



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1998,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

AGO 1998

NBR ISO 4309

Guindastes - Cabo de aço - Critérios de inspeção e descarte

Origem: Projeto 07:100.14-011:1997
CB-07 - Comitê Brasileiro de Navios, Embarcações e Tecnologia Marítima
CE-07:100.14 - Comissão de Estudo de Acessórios de Amarração e Movimentação de Cargas a Bordo
NBR ISO 4309 - Cranes - Wire ropes - Code of practice for examination and discard
Descriptors: Crane. Wire rope
Esta Norma é equivalente à ISO 4309:1990
Válida a partir de 30.09.1998

Palavras-chave: Guindaste. Cabo de aço

26 páginas

Sumário

- Prefácio
- Introdução
- 1 Objetivo
- 2 Definições
- 3 Cabo de aço
 - 3.1 Condições do cabo antes da fixação
 - 3.2 Fixação
 - 3.3 Manutenção
 - 3.4 Inspeção
 - 3.5 Critérios de descarte
- 4 Desempenho operacional do cabo de aço
- 5 Condições dos equipamentos relacionados ao cabo de aço
- 6 Folha de dados de inspeção do cabo
- 7 Armazenamento e identificação do cabo
- ANEXOS**
 - A Ilustração diagramática de possíveis defeitos a serem considerados durante a inspeção, com relação a diferentes áreas
 - B Exemplo típico de uma folha de dados de inspeção
 - C Freqüência da inspeção do cabo de aço
 - D Inspeção interna do cabo de aço
 - E Exemplos típicos de defeitos que podem ocorrer em cabos de aço
 - F Bibliografia

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização

Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

Os anexos A a F desta Norma são apenas informativos.

Introdução

Em um guindaste, o cabo deve ser considerado um componente de consumo que deve ser substituído quando for constatado na inspeção que sua resistência foi reduzida a tal ponto que o uso do cabo nessas condições seria desaconselhável.

A vida útil do cabo varia com relação às características particulares do guindaste e suas condições de uso. Quando a longa durabilidade do cabo é fundamental, são adotados um alto coeficiente de utilização e uma alta razão de dobramento (D/d). Contudo, quando a leveza e a compactidade de projeto são essenciais, esses valores podem ser reduzidos, contanto que um número menor de ciclos operacionais seja aceitável.

Entretanto, em todos os casos, para a movimentação segura de cargas por equipamentos operados corretamente, o cabo deve ser examinado com freqüência para que seja colocado fora de serviço no momento certo.

Finalmente, alguns guindastes são usados em condições onde os cabos de aço estão particularmente expostos a danos acidentais e a seleção original do cabo terá levado esse fator em consideração. Em tais circunstâncias, a inspeção do cabo deve ser cuidadosa e este deve ser colocado fora de serviço assim que for constatada uma condição crítica de dano.

Para todas as condições de uso, os critérios de descarte relacionados a rupturas de arames, desgaste, corrosão e deformação podem ser aplicados imediatamente. Esses diferentes fatores são considerados nesta Norma, que se destina a orientar as pessoas qualificadas envolvidas na manutenção e na inspeção de guindastes.

O objetivo desses critérios é manter, até o momento em que o cabo for descartado, uma margem de segurança adequada para a movimentação de cargas por guindastes. O não reconhecimento desses critérios é perigoso.

1 Objetivo

Esta Norma especifica os critérios de inspeção e descarte de cabos de aço.

É aplicável a:

- a) pórticos de cabo;
- b) guindastes em balanço (cantiléver) (guindaste de coluna, guindaste móvel de parede e guindaste velópede);
- c) guindastes de convés;
- d) guindastes estacionários (*derrick*);
- e) *derrick cranes with rigid bracing*¹⁾;
- f) guindastes flutuantes;
- g) guindastes móveis;
- h) pontes rolantes;
- i) pórticos e semipórticos rolantes;
- j) guindastes com pórtico ou com semipórtico;
- k) guindastes locomotivas;
- l) grua.

Os guindastes podem ser usados para elevação através de gancho, garra, eletroímã e caçamba, assim como para escavação ou empilhamento, podendo ser operados manual, mecânica, elétrica ou hidráulicamente.

Os critérios especificados nesta Norma também se aplicam a moitões.

A ISO 4306-1 apresenta o vocabulário para guindastes cobertos por esta Norma.

Os grupos de classificação dos mecanismos referenciados nesta Norma estão em conformidade com a ISO 4301-1.

Esta Norma apresenta as diretrizes básicas para a inspeção de cabos de aço usados em guindastes e enumera os critérios de descarte que devem ser aplicados para garantir o uso eficiente e seguro do equipamento.

2 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições.

2.1 alma do cabo de aço: Núcleo em torno do qual as pernas do cabo são dispostas em forma de hélice. Em uma construção de seis e oito pernas, a alma pode ser constituída de um cabo de fibra natural ou de um cabo sintético, uma perna de aço ou diversas pernas torcidas em forma de hélice formando um cabo independente e menor.

2.2 cruzamento de um cabo em um tambor: Parte do cabo que sofre uma alteração em seu trajeto quando passa de uma camada para outra, em função do tipo da ranhura do tambor ou da configuração da camada subjacente do cabo.

2.3 planilha de inspeção do cabo: Folha de dados que é mantida pelo usuário do equipamento de levantamento de cargas. O anexo B mostra um exemplo típico.

2.4 afastamento: Espaço existente entre os arames individuais em uma camada de uma perna ou entre as pernas na mesma camada de um cabo.

2.5 vale: Espaço entre as pernas externas individuais. Arames partidos no vale podem indicar a falta de afastamento entre as pernas.

2.6 enrolamento do cabo em um tambor: Voltas no tambor que, juntas, formam uma camada completa. O enrolamento será realizado helicoidalmente ou em paralelo e, neste último caso, o cruzamento de uma camada para outra ocorrerá de acordo com a fixação do cabo no tambor.

2.7 torção Lang: Designação utilizada para cabos em que o sentido da torção da camada externa dos arames nas pernas é igual ao do torcimento das pernas no cabo.

2.8 passo do cabo: Comprimento correspondente a uma volta completa de uma perna ao redor da alma.

2.9 cabo composto de diversas pernas: Cabo constituído de várias camadas de pernas. Um cabo pode apresentar menor rotação se uma ou mais camadas forem torcidas em sentido oposto ao das pernas externas; se todas as pernas forem torcidas no mesmo sentido, tal benefício não ocorrerá.

¹⁾ Para efeitos de Norma Brasileira, este tipo de guindaste está contemplado na alínea d) guindastes estacionários (*derrick*).

2.10 torção regular: Designação utilizada para cabos em que o torcimento dos arames da camada externa da perna tem sentido oposto ao torcimento das pernas no cabo.

2.11 bobina: Peça para transporte em torno da qual o cabo é enrolado. Pode ser de madeira ou de aço, dependendo da quantidade total de cabo envolvida.

2.12 diâmetro real do cabo: Diâmetro da circunferência, em milímetros, que circunscreve o cabo.

2.13 diâmetro nominal do cabo: Valor, em milímetros, pelo qual o diâmetro do cabo é designado.

2.14 cabo resistente à rotação: Construção de cabo de oito ou mais pernas em uma camada externa que é torcido em forma de hélice em sentido oposto à camada de baixo.

