio de liberação deve ser operado manualmente e atuar diretamente no princípio do mecanismo de bloqueio;
- a liberação deve gerar um comando de parada;
- a liberação resulta na retenção do meio de bloqueio na condição liberada;
- o dispositivo de liberação do bloqueio em caso de emergência deve estar claramente identificado para ser utilizado somente em situações de emergência e deve ser posicionado e/ou protegido para evitar a abertura acidental da trava;
- o restabelecimento do dispositivo de liberação de emergência deve ser possível somente por meio de uma ferramenta ou por outros métodos (por exemplo, troca de componente). Este requisito pode ser cumprido pelo sistema de comando. Caso este requisito tenha que ser cumprido por um sistema de comando de segurança (que não seja o dispositivo de bloqueio), instruções claras de que isto precisa ser atingido devem ser fornecidas nas instruções de uso do dispositivo de bloqueio (ver 9.2.2 m)).

NOTA Desde que a liberação de emergência atenda às condições de uma liberação de escape, a liberação de emergência pode se tornar uma liberação de escape quando ela for instalada dentro da área protegida.

5.7.5.4 Liberação auxiliar do bloqueio

Quando o dispositivo de bloqueio for provido com uma liberação auxiliar, os seguintes requisitos devem ser atendidos.

- A liberação intencional do bloqueio a partir de fora da área protegida deve ser possível somente pelo uso de uma ferramenta ou chave(s) e independentemente da condição de operação. A liberação auxiliar deve ser protegida contra o acionamento involuntário (por exemplo, proteção por selo, revestimento de proteção) uma vez que a liberação auxiliar deve ser utilizada somente em casos

excepcionais, por exemplo, quando o bloqueio é liberado por energização (ON), e ocorrer uma queda de energia e o bloqueio não possui função de liberação de emergência. As instruções de uso devem declarar que o restabelecimento da proteção é necessário antes que a operação normal seja retomada.

- O desbloqueio da liberação auxiliar deve gerar um comando de parada.
- O restabelecimento da liberação auxiliar deve ser possível somente por meio de uma ferramenta ou por outros métodos (por exemplo, troca de um componente). Este requisito pode ser cumprido pelo sistema de comando. Caso este requisito tenha que ser cumprido por um sistema de comando de segurança (que não seja o dispositivo de bloqueio), instruções claras de que isto precisa ser atingido devem ser fornecidas nas instruções de uso do dispositivo de bloqueio (ver 9.2.2 m)).

5.7.6 Requisitos para fixações

A fixação de dispositivos de bloqueio deve atender aos requisitos de 5.2 e deve ser projetada para resistir às forças de retenção.

6 Seleção de um dispositivo de intertravamento

6.1 Generalidades

Ao selecionar um dispositivo de intertravamento para uma máquina, é necessário considerar todas as fases do ciclo de vida da máquina.

A seleção deve levar em consideração, porém não ser limitada a, os seguintes critérios:

- as condições de uso e o uso previsto da máquina (ver 6.3 e ABNT NBR ISO 12100:2013, 3.23 e 5.3);
- os perigos presentes na máquina (ver ABNT NBR ISO 12100:2013, 5.4);
- a gravidade da possível lesão (ver ABNT NBR ISO 12100:2013, 5.5);
- a probabilidade de falha do dispositivo de intertravamento (ver Seção 8);
- desempenho geral de parada do sistema e tempo de acesso (ver 6.2.1);
- o nível de desempenho (PL) requerido (ver ABNT NBR ISO 13849-1:2019) ou o nível de integridade de segurança (SIL) (ver IEC 62061:2012) para a função de segurança (ver 8.1);

NOTA BRASILEIRA *PL = performance level.*
SIL = safety integrity level.

- informações para o uso de acordo com 9.2.2, providas para o(s) dispositivo(s) de intertravamento;
- para os dispositivos de intertravamento Tipo 4, o meio para evitar que um único atuador possa ser programado de maneira ilimitada, por um operador sem conhecimento específico e ferramentas especiais.

NOTA Os dispositivos de intertravamento Tipo 3 ou Tipo 4 podem ser utilizados para superar problemas decorrentes do uso de dispositivos de intertravamento Tipo 1 e Tipo 2 quando uma proteção puder ser removida completamente de uma máquina e/ou quando as condições ambientais/de processo requererem um alto nível de proteção (por exemplo, IP69K).

6.2 Seleção de um dispositivo de bloqueio

6.2.1 Desempenho total de parada do sistema e tempo de acesso

Um dispositivo de intertravamento com bloqueio deve ser utilizado quando o desempenho total de parada do sistema (ver 3.21) for maior ou igual ao tempo de acesso obtido por uma pessoa para alcançar a zona de perigo (ver Figura 7).

O tempo de acesso deve ser calculado utilizando a distância entre a zona de perigo e a proteção juntamente com a velocidade de aproximação (ver ABNT NBR ISO 13855:2013 para valores típicos).

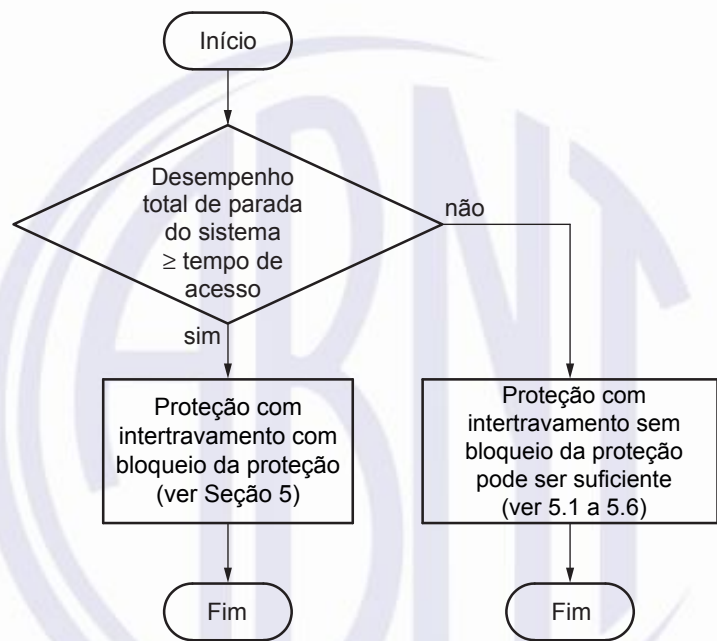


Figura 7 – Determinação da necessidade de dispositivos de bloqueio

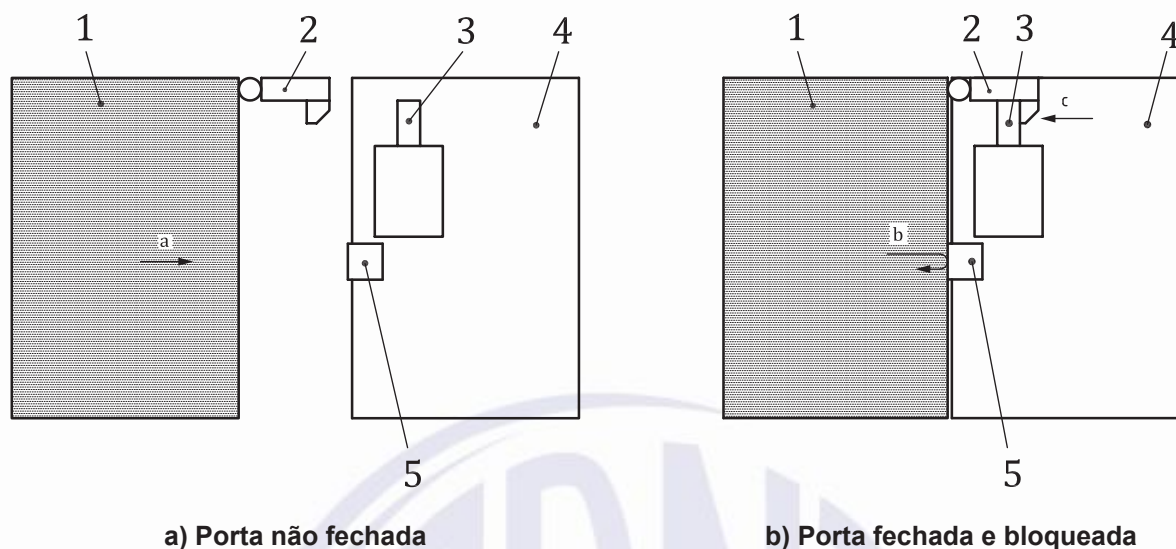
6.2.2 Requisitos específicos para seleção de dispositivos de bloqueio

O dispositivo deve ser selecionado a fim de ser capaz de resistir às forças esperadas. Os efeitos dinâmicos, como solavancos ou trepidações, também devem ser considerados.

Se as forças esperadas de reação ao impacto forem mais altas que as forças que o dispositivo selecionado pode resistir, então medidas de projeto devem ser aplicadas para reduzir ou evitar as forças.

NOTA 1 Uma força dinâmica ocorrerá quando a porta estiver sendo fechada e o mecanismo de bloqueio já estiver ativado; ver Figura 8.

Quando o dispositivo de bloqueio for destinado a ser ativado automaticamente quando a proteção atingir a posição fechada, o dispositivo de bloqueio selecionado deve resistir às forças mecânicas resultantes.



Legenda

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1 proteção móvel | 4 parte fixa da proteção |
| 2 atuador | 5 batente da proteção |
| 3 mecanismo de bloqueio (trava) | |
| a Sentido de fechamento. | c Força dinâmica empregada no mecanismo de bloqueio. |
| b Rebote no batente da proteção. | |

Figura 8 – Exemplo de um dispositivo de bloqueio afetado por forças dinâmicas

A resistência dos elementos de bloqueio mecânico ou a força de retenção do bloqueio eletromagnético deve ser suficiente para impedir a abertura da proteção, estando na posição fechada, sem o auxílio de um pé de cabra ou de ferramentas pesadas similares.

A força de retenção necessária deve ser apropriada à aplicação prevista e à construção da proteção (para informações adicionais, ver Anexo I e ISO 14120).

NOTA 2 É tarefa da norma do tipo C ou do projetista da máquina determinar a força de retenção apropriada.

6.2.3 Seleção de liberações complementares de bloqueio

Dependendo da aplicação, métodos complementares de liberação podem ser necessários. Essas medidas podem incluir, porém não estão limitadas a:

- uma liberação do bloqueio para escape, de acordo com 5.7.5.2;
- uma liberação do bloqueio em caso de emergência, de acordo com 5.7.5.3;
- projeto especial da proteção para permitir o escape;
- a liberação auxiliar do bloqueio pode ser necessária quando for previsto que é necessário alcançar a área protegida em situações especiais, por exemplo, quando o bloqueio for liberado

por energização (ON) e ocorrer queda de energia e o bloqueio não possuir função de liberação de emergência.

NOTA 1 Ver 5.7.5, ABNT NBR ISO 12100:2013, 6.3.5.3, e ISO 11161:2007, 8.9.

NOTA 2 Uma liberação de escape pode ser utilizada em combinação com uma liberação de emergência ou auxiliar.

6.3 Considerações das condições ambientais

6.3.1 Generalidades

A tecnologia e o tipo de dispositivo de intertravamento devem ser considerados para assegurar que sejam adequados às condições de uso (por exemplo, ambientais, higiene) e ao uso previsto da máquina.

As condições ambientais devem ser consideradas para a seleção do dispositivo de intertravamento apropriado. Os critérios são, por exemplo:

- temperatura,
- poeira,
- umidade,
- vibrações e impactos,
- higiene,
- influências eletromagnéticas.

O dispositivo de intertravamento deve resistir a todas as influências previsíveis durante a sua vida útil esperada.

NOTA 1 Falha pode ser induzida por corrosão de sais, ácidos ou álcalis (por exemplo, água do mar), e convém que seja levado em consideração a possibilidade desses efeitos, particularmente ao longo do tempo. O projeto específico do intertravamento e o tipo de tecnologia utilizada podem fazer com que os dispositivos sejam suscetíveis à entrada de substâncias químicas ou partículas. Em áreas onde poluição significativa está presente, convém que as orientações do fabricante sejam seguidas.

NOTA 2 Ao combinar os dispositivos de intertravamento Tipo 3 ou Tipo 4 utilizando contatos *reed* em conjunto com unidades lógicas de monitoramento, convém que o usuário verifique se possíveis picos de corrente causados pela unidade lógica de monitoramento não estão excedendo os limites admissíveis dos interruptores.

NOTA BRASILEIRA Contatos do tipo *reed* são contatos encapsulados, cujo acionamento é feito por força magnética.

6.3.2 Influência da poeira em dispositivos de intertravamento Tipo 2

Se dispositivos de intertravamento Tipo 2 forem aplicados, a possibilidade de poluição no local de instalação deve ser considerada. Dispositivos de intertravamento Tipo 2 podem ser inadequados em aplicações onde a entrada de partículas, fragmentos ou poeira não pode ser evitada, a menos que medidas adequadas (por exemplo, cobertura de proteção contra poeira) sejam aplicadas.

NOTA O atuador é inserido no interruptor de posição, portanto, o interruptor de posição possui uma abertura que permite a entrada de poeira. O grau de proteção indicado IPXX, de acordo com a ABNT NBR IEC 60529, refere-se exclusivamente ao invólucro elétrico. A poluição das partes mecânicas pode resultar na degradação do mecanismo e em uma falha perigosa do dispositivo de intertravamento.

7 Projeto para minimizar as possibilidades de burla em dispositivos de intertravamento

7.1 Generalidades

A máquina deve ser projetada de tal forma que minimize a motivação para burla dos dispositivos de intertravamento (ver ABNT NBR ISO 12100:2013, 5.5.3.6).

O dispositivo de intertravamento deve propiciar a mínima interferência possível às atividades durante a operação e em outras fases da vida útil da máquina, a fim de reduzir qualquer incentivo para a sua burla:

- fácil operação da máquina, especialmente durante as operações de manutenção e serviço;
- operação livre de falhas na funcionalidade de uma máquina.

O procedimento descrito abaixo deve ser seguido, a fim de evitar que os dispositivos de intertravamento sejam burlados de uma maneira razoavelmente previsível:

- a) Implementar as medidas básicas descritas em 5.2, 5.3, 5.4, 5.7.3.3 e 6.2.2.

Os dispositivos de intertravamento Tipo 3 não podem ser utilizados, a menos que seja demonstrado por apreciação de risco que, na aplicação, o dispositivo não pode ser burlado de uma maneira razoavelmente previsível.

- b) Verificar se existe motivação para burla dos dispositivos de intertravamento de maneira razoavelmente previsível.

NOTA 1 É útil considerar a experiência de uso; ver ABNT NBR ISO 12100:2013, 5.2 c).

NOTA 2 A Tabela H.1 pode ser utilizada para orientação, a fim de avaliar e/ou eliminar a motivação para burla dos dispositivos de intertravamento.

- c) Verificar se a motivação pode ser eliminada ou minimizada por:

- medidas de projeto, e/ou
- modos alternativos.

Implementar essas medidas, se possível.

NOTA 3 A implementação de modos alternativos de operação pode evitar a motivação para burla. Os modos alternativos de operação podem ser, por exemplo, modos especiais de ajuste, troca de ferramentas, detecção de defeitos, manutenção ou observação do processo. Eles dependem muito do tipo de máquina e de sua aplicação e podem não ser tratados de forma abrangente nesta Norma.

- d) Se a motivação previsível para burla continuar a existir, medidas adicionais são requeridas (ver 7.2).

A Figura 9 apresenta uma representação esquemática da metodologia para determinar o possível incentivo e as medidas requeridas tomadas pelo fabricante da máquina.

