LNEG
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

As principais alterações da norma EN ISO 12944

Proteção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de pintura

LMR – Laboratório de Materiais e Revestimentos

Teresa Cunha Diamantino
teresa.diamantino@lneg.pt

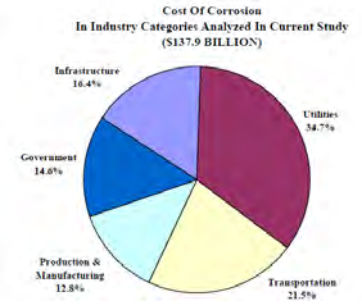
REPÚBLICA PORTUGUESA
AMBIENTE E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Impacto da Corrosão

Corrosão

Elevados impactos

- Económicos
- Ambientais
- Sociais



https://www.nace.org/uploadedFiles/Publications/ccsupp.pdf

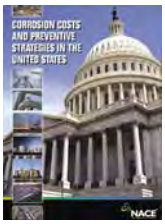
20% Custos evitáveis

3 - 4% PIB

The Global Impact of Corrosion

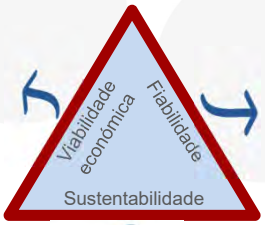
The global cost of corrosion is estimated to be US$2.5 trillion, which is equivalent to 3.4% of the global Gross Domestic Product (GDP) (2013). By using available corrosion control practices, it is estimated that savings of between 15 and 35% of the cost of corrosion could be realized; i.e., between US$375 and $875 billion annually on a global basis, an astronomical savings. In addition, these costs typically do not include individual safety or environmental consequences. The high cost of corrosion has been known for years; Uhlig performed a comprehensive study in 1949 that revealed a cost of corrosion equivalent to 2.5% of the U.S. GDP.

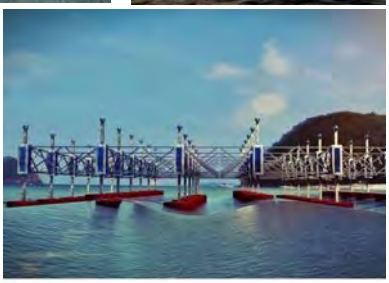
(NACE Report 2016)
http://impact.nace.org/documents/Nace-International-Report.pdf



Novos Materiais/Componentes

Garantias de Durabilidade





PROTEÇÃO ANTICORROSIVA DE ESTRUTURAS DE AÇO POR ESQUEMAS DE PINTURA

ISO

EUROPEAN STANDARDS

- 12944-1 ISO (E) 2017.pdf
- 12944-2 ISO (E) 2017.pdf
- 12944-3 ISO (E) 2017.pdf
- 12944-4 ISO (E) 2017.pdf
- 12944-5 ISO (E) 2018.PDF
- 12944-6 ISO (E) 2018.pdf
- 12944-7 ISO (E) 2017.pdf
- 12944-8 ISO (E) 2017.pdf
- 12944-9 ISO (E) 2018.pdf

Parte 1	Introdução geral
Parte 2	Classificação de ambientes
Parte 3	Concepção e disposições construtivas
Parte 4	Tipos de superfície e de preparação de superfície
Parte 5	Esquemas de pintura
Parte 6	Ensaios de desempenho em laboratório
Parte 7	Execução e supervisão dos trabalhos de pintura
Parte 8	Desenvolvimento de especificações para obras novas e manutenção
Parte 9	Esquemas de pintura e ensaios de desempenho em laboratório para estruturas offshore e relacionadas

Corrosão | Materiais

Impacto económico

ISO 12944_1
Introdução geral

Corrosão Atmosférica

Mapas de Corrosividade Atmosférica

ISO 12944_2
Classificação de Ambientes

Técnicas de Proteção contra a Corrosão

Projeto Revestimentos

Especificação

ISO 12944_3
Conceção e disposições construtivas

ISO 12944_4
Tipos de superfície e de preparação de superfície

Desempenho/ Certificação

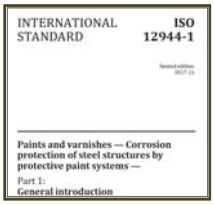
ISO 12944_6
Ensaios de desempenho em laboratório

Obras Novas

Inspeção

Manutenção

ISO 12944_7 e 8
Execução e supervisão dos trabalhos de pintura
Desenvolvimento de especificações para obras novas e manutenção


INTERNATIONAL STANDARD
ISO 12944-1
Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems —
Part 1: General introduction

ISO 12944_5
Esquemas de pintura

VERSÃO DE 1998_VERSÃO DE 2017

ISO 12944-1

3 novas definições são adicionadas

3.11
partial refurbishment
spot repair (3.10) of coating defects followed by surface preparation and application of a minimum of one top coat (3.1) over the whole area

3.12
total refurbishment
total removal of protective *paint* (3.6) system and application of a new one

3.13
sample area
area on which the properties of a newly applied coating are tested

Tipos de ambiente

ISO 12944 (all parts) deals with
— six corrosivity categories for atmospheric environments, and
— four categories for structures immersed in water or buried in soil: Im1, Im2, Im3, and Im4.

Sistemas de pintura não abrangidos por esta norma

A ISO 12944 não abrange:
– tintas em pó,
– tintas de secagem em estufa,
– tintas de cura térmica,
– revestimentos cuja espessura de película seja superior a 2 mm,
– revestimentos de reservatórios,
– produtos para o tratamento químico de superfícies (por exemplo, soluções de fosfatação).