3 Cabo de aço

3.1 Condições do cabo antes da instalação

O usuário deve certificar-se de que as condições do cabo satisfazem os requisitos desta Norma.

Para fins de reposição, normalmente é adotado um cabo de mesma especificação que aquele usado inicialmente. Caso seja adotada uma especificação diferente de cabo, o usuário deve assegurar que o cabo novo possui propriedades no mínimo equivalentes às aquelas do cabo descartado.

Caso o comprimento de cabo necessário para o uso no guindaste seja retirado de uma bobina com cabo de aço de comprimento maior, devem-se amarrar ambas as extremidades antes do corte ou usar outro método que evite a distorção do cabo após o corte.

Antes do cabo ser novamente fixado no equipamento, todas as ranhuras nos tambores e polias devem ser verificadas de maneira a garantir que elas acomodem perfeitamente o cabo de reposição (ver seção 5).

3.2 Instalação

Ao desenrolar o cabo de aço de uma bobina ou de um rolo devem ser tomados cuidados especiais para evitar afrouxamento do cabo, já que essa condição pode provocar a formação de olhais, nós ou dobras no cabo.

No caso de atrito do cabo com qualquer parte do equipamento, quando o cabo não estiver sob tensão, os pontos de contato devem ser devidamente protegidos.

Antes do início da operação, o usuário deve assegurar que todos os dispositivos envolvidos na operação do cabo de aço estejam devidamente fixados e funcionando corretamente.

Algumas operações do guindaste devem ser realizadas com aproximadamente 10% da carga de trabalho para estabilizar o cabo de aço¹⁾.

¹⁾ Isso se aplica para as primeiras operações do guindaste com um cabo novo.

²⁾ Não se deve utilizar solvente na limpeza do cabo e sim uma escova de aço.

3.3 Manutenção

A manutenção do cabo de aço deve ser realizada em função do tipo de equipamento de levantamento de carga, seu uso, o ambiente e o tipo de cabo em questão. Exceto quando indicado em contrário pelo fabricante do guindaste ou do cabo, deve-se limpar o cabo de aço, onde possível, e cobri-lo com graxa ou óleo²⁾, especialmente nos trechos que dobram ao passar sobre polias.

O lubrificante utilizado na manutenção deve ser compatível com o lubrificante original usado pelo fabricante do cabo de aço.

A falta de manutenção reduzirá a durabilidade do cabo, especialmente quando o guindaste for operado em um ambiente corrosivo e, em certos casos, por motivos associados à operação, quando nenhum lubrificante puder ser usado.

3.4 Inspeção

3.4.1 Frequência

3.4.1.1 Observação diária

Sempre que possível, todas as partes visíveis de qualquer cabo devem ser observadas a cada dia útil para a detecção de sinais de deterioração e deformação. Os pontos em que o cabo é fixado no equipamento devem ser examinados com cuidado. Qualquer suspeita de mudanças perceptíveis nas condições do cabo deve ser informada e o cabo deve ser examinado por uma pessoa qualificada conforme 3.4.2.

3.4.1.2 Inspeção periódica realizada por pessoas qualificadas (conforme 3.4.2)

Para se determinar a frequência da inspeção periódica, deve-se considerar o seguinte:

- a) requisitos previstos por lei, abrangendo a aplicação no país de uso;
- b) tipo de guindaste e condições ambientais em que é operado;
- c) grupo de classificação do guindaste;
- d) resultados de inspeções anteriores;
- e) tempo de serviço do cabo.

3.4.1.3 Inspeção especial conforme 3.4.2

3.4.1.3.1 Sempre que ocorrer um incidente que possa ter causado danos ao cabo e/ou à sua extremidade, ou sempre que um cabo for novamente utilizado após a desmontagem seguida de reinstalação, o cabo deve ser examinado.

3.4.1.3.2 Em todos os casos em que um equipamento de levantamento de carga tiver ficado fora de serviço durante três meses ou mais, os cabos devem ser examinados antes do reinício do trabalho.

3.4.1.4 Cabos operando com roldanas sintéticas ou roldanas metálicas com revestimento sintético

Quando um cabo é operado somente ou parcialmente com roldanas sintéticas ou roldanas metálicas com revestimento sintético, podem ocorrer arames partidos em grandes números, internamente, antes de surgirem sinais visíveis de arames partidos ou de desgaste significativo na periferia do cabo.

Sob tais circunstâncias, convém que sejam estabelecidos períodos específicos de inspeção com base no histórico de desempenho do cabo e considerando-se os resultados da inspeção regular em serviço e as informações adquiridas a partir da inspeção detalhada de cabos após serem colocados fora de serviço.

Deve-se dar especial atenção a qualquer área localizada que apresente ressecamento ou degradação do lubrificante.

As informações sobre os critérios de descarte de cabos de aço para equipamentos específicos de levantamento de carga devem ser baseadas na troca de informações entre o fabricante dos equipamentos e o fabricante do cabo de aço.

3.4.2 Pontos a serem abrangidos pela inspeção

3.4.2.1 Geral

Embora o cabo deva ser examinado em toda a sua extensão, deve-se dar atenção especial aos seguintes pontos:

- extremidades de cabos móveis e estáticos;
- parte do cabo que passa através do moitão ou sobre polias. No caso de equipamentos realizando uma operação repetitiva, deve-se dar atenção especial a qualquer parte do cabo que estiver sobre as polias quando o equipamento estiver com carga (ver anexo A);
- parte do cabo que estiver sobre a polia de compensação;
- qualquer parte do cabo que possa estar sujeita a abrasão por fatores externos (por exemplo, braçolas de escotilha);
- inspeção interna quanto a sinais de corrosão e fadiga (ver anexo D);
- qualquer parte do cabo exposta a altas temperaturas.

Os resultados da inspeção devem ser registrados na planilha de inspeção para o equipamento (ver seção 6 e anexo B, que mostra um exemplo típico).

3.4.2.2 Extremidades - excluindo laços

O cabo deve ser examinado na área próxima ao acessório, pois é nessa área crítica que se dá início à fadiga (arames partidos) e à corrosão. Os próprios acessórios devem ser examinados quanto a sinais de deformação ou desgaste.

As extremidades com presilhas estampadas ou terminais prensados devem ser examinadas de modo semelhante

e a presilha deve ser inspecionada quanto a trincas no material e possível deslizamento entre a presilha e o cabo.

O cabo de aço dentro de acessórios removíveis (soquetes de cunha, grampo) deve ser examinado quanto a arames partidos. Deve-se garantir, também, que os soquetes e os grampos estejam devidamente apertados. Além disso, a inspeção deve garantir que os requisitos das normas e critérios estabelecidos para a extremidade do cabo tenham sido atendidos.

Os olhais trançados manualmente devem ser protegidos somente na ponta do trançado, de modo a proteger as mãos do usuário contra arames expostos, sempre permitindo que o resto do trançado seja examinado visualmente quanto a arames partidos.

Quando são detectados arames partidos na região próxima aos terminais ou junto a ela, é possível cortar a extremidade danificada do cabo e reinstalar os acessórios. No entanto, o comprimento do cabo de aço deve ser suficiente para permitir o número mínimo necessário de voltas mortas do cabo no tambor.