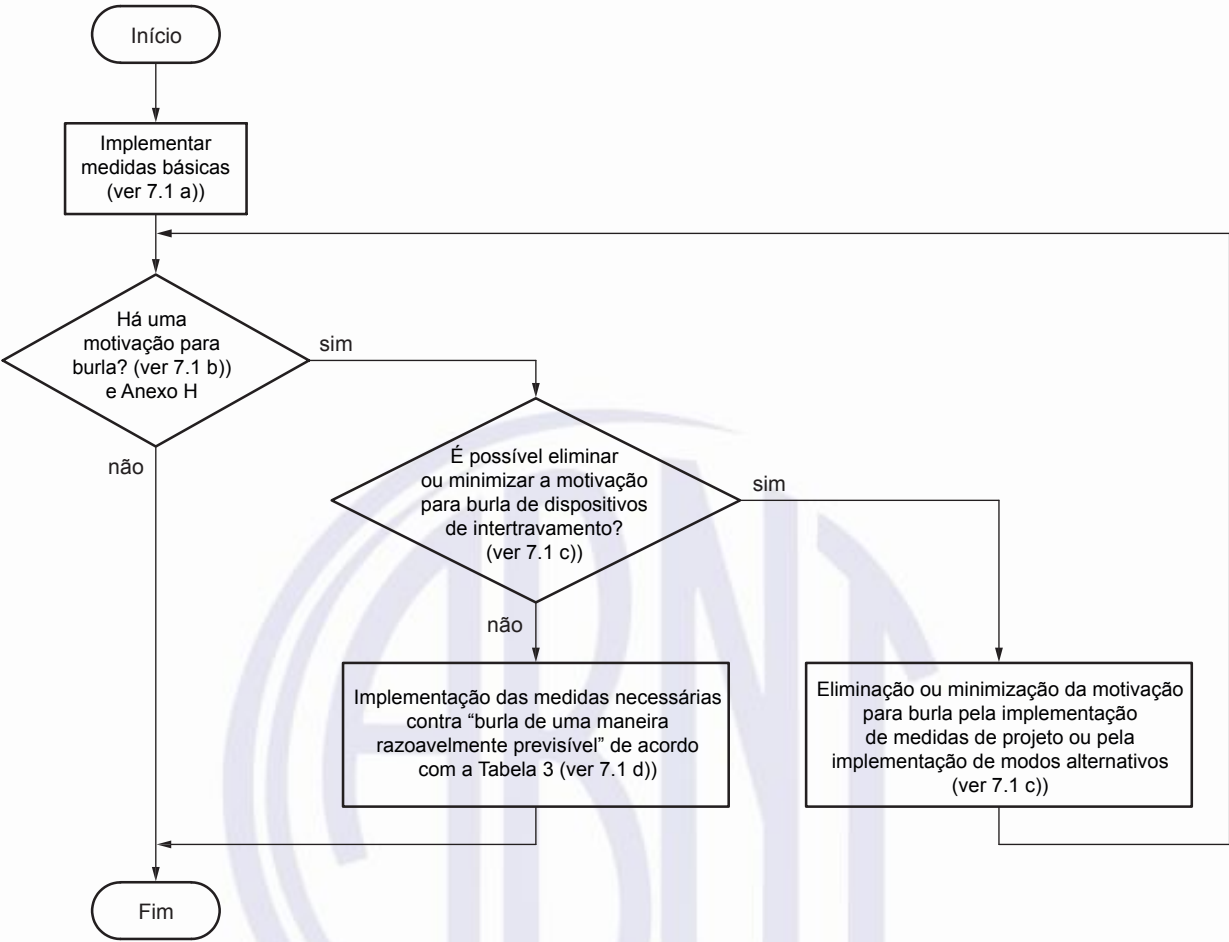


Figura 9 – Metodologia para determinar o possível incentivo e as medidas requeridas tomadas pelo fabricante da máquina

7.2 Medidas adicionais para minimizar as possibilidades de burla dos dispositivos de intertravamento

Os dispositivos de intertravamento devem ser selecionados e/ou instalados de modo que a burla de uma maneira razoavelmente previsível seja evitada.

A seguir, são mencionadas possíveis medidas contra burlas razoavelmente previsíveis. Para os requisitos e aplicabilidade, ver Tabela 3.

- a) **Prevenção contra acesso aos elementos do dispositivo de intertravamento**
 - 1) instalação fora do alcance (ver Figura 11);
 - 2) obstrução ou proteção física (ver Figura 10);
 - 3) instalação em posição oculta.
- b) **Prevenção contra acionamento alternativo do dispositivo de intertravamento com objetos facilmente disponíveis**
 - 1) codificação de nível baixo dos atuadores;

2) codificação de nível médio dos atuadores;

3) codificação de nível alto dos atuadores.

- c) **Prevenção contra a desmontagem ou remoção dos elementos do dispositivo de intertravamento pelo uso de fixação não removível** (por exemplo, soldagem, colagem, parafusos unidirecionais, rebitagem)

NOTA 1 O uso de fixação não removível pode ser uma solução inadequada nos casos em que uma falha do dispositivo de intertravamento durante a vida útil da máquina possa ser esperada e uma troca rápida seja necessária. Neste caso, convém que outras medidas, por exemplo, a), b) e d), sejam utilizadas para prover o nível requerido de redução de risco.

- d) **Prevenção contra burla**

1) Integração do monitoramento da burla no sistema de comando por meio de

i) monitoramento do estado,

ii) teste cíclico.

NOTA 2 Em i) monitoramento do estado, o teste de plausibilidade detecta, durante o ciclo da máquina, uma sucessão incomum de estados resultantes de uma burla. O sistema de comando, por exemplo, espera a abertura de uma porta em um ciclo definido da máquina. A ausência do sinal de controle indica uma burla.

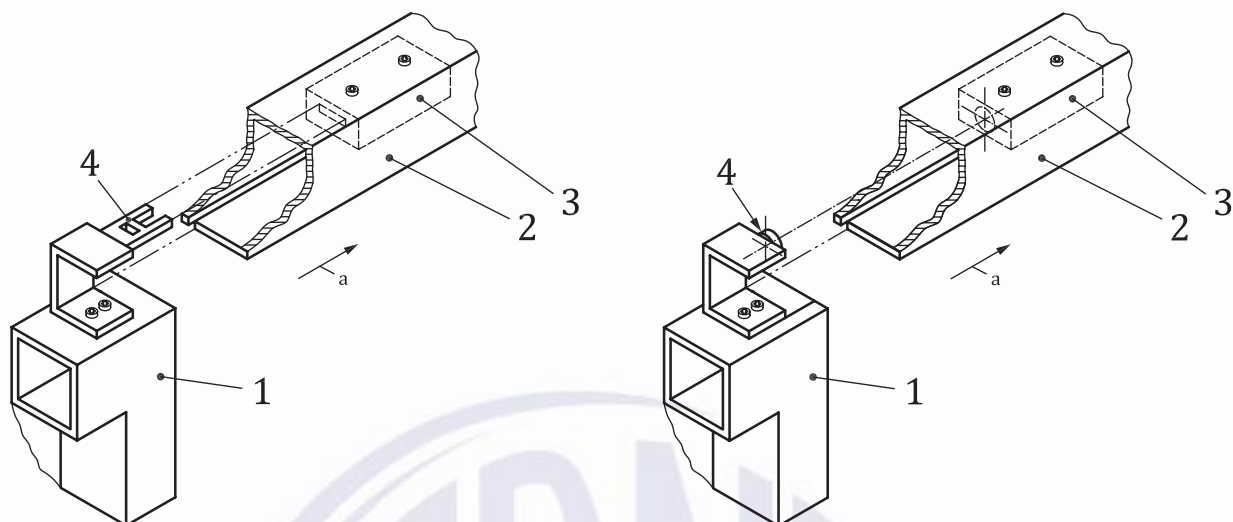
NOTA 3 Em ii), teste cíclico, é solicitado pelo comando que o operador acione o dispositivo de segurança. A ausência do sinal de controle esperado indica uma burla.

2) Verificação da plausibilidade utilizando um dispositivo de intertravamento adicional onde a burla somente é possível por uma ação adicional – por exemplo, instalação e fiação separadas ou diferentes princípios de acionamento requerem uma ação adicional para burla.

NOTA 4 Neste contexto, a verificação de plausibilidade significa verificar se ambos os dispositivos de intertravamento estão reagindo de uma maneira predefinida.

Tabela 3 – Medidas adicionais contra burla de dispositivos de intertravamento dependendo do tipo

Princípios e medidas	Dispositivo de intertravamento Tipo 1, exceto dispositivos de intertravamento com dobradiça e dispositivos do Tipo 3	Dispositivo de intertravamento Tipo 1, somente com dobradiça	Dispositivos de intertravamento Tipos 2 e 4, com codificação de nível baixo ou médio, conforme mostrado em 7.2 b) 1) ou 7.2 b) 2) com ou sem bloqueio eletromagnético	Dispositivos de intertravamento Tipos 2 e 4, com codificação de nível alto, conforme mostrado em 7.2 b) 3), com ou sem bloqueio eletromagnético	Sistemas acionados por chave codificação de nível médio ou alto (ver Nota 2)
Instalação fora do alcance, ver 7.2 a) 1)	X				
Obstrução ou proteção física, ver 7.2 a) 2)					
Instalação em posição oculta, ver 7.2 a) 3)			X		
Monitoramento do estado ou teste cíclico, ver 7.2 d) 1) i) e ii)					
Fixação não removível do interruptor de posição e do atuador; ver 7.2 c)					
Fixação não removível do interruptor de posição; ver 7.2 c)		M			M
Fixação não removível do atuador; ver 7.2 c)		M	M	M	M
Dispositivo de intertravamento e verificação da plausibilidade; ver 7.2 d) 2)	R		R		
X obrigatório aplicar pelo menos uma das medidas M medida obrigatória R medida recomendada (adicionalmente).					
NOTA 1 A Tabela 3 é destinada a ser utilizada para a seleção de medidas apropriadas contra a burla de dispositivos de intertravamento. De acordo com a apreciação de risco, a aplicação de mais de uma das medidas indicadas pode ser necessária.					
NOTA 2 Se o número de dispositivos acionados por chave transferível utilizados em um local for conhecido, atuadores codificados podem ser utilizados como uma medida suficiente contra burla razoavelmente previsível sob as seguintes condições:					
— se a codificação for marcada no dispositivo, convém que cada dispositivo de intertravamento tenha uma codificação diferente e					
— convém que o atuador tenha codificação de nível médio ou alto.					
NOTA 3 Há uma distinção clara entre o nível de codificação das chaves do atuador e a codificação do elemento de bloqueio ou "pino de trava ou ferrolho" em um sistema acionado por chave transferível. Esta tabela refere-se somente ao nível de codificação das chaves do atuador.					
NOTA 4 As medidas de acordo com a Tabela 3 proveem requisitos mínimos.					



a) Dispositivo de intertravamento Tipo 2

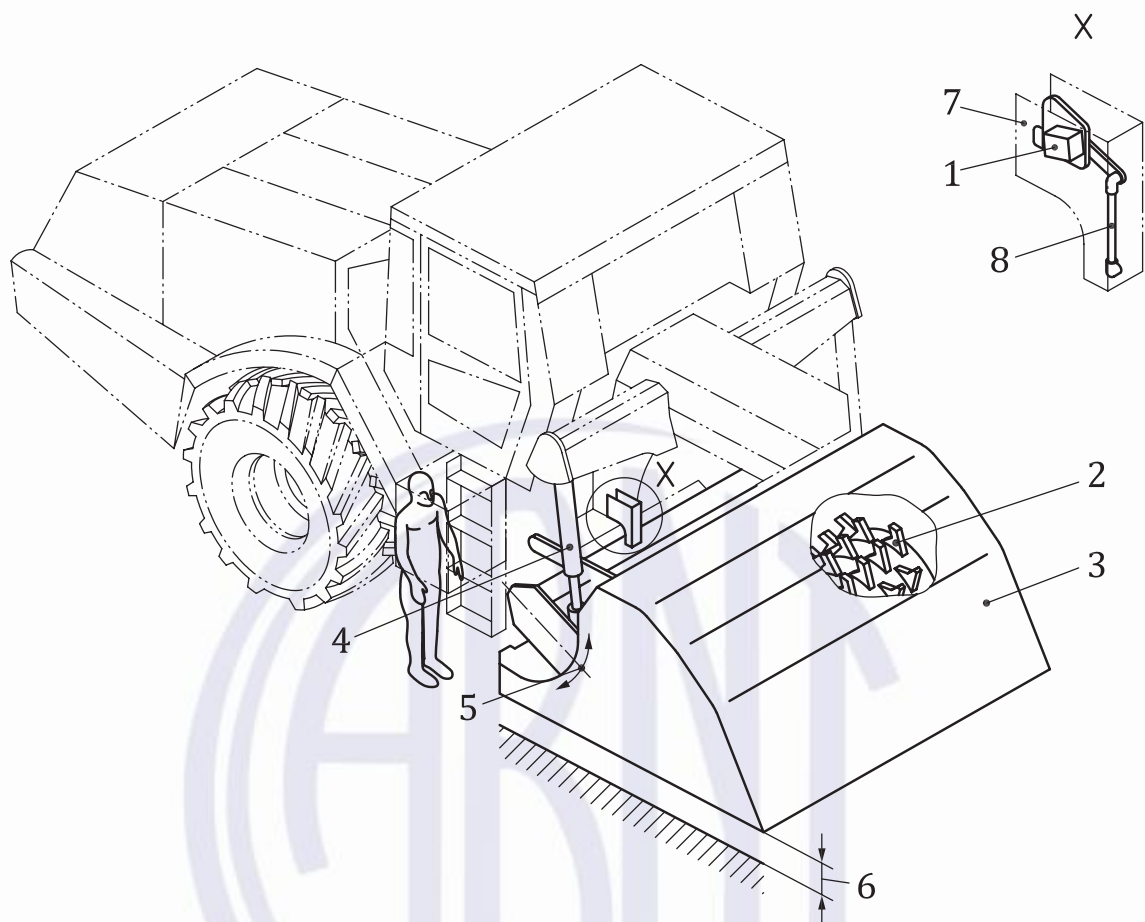
b) Dispositivo de intertravamento Tipo 3 ou Tipo 4 codificado de nível baixo

Legenda

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|------------------------|
| 1 | proteção deslizante (não fechada) | 3 | interruptor de posição |
| 2 | cobertura (parte fixa) | 4 | atuador |
| a | Sentido de fechamento. | | |

NOTA A burla do dispositivo de intertravamento é dificultada pela cobertura (2) ou pela presença da proteção na frente dele.

Figura 10 – Exemplos de proteção contra burla por obstrução ou proteção física



Legenda

- | | |
|--|--|
| 1 interruptor de posição com dobradiça | 5 sentido de movimento da proteção |
| 2 rotor (ferramenta perigosa) | 6 altura em relação ao solo dependente do processo |
| 3 proteção | 7 cobertura fixada na estrutura |
| 4 dispositivo de elevação da proteção | 8 acoplamento de acionamento |

Figura 11 – Exemplo de proteção contra burla de um dispositivo de intertravamento operado por ângulo de torção pela instalação fora de alcance, em uma máquina para construção de vias públicas

8 Requisitos de sistemas de comando

8.1 Generalidades

Os dispositivos de intertravamento com ou sem bloqueio são partes relativas à segurança do sistema de comando (SRP/CS) de uma máquina (ver ABNT NBR ISO 13849-1) ou um subsistema ou um elemento de subsistema de um sistema de comando elétrico relativo à segurança (SRECS) (ver IEC 62061), com o objetivo de evitar situações perigosas.

NOTA BRASILEIRA SRECS = *safety-related electrical control system*.

NOTA Exemplos de dispositivos de intertravamento concebidos em diversas arquiteturas são mostrados no Anexo G.

8.2 Avaliação de defeitos

Por exemplo: quando um sistema de intertravamento requer PL_r de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1 ou SIL 3 de acordo com a IEC 62061, uma tolerância mínima de um único defeito é requerida (por exemplo, implementando dois dispositivos de intertravamento Tipo 1). A fim de atingir esta condição, normalmente não é justificável excluir defeitos, como atuadores quebrados. Entretanto, pode ser aceitável excluir alguns defeitos, como curto-circuito da fiação dentro de um painel de comando projetado de acordo com normas relevantes. O mesmo requisito se aplica a PL_r d e SIL 2, a menos que uma justificativa total seja provida de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1 ou IEC 62061.

Para aplicações que utilizam dispositivos de intertravamento com monitoramento automático para atingir a cobertura de diagnóstico necessária para o nível de desempenho de segurança requerido, um teste funcional (ver IEC 60204-1:2009, 9.4.2.4) pode ser realizado toda vez que o dispositivo alterar de estado, por exemplo, em cada acesso. Se, nesse caso, houver somente acessos pouco frequentes, o dispositivo de intertravamento deve ser utilizado com medidas adicionais, porque, entre testes funcionais consecutivos, a probabilidade de ocorrência de um defeito não detectado é maior.

Quando um teste funcional manual for necessário para detectar um possível acúmulo de defeitos, ele deve ser realizado dentro dos seguintes intervalos de teste:

- pelo menos todos os meses para PL e com Categoria 3 ou Categoria 4 (de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1) ou SIL 3 com HFT (tolerância de defeito de *hardware*) = 1 (de acordo com a IEC 62061);
- pelo menos a cada 12 meses para PL d com Categoria 3 (de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1) ou SIL 2 com HFT (tolerância de defeito de *hardware*) = 1 (de acordo com a IEC 62061).