3.5 Critérios de descarte

O uso seguro do cabo é qualificado pelos seguintes critérios (ver 3.5.1 a 3.5.11):

- a) natureza e número de arames partidos;
- b) arames partidos na região dos terminais;
- c) agrupamento localizado de arames partidos;
- d) taxa de aumento de arames partidos;
- e) ruptura de pernas;
- f) redução do diâmetro do cabo, incluindo aquela resultante da deterioração da alma;
- g) redução da elasticidade;
- h) desgaste externo e interno;
- i) corrosão externa e interna;
- j) deformação;
- k) danos causados pelo calor ou arco elétrico;
- l) taxa de aumento do alongamento permanente.

Todas as inspeções devem considerar esses fatores individuais, reconhecendo os critérios específicos. Entretanto, a deterioração é muitas vezes provocada por um conjunto de fatores que causam um efeito cumulativo que deve ser reconhecido por pessoa qualificada e que se refletirá sobre a decisão de descartar o cabo ou permitir que ele continue sendo usado.

Em todos os casos, o inspetor deve investigar se a deterioração foi causada por um defeito no equipamento; se for o caso, convém que ele recomende medidas específicas para retificar o defeito antes da fixação de um cabo novo.

3.5.1 Natureza e número de arames partidos

O projeto geral de um guindaste não permite que a vida útil de um cabo fique indefinida.

No caso de cabos de seis e oito pernas, os arames partidos ocorrem principalmente na superfície externa. O mesmo não se aplica a cabos de aço com várias camadas de pernas (tipicamente construções de diversas pernas), onde a maioria das rupturas ocorre internamente, sendo, portanto, fraturas “não-visíveis”.

As tabelas 1 e 2 levam esses fatores em conta quando são considerados em conjunto com os fatores especificados em 3.5.2 a 3.5.11.

Ao se estabelecerem os critérios de rejeição para cabos resistentes à rotação, deve-se dar especial atenção à construção do cabo, ao tempo de serviço e à maneira em que o cabo está sendo usado. A orientação quanto ao número de arames partidos visíveis que deve acarretar a rejeição está definida na tabela 2.

Deve-se dar atenção especial a qualquer região localizada que apresente ressecamento ou degradação do lubrificante.

Tabela 1 - Orientação quanto ao número de arames partidos em cabos de pernas redondas que trabalham em polias de aço

Números de arames que contribuem com a carga de ruptura do cabo nas pernas externas ¹⁾	Exemplos típicos de construções de cabo ²⁾	Número de arames partidos visíveis ³⁾ relacionados à fadiga do cabo em um guindaste que leva à rejeição							
		Grupos de classificação para os mecanismos M1, M2, M3 e M4				Grupos de classificação para os mecanismos M5, M6, M7 e M8			
		Regular sobre um comprimento ⁴⁾ de		Lang sobre um comprimento ⁴⁾ de		Regular sobre um comprimento de		Lang sobre um comprimento de	
		6d	30d	6d	30d	6d	30d	6d	30d
$n \leq 50$	6 x 7 (6/1)	2	4	1	2	4	8	2	4
$51 \leq n \leq 75$	6 x 19 (9/9/1)*	3	6	2	3	6	12	3	6
$76 \leq n \leq 100$		4	8	2	4	8	16	4	8
$101 \leq n \leq 120$	8 x 19 (9/9/1)* 6 x 19 (12/6/1) 6 x 19 (12/6 + 6F/1) 6 x 25FS (12/12/1)*	5	10	2	5	10	19	5	10
$121 \leq n \leq 140$		6	11	3	6	11	22	6	11
$141 \leq n \leq 160$	8 x 19 (12/6 + 6F/1)	6	13	3	6	13	26	6	13
$161 \leq n \leq 180$	6 x 36 (14/7 + 7/7/1)*	7	14	4	7	14	29	7	14
$181 \leq n \leq 200$		8	16	4	8	16	32	8	16
$201 \leq n \leq 220$	6 x 41 (16/8 + 8/8/1)*	9	18	4	9	18	35	9	18
$221 \leq n \leq 240$	6 x 37 (18/12/6/1)	10	19	5	10	19	38	10	19
$241 \leq n \leq 260$		10	21	5	10	21	42	10	21
$261 \leq n \leq 280$		11	22	6	11	22	45	11	22
$281 \leq n \leq 300$		12	24	6	12	24	48	12	24
$300 < n^2)$		0,04 n	0,08 n	0,02 n	0,04 n	0,08 n	0,16 n	0,04 n	0,08 n

¹⁾ Os arames de enchimento não são considerados arames que contribuem com a carga de ruptura do cabo e, portanto, são excluídos da inspeção. No caso de cabos constituídos de várias camadas de pernas, apenas a camada externa visível é considerada. Em cabos com alma de aço, a mesma é considerada uma perna interna e não é levada em conta.

²⁾ No caso do cálculo do número de arames partidos visíveis, o valor é arredondado para o número inteiro mais próximo. Para cabos com arames externos nas pernas externas maiores que o normal, a construção é rebaixada na tabela e indicada por um asterisco (*).

³⁾ Um arame partido pode apresentar duas pontas visíveis.

⁴⁾ d = diâmetro nominal do cabo.

Tabela 2 - Orientação quanto ao número de arames partidos em cabos resistentes à rotação que trabalham em roldanas de aço

Número de arames partidos visíveis ¹⁾ com relação à fadiga do cabo em um guindaste que acarreta a rejeição			
Grupos de classificação para os mecanismos M1, M2, M3 e M4		Grupos de classificação para os mecanismos M5, M6, M7 e M8	
Comprimento ²⁾ de		Comprimento ²⁾ de	
$6d$	$30d$	$6d$	$30d$
2	4	4	8

¹⁾ Um arame partido pode ter duas pontas visíveis.
²⁾ d = diâmetro nominal do cabo.

3.5.2 Arames partidos nos terminais

Arames partidos nos terminais do cabo ou junto a eles, mesmo em pequena quantidade, indicam níveis elevados de tensão nessa posição e podem ser causados pela fixação incorreta do acessório. Deve-se investigar a causa dessa deterioração e, onde possível, o terminal deve ser refeito, encurtando-se o cabo se houver um comprimento suficiente para o seu uso.

3.5.3 Concentração localizada de arames partidos

Quando os arames partidos estão muito próximos uns dos outros, constituindo um agrupamento localizado de tais rupturas, o cabo deve ser descartado. Se o agrupamento de tais rupturas ocorrer em um comprimento menor que $6d$ ou concentrar-se em uma determinada perna, convém que o cabo seja descartado, mesmo que o número de arames partidos seja inferior ao valor máximo indicado nas tabelas 1 e 2.

3.5.4 Taxa de aumento de arames partidos

Em aplicações onde a causa predominante da deterioração do cabo é a fadiga, os arames começam a romper-se após um certo tempo de uso, mas o número de arames partidos aumentará progressivamente a intervalos cada vez menores.

Nesses casos, recomenda-se uma inspeção cuidadosa e o registro do aumento de arames partidos para se estabelecer a taxa de aumento das rupturas. Essa regra pode ser aplicada na definição da data prevista para o descarte do cabo.

3.5.5 Ruptura de pernas

No caso da ruptura total de uma perna, o cabo deve ser descartado.