NOTA BRASILEIRA *HFT = hardware fault tolerance.*

NOTA É recomendado que o sistema de comando de uma máquina solicite estes testes nos intervalos requeridos, por exemplo, por exibição visual em uma tela ou sinal luminoso. Convém que o sistema de comando monitore os testes e pare a máquina se o teste for omitido ou falhar.

8.3 Prevenção contra falhas de causa comum

8.3.1 Generalidades

Quando dispositivos de intertravamento redundantes forem providos, falhas de causa comum (CCF) devem ser evitadas.

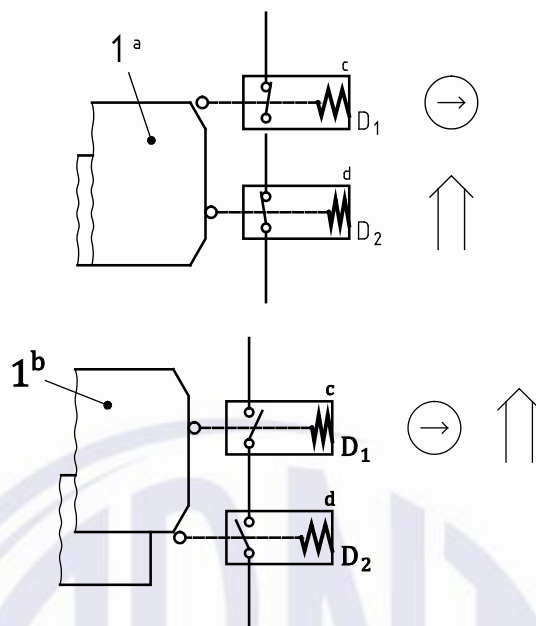
NOTA BRASILEIRA *CCF = common cause failures.*

NOTA Utilizar a diversidade em vez de simples redundância, por exemplo, pelo uso das medidas descritas em 8.3.2 e/ou 8.3.3.

8.3.2 Ação mecânica direta e não direta dos interruptores de posição de dispositivos de intertravamento Tipo 1

O uso de ação mecânica direta e não direta dos interruptores de posição de dispositivos de intertravamento Tipo 1 é normalmente aplicado para evitar falhas de causa comum.

A Figura 12 mostra a combinação de ação mecânica direta e não direta dos interruptores de posição de dispositivos de intertravamento Tipo 1.



Legenda

- | | | | |
|----------------|-----------------------------|---|--------------------------|
| 1 | proteção | a | Fechado |
| D ₁ | interruptor de posição (NF) | b | Não fechado |
| D ₂ | interruptor de posição (NA) | c | Ação mecânica direta |
| | | d | Ação mecânica não direta |
| ↑ | interruptor acionado | | |
| → | ação de abertura direta | | |

Figura 12 – Prevenção de falha de causa comum de dois interruptores de posição acionados mecanicamente, utilizando ação mecânica direta e não direta associada

As causas típicas de falha de interruptores de posição acionados mecanicamente são:

- a) desgaste excessivo do sistema de acionamento (por exemplo, pino ou rolete) ou do atuador fixado na proteção;
- b) desalinhamento entre o atuador e o interruptor de posição;
- c) emperramento do sistema de acionamento (pino), impossibilitando o acionamento pela mola.

Em caso de uma falha de D₁ ou D₂, a interrupção do circuito é assegurada pelo outro interruptor de posição. Interruptores de posição com ação mecânica direta, como D₁ (ver Figura 12), falham e causam perigo no caso a), porém não no caso c). Eles podem falhar e causar perigo no caso b), dependendo do desalinhamento. Interruptores de posição com ação mecânica não direta, como D₂ (ver Figura 12), falham e causam perigo no caso c), porém não no caso a). Eles podem falhar e causar perigo no caso b), dependendo do desalinhamento.

NOTA D₂ pode ser um sistema interruptor de posição.

Se dois interruptores de posição acionados mecanicamente que utilizam ação mecânica direta e não direta associada ou um interruptor de posição acionado mecanicamente e um interruptor de

posição não acionado mecanicamente forem aplicados, uma pontuação de 20 para diversidade pode ser declarada para a quantificação de falha de causa comum (CCF), de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1 para este subsistema.

8.3.3 Diversidade da fonte de energia

A fim de minimizar a probabilidade de falha de causa comum (CCF), dois dispositivos de intertravamento independentes, onde cada um interrompe a alimentação proveniente de uma fonte de energia diferente, podem ser associados a uma proteção (ver exemplo mostrado na Figura A.6). Neste caso, uma pontuação de 20 para diversidade pode ser declarada para a quantificação de CCF, de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1.

EXEMPLO Uma máquina utiliza componentes hidráulicos para aplicar as forças necessárias para executar o processo de produção enquanto o comando da máquina é acionado eletricamente/eletronicamente. A abertura de uma proteção móvel intertravada inicia dois interruptores de posição independentes. O primeiro interruptor de posição opera diretamente uma válvula hidráulica, que interrompe a pressão hidráulica. O segundo interruptor de posição interrompe a tensão de comando que opera a outra válvula. Qualquer uma das válvulas fará com que o movimento perigoso desapareça. Devido às diferentes tecnologias aplicadas, não há falha de causa comum possível que leve ambos os interruptores de posição a falharem perigosamente.

8.4 Liberação do dispositivo de bloqueio

Para a liberação de um dispositivo de bloqueio, todos os dispositivos aplicados

- na detecção da posição engatada,
- na detecção das condições de liberação (por exemplo, monitoramento da velocidade ou posição, retardo de tempo),
- no processamento dos sinais lógicos e
- no desbloqueio da proteção

fazem parte do SRP/CS, e a função de segurança apropriada tem que atender ao PL_r ou SIL requerido determinado por apreciação de risco.

NOTA 1 Se a apreciação de risco demonstrar que uma situação perigosa pode ocorrer, durante o tempo decorrido entre a detecção de um desbloqueio involuntário da proteção e o alcance de uma condição segura da máquina, tornando necessária a sua redução de risco por meio de uma função de segurança de bloqueio, todos os dispositivos que compõem a linha de comando de (des)bloqueio fazem parte do SRP/CS.

NOTA 2 O PL_r ou SIL depende da apreciação de risco específica da aplicação. Na maioria dos casos, o PL_r ou SIL da função de bloqueio é menor que o PL_r ou SIL da função de intertravamento. A probabilidade do defeito da função de bloqueio ocorrer ao mesmo tempo que a tentativa de acesso de uma pessoa geralmente é muito baixa. Para a função de bloqueio, mesmo no caso de "PL_r e", exclusões de defeito para as partes mecânicas são possíveis (ver ABNT NBR ISO 13849-2:2019, Anexo A); a ABNT NBR ISO 13849-2:2019, Tabela D.8, não se aplica aos dispositivos de bloqueio, uma vez que D.8 somente é relevante para dispositivos de intertravamento.

8.5 Exclusão de defeito

Quando exclusões de defeito forem aplicadas, elas devem estar de acordo com as ABNT NBR ISO 13849-1:2019, 7.3, ABNT NBR ISO 13849-2 e IEC 62061.

Uma possível exclusão de defeito deve ser examinada separadamente para partes mecânicas e eletrônicas, levando em consideração as condições ambientais e as influências externas esperadas.

NOTA 1 As exclusões de defeito frequentemente utilizadas referem-se aos interruptores eletromecânicos. A não abertura de um contato normalmente fechado pode ser excluída se o contato estiver de acordo com a ABNT NBR IEC 60947-5-1:2014, Anexo K; ver ABNT NBR ISO 13849-2:2019, Tabela D.8.

NOTA 2 Em alguns casos, é possível excluir defeitos de partes mecânicas que acionam um interruptor de posição eletromecânico. Para justificativa, ver ABNT NBR ISO 13849-2:2019, Anexo A. É muito importante considerar as condições ambientais esperadas.

NOTA 3 Para mais informações, ver 6.3.2.

Convém que haja uma seleção adequada do dispositivo, assegurando que a força de retenção (F_{Zh} – ver 5.7.4) do dispositivo de bloqueio seja suficiente para resistir às forças estáticas no elemento de bloqueio (pino) e que as forças de cisalhamento no elemento de bloqueio por sobressalto da proteção móvel sejam prevenidas (ver NOTA 4). Neste caso, o uso da exclusão de defeito para a ruptura do elemento de bloqueio não limita necessariamente o PL ou SIL para a função de bloqueio.

NOTA 4 Por exemplo, o projeto do sistema de comando pode assegurar que o elemento de bloqueio aplicado por mola não se movimente na posição engatada, antes que a proteção móvel seja fechada e permaneça estacionária, por exemplo, pelo retardo de tempo entre o fechamento da porta e o corte da tensão no solenoide.

NOTA 5 A função de bloqueio é uma função de segurança diferente da função de monitoramento do bloqueio.

NOTA 6 Para mais informações, ver 6.2.2.

8.6 Conexão lógica em série de dispositivos de intertravamento

A conexão lógica em série de dispositivos de intertravamento significa que, para contatos NF (normalmente fechados), a ligação é em série ou, para contatos NA (normalmente abertos), a ligação é em paralelo. Quando dispositivos de intertravamento com contatos redundantes forem logicamente conectados em série, a detecção de um único defeito pode ser mascarada pelo acionamento de algum dispositivo de intertravamento logicamente conectado em série ao dispositivo de intertravamento defeituoso, no sistema de comando relativo à segurança.

NOTA BRASILEIRA NC = normally closed = NF = normalmente fechado;
NO = normally open = NA = normalmente aberto.

É previsível que, durante o processo de identificação e solução do defeito por parte do operador ou manutentor, uma das proteções cujos dispositivos de intertravamento estão conectados logicamente em série ao dispositivo de intertravamento defeituoso possa ser acionada. Nesse caso, o defeito será mascarado e o efeito sobre o valor de cobertura de diagnóstico deve ser considerado.

Para uma conexão em série, convém que a corrente contínua máxima (ver ABNT NBR ISO 13849-1 ou IEC 62061) seja considerada.

NOTA O ISO/TR 24119, que trata de conexão lógica em série de dispositivos, está em estudo.

8.7 Condições elétricas e ambientais

8.7.1 Generalidades

Os dispositivos de intertravamento elétrico devem estar em conformidade com a IEC 60204-1.

Quando for previsto que os dispositivos serão utilizados fora dos limites ambientais declarados na IEC 60204-1, os dispositivos de intertravamento devem ser selecionados de tal forma que atendam às condições ambientais previsíveis.

8.7.2 Considerações de desempenho

Os componentes de intertravamento de potência devem ter capacidade de interrupção de corrente adequada, levando em consideração todas as situações previsíveis (por exemplo, sobrecarga).

8.7.3 Imunidade contra perturbações

Os interruptores de proximidade e os interruptores magnéticos para aplicações de intertravamento devem ser selecionados e utilizados de modo que os campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos externos previsíveis não prejudiquem a sua função.

NOTA BRASILEIRA Interruptores magnéticos são usualmente conhecidos como sensores magnéticos ou chaves magnéticas.

8.7.4 Condições de operação elétrica

Quando componentes eletrônicos forem utilizados em dispositivos de intertravamento, precauções necessárias devem ser tomadas para evitar defeitos causados por flutuações de tensão, sobretensão transiente etc.

9 Informações de uso

9.1 Generalidades

Um dispositivo de intertravamento pode ser

- a) projetado e fabricado pelo fabricante da máquina utilizando componentes separados disponíveis ou
- b) fabricado e colocado no mercado como um dispositivo completo pronto para uso.

Portanto, existem diferentes requisitos para as informações de uso que se aplicam ao fabricante da máquina ou ao fabricante de dispositivos de intertravamento.

9.2 Informações de uso fornecidas pelo fabricante de dispositivos de intertravamento

9.2.1 Marcação

A marcação deve estar de acordo com a ABNT NBR ISO 12100:2013, 6.4.

Além disso, os dispositivos de intertravamento projetados e construídos para uso em uma atmosfera potencialmente explosiva devem ser marcados adequadamente.

Onde isto não for praticável devido a restrições de espaço, o endereço completo do fabricante e a designação do tipo de dispositivo devem ser declarados nas instruções de uso, e o dispositivo deve ser claramente marcado com o nome ou logotipo dos fabricantes.

A marcação deve ser suficiente para identificar o documento contendo as informações de uso de acordo com 9.2.2 ou 9.3, conforme apropriado.

NOTA O objetivo da marcação é identificar o fabricante e mostrar a funcionalidade prevista do componente (por exemplo, tipo ou símbolo para ação de abertura direta).

A marcação para monitoramento do bloqueio de acordo com 5.7.1, 5.7.2.2 e 5.7.3.2 deve ser realizada com o símbolo mostrado na Figura 13.



Figura 13 – Símbolo para monitoramento do bloqueio de elementos de bloqueio

9.2.2 Instruções

O fabricante do dispositivo de intertravamento deve indicar as seguintes informações nas instruções:

- a) nome comercial e endereço completo do fabricante e, quando aplicável, seu representante autorizado;
- b) designação do dispositivo de intertravamento;
- c) designação da série ou tipo;
- d) uma descrição geral do dispositivo de intertravamento;
- e) desenhos, diagramas, descrições e explicações necessários para o uso, manutenção e reparo do dispositivo de intertravamento e para verificação do seu correto funcionamento;
- f) uma descrição do uso previsto do dispositivo de intertravamento;
- g) instruções de montagem, instalação e conexão, incluindo desenhos, diagramas e meios de fixação do dispositivo de intertravamento;
- h) instruções para a colocação em serviço e uso do dispositivo de intertravamento e, se necessário, instruções para o treinamento de operadores;
- i) recomenda-se que a descrição das operações de ajuste e manutenção sejam realizadas pelo usuário e recomenda-se que as medidas de manutenção preventiva sejam observadas;
- j) para instruções designadas a permitir que o ajuste e a manutenção sejam realizados com segurança, recomenda-se que a inclusão das medidas de proteção seja tomada durante essas operações;
- k) quaisquer dados necessários para o usuário determinar o PL ou SIL para a(s) função(ões) de segurança prevista(s).

Além disso, quando relevante, as seguintes informações devem ser especificadas:

- l) advertências relativas ao mau uso razoavelmente previsível;
- m) advertência de que o próprio dispositivo não contém recurso de reinicialização para liberação de emergência e auxiliar do bloqueio e que medidas adicionais são requeridas para alcançá-las (ver 5.7.5.3 e 5.7.5.4);
- n) declaração obrigatória;
- o) força de retenção, F_{Zh} , de acordo com 5.7.4;
- p) faixa do movimento de acionamento;

- q) especificações das partes sobressalentes a serem utilizadas, quando estas afetarem a saúde e a segurança dos operadores;
- r) valor máximo de resistência da energia ao impacto, em Joules (J), se o dispositivo puder ser utilizado como um batente mecânico;
- s) corrente e tensão máximas de pico do sistema de saída do interruptor de posição;
- t) informações de que convém que não seja possível ter acesso ao meio de liberação de escape a partir de fora da área protegida ou que convém que medidas adicionais sejam tomadas para reduzir o risco de ativação inadequada;
- u) quando os sistemas de intertravamento dependerem de atuadores ou chaves especiais (codificados ou não), informações devem ser providas no manual de instruções sobre os riscos associados à disponibilidade de atuadores, chaves e chaves-mestra sobressalentes e que convém que quaisquer atuadores ou chaves sobressalentes sejam controlados com segurança. Isto também inclui chaves de reinicialização para liberação de emergência e escape;
- v) nível de codificação (baixo, médio, alto) para dispositivos de intertravamento codificados (Tipo 2 ou Tipo 4).

9.3 Informações de uso fornecidas pelo fabricante da máquina

9.3.1 Marcação

Uma marcação específica não é requerida.

9.3.2 Instruções

O fabricante da máquina deve incluir as informações relevantes de 9.2.2, relativas aos dispositivos de intertravamento, nas instruções de uso da máquina.

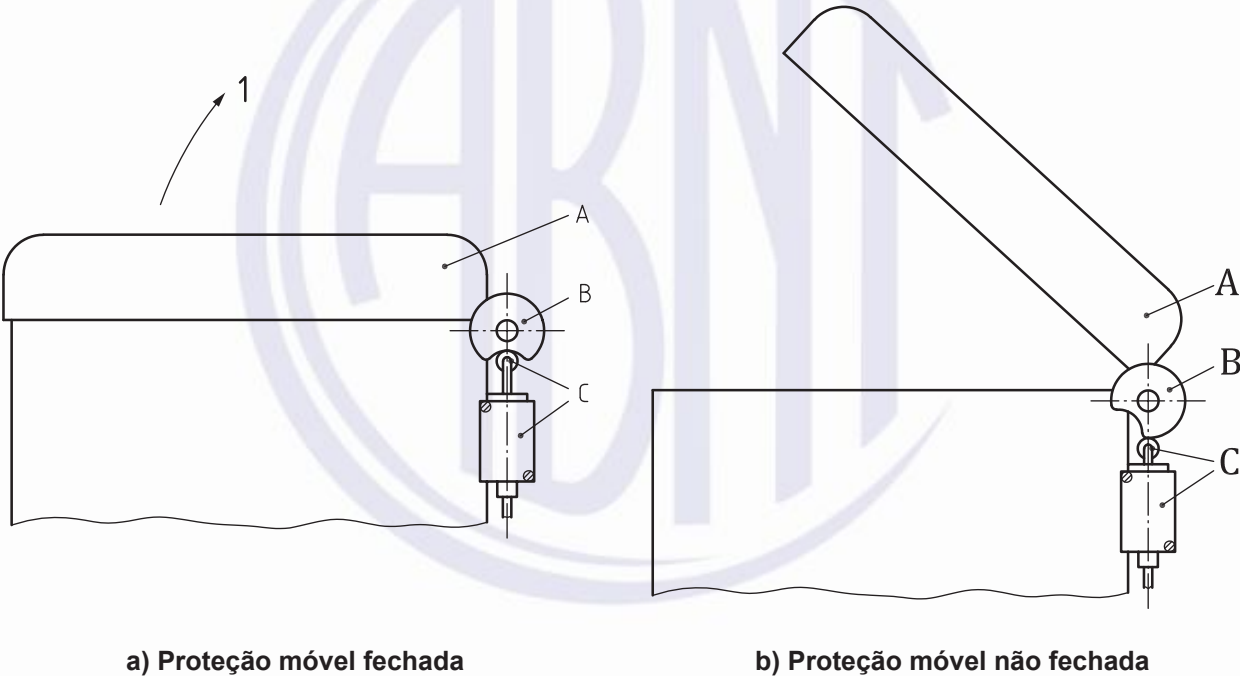
Anexo A
(informativo)

Dispositivo de intertravamento Tipo 1 – Exemplos

A.1 Came rotativo

A.1.1 Descrição

Um único dispositivo de intertravamento Tipo 1, com interruptor de posição acionado por ação mecânica direta que monitora a posição da proteção móvel (ver 5.4 e Figura A.1).



Legenda

- | | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------|
| A | proteção móvel | C | interruptor de posição |
| B | atuador (came ou excêntrico) | 1 | sentido de abertura |

Figura A.1 – Dispositivo de intertravamento Tipo 1 com interruptor de posição acionado por came rotativo

A.1.2 Características típicas

- ação mecânica direta do atuador (came rotativo) (B) no sistema de acionamento do interruptor de posição (C);
- possibilidade de ação de abertura direta do contato NF (normalmente fechado) do interruptor de posição, devido à ação mecânica direta (ver 3.11);

- impossível burlar operando manualmente o sistema de acionamento sem remover o came rotativo ou o interruptor de posição.

Falhas que levam ao perigo em caso de

- falha da ligação mecânica entre a proteção e o interruptor de posição (desgaste ou quebra do atuador),
- desalinhamento entre o interruptor de posição e o came.

A.1.3 Observações

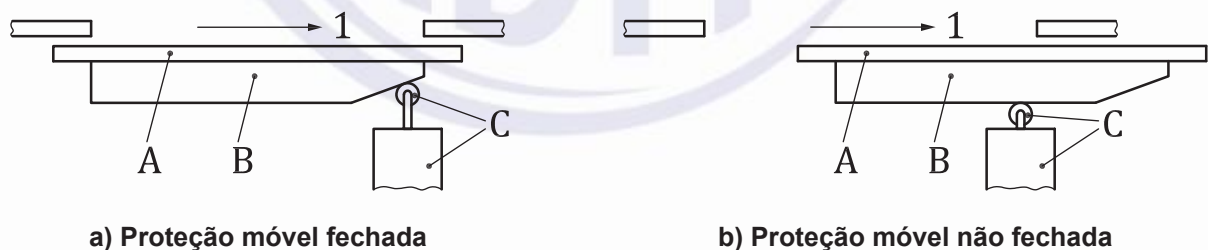
- Como a ausência da proteção móvel não é detectada, é essencial que a proteção possa não ser desmontada sem ferramentas;
- Ver também
 - 5.2,
 - 5.3.

NOTA Para exclusão de defeito, ver 8.5.

A.2 Came linear

A.2.1 Descrição

Um único dispositivo de intertravamento Tipo 1, com interruptor de posição acionado por ação mecânica direta que monitora a posição da proteção móvel (ver 5.4 e Figura A.2).



Legenda

A proteção móvel
B atuador (came)

C interruptor de posição
1 sentido de abertura

Figura A.2 – Dispositivo de intertravamento Tipo 1 com interruptor de posição acionado por came linear

A.2.2 Características típicas

- ação mecânica direta do atuador (came linear) (B) no sistema de acionamento do interruptor de posição (C);

- possibilidade de ação de abertura direta do contato NF (normalmente fechado) do interruptor de posição, devido à ação mecânica direta (ver 3.11);
- impossibilidade de burlar operando manualmente o sistema de acionamento sem remover o came linear ou o interruptor de posição.

Falhas que levam ao perigo em caso de

- falha da ligação mecânica entre a proteção e o interruptor de posição (desgaste ou quebra do atuador),
- desalinhamento entre o interruptor de posição e o came.

A.2.3 Observações

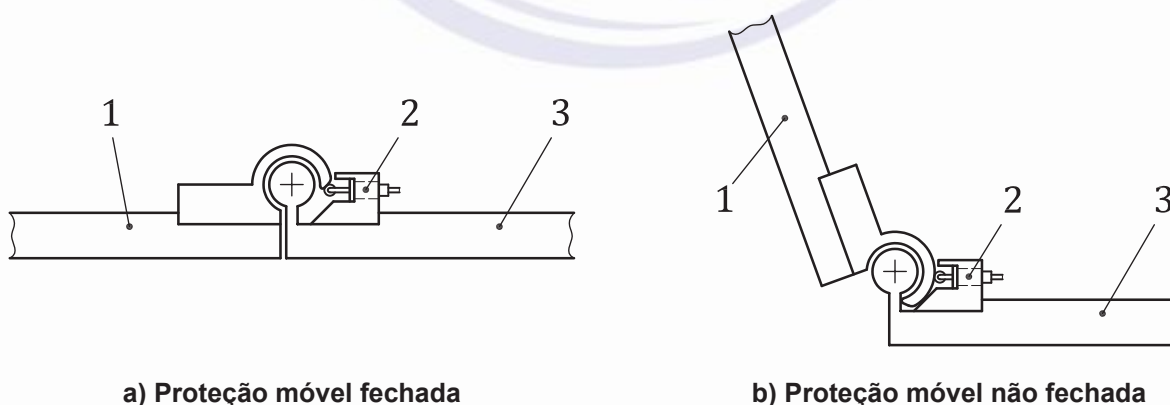
- Como a ausência da proteção móvel e/ou atuador não é detectada, é essencial que a proteção e/ou atuador possam não ser desmontados sem ferramentas;
- Ver também
 - 5.2,
 - 5.3.

NOTA Para exclusão de defeito, ver 8.5.

A.3 Dobradiça

A.3.1 Descrição

Um interruptor de posição instalado internamente em uma dobradiça (ver Figura A.3).



Legenda

- | | | | |
|---|--|---|------------------------|
| 1 | proteção móvel | 3 | parte fixa da proteção |
| 2 | dispositivo de intertravamento com dobradiça | | |

Figura A.3 – Dispositivo de intertravamento com dobradiça

A.3.2 Características típicas

- ação mecânica direta do interruptor de posição embutido;
- impossível burlar sem desmontagem;
- funciona como dobradiça para uma parte móvel de uma proteção;
- o ajuste do ponto de comutação deve ser exato e, portanto, pode ser inadequado para proteções móveis de grandes dimensões;
- utilizável somente para proteções móveis com dobradiça.

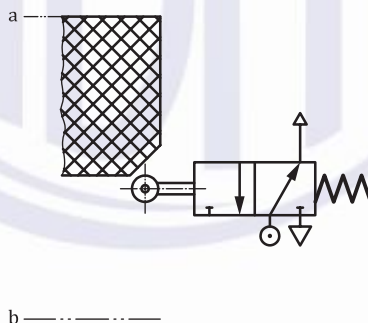
A.3.3 Observações

Como a ausência da proteção móvel não é detectada, é essencial que a proteção móvel possa não ser desmontada sem ferramentas.

A.4 Dispositivos de intertravamento hidráulicos/pneumáticos

A.4.1 Exemplos

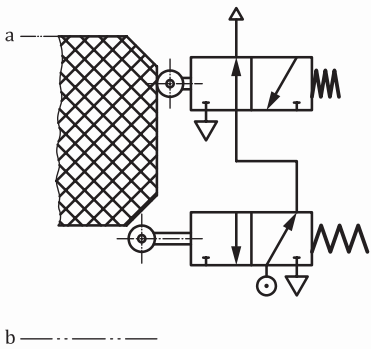
Exemplos de dispositivos de intertravamento pneumáticos/hidráulicos são mostrados nas Figuras A.4 a A.6.



Legenda

- a Fechado
- b Não fechado

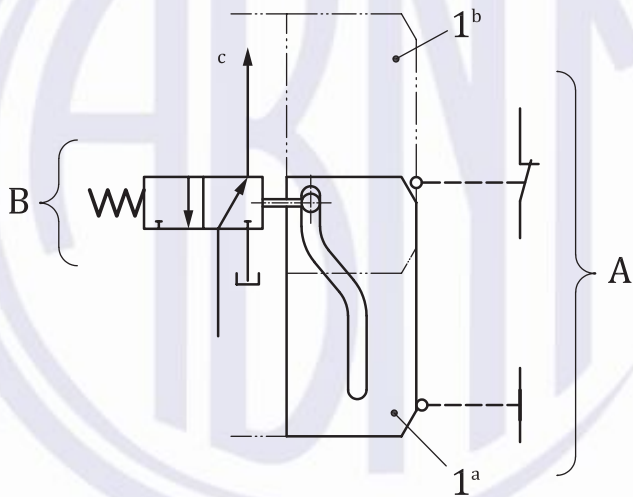
Figura A.4 – Válvula única (sistema de saída) com ação mecânica direta da válvula por proteção móvel



Legenda

- a Fechado
- b Não fechado

Figura A.5 – Duas válvulas (sistema de saída)



Legenda

- 1 proteção móvel
- A dispositivo de intertravamento independente que atua no circuito de comando elétrico (com monitoramento automático)
- a Proteção móvel fechada.
- b Proteção móvel não fechada.
- c Para os atuadores da máquina.
- B dispositivo de intertravamento independente que atua no circuito hidráulico (intertravamento de potência, ver 8.7.2) quando a interrupção direta do circuito de potência for possível

Figura A.6 – Dispositivo de intertravamento híbrido (elétrico e hidráulico)

A.4.2 Observações

Um dispositivo de intertravamento híbrido é particularmente interessante em condições ambientais muito severas que podem induzir a “falhas de causa comum” (isto é, falhas simultâneas que possuam a mesma causa) de componentes com a mesma tecnologia, por exemplo, derretimento da camada isolante de condutores em uma máquina funcionando em condições quentes ou falha simultânea de dois detectores de proximidade sob o efeito de interferência elétrica ou eletromagnética.

Anexo B (informativo)

Dispositivo de intertravamento Tipo 2 – Exemplos

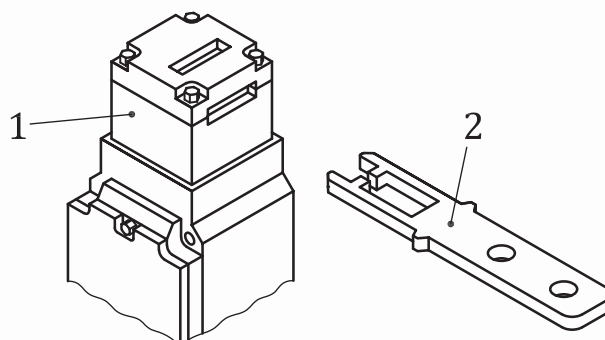
B.1 Interruptor de posição acionado por lingueta

B.1.1 Descrição

Um único dispositivo de intertravamento Tipo 2, com interruptor de posição acionado por ação mecânica direta que monitora a posição da proteção móvel (ver Figuras B.1 e B.2).

B.1.2 Características típicas

- princípio facilitador para dispositivos de bloqueio integrados;
- especialmente adequado para uso na borda de abertura de uma proteção móvel;
- ação mecânica direta sobre o atuador do interruptor de posição;
- possibilidade de ação de abertura direta do contato NF (normalmente fechado) do interruptor de posição, devido à ação mecânica direta (ver 3.11);
- devido à codificação de nível baixo, medidas adicionais contra burla podem ser requeridas;
- pode ser danificado devido ao desalinhamento durante o ciclo de vida útil da máquina;
- pode ser degradado pela poluição;
- o impacto do atuador pode provocar danos às pessoas.

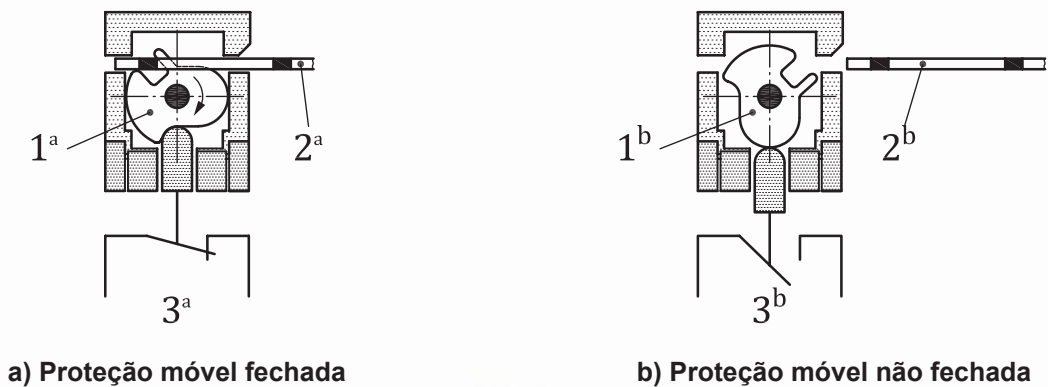


Legenda

1 interruptor de posição

2 atuador (lingueta moldada)

Figura B.1 – Interruptor de posição com atuador de lingueta codificado



Legenda

- | | |
|---|---|
| 1ª Posição do came rotativo interno quando a proteção móvel está fechada. | 1ª Posição do came rotativo interno quando a proteção móvel não está fechada. |
| 2ª Lingueta inserida. | 2ª Lingueta não inserida. |
| 3ª Interruptor fechado. | 3ª Interruptor não fechado. |

Figura B.2 – Princípio de trabalho do interruptor de posição acionado por lingueta

B.1.3 Observações

Para medidas que minimizem a burla, ver Seção 7.

B.2 Chave transferível (*Trapped key*)

B.2.1 Descrição

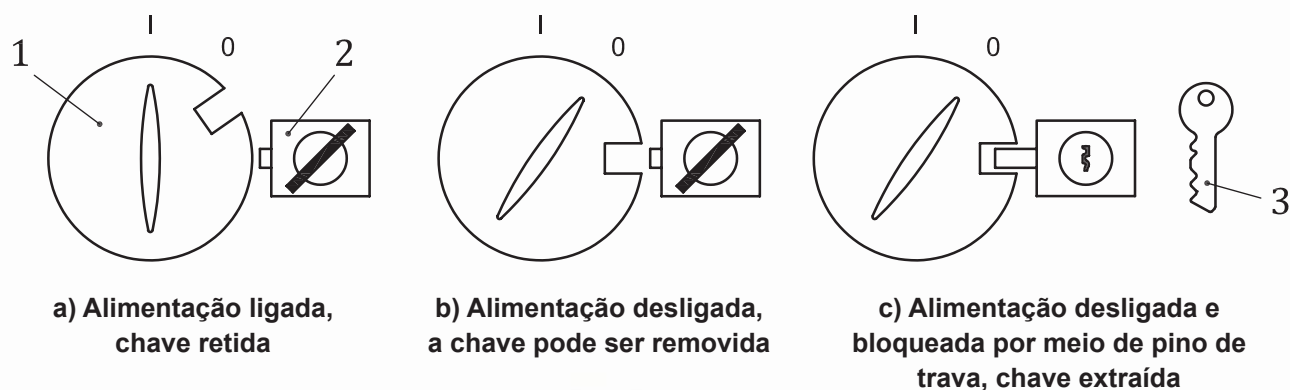
Chave transferível é um dispositivo de intertravamento que depende da transferência de chaves entre um elemento de comando e uma trava fixa na proteção (bloqueio) (ver Figura B.4).