3.5.6 Redução do diâmetro do cabo devida à deterioração da alma

A redução do diâmetro do cabo devida à deterioração da alma pode ser causada por:

- a) desgaste interno e moessa;

- b) desgaste interno causado pelo atrito entre as pernas individuais e os arames no cabo, especialmente quando ele está sujeito a dobramento;

- c) deterioração da alma de fibra;

- d) ruptura da alma de aço;

- e) ruptura das camadas internas em uma construção composta de diversas pernas.

Se esses fatores causarem a redução do diâmetro do cabo (a média entre duas medições de diâmetro perpendiculares entre si) em 3% do diâmetro nominal do cabo para cabos resistentes à rotação, ou 10% para outros cabos, os cabos deverão ser descartados mesmo se não houver arames partidos visíveis.

NOTA - Os cabos novos podem apresentar um diâmetro real maior que o diâmetro nominal, de modo que o desgaste admissível assim seja maior.

Uma pequena deterioração da alma pode não ser percebida através da inspeção normal, especialmente se as tensões no cabo estiverem bem balanceadas em todas as pernas individuais. Contudo, a condição pode reduzir significativamente a resistência do cabo, de modo que qualquer suspeita de tal deterioração interna seja verificada pelos procedimentos de inspeção interna. Se tal deterioração for confirmada, o cabo de aço deverá ser descartado (ver anexo D).

3.5.7 Desgaste externo

A abrasão dos arames externos das pernas externas no cabo é causada pela fricção, sob pressão, com as ranhuras nas polias e tambores. A condição é particularmente evidente em cabos móveis nos pontos de contato com a polia, quando a velocidade da carga está sendo aumentada ou reduzida, manifestando-se sob a forma de superfícies achatadas nos arames externos.

O desgaste é causado pela falta de lubrificação ou pela lubrificação incorreta, assim como pela presença de poeira e resíduos.

O desgaste reduz a resistência dos cabos através da redução da área metálica.

Quando o diâmetro real do cabo tiver sido reduzido em 7% ou mais do diâmetro nominal do cabo devido ao desgaste externo, o cabo deve ser descartado mesmo se não houver arames partidos visíveis.

3.5.8 Elasticidade reduzida

Sob certas circunstâncias geralmente associadas ao ambiente de trabalho, a elasticidade de um cabo pode ser substancialmente reduzida, não sendo considerado seguro para o uso.

É difícil detectar a redução da elasticidade: no caso de dúvidas, o inspetor deve consultar um especialista em cabos. Contudo, a redução da elasticidade geralmente está associada aos seguintes fatores:

- a) redução do diâmetro do cabo;
- b) alongamento do passo do cabo;
- c) falta de afastamento entre os arames individuais e entre as pernas, causada pela compressão dos mesmos um contra o outro;
- d) surgimento de oxidação nos vales das pernas;
- e) mesmo que não haja arames partidos visíveis, o cabo se tornará nitidamente mais duro de manusear e certamente ocorrerá uma maior redução do diâmetro do que aquela devido meramente ao desgaste dos arames individuais. Essa condição pode acarretar a falha súbita sob carregamento dinâmico, sendo motivo suficiente para o descarte imediato.

3.5.9 Corrosão externa e interna

A corrosão ocorre especialmente em atmosferas marinhas e poluídas industrialmente, diminuindo a resistência à ruptura através da redução da área metálica do cabo e acelerando a fadiga, causando a superfície irregular da qual a trinca se origina. Uma corrosão grave pode reduzir a elasticidade do cabo.

a) Corrosão externa

A corrosão dos arames externos pode ser detectada visualmente.

b) Corrosão interna (ver anexo E, ilustração 7)

Essa condição é mais difícil de detectar que a corrosão externa que freqüentemente a acompanha, mas os seguintes indícios podem ser reconhecidos:

- 1) Variação no diâmetro do cabo. Nos pontos em que o cabo dobra nas polias, geralmente ocorre a redução do diâmetro. Contudo, em cabos estáticos, às vezes ocorre um aumento no diâmetro devido ao acúmulo de ferrugem sob a camada externa das pernas;
- 2) Perda de afastamento entre as pernas na camada externa do cabo, freqüentemente combinada com os arames partidos nos vales das pernas.

Se houver qualquer suspeita de corrosão interna, o cabo deve ser examinado internamente conforme indicado no anexo D; essa inspeção deve ser realizada por uma pessoa qualificada.

Caso seja confirmada uma corrosão interna grave, o cabo deve ser descartado imediatamente.

3.5.10 Deformação

A destorção visível do cabo da sua torção normal é chamada de "deformação" e pode causar uma mudança da estrutura original que resultará na distribuição desigual de tensão no cabo.

A distinção entre as seguintes deformações básicas do cabo é feita com base em sua aparência (ver 3.5.10.1 a 3.5.10.9):

- a) ondulação;
- b) destorção tipo "gaiola de passarinho";
- c) alma saltada;
- d) arame deslocado;
- e) aumento localizado do diâmetro do cabo;
- f) redução localizada do diâmetro do cabo;
- g) achatamentos;
- h) nós ou olhais apertados;
- i) dobra acentuada.

3.5.10.1 Ondulação (ver anexo E, ilustração 8)

A ondulação é uma deformação que ocorre quando o eixo longitudinal do cabo de aço assume a forma de uma hélice. Embora não resulte necessariamente na perda de resistência, se tal deformação for severa, pode transmitir uma pulsação, causando o movimento irregular do cabo. Após o trabalho prolongado, essa condição causará desgaste, assim como arames partidos.

No caso de ondulação (ver figura 1), o cabo de aço deve ser descartado se

$$d_1 > \frac{4d}{3}$$

onde d é o diâmetro nominal do cabo e d_1 é o diâmetro correspondente à circunferência que circunscreve o cabo deformado, sendo que o comprimento do cabo em questão não ultrapassa 25 d .

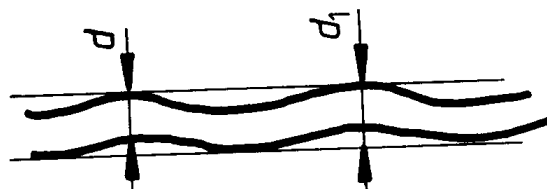


Figura 1 - Ondulação

3.5.10.2 Destorção tipo “gaiola de passarinho” (ver anexo E, ilustração 9)

Essa condição se manifesta em cabos com um núcleo (ou alma) de aço quando ocorre um deslocamento da camada externa das pernas, ou quando a camada externa se torna mais longa que a camada interna das pernas. Tal condição pode ocorrer em função de um alívio repentino de tensão.

Uma destorção tipo “gaiola de passarinho” é motivo para o descarte imediato.

3.5.10.3 Alma saltada (ver anexo E, ilustração 10)

Essa característica é freqüentemente associada à deformação tipo “gaiola de passarinho”, quando o desequilíbrio do cabo é indicado na extrusão da alma.

A extrusão da alma é motivo para o descarte imediato.

3.5.10.4 Arame deslocado (ver anexo E, ilustrações 11 e 12)

Nessa condição, certos arames ou grupos de arames se projetam para cima, no lado oposto do cabo com relação à ranhura da polia, sob a forma de olhais - essa característica geralmente é causada pelo carregamento abrupto.