Em uma chave transferível, o bloqueio e o elemento de comutação, que também incorpora uma retenção, são separados, ao invés de serem combinados em uma única unidade.

A característica essencial do sistema é que a chave removível fica retida no dispositivo de bloqueio da proteção ou na comutadora de bloqueio. O dispositivo de retenção opera de forma que a chave somente possa ser liberada quando a proteção tiver sido fechada e bloqueada. Isto permite a transferência da chave da proteção até a comutadora de bloqueio. O acionamento da comutadora prende a chave de modo que ela possa não ser removida enquanto a comutadora estiver na posição ligada (ON) (ver Figuras B.3 e B.5).

Se houver mais de uma fonte de energia e, portanto, mais de um elemento no sistema de saída a ser acionado, então uma caixa de troca de chaves (D) é necessária. Todas as chaves transferíveis devem ser alocadas e retidas na caixa de troca antes que a chave de acesso (que tem uma codificação diferente) possa ser liberada para ser transferida ao dispositivo de bloqueio. Onde houver mais de uma proteção, a caixa de troca pode acomodar um número equivalente de chaves de acesso (ver Figura B.6).

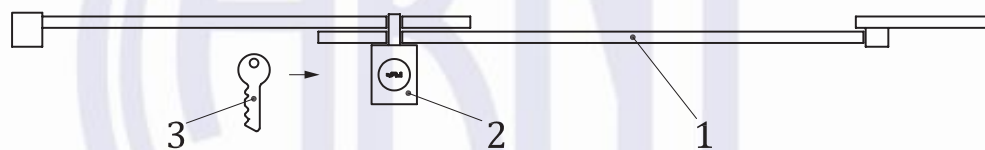
Onde, para a finalidade do processo ou da segurança, um número de operações tiver que ser realizado em uma sequência definida, então a chave transferível é bloqueada e trocada por uma diferente em cada estágio. A caixa de troca pode integrar o dispositivo de retenção.



Legenda

- 1 comutadora
- 2 trava de pino
- 3 atuador (chave)

Figura B.3 – Princípio de intertravamento acionado por chave transferível – Etapa 1



b) Proteção móvel fechada, não bloqueada, chave do atuador inserida, girada e retida

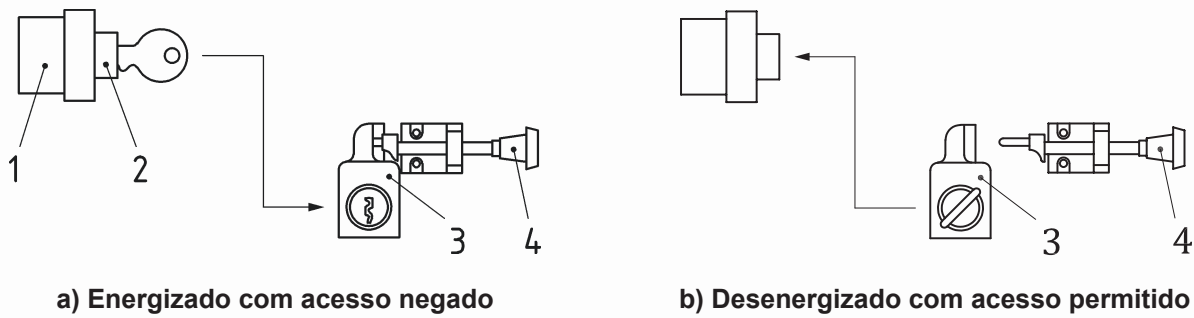


c) Proteção móvel não fechada, o pino de trava não pode ser estendido, portanto, a chave do atuador é retida

Legenda

- 1 proteção móvel
- 2 pino de trava
- 3 atuador (chave)

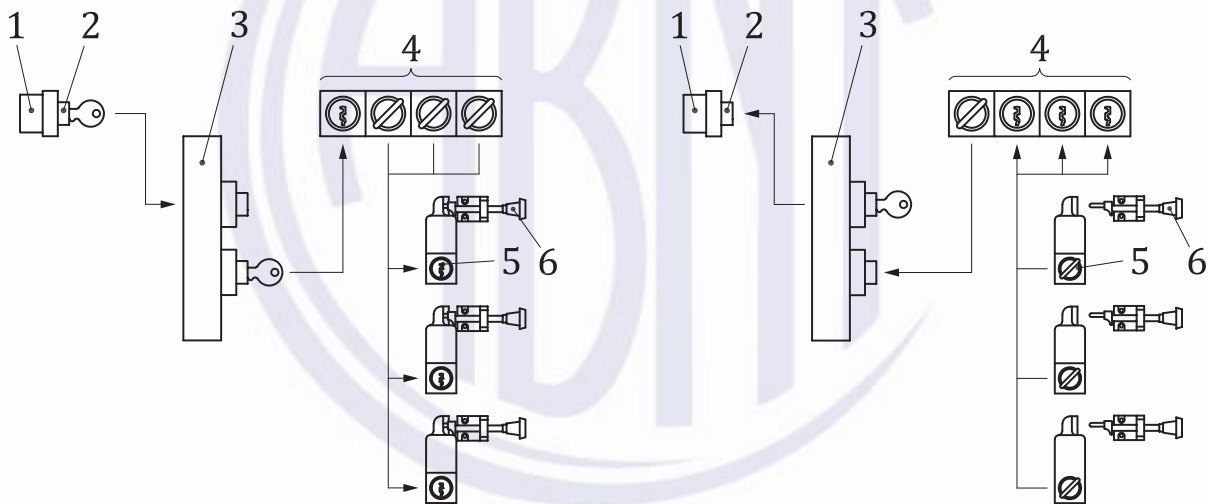
Figura B.4 – Princípio de intertravamento acionado por chave transferível utilizando pino e trava extendido – Etapa 2



Legenda

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 sistema de saída | 3 trava na(s) proteção(ões) |
| 2 trava no sistema de saída | 4 pino de trava/retentor fixado na proteção móvel |

Figura B.5 – Sistema básico simples



Legenda

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 sistema de saída | 4 caixa de troca de chave |
| 2 trava no sistema de saída | 5 trava(s) na(s) proteção(ões) |
| 3 dispositivo de retardo de tempo | 6 pino de trava/retentor fixado na proteção móvel |

Figura B.6 – Sistema complexo

B.2.2 Características típicas

- sem redução da integridade devido à distância entre a proteção móvel e o sistema de comando;
- sem necessidade de fiação elétrica para cada proteção móvel;

- pode ser adequada quando a proteção móvel for colocada em ambiente agressivo;
- pode ser utilizada quando a proteção móvel puder ser removida completamente;
- particularmente adequada quando diversos tipos diferentes de fonte de energia estiverem presentes na máquina e para o intertravamento de energia;
- não adequada para aplicações que requerem tempos de acesso muito rápidos;
- chaves duplicadas podem se tornar disponíveis para burla (ver Seção 7);
- impacto do pino de trava/retentor pode provocar danos às pessoas;
- chaves de tecnologia rudimentar podem ser facilmente burladas.

B.2.3 Observações

O retardo entre a abertura do sistema de saída e o desbloqueio da proteção é assegurado meramente pelo tempo de transferência da chave (aumentado, se necessário, por um dispositivo de retardo de tempo).

Codificação individual de sistemas de acesso por chave

A codificação individual por chave evita que dois ou mais intertravamentos compartilhem involuntariamente a mesma codificação por chave e resultem em elevação de risco. Por exemplo, uma fábrica possui duas máquinas A e B: a chave que desliga e permite acesso seguro na máquina A não pode ser utilizada para acessar ou controlar a máquina B.

A codificação individual por chave pode ser administrada por fábrica/local ou organização, por gerenciamento individual do local ou pelo uso de fabricantes de intertravamentos que oferecem uma codificação exclusiva por chave. Convém que as chaves e os atuadores sejam inequívoca e claramente marcados para evitar confusão.

NOTA *Codificação individual* ocorre quando a mesma codificação não é comum a todos os dispositivos. Ela pode ser atingida por codificação de nível médio ou alto; ver Tabela 3.

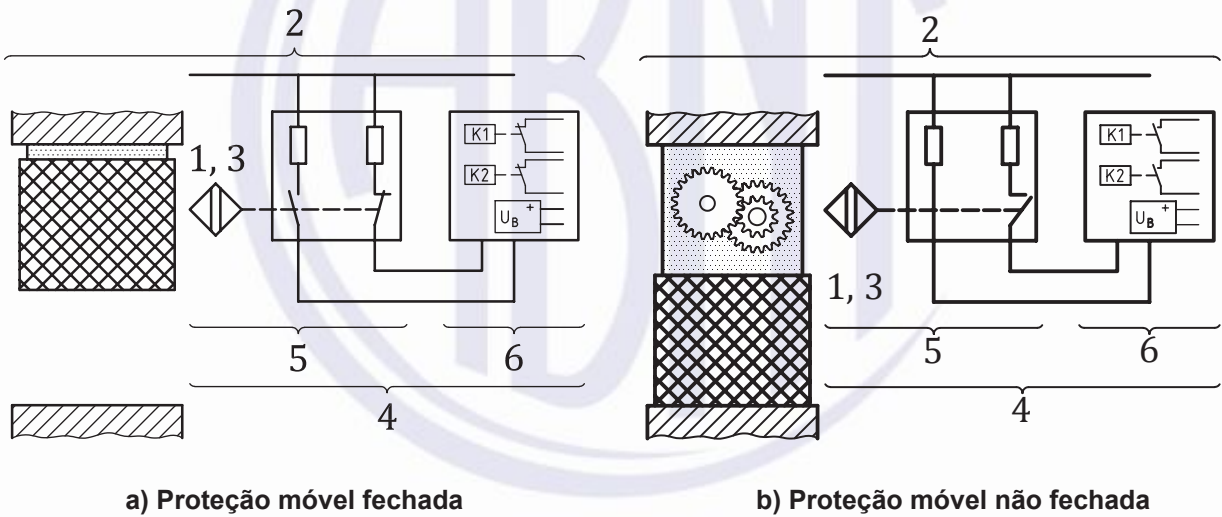
Anexo C
(informativo)

Dispositivo de intertravamento Tipo 3 – Exemplos

C.1 Descrição

Um dispositivo de intertravamento Tipo 3 consiste em um ou mais interruptores de posição não acionados mecanicamente (interruptor de proximidade indutivo, magnético, capacitivo, ultrassônico ou óptico), acionados por um atuador não codificado ligado a uma proteção móvel (ver Figura C.1).

Para atender aos requisitos de segurança funcional (PL, SIL), na maioria dos casos, dois interruptores de posição com monitoramento serão requeridos, a menos que um único interruptor de posição seja projetado para atender aos requisitos da IEC 60947-5-3 (ver também 5.4).



Legenda

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|----------------------------|
| 1 | proteção móvel | 4 | interruptor de proximidade |
| 2 | dispositivo de intertravamento | 5 | sistema de acionamento |
| 3 | atuador | 6 | sistema de saída |

Figura C.1 – Dispositivo de intertravamento Tipo 3 com interruptor de proximidade acionado por atuador não codificado

C.2 Características típicas

- sem partes móveis;
- alta resistência à poeira e líquidos;

- facilmente mantido limpo;
- devido à falta de codificação, medidas adicionais contra burla são requeridas;
- possibilidades de aplicação limitadas.

C.3 Observações

Para medidas que minimizem a burla, ver Seção 7.



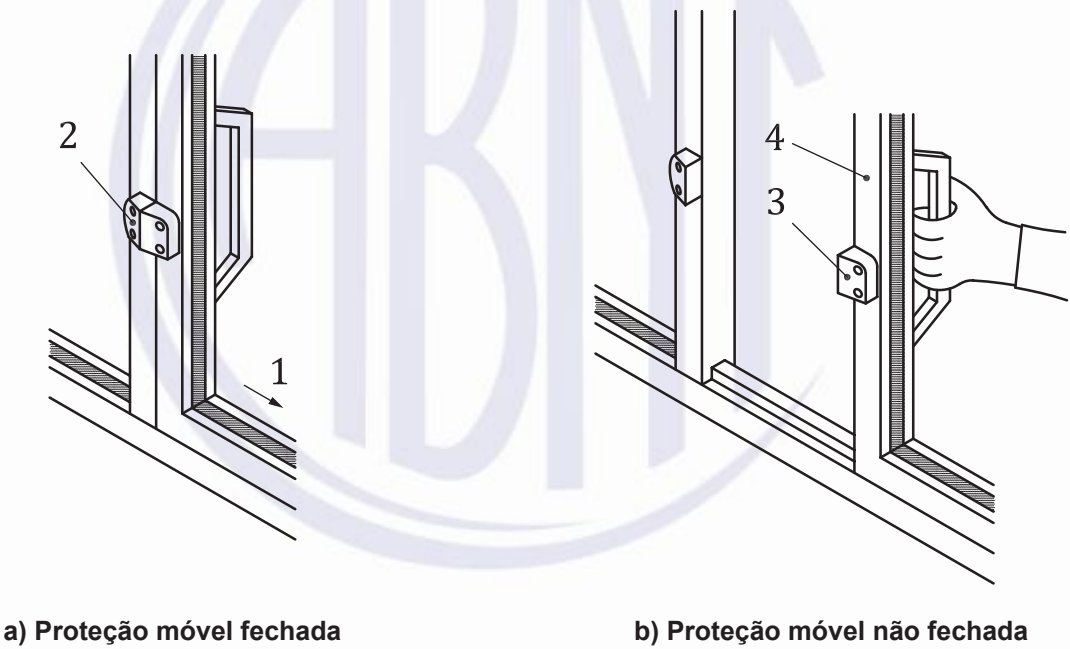
Anexo D
(informativo)

Dispositivo de intertravamento Tipo 4 – Exemplos

D.1 Dispositivo de intertravamento codificado magneticamente

D.1.1 Descrição

Um dispositivo de intertravamento Tipo 4 com um interruptor de posição acionado por um atuador magnético codificado associado à proteção móvel abre os seus contatos quando a proteção não estiver fechada (ver Figura D.1).



Legenda

- | | | | |
|---|---------------------------------------|---|------------------------------|
| 1 | sentido de abertura | 3 | atuador magnético codificado |
| 2 | dispositivo de intertravamento Tipo 4 | 4 | proteção móvel |

Figura D.1 – Exemplo de dispositivo de intertravamento Tipo 4 com interruptor de posição acionado por atuador magnético codificado

D.1.2 Características típicas

- compacto, sem partes móveis externas;
- alta resistência à poeira e líquidos;

- facilmente mantido limpo;
- codificado;
- tolerante ao desalinhamento da proteção;
- sensível à interferência eletromagnética;
- se contatos *reed* forem utilizados, eles são suscetíveis a vibrações, impactos e efeitos elétricos transientes;
- codificação de nível médio ou alto não disponível.

D.1.3 Observações

Para medidas que minimizem a burla, ver Seção 7.

D.2 Dispositivo de intertravamento codificado por RFID

D.2.1 Descrição

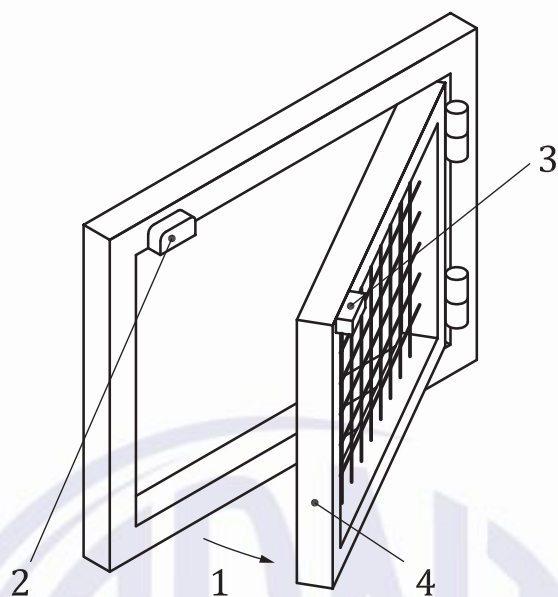
Um dispositivo de intertravamento Tipo 4, com um interruptor de posição acionado por um atuador de *tag* de RFID codificado associado à proteção móvel, abre os seus contatos quando a proteção não estiver fechada (ver Figura D.2).

D.2.2 Características típicas

- compacto, sem partes móveis externas;
- alta resistência à poeira e líquidos;
- facilmente mantido limpo;
- codificação de níveis médio e alto possíveis;
- tolerante ao desalinhamento da proteção;
- possível sensibilidade à interferência eletromagnética.

D.2.3 Observações

Para medidas que minimizem a burla, ver Seção 7.



Legenda

- | | | | |
|---|---------------------------------------|---|---|
| 1 | sentido de abertura | 3 | atuador com <i>tag</i> de RFID codificado |
| 2 | dispositivo de intertravamento Tipo 4 | 4 | proteção móvel |

Figura D.2 – Exemplo de dispositivo de intertravamento Tipo 4 com interruptor de posição acionado por atuador com *tag* de RFID codificado

Anexo E (informativo)

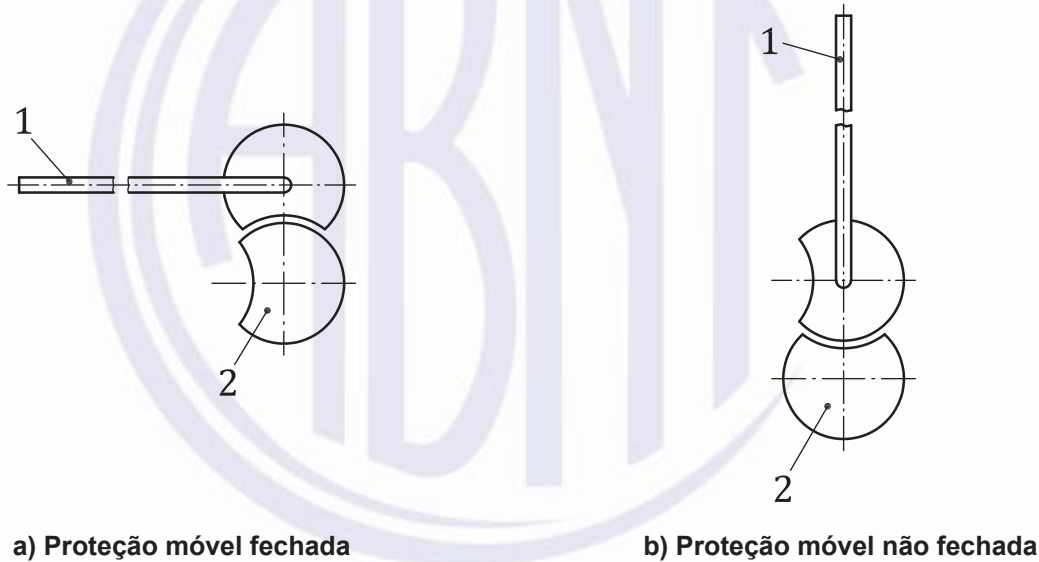
Exemplos de outros dispositivos de intertravamento

E.1 Intertravamento mecânico entre uma proteção móvel e um elemento móvel

E.1.1 Descrição

Intertravamento mecânico direto entre uma proteção móvel e um elemento móvel perigoso (ver Figura E.1).

A função assegurada é a de uma proteção com intertravamento e bloqueio.



Legenda

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | proteção móvel | 1 | proteção móvel |
| 2 | elemento móvel – livre: contanto que o elemento móvel não esteja em repouso, a proteção móvel bloqueada está na posição fechada | 2 | elemento móvel – bloqueado: assim que a proteção móvel não estiver mais na posição fechada, o elemento móvel é bloqueado |

Figura E.1 – Exemplo de intertravamento mecânico entre a proteção móvel e o elemento móvel

E.1.2 Observações

- A aplicação é limitada a mecanismos muito simples.
- O posicionamento manual da parte móvel pode ser requerido para possibilitar a abertura da proteção móvel. Convém que isto seja possível sem alcançar a área perigosa.

Anexo F (informativo)

Exemplos de dispositivos de bloqueio

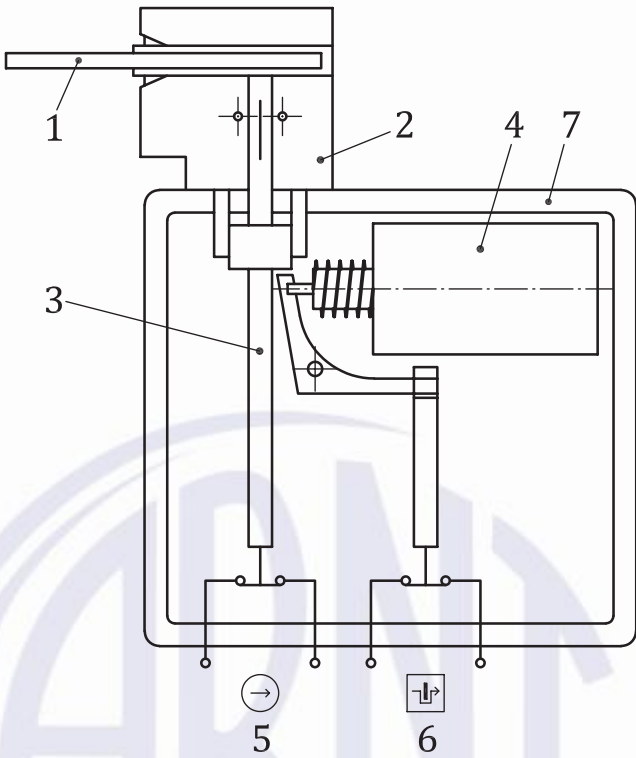
F.1 Exemplo de dispositivo de intertravamento com detecção da posição da proteção separada da detecção da posição do meio de bloqueio

F.1.1 Descrição

A Figura F.1 mostra um dispositivo de intertravamento Tipo 2 com bloqueio integrado e monitoramento do bloqueio. O atuador é mostrado na posição fechada da proteção móvel que é ligada ao atuador. O solenoide de bloqueio está na posição de bloqueio mantida pela mola. Se o solenoide for alimentado, o êmbolo do solenoide é movimentado para a direita e, conseqüentemente, comprime a mola. O contato de monitoramento da porta é aberto por meio da alavanca ligada ao êmbolo do solenoide. Assim, o êmbolo de intertravamento pode ser movimentado para baixo por um movimento de abertura da proteção e pelo atuador fixado. Na posição não fechada da proteção, a parte maior do êmbolo de intertravamento evita que o mecanismo de bloqueio se movimente para a posição de bloqueio (mecanismo de prevenção contra bloqueio involuntário). Ligando o êmbolo de intertravamento a um contato, a posição de intertravamento e de bloqueio pode ser monitorada por um dispositivo.

F.1.2 Característica típica

Indicação separada da condição da proteção móvel é provida.



Legenda

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 atuador | 5 contato de monitoramento do intertravamento |
| 2 cabeçote de acionamento | 6 contato de monitoramento do bloqueio |
| 3 êmbolo de intertravamento | 7 invólucro |
| 4 solenoide de bloqueio | |

Figura F.1 – Dispositivo de intertravamento com dispositivo de bloqueio aplicado por mola/liberado por energia elétrica

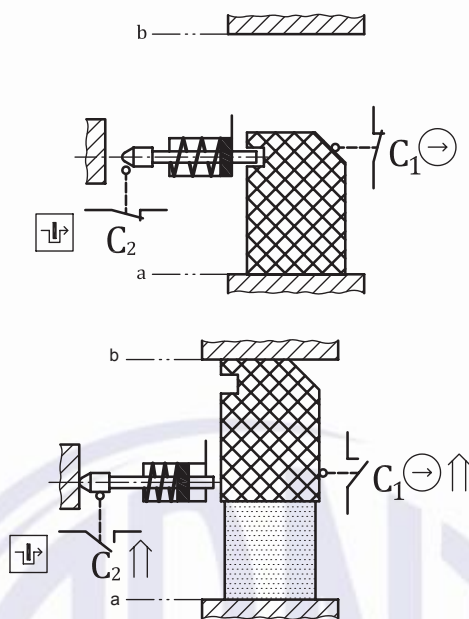
F.2 Função de intertravamento assegurada pela detecção da posição da proteção e posição do dispositivo de bloqueio separadamente

F.2.1 Descrição

C₁ detecta a posição da proteção móvel. C₂ detecta a posição do dispositivo de bloqueio (ver Figura F.2).

F.2.2 Característica típica

Indicação separada da condição da proteção móvel é provida.



Legenda

- | | | | |
|----------------|--|---|--------------|
| C ₁ | detecta a posição da proteção móvel | a | Fechado. |
| C ₂ | detecta a posição do dispositivo de bloqueio | b | Não fechado. |

NOTA C₁ e C₂ podem ser detectores de qualquer tipo tecnológico (ver 4.1).

Figura F.2 – Detecção separada de posições da proteção móvel e do dispositivo de bloqueio

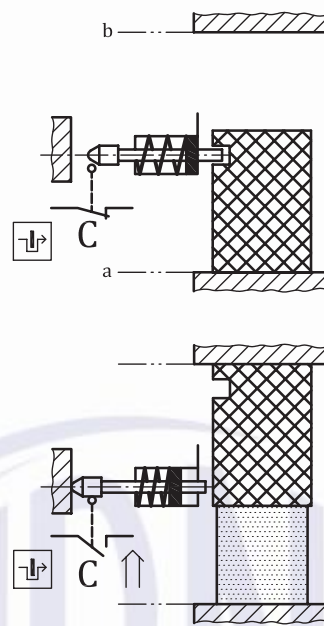
F.3 Função de intertravamento assegurada pela detecção da posição de bloqueio somente pela detecção da posição do dispositivo de bloqueio

F.3.1 Descrição

Ao detectar a posição do dispositivo de bloqueio, o detector único (C) também pode ser utilizado para monitorar a posição da proteção móvel, desde que a posição fechada da proteção seja rigorosa e confiavelmente detectada, devido ao bom projeto e à construção do contato do dispositivo de bloqueio e conjunto da proteção móvel (ver Figura F.3).

F.3.2 Característica típica

Nenhuma indicação separada da condição da proteção móvel é provida.



Legenda

- C detecta a posição do dispositivo de bloqueio
- a Fechado.
- b Não fechado.

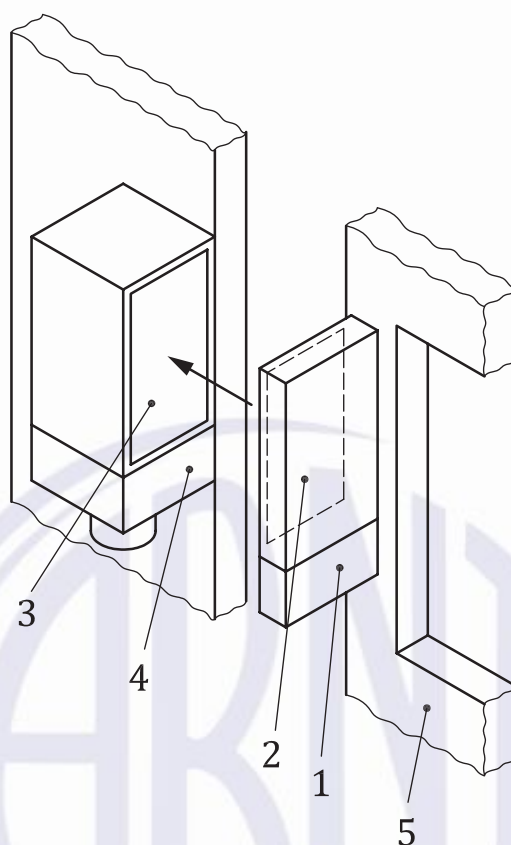
NOTA C pode ser um detector de qualquer tipo tecnológico (ver 4.1).

Figura F.3 – Detecção combinada de posições da proteção móvel e do dispositivo de bloqueio

F.4 Dispositivo de intertravamento com dispositivo de bloqueio eletromagnético

F.4.1 Descrição

O bloqueio da proteção móvel fechada é realizado eletromagneticamente (para princípio eletromagnético de ação, ver Figura F.4). A função de intertravamento é provida pela detecção da posição da proteção. A função de bloqueio inclui o monitoramento da força eletromagnética. A abertura forçada resultará em uma função de reação, por exemplo, 10 min de retardo até que uma reinicialização seja possível (ver 5.7.3.3).



Legenda

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 atuador codificado | 4 interruptor de posição atuado sem contato |
| 2 placa magnética de retenção | 5 proteção móvel |
| 3 bloqueio eletromagnético | |

Figura F.4 – Dispositivo de intertravamento com dispositivo de bloqueio eletromagnético

F.4.2 Características típicas

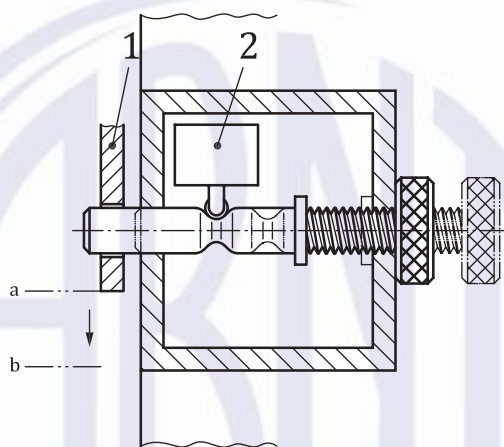
- fácil limpeza devido à vedação;
- alta resistência contra poeira e fluidos;
- compacto, sem partes móveis;
- desbloqueio em caso de falha de energia, dependendo do projeto;
- força de retenção muito alta não disponível.

F.5 Dispositivo de intertravamento com bloqueio, com dispositivo de retardo operado manualmente

F.5.1 Descrição

O pino rosqueado é girado manualmente (para desbloqueio incondicional, de acordo com a Figura 4, ver Figura F.5). O tempo decorrido entre a abertura do interruptor e a liberação da proteção é determinado de modo que ele seja maior que o tempo obtido para parar as funções perigosas.

Quando não fechada, a proteção móvel evita que o pino seja parafusado novamente, fechando assim os contatos do interruptor.



Legenda

- 1 proteção móvel
- 2 interruptor de posição

- a Fechado.
- b Não fechado.

Figura F.5 – Dispositivo de intertravamento com bloqueio, com dispositivo de retardo operado manualmente

F.5.2 Características típicas

- confiabilidade por meio da simplicidade;
- pode ser desbloqueado rapidamente com meios adicionais, por exemplo, por chaves de fenda motorizadas.

F.5.3 Observações

Apropriado somente para aplicações com operações de baixa frequência.

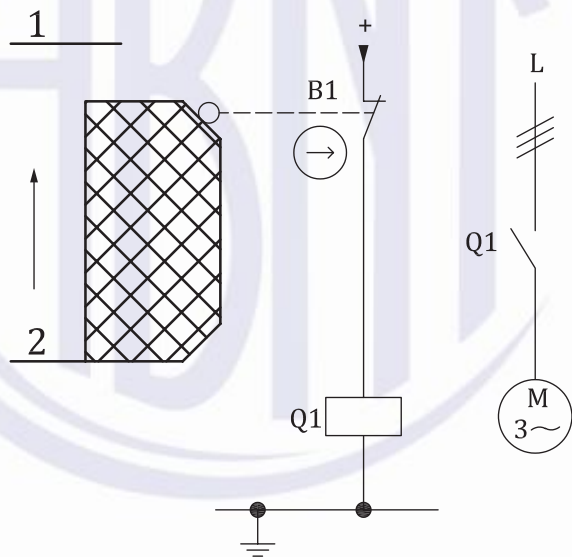
Anexo G
(informativo)

Exemplos de aplicação de dispositivos de intertravamento utilizados
em uma função de segurança

G.1 Generalidades

As descrições neste Anexo estão limitadas às categorias apropriadas, de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1, com relação à tolerância de defeito de *hardware* (arquitetura). Para atingir o desempenho requerido relativo à segurança, requisitos adicionais (por exemplo, cobertura de diagnóstico) precisarão ser considerados.