Uma deformação severa é motivo para o descarte do cabo.

3.5.10.5 Aumento localizado do diâmetro do cabo (ver anexo E, ilustrações 13 e 14)

Um aumento localizado do diâmetro do cabo pode ocorrer, podendo afetar uma seção relativamente longa do cabo. A condição geralmente está associada a uma destorção da alma (em certos ambientes, uma alma de fibra pode sofrer inchaço devido ao efeito da umidade) e conseqüentemente gerando um desequilíbrio nas pernas externas, que ficam orientadas incorretamente.

Uma condição severa é motivo para o descarte do cabo.

3.5.10.6 Redução localizada do diâmetro do cabo (ver anexo E, ilustração 17)

A redução localizada do diâmetro do cabo está freqüentemente associada à ruptura da alma. As áreas junto à extremidade devem ser examinadas com cuidado quanto a tais deformações.

Uma condição severa é motivo para o descarte.

3.5.10.7 Achatamentos (ver anexo E, ilustrações 18 e 19)

Os achatamentos ocorrem em decorrência de danos mecânicos; no caso de achatamentos graves, o cabo deve ser descartado.

3.5.10.8 Nós ou olhais apertados (ver anexo E, ilustrações 15 e 16)

Um nó ou olhal apertado é uma deformação causada por um olhal no cabo que foi apertado sem permitir a rotação em torno do seu eixo. Ocorre o desequilíbrio do comprimento do passo, causando o desgaste excessivo, e em casos severos o cabo será destorcido de tal forma que

apenas uma pequena parte de sua resistência será mantida.

Um nó ou olhal apertado é motivo para o descarte imediato.

3.5.10.9 Dobras (ver anexo E, ilustração 20)

Dobras são deformações angulares do cabo causadas por fatores externos.

Essa condição é motivo para o descarte imediato.

3.5.11 Danos causados pelo calor ou arco elétrico

Os cabos de aço que foram expostos a efeitos térmicos excepcionais, reconhecidos externamente pelas cores produzidas, devem ser descartados.

4 Desempenho operacional de cabos de aço

O registro preciso de informações pelo inspetor pode ser usado para prever o desempenho de um determinado tipo de cabo em um guindaste. Tais informações são úteis no controle dos procedimentos de manutenção e no controle do estoque de cabos de reposição. Se tal previsão for usada, isso não será motivo para o relaxamento das inspeções ou a extensão do período operacional além daquele indicado pelos critérios especificados nas seções anteriores desta Norma.

5 Condições de equipamentos relacionados ao cabo

Os tambores e polias devem ser verificados periodicamente, de modo a garantir que todos esses componentes se movimentem corretamente em seus rolamentos.

O desgaste de polias com dificuldade de giro ou travadas é grande e desigual, causando a abrasão severa do cabo. Polias de compensação ineficientes podem causar o carregamento desigual no enrolamento do cabo.

O raio no fundo do canal em todas as polias deve ser adequado ao diâmetro nominal do cabo. Se o raio tornar-se demasiadamente grande ou pequeno, a ranhura deve ser reusinada ou a polia deve ser substituída.

6 Planilha de inspeção do cabo

Para cada inspeção periódica, os usuários devem apresentar uma planilha na qual devem constar as informações de cada inspeção do cabo. Ver anexo B, que mostra um exemplo típico de uma planilha.

7 Armazenamento e identificação do cabo

O armazenamento deve ser feito em um local limpo e seco, para evitar a deterioração dos cabos que não estão sendo usados, e devem ser previstos meios para que os cabos sejam identificados claramente com suas planilhas de inspeção.

Anexo A (informativo)

Ilustração diagramática de possíveis defeitos a serem considerados durante a inspeção, com relação a diferentes áreas