G.2 Exemplo 1 – Categoria 1



Legenda

- | | | | |
|-----|---|----|----------|
| 1 | não fechado | 2 | fechado |
| B1 | Interruptor de posição para monitoramento da proteção | Q1 | contator |
| (→) | ação de abertura direta | | |

Figura G.1 – Monitoramento da posição de proteções móveis para a prevenção de movimentos perigosos

G.2.1 Função de segurança

- Função de parada relativa à segurança, iniciada por um dispositivo de proteção: a abertura da proteção móvel inicia a função de segurança STO, de acordo com a IEC 61800-5-2, ou categoria de parada 0, de acordo com a IEC 60204-1.

NOTA BRASILEIRA STO = safe torque off, que significa cessamento do torque de modo seguro.

G.2.2 Descrição funcional

- A abertura da proteção móvel é detectada por um interruptor de posição B1 com ação de abertura direta. B1 desenergiza um contator Q1 para o movimento perigoso (ver Figura G.1).
- A função de segurança pode ser perdida na ocorrência de defeitos únicos e depende da confiabilidade dos componentes.
- Nenhuma medida para detecção de defeitos é implementada.
- A remoção do dispositivo de proteção não é detectada.

G.2.3 Características de projeto

Para atingir a Categoria 1, os seguintes requisitos são atendidos:

- Princípios de segurança básicos e comprovados são implementados, e os requisitos da Categoria B são atendidos. Circuitos de proteção (por exemplo, proteção de contato) são implementados. O princípio da desenergização é utilizado como um princípio básico de segurança. O aterramento do circuito de comando é considerado um princípio de segurança comprovado.
- O interruptor de posição B1 possui ação de abertura direta de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-2:2019, Tabela D.2, e é considerado um componente comprovado. O contato de interrupção interrompe o circuito com ação mecânica direta quando a proteção móvel não está fechada.
- O contator Q1 é um componente comprovado, desde que as condições adicionais, de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-2:2019, Tabela D.3, sejam observadas.
- A proteção móvel possui uma disposição estável para acionamento do interruptor de posição B1. Os elementos de acionamento do interruptor de posição B1 são protegidos contra o deslocamento. Somente partes mecânicas (sem elementos de mola) que possuem rigidez suficiente são empregadas.
- O curso de acionamento do interruptor de posição está em conformidade com as especificações do fabricante.

NOTA Uma descrição detalhada, incluindo a estimativa da probabilidade de falha perigosa por hora, está disponível na Referência [16], 8.2.5.

G.3 Exemplo 2 – Categoria 3

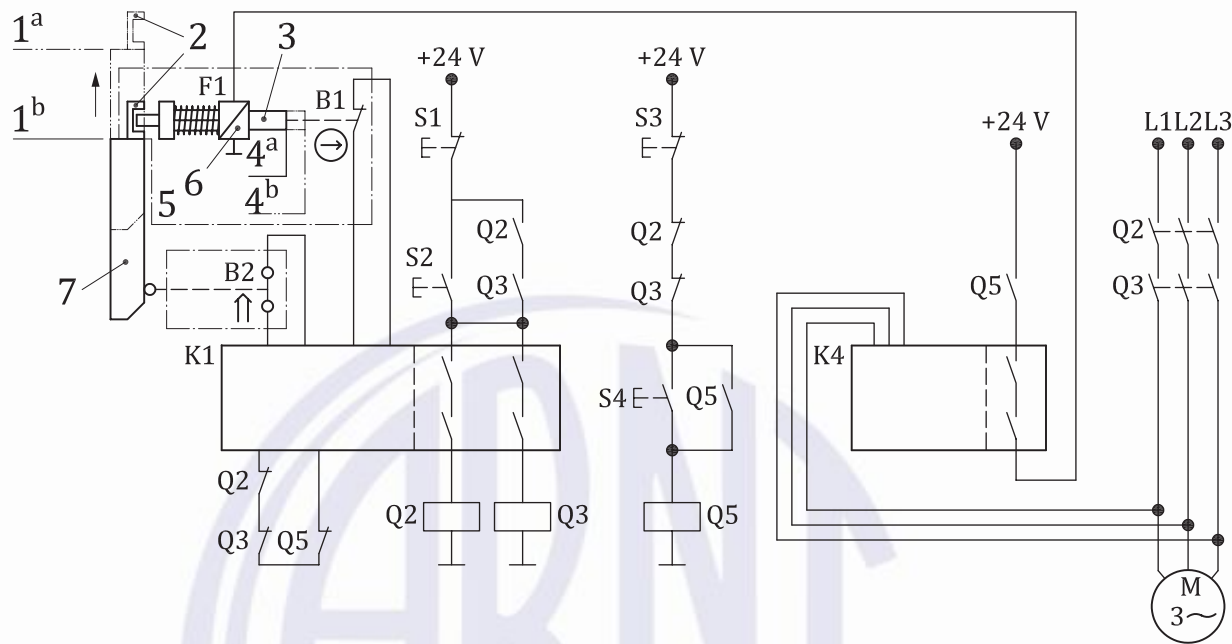
G.3.1 Funções de segurança

- Impedimento do desbloqueio da proteção móvel enquanto a rotação do motor de acionamento for maior que zero;
- Prevenção contra partida inesperada enquanto a proteção móvel estiver desbloqueada ou não fechada.

G.3.2 Descrição funcional

- O acesso ao movimento perigoso é evitado por uma proteção móvel que é fechada e bloqueada enquanto o motor estiver alimentado ou girando por inércia até uma parada total (ver Figura G.2). A proteção móvel é desbloqueada e pode ser aberta quando o elemento de bloqueio (pino) for

retirado, energizando o solenoide de desbloqueio. O solenoide de desbloqueio somente pode ser energizado quando o motor estiver totalmente parado. Isto é obtido pelo monitor de parada K4.



Legenda

1 ^a	proteção móvel não fechada	S1	parada
1 ^b	proteção móvel fechada	S2	partida
2	entalhe para inserção do pino	S3	bloqueio
3	elemento de bloqueio (pino)	S4	desbloqueio
4 ^a	pino na posição engatada	K1	unidade lógica de monitoramento
4 ^b	pino na posição liberada	Q2	contator
5	dispositivo de bloqueio	Q3	contator
6	solenoide de desbloqueio	K4	monitor de parada segura
7	proteção móvel	Q5	contator
↑↑	posição acionada, porta fechada	F1	mola
→	ação de abertura direta	B1	interruptor de posição para monitoramento do elemento de bloqueio
		B2	interruptor de posição para monitoramento da proteção

Figura G.2 – Dispositivo de bloqueio com relé de segurança e monitor de parada – Categoria 3

- A partida do motor comandada pelo botão de partida S2 somente é possível quando a proteção móvel estiver fechada (B2 está fechado) e bloqueada (B1 está fechado); Q2, Q3 e Q5 estão desenergizados, assim o circuito de realimentação de K1 está fechado. Quando S2 for momentaneamente fechado, Q2 e Q3 são energizados e permanecem atuados (selo). A fonte de alimentação do motor é ligada.
- Pressionando o botão de parada S1, Q2 e Q3 são desenergizados e o motor desliga.

- A abertura da proteção móvel durante o movimento do motor é evitada por um elemento de bloqueio (pino). A abertura somente é possível se o pino for liberado. O seguinte procedimento é requerido para liberar o pino:
 - pressionar o interruptor de parada S1; Q2 e Q3 são desenergizados e seus contatos alteram de estado;
 - pressionar o interruptor de desbloqueio S4 para solicitar o desbloqueio (Q5 é energizado e retido na posição atuada);
 - quando o motor para, a saída do monitor de parada K4 fecha;
 - o solenoide de desbloqueio é energizado e o elemento de bloqueio (pino) se movimenta para a posição desbloqueada.

A solicitação de desbloqueio é cancelada pressionando o interruptor de bloqueio S3; Q5 desenergiza.

- Quando a proteção móvel for fechada, o elemento de bloqueio (pino) acionado por mola é engatado no respectivo entalhe. A proteção móvel se torna bloqueada e B1 e B2 são fechados.
- As saídas de K1 são desenergizadas, caso um dos circuitos de entrada, B1 (elemento de monitoramento do bloqueio) ou B2 (monitoramento da proteção), esteja aberto.

G.3.3 Características de projeto

Para atingir a Categoria 3, os seguintes requisitos são atendidos:

- Princípios de segurança básicos e comprovados são observados e os requisitos da Categoria B são atendidos. Circuitos de proteção (por exemplo, proteção dos contatos) são implementados.
- Os defeitos na fiação são considerados (ABNT NBR ISO 13849-2:2019, Tabela D.4). Curtos-circuitos são detectados e uma condição segura é iniciada ou os cabos são dispostos de modo que as exclusões de falhas sejam possíveis.
- Os contatores Q2, Q3 e Q5 possuem elementos de contato ligados mecanicamente de acordo com a ABNT NBR IEC 60947-5-1:2014, Anexo L.
- Para atender à exigência da condição de única falha em um sistema de Categoria 3, o interruptor de posição B2 é um interruptor de posição separado (mecanicamente independente do acionamento de B1).
- O interruptor de posição B1 possui ação de abertura direta de acordo com a ABNT NBR IEC 60947-5-1:2014, Anexo K, portanto, a exclusão de falha para a não abertura devido à soldagem do contato é possível.
- O dispositivo de bloqueio com o elemento de bloqueio (pino) acionado por mola, o solenoide de desbloqueio e o interruptor de posição de monitoramento do elemento de bloqueio B1 estão contidos em um único invólucro. O entalhe para inserção do pino é parte da proteção móvel.
- A mola do dispositivo de bloqueio é uma mola devidamente comprovada de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-2:2019, Tabela A.3. Além disso, a mola é permanentemente à prova de falhas, conforme a EN 13906-1 (exclusão de falha para “ruptura da mola”). O solenoide de desbloqueio não energiza sem um sinal elétrico de entrada.

- Exclusão de falha por “ruptura do elemento de bloqueio (pino)” devido
 - à seleção adequada dos dispositivos, assegurando que a força de retenção (F_{Zh}) do dispositivo de bloqueio é suficiente para resistir às forças estáticas sobre o pino de bloqueio e
 - às forças dinâmicas sobre o pino de bloqueio, devido ao rebote ou solavanco da proteção móvel serem evitados. O projeto do sistema de comando assegura que o elemento de bloqueio (pino) aplicado por mola não se movimente para a posição bloqueada antes que a proteção móvel seja fechada e permaneça estacionária, por exemplo, por retardo de tempo entre o fechamento da porta e a desenergização do solenoide (não mostrado na Figura G.2).

A adoção da exclusão de falha por ruptura do pino de bloqueio não limita necessariamente o PL ou SIL para a função de segurança.

- Devido à disposição de projeto, o elemento de bloqueio (pino) não pode atingir a posição bloqueada (posição de bloqueio) quando a proteção móvel não estiver fechada (prevenção contra posição de bloqueio involuntária).
- K1 é uma unidade lógica de monitoramento que atende pelo menos aos requisitos da Categoria 3, de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1. Os circuitos de entrada são monitorados quanto aos curtos-circuitos em relação à terra e alimentação. O estado seguro é iniciado na detecção de uma falha. A saída de segurança relevante pode ser ativada somente quando os circuitos de entrada e o circuito de realimentação estiverem fechados. Erros, como soldagem do contato de Q2, Q3 ou Q5, são detectados pelo circuito de rearme de K1.
- O monitor de parada K4 atende pelo menos aos requisitos da Categoria 3, de acordo com a ABNT NBR ISO 13849-1. Ele monitora os circuitos de entrada quanto aos curtos-circuitos pelos contatos, cabos rompidos para o motor e curtos-circuitos em relação à terra e alimentação. O estado seguro é iniciado na detecção de uma falha.
- Os interruptores B1 e B2 também são testados pelo processo, porque as saídas relativas à função de segurança de K1 somente são ligadas novamente quando B1 e B2 tiverem sido operados. Isto é realizado ao abrir e fechar a proteção.

G.4 Exemplo 3 – Categoria 4

G.4.1 Função de segurança

- Função de parada relativa à segurança, iniciada por um dispositivo de proteção: a abertura da proteção móvel inicia a função de segurança (STO, *Safe Torque Off*, de acordo com a IEC 61800-5-2, ou categoria de parada 0, de acordo com a IEC 60204-1).

G.4.2 Descrição funcional

- O movimento perigoso é protegido por uma proteção móvel (ver Figura G.3). A abertura da proteção móvel é detectada por dois interruptores de posição B1/B2, utilizando uma combinação de contato NF/NA, e avaliada por uma unidade lógica de monitoramento K1. K1 desenergiza dois contadores, Q1 e Q2, que param o movimento perigoso.

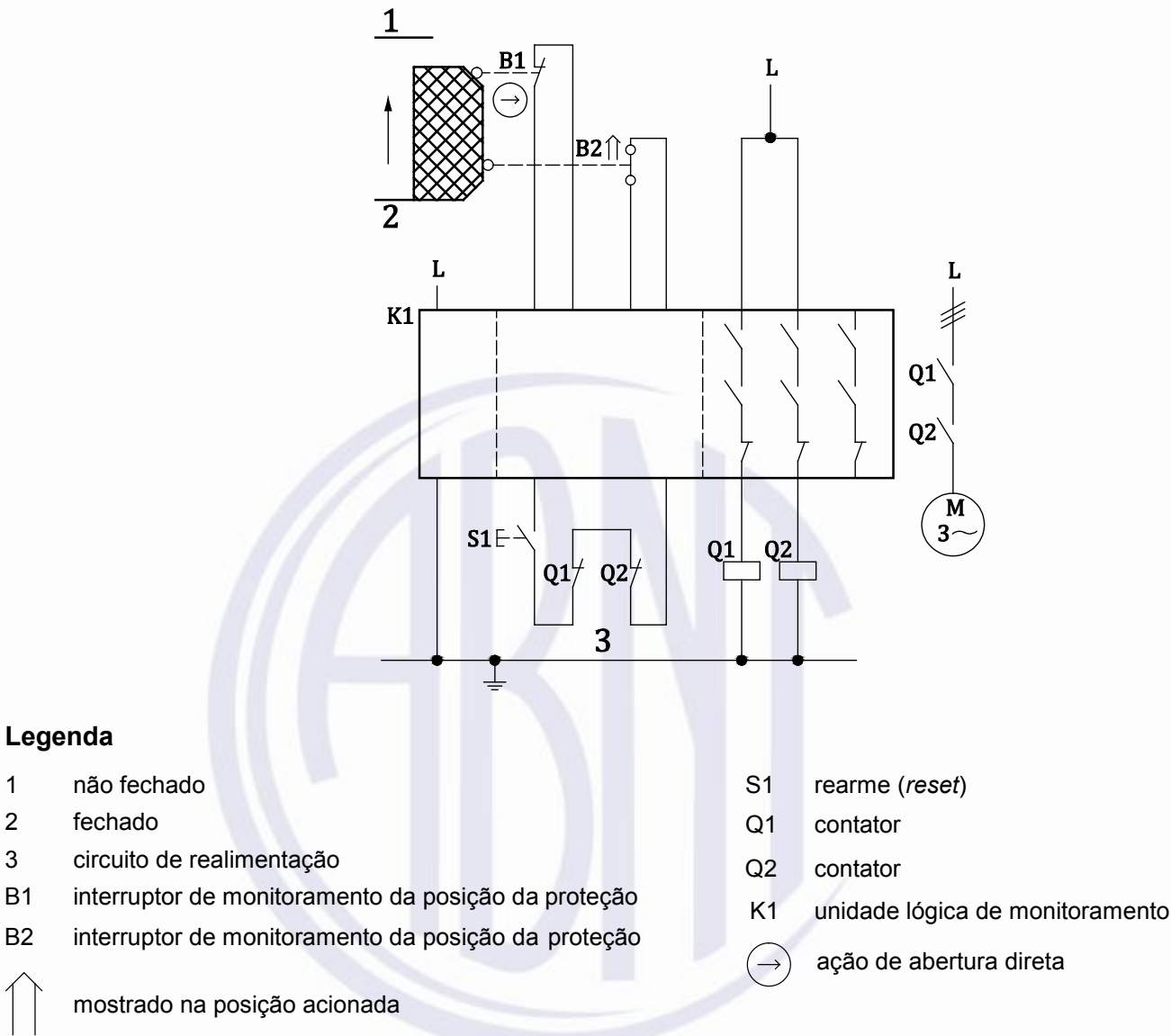


Figura G.3 – Monitoramento da posição de proteções móveis por meio de um módulo de segurança

- Os interruptores de posição são monitorados quanto à plausibilidade em K1, para fins de detecção de defeito. Os defeitos em Q1 e Q2 são detectados por monitoramento de dispositivo externo por K1. Um comando de partida é bem-sucedido somente se os contatos principais em Q1 e Q2 tiverem sido abertos anteriormente.
- A função de segurança permanece intacta no caso de um defeito do componente. Os defeitos são detectados durante a operação ou no acionamento (abertura e fechamento) da proteção móvel, resultando na desenergização de Q1 e Q2. A energização de Q1 e Q2 é evitada até que o defeito tenha sido corrigido.