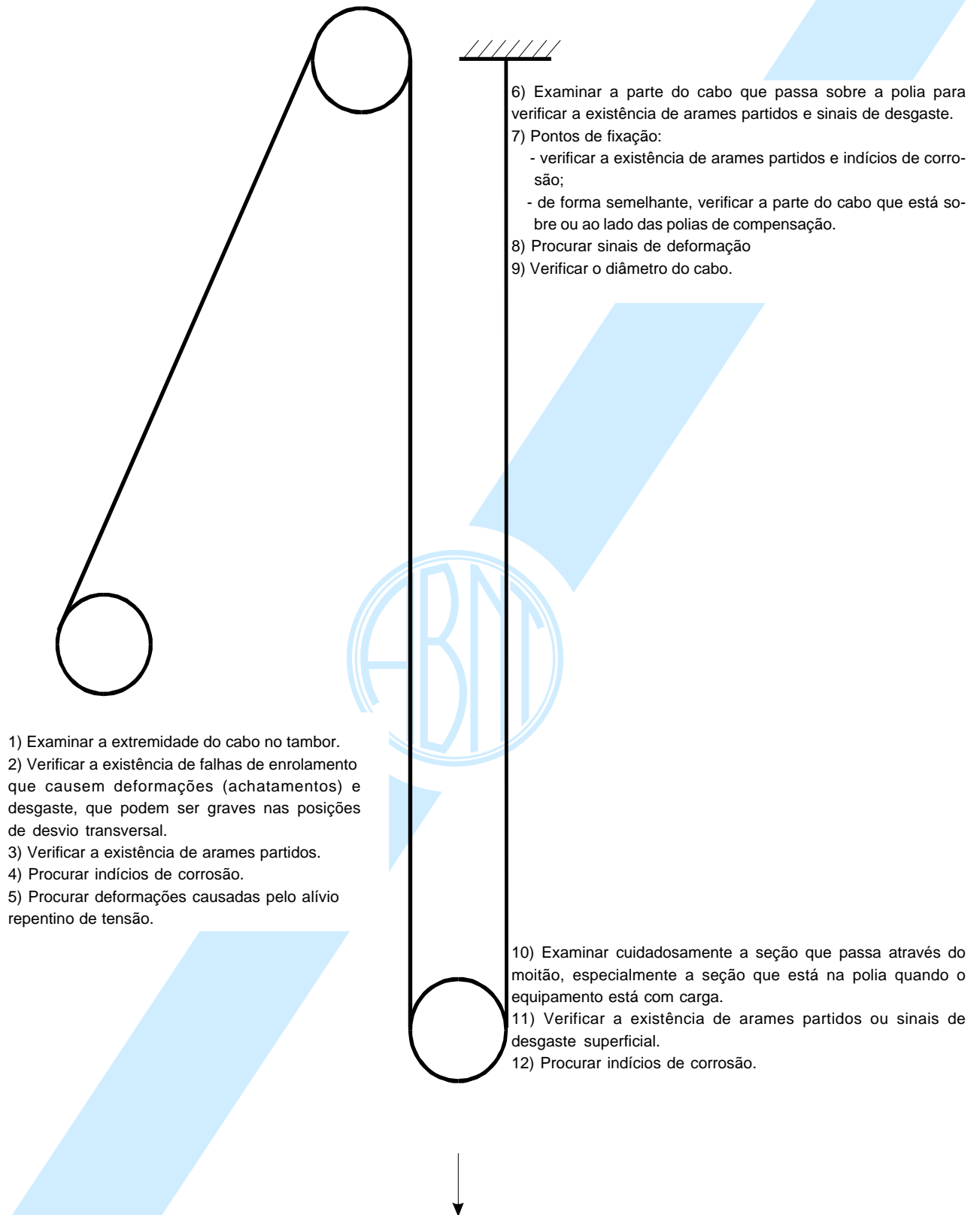


Figura A.1 - Ilustração de possíveis defeitos

Anexo B (informativo)
Exemplo típico de planilha de inspeção

Folha de dados para cabos				Máquina:		
				Aplicação:		
Construção:				Data de instalação:		
Sentido de torção do cabo: à direita/à esquerda ¹⁾				Data da retirada:		
Tipo de torção: Regular/Lang ¹⁾						
Diâmetro nominal:				Carga de ruptura mínima efetiva:		
Classe de resistência:				Carga de trabalho:		
Acabamento: polido/galvanizado ¹⁾						
Tipo de alma: aço/fibra natural ou sintética ¹⁾				Diâmetro medido:		
Pré-formação:				com uma carga de:		
Comprimento do cabo:						
Tipo de terminal:						
Arames partidos visíveis	Abrasão dos arames externos	Corrosão	Redução do diâmetro do cabo	Posições medidas	Avaliação geral	Danos e deformações
Número em uma seção de 6 d	Grau de deterioração ²⁾	Grau de deterioração ²⁾	%		Grau de deterioração ²⁾	Natureza
Data: / /				Assinatura:		
Fornecedor do cabo:				Número de horas de trabalho:		
Outras observações:				Motivos para o descarte:		
1) Deletar conforme aplicável.						
2) Nessas colunas, descrever a deterioração como: pequena, média, alta, muito alta, descarte.						

Anexo C (informativo) Frequência da inspeção dos cabos

C.1 Objetivo

Este anexo serve de orientação quanto à frequência da inspeção do cabo.

C.2 Observação diária

Na medida do possível, e onde visível, todos os cabos de aço devem ser observados diariamente, antes do início da operação, quanto a deteriorações ou deformações. Os pontos em que o cabo de aço é fixado no guindaste devem ser examinados com cuidado especial.

C.3 Inspeção periódica

Para se determinar a frequência da inspeção, deve-se considerar o seguinte:

- a) os requisitos previstos por lei abrangendo o guindaste no país de uso;
- b) o tipo de equipamento e as condições ambientais em que ele opera;

c) o grupo de classificação do guindaste;

d) os resultados das inspeções anteriores.

Em todos os casos, a inspeção deve ser realizada após qualquer incidente e sempre que o cabo for novamente utilizado após uma desmontagem seguida de uma remontagem.

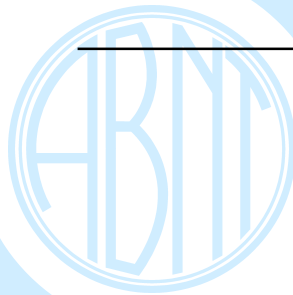
C.3.1 Guindastes gerais usados em obras de construção

Os guindastes móveis e as gruas devem ser examinados pelo menos uma vez por semana.

C.3.2 Guindastes em que se prevê durabilidade dos cabos

Nos casos de guindastes em que se prevê uma maior durabilidade dos cabos, a inspeção periódica deve ocorrer pelo menos uma vez por mês.

NOTA - Quando ocorrerem defeitos, recomenda-se a redução dos intervalos entre inspeções.



Anexo D (informativo) Inspeção interna do cabo de aço

D.0 Introdução

A experiência na inspeção e no descarte de cabos de aço mostra que a deterioração interna, causada especialmente pela corrosão e pelo processo normal de fadiga, é a principal causa de muitas falhas em cabos. A inspeção externa normal pode não revelar a extensão da deterioração interna, até mesmo quando o cabo está prestes a se romper.

A inspeção interna deve ser sempre realizada por uma pessoa qualificada.

D.1 Objetivo

Todos os tipos de cabos de aço torcidos podem ser abertos suficientemente, de modo a permitir a avaliação de sua condição interna. Esse procedimento é difícil no caso de cabos maiores. No entanto, a maioria dos cabos fixados em guindastes pode ser examinada internamente, contanto que esteja a uma tensão igual a zero.

D.2 Método

O método consiste em fixar firmemente ao cabo duas garras de tamanho e espaçamento adequados (ver figura D.1a).

Aplicando-se uma força às garras no sentido oposto à torção do cabo, as pernas externas se separam e se afastam da alma.

O processo de abertura deve ser realizado com cuidado para garantir o não escorregamento das garras na periferia do cabo. As pernas não devem ser deslocadas excessivamente.

Quando o cabo de aço se abrir ligeiramente, uma pequena vareta, como uma chave de fenda, pode ser usada para remover graxa ou detritos que possam prejudicar a observação da parte interna do cabo.

Os pontos essenciais que devem ser observados são:

- a) estado da lubrificação interna;

- b) grau de corrosão;

- c) mostras nos arames causadas pela pressão ou desgaste;

- d) presença de arames partidos (nem sempre são facilmente visíveis).

Após a inspeção, deve-se aplicar graxa ou óleo na parte aberta e rodar as garras com força moderada para garantir o posicionamento correto das pernas em torno da alma. Após a remoção das garras, convém que a superfície externa do cabo seja normalmente lubrificada com graxa.

D.3 Seções do cabo junto à extremidade

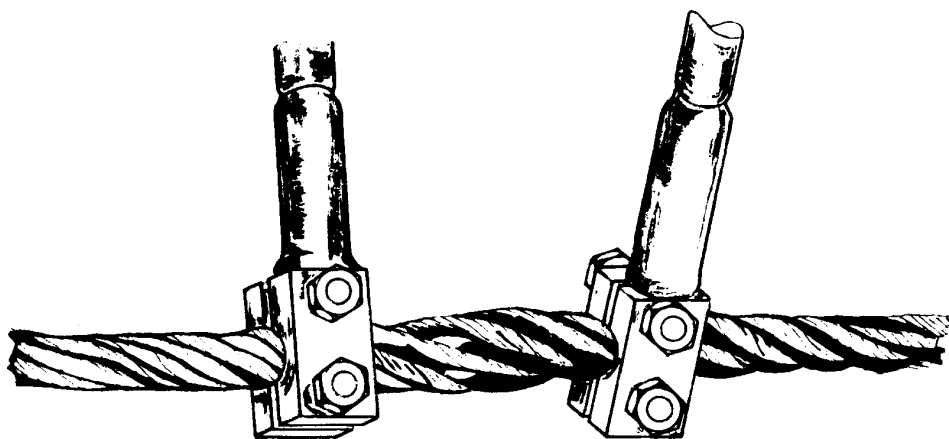
Na inspeção dessas partes do cabo, o uso de uma única garra é suficiente, já que o sistema de fixação da extremidade ou uma barra devidamente localizada através da parte final da extremidade garante a imobilização necessária da outra extremidade (ver figura D.1b).

D.4 Seções em que a inspeção é recomendável

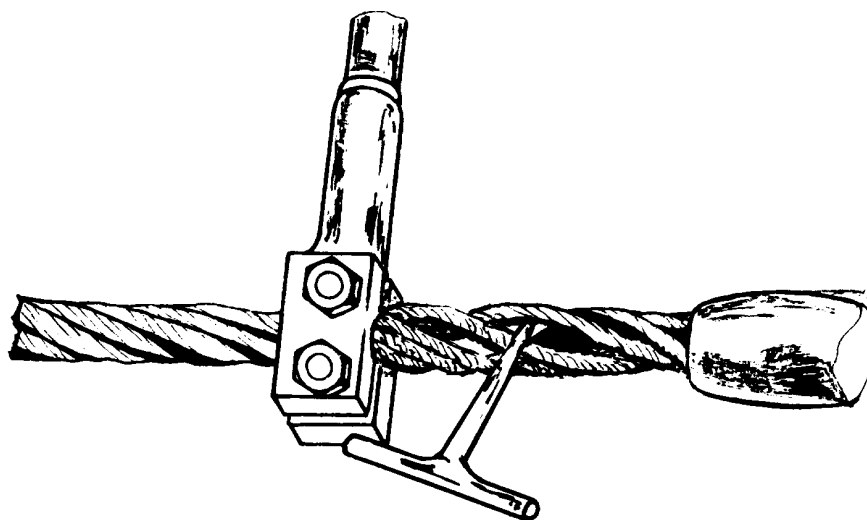
Como é impossível examinar o interior do cabo de aço em toda sua extensão, recomenda-se que seções adequadas sejam selecionadas.

No caso de cabos de aço que são enrolados em um tambor ou passam sobre polias ou roletes, recomenda-se que sejam examinadas as regiões do cabo que passam pelo canal da polia quando o guindaste está sob carga. Convém que sejam examinadas as regiões do cabo onde as forças de choque se concentram (isto é, perto do tambor e das polias) bem como as expostas ao tempo durante períodos longos.

Deve-se dar atenção à área do cabo junto aos terminais; isso é importante no caso de cabos fixos, como estais ou amantilhos.



a) de uma seção contínua do cabo (tensão zero)



b) na extremidade de um cabo, perto do acessório (tensão zero)

Figura D.1 - Inspeção interna

Anexo E (informativo) Exemplos típicos de defeitos que podem ocorrer no cabo de aço

NOTA - Para enfatizar, muitas ilustrações apresentam uma deterioração exagerada e os cabos mostrados já deveriam ter sido descartados anteriormente. As medidas a serem tomadas estão indicadas em *itálico*.

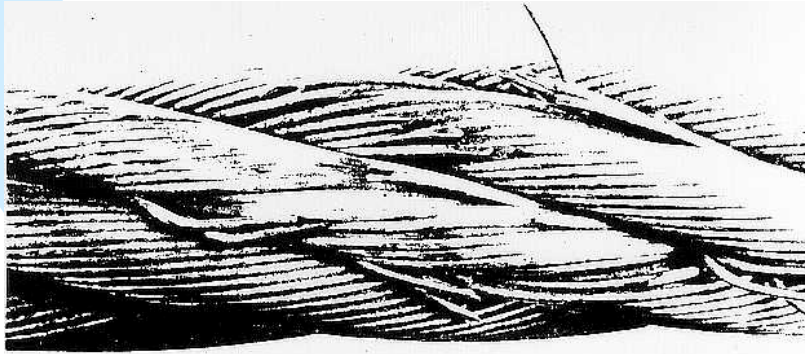


Ilustração 1 - Arames partidos e deslocamento de arames em duas pernas adjacentes em um cabo de torção regular

Motivo para descarte



Ilustração 2 - Um grande número de arames partidos, associados ao desgaste excessivo em um cabo de torção regular

Motivo para descarte imediato



Ilustração 3 - Arames partidos em uma perna, associados a um pequeno desgaste em um cabo com torção Lang

O cabo pode continuar sendo usado se essa condição representar a pior condição (arames rompidos devem ser retirados de modo que a extremidade esteja no vale da perna; isso evitará mais danos aos arames adjacentes).



Desgaste

Leves achatamentos nos arames externos. Pouca redução no diâmetro do cabo.



Achatamentos maiores nos arames externos individuais.



Achatamentos agora mais extensos em arames individuais, afetando todos os arames centrais em cada perna. Redução acentuada do diâmetro do cabo. *Outros critérios devem ser observados com cuidado.*



Achatamentos em arames individuais agora quase contínuos - as pernas apresentam leve achatamento e os arames estão visivelmente finos. *Pode ser motivo para descarte. Outros critérios devem ser observados com cuidado; se o cabo continuar sendo usado, a frequência das inspeções deve ser aumentada.*



As partes achatadas tocam uma na outra, os arames se afrouxaram com uma redução de diâmetro de aproximadamente 40%. *Descartar imediatamente.*

Corrosão externa

Princípio de oxidação na superfície.



Arames rugosos ao toque. Oxidação superficial generalizada.



Oxidação agora mais acentuada.



A superfície do arame agora bastante afetada pela oxidação.



Superfície agora muito corroída e arame bastante frouxo. *Descartar imediatamente.*



Ilustração 5 - Arames partidos em várias pernas, em uma polia de compensação (e às vezes escondidos por essa polia)

Motivo para o descarte



Ilustração 6 - Arames partidos em duas pernas, em uma polia de compensação e associados ao desgaste localizado severo, causados pelo travamento da polia.

Motivo para o descarte



Ilustração 7 - Um exemplo de corrosão interna acentuada

A redução da área de muitos arames externos nas pernas onde estão em contato com a alma, o alto grau de compressão e a perda do afastamento entre pernas são visíveis

Motivo para o descarte imediato



Ilustração 8 - Ondulação: uma deformação onde o eixo longitudinal do cabo assume a forma de hélice

Se a deformação exceder o valor indicado em 3.5.10.1, o cabo deve ser descartado.

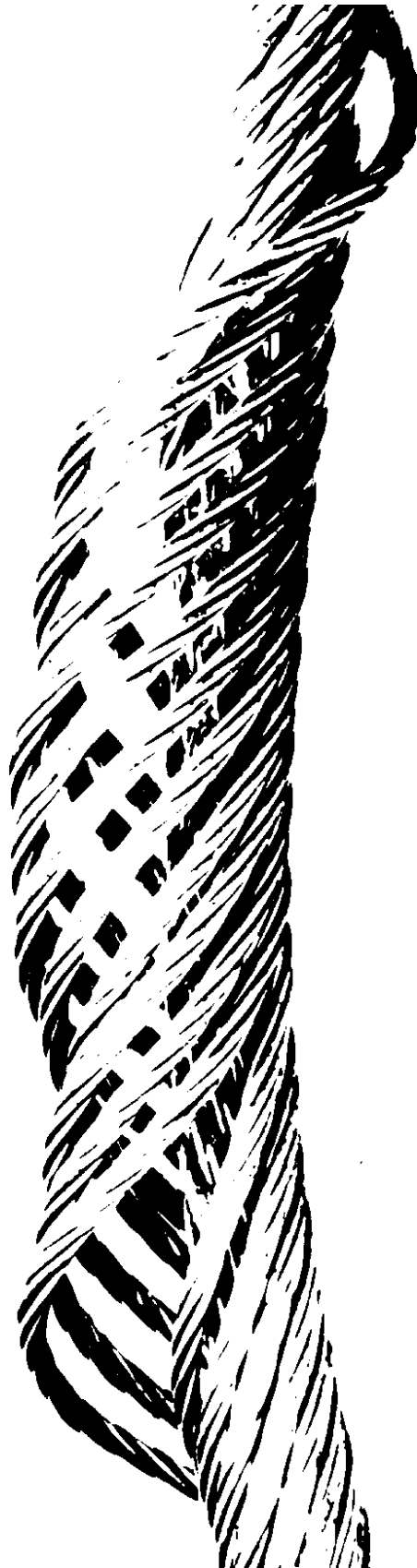


Ilustração 9 - Deformação tipo “gaiola de passarinho” de uma construção composta de diversas pernas