G.4.3 Características de projeto

Para atingir a Categoria 4, os seguintes requisitos são atendidos:

- Princípios de segurança básicos e comprovados são observados e os requisitos da Categoria B são atendidos.

- Uma disposição estável dos dispositivos de proteção é assegurada para o acionamento dos interruptores de posição.
- O interruptor B1 é um interruptor de posição com ação de abertura direta, de acordo com a ABNT NBR IEC 60947-5-1:2014, Anexo K.
- Os condutores de alimentação dos interruptores de posição B1 e B2 são posicionados separadamente ou com proteção.
- A unidade lógica de monitoramento K1 atende a todos os requisitos da Categoria 4.
- Os contadores Q1 e Q2 possuem elementos de contato ligados mecanicamente, de acordo com a ABNT NBR IEC 60947-5-1:2014, Anexo L.

NOTA 1 A categoria 4 é observada somente se diversos interruptores de posição mecânicos para diferentes dispositivos de proteção não estiverem conectados em série (ou seja, não em cascata), uma vez que as falhas nos interruptores não podem ser detectadas de outra forma.

NOTA 2 Uma descrição detalhada, incluindo a estimativa da probabilidade de falha perigosa por hora, está disponível na Referência [15], 8.2.34.

Anexo H (informativo)

Motivação para burla do dispositivo de intertravamento

A burla de dispositivos de intertravamento pode aumentar significativamente o risco de dano e, na medida do possível, medidas de proteção devem ser tomadas para minimizar o efeito desse mau uso previsível.

NOTA 1 Este Anexo é um exemplo de máquinas-ferramenta automáticas. Quando os princípios e as tabelas apresentadas neste Anexo forem utilizados para outros tipos de máquinas, é recomendado que a tabela seja modificada para se adequar às características específicas das máquinas e da produção.

A motivação para burla de dispositivos de intertravamento de proteções compreende diversos aspectos, como desativar os dispositivos de segurança quando uma determinada tarefa de usinagem tiver que ser realizada. Outro aspecto é que o operador pode precisar monitorar e ajustar com precisão a usinagem, a fim de evitar o refugo de peças.

O seguinte método suporta o projetista da máquina na identificação de possíveis incentivos para burla dos dispositivos de intertravamento. O uso deste método requer que todos os modos previstos de operação e dispositivos de proteção sejam considerados. Cada dispositivo de proteção é considerado separadamente e, para cada tarefa relevante, uma pessoa familiarizada com a operação da máquina faz a seguinte pergunta:

“Quais seriam os benefícios da burla do dispositivo de proteção para trabalhar na máquina?”

A Tabela H.1 suporta a execução do procedimento. As tarefas mais comuns do operador são listadas quando comparadas com os respectivos benefícios, ao burlar os dispositivos de intertravamento. A tabela oferece algumas entradas básicas, porém entradas adicionais podem ser acrescentadas, se necessário.

Para seguir o procedimento, estas quatro etapas são realizadas:

- Todos os modos de operação providos com a máquina devem ser identificados, por exemplo, modo 1 = automático, modo 2 = manual etc.
- Convém que todas as tarefas individuais aplicadas à máquina sejam coletadas nas linhas da tabela e marcadas com um “x” na coluna para o modo de operação correspondente.
- As próximas duas colunas devem ser marcadas com “Sim” ou “Não”, se a tarefa prevista for permitida nesse modo e se for possível sem burla nesse modo. Um “Não” nessas duas colunas identifica uma máquina insegura. A melhoria do projeto da máquina é obrigatória.
- Diversas colunas adicionais são preenchidas com benefícios potenciais de *trabalho sem dispositivos de proteção*, como “Maior precisão”. Convém que estas colunas sejam verificadas e marcadas com “0” (nenhum), “+” (menor) e “++” (substancial). As entradas “++” e “+” identificam as condições de operação onde os dispositivos de segurança impedem o processo de trabalho. Convém que o projetista verifique se dispositivos de segurança melhorados de orientação prática são possíveis.

NOTA 2 Os modos de operação de orientação prática são um meio importante de tornar a burla do dispositivo de intertravamento desnecessária ou sem atrativos. Condições de operação restritas (por exemplo, velocidade

reduzida, controle de ação contínua em combinação com um dispositivo de ativação, funcionalidade restrita) proveem risco residual reduzido e um tipo de “motivação regressiva” para o modo automático (risco residual mais baixo).

A Tabela H.2 demonstra um exemplo de aplicação da Tabela H.1.

Se o incentivo de burla puder não ser eliminado completamente por modos de operação modificados ou adicionais, então o projetista tem somente um único elemento que sobrou. Isto é para tornar a burla de dispositivos de intertravamento mais difícil ou mesmo impossível.



Tabela H.1 – Avaliação de motivação para burlar dispositivos de intertravamento (continua)

Tarefa	Modo 1 ^a	Modo 2 ^a	Modo 3 ^a	Modo 4 ^a	Modo 5 ^a	Tarefa permitida nestes modos de operação?	Tarefa possível sem burla?	Mais fácil/mais conveniente ^b	Mais rápida, produtividade aumentada ^b	Flexibilidade, por exemplo, para peças maiores ^b	Maiores precisão ^b	Melhor visibilidade ^b	Melhor audibilidade ^b	Menos esforço físico ^b	Deslocamento reduzido ^b	Maiores liberdades de movimento ^b	Fluxo de movimento melhorado ^b	Prevenção de interrupção ^b	...
Operação inicial																			
Teste do programa/teste de funcionamento																			
Preparação/ajuste /conversão/feramental//																			
Usinagem																			
Intervenção manual para remoção de cavaco																			
Alteração manual da peça																			
Intervenção manual para diagnóstico de falhas																			
^a Modos de operação. Modo de operação 1: Modo de operação 2: Modo de operação 3: Modo de operação 4: Modo de operação 5:																			
Os modos de operação incluem modo automático e modo manual, como no exemplo apresentado na Tabela H.2.																			
^b Benefícios sem dispositivo de proteção: 0 = Nenhum; + = Menor; ++ = Substancial. Ver Referência [15].																			

Tabela H.1 (conclusão)

Tarefa	Modo 1 ^a	Modo 2 ^a	Modo 3 ^a	Modo 4 ^a	Modo 5 ^a	Tarefa permitida nestes modos de operação?	Tarefa possível sem burla?	Mais fácil/mais conveniente ^b	Mais rápido, produtividade aumentada ^b	Flexibilidade, por exemplo, para peças maiores ^b	Maior precisão ^b	Melhor visibilidade ^b	Melhor audibilidade ^b	Menos esforço físico ^b	Deslocamento reduzido ^b	Maior liberdade de movimento ^b	Fluxo de movimento melhorado ^b	Prevenção de interrupção ^b	...
Verificação/amostragem aleatória																			
Intervenção manual para medição/ajuste fino																			
Alteração manual de ferramentas																			
Serviço de manutenção																			
Correção da máquina com defeito																			
Limpeza, por exemplo, remoção de limalha																			
...																			
...																			
^a Modos de operação. Modo de operação 1: Modo de operação 2: Modo de operação 3: Modo de operação 4: Modo de operação 5: Os modos de operação incluem modo automático e modo manual, como no exemplo apresentado na Tabela H.2. ^b Benefícios sem dispositivo de proteção: 0 = Nenhum; + = Menor; ++ = Substancial. Ver Referência [15].																			

Tabela H.2 – Exemplo de uma avaliação de motivação para burlar dispositivos de intertravamento em uma máquina

Tarefa	Automático ^a	Manual ^a	Tarefa permitida nestes modos de operação?	Tarefa possível sem burla?	Mais fácil/mais conveniente ^b	Mais rápido, produtividade aumentada ^b	Flexibilidade, por exemplo, para peças maiores ^b	Maior precisão ^b	Melhor visibilidade ^b	Melhor audibilidade ^b	Menos esforço físico ^b	Deslocamento reduzido ^b	Maior liberdade de movimento ^b	Fluxo de movimento melhorado ^b	Prevenção de interrupção ^b	
Operação inicial		X	Sim	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Teste do programa/teste de funcionamento		X	Sim	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Preparação/ajuste/conversão/ferramental/	X		Não	Não	++	0	0	0	0	++	++	0	0	0	0	Modo de operação inapropriado
Usinagem	X		Sim	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Intervenção manual para remoção de cavaco																
Alteração manual da peça																
Intervenção manual para diagnóstico de falhas		X	Sim	Sim	++	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Melhoria necessária
Verificação/amostragem aleatória																
Intervenção manual para medição/ajuste fino		X	Sim	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Alteração manual de ferramentas																
Serviço de manutenção																
Correção da máquina com defeito																
Limpeza, por exemplo, remoção de cavaco																
...																
...																

^a Modos de operação.
^b Benefícios sem dispositivo de proteção: 0 = Nenhum; + = Menor; ++ = Substancial.

Anexo I
(informativo)

Exemplos de forças máximas de ação estática

Os exemplos na Tabela I.1 podem prover orientação para as forças máximas de ação estática (ver também Referência [18]).

NOTA A Tabela I.1 mostra exemplos de forças estáticas. Para algumas aplicações, convém que forças dinâmicas também sejam levadas em consideração.

Tabela I.1 – Exemplos de forças máximas de ação estática (continua)


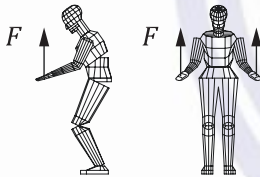
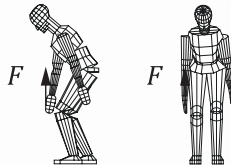
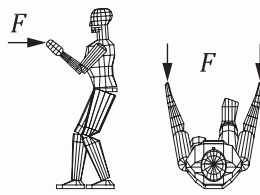
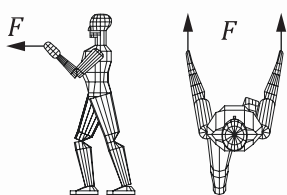
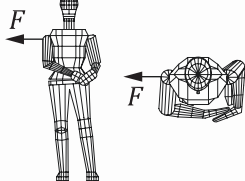
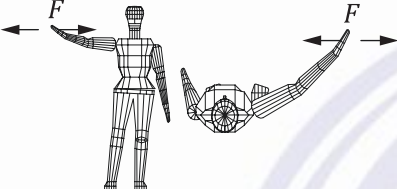
Direção da força		Postura	Aplicação da força	Valor da força N
	Puxar na horizontal (tirar)	Sentado	Com uma única mão	600
	Vertical para cima	Em pé, tronco e pernas dobrados, pés paralelos	Com as duas mãos, pega na horizontal	1 400
	Vertical para cima	Em pé, livre	Com uma única mão, pega na horizontal	1 200
	Horizontal, paralelo ao plano sagital do corpo para trás Puxando	Em pé na posição vertical, pés paralelos ou em postura de andar	Com as duas mãos, pega na vertical	1 100
	Horizontal, paralelo ao plano sagital do corpo para frente Empurrando	Em pé, pés paralelos ou em postura de andar	Com as duas mãos, pega na vertical	1 300

Tabela I.1 (conclusão)

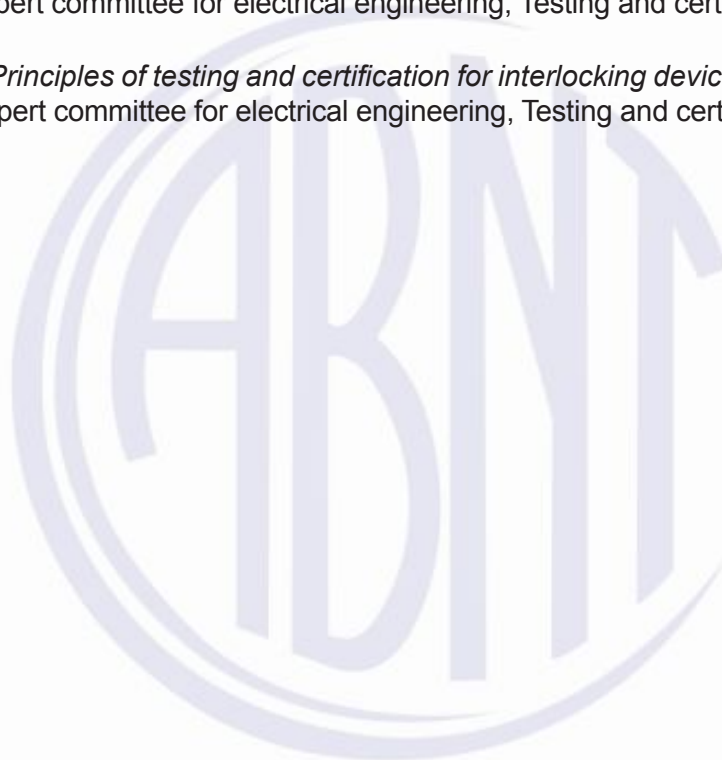
Sentido da força		Postura	Aplicação da força	Valor da força N
	Horizontal, perpendicular ao plano sagital do corpo, afastando do corpo	Em pé, tronco dobrado para o lado	Empurrando com o ombro em superfície metálica na lateral	1 300
	Horizontal, perpendicular ao plano sagital do corpo	Em pé, pés paralelos	Com uma única mão, pega na vertical	700

Bibliografia

- [1] ABNT NBR ISO 13855, *Segurança de máquinas – Posicionamento dos equipamentos de proteção com referência à aproximação de partes do corpo humano*
- [2] ISO 13857, *Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*
- [3] EN 13906-1, *Cylindrical helical springs made from round wire and bar – Calculation and design – Part 1: Compression springs*
- [4] ISO 14118, *Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up*
- [5] ISO 14120, *Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*
- [6] ABNT NBR IEC 60529, *Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP)*
- [7] IEC 60617-DB:2001, *Graphical symbols for diagrams (online database)*
- [8] ABNT NBR IEC 60947-4-1, *Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão – Parte 4-1: Contatores e chaves de partidas de motores – Contatores e chaves de partidas de motores eletromecânicos*
- [9] ABNT NBR IEC 60947-5-1, *Dispositivos de manobra e controle de baixa tensão – Parte 5-1: Dispositivos e elementos de comutação para circuitos de comando – Dispositivos eletromecânicos para circuito de comando*
- [10] IEC 60947-5-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-2: Control circuit devices and switching elements – Proximity switches*
- [11] ISO/TR 23849, *Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery*
- [12] IEC/TR 62061-1, *Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery*
- [13] ISO/TR 24119, *Safety of machinery – Evaluation of fault masking in serial connections of guard interlocking devices with potential-free contacts*
- [14] EN 953+A1, *Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*
- [15] Assessment matrix of the incentive to bypass a protective device, BGIA: <www.dguv.de/ifa/en/pra/manipulation/index.jsp> ¹

¹ Download gratuito da Tabela H.1.

- [16] Report BGIA 2/2008e, *Functional safety of machine controls and additional Software*, BGIA: <<http://www.dguv.de/bgia/en/pra/en13849/index.jsp>> ²
- [17] Handbuch der Ergonomie. HdE; mit ergonomischen Konstruktionsrichtlinien und Methoden/hrsg. vom Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung. [Wiss. Berab. Heinz Schmidtke] Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung Losebl.-Ausg. 2., überarb. und erw. Aufl. 1989 ISBN3-927038-70-9
- [18] DIN 33411-5, *Körperkräfte des Menschen – Teil 5: Maximale statische Aktionskräfte, Werte*
- [19] GS-ET-19, *Principles of testing and certification for interlocking devices with solenoid guard-locking*, 2011-02, Expert committee for electrical engineering, Testing and certification facility in DGUV Test
- [20] GS-ET-31, *Principles of testing and certification for interlocking devices with key transfer systems*, 2010-02, Expert committee for electrical engineering, Testing and certification facility in DGUV Test



² Tabela H.1 disponível para *download*.