Motivo para o descarte imediato



Ilustração 10 - Alma de aço saltada para fora, geralmente associada a uma deformação tipo “gaiola de passarinho” em posição adjacente, “muitas vezes causada pelo alívio repentino de tensão”

Motivo para o descarte imediato



Ilustração 11 - Apenas uma perna afetada pela extrusão do arame, embora as inspeções em uma seção do cabo demonstrem que a deformação é visível a intervalos regulares, normalmente de um passo

Motivo para o descarte imediato



Ilustração 12 - Agravamento da falha da ilustração 11 (exemplo típico de um cabo de içamento em uma máquina de empilhamento)

Motivo para o descarte imediato



Ilustração 13 - Aumento local do diâmetro de um cabo de aço de torção *Lang* causado pela distorção da alma de aço resultante do carregamento de choque

Motivo para o descarte imediato



Ilustração 14 - Aumento local no diâmetro do cabo, devido à saliência da alma de fibra, em uma condição degradada entre as pernas externas

Motivo para o descarte



Ilustração 15 - Um nó ou laço apertado severo

Observar como a torção faz com a alma de fibra salte para fora

Motivo para o descarte imediato



Ilustração 16 - Um cabo de aço que foi dobrado durante a instalação, mas que foi colocado em operação, e está agora sujeito ao desgaste localizado e à frouxidão do arame

Motivo para o descarte



Ilustração 17 - Redução local no diâmetro do cabo, à medida que as pernas externas tomam o lugar da alma de fibra, que se desintegrou

Observar também a presença de arames partidos

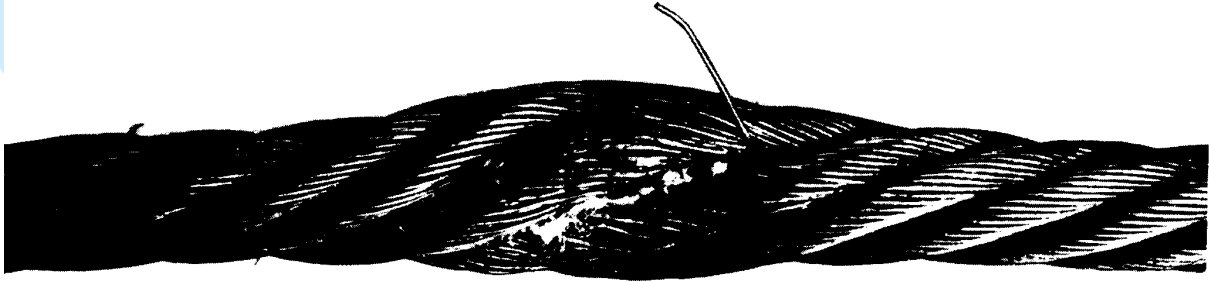


Ilustração 18 - Achatamento devido ao amassamento local, causando o desequilíbrio nas pernas e associado a arames partidos

Motivo para o descarte



Ilustração 19 - Achatamento de um cabo composto de diversas pernas, causado pelo enrolamento incorreto no tambor

Observar como o passo da camada externa das pernas aumentou. Ocorrerá novamente um desequilíbrio de tensão sob condições de carga

Motivo para o descarte



Ilustração 20 - Exemplo de uma dobra severa

Motivo para o descarte

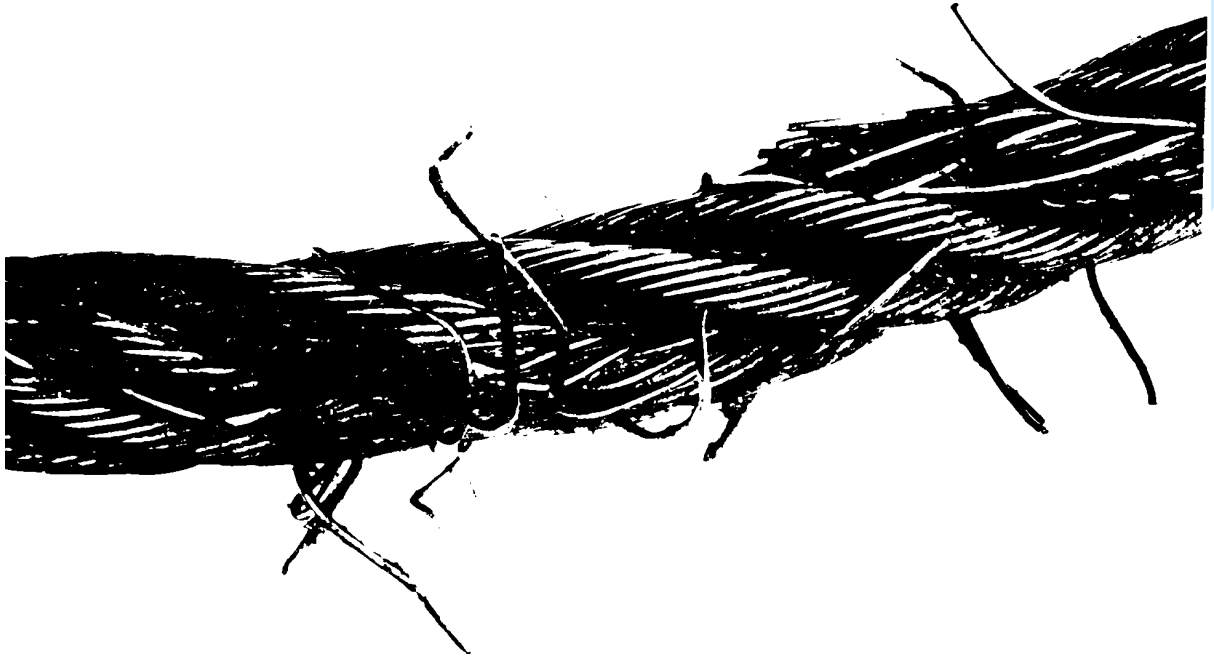


Ilustração 21 - Exemplo típico mostrando o cabo de aço que saltou para fora da ranhura de uma polia

Uma deformação sob a forma de "achatamento" ocorreu e há um desgaste local e muitos arames partidos

Motivo para o descarte imediato



Ilustração 22 - Efeitos cumulativos de vários fatores de deterioração

Observar o desgaste severo das camadas externas causando a frouxidão dos arames ao ponto em que ocorre a formação de uma deformação tipo "gaiola de passarinho". Há vários arames partidos

Motivo para o descarte imediato

Anexo F (informativo)
Bibliografia

(1) ISO 4301-1:1986, *Cranes and lifting appliances - Classification - Part 1: General*

(2) ISO 4306-1:1990, *Cranes - Vocabulary - Part 1: General*