Gamas de durabilidade

4.3.7 Durability of the protective paint system

ISO 12944 (all parts) considers four different durability ranges (i.e. low, medium, high, and very high). See 3.5 and Clause 5.

The durability range is not a "guarantee time".

In this document, durability is expressed in terms of four ranges:
— low (L) up to 7 years;
— medium (M) 7 years to 15 years;
— high (H) 15 years to 25 years;
— very high (VH) more than 25 years.

ISO 12944-1

1 - Introdução Geral

Tipo de Estrutura

Aço ao carbono ou de aço de baixo teor em liga (EN 10025-1 e EN 10025-2)
Espessura ≥ 3mm

Armaduras para betão pré-esforçado X

Tipo de Superfície e de preparação de superfície

- Superfícies não revestidas
- Superfícies revestidas por proteção térmica com zinco, alumínio ou suas ligas
- Superfícies galvanizadas por imersão a quente
- Superfícies zincadas electroliticamente
- Superfícies "sherardizadas"
- Superfícies pintadas com primário de espera
- Outras superfícies pintadas

Durabilidade

Baixa **até aos 7 anos**
Média **7 – 15 anos**
Elevada **15 - 25 anos**
Muito Elevada > **25 anos**

Tipo de Trabalho

Obras Novas e Manutenção

Tipo de Proteção Anticorrosiva por Pintura

Produtos de pintura que sequem ou curem em condições atmosféricas

- x Tintas em pó
- x Tintas de secagem em estufa
- x Tintas de cura térmica
- x Rev. de reservatórios

Anexo A (informativo)

Guia para utilização da ISO 12944 num dado projecto

É importante que as especificações adequadas sejam escritas (ISO 12944-8) tomando os seguintes items como base, de modo a garantir-se uma eficiente protecção anticorrosiva:

a) Analisar ou estimar a corrosividade do ambiente na área em que a estrutura se localiza ou se irá localizar (ISO 12944-2).

b) Estabelecer quaisquer condições especiais que possam afectar a escolha do esquema de pintura a ser usado (ISO 12944-5).

c) Examinar a configuração da estrutura e certificar-se de que foram evitadas armadilhas de corrosão e de que foram contempladas áreas de acesso adequadas para o trabalho de protecção anticorrosiva. Evitar corrosão galvânica isolando entre si os metais dissimilares (ISO 12944-3).

d) Para manutenção da pintura, avaliar o estado da superfície a ser tratada (ISO 12944-4).

e) Identificar os esquemas de pintura com a durabilidade requerida na lista dos considerados adequados para o ambiente em questão (ISO 12944-5), ou por resultados de ensaios laboratoriais de avaliação se não se dispuser de uma longa experiência adquirida (ISO 12944-6).

f) Dos esquemas de pintura identificados seleccionar o óptimo, tendo em conta o método de preparação de superfície a ser usado (ISO 12944-4).

g) Certificar-se de que estão minimizados todos os riscos de saúde e segurança e de degradação ambiental (ISO 12944-8).

h) Esboçar um plano de trabalho e seleccionar um método de aplicação (ISO 12944-7).

i) Estabelecer um plano de inspecções a serem realizadas durante e após o trabalho (ISO 12944-7, ISO 12944-8).

j) Estabelecer um programa de manutenção cobrindo todo o tempo de serviço da estrutura.

NOTA: Para planeamento detalhado veja-se a ISO 12944-8, anexos C e D.

ISO 12944-1

Second edition
2017-11

Durabilidade *vs* Tempo de Garantia

A gama de durabilidade não é um "tempo de garantia". A durabilidade é uma consideração técnica que permite ao proprietário estabelecer um programa de manutenção. O tempo de garantia é uma consideração que é alvo de cláusulas numa parte administrativa de um contrato. O tempo de garantia é usualmente inferior à gama de durabilidade. Não há regras que correlacionem os dois períodos de tempo.

VERSÃO DE 1998_VERSÃO DE 2017

ISO 12944-2

CLASSIFICAÇÃO DE AMBIENTES

Termos e definições

3.7.1 Atmosfera rural: Atmosfera prevalecente em áreas rurais e pequenas cidades, sem contaminação significativa por agentes corrosivos tais como dióxido de enxofre e/ou cloretos.

3.7.2 Atmosfera urbana: Atmosfera contaminada que prevalece em áreas densamente povoadas sem indústria significativa. Possui concentração moderada de poluentes tais como dióxido de enxofre e/ou cloretos.

3.7.3 Atmosfera industrial: Atmosfera contaminada por poluentes corrosivos provenientes da indústria local e regional (principalmente dióxido de enxofre).

3.7.4 Atmosfera marinha: Atmosfera sobre ou próxima do mar.

NOTA: A atmosfera marinha estendendo-se a certa distância da costa dependendo da topografia e direcção dos ventos prevalecentes. É altamente poluída com aerosois salinos (principalmente cloretos).

Categorias de corrosividade atmosférica

C1 Muito baixa
C2 Baixa
C3 Média
C4 Alta
C5 Muito Alta ~~(C5-I; C5-M)~~
CX Extrema

Categorias de corrosividade para água e solo

Im1 – água doce
Im2 – água do mar ou salobra (sem proteção catódica)
Im3 - solo
Im4 - água do mar ou salobra (com proteção catódica)

NOTE CX covers different extreme environments. One specific extreme environment is the offshore environment covered by ISO 12944-9. Other extreme environments are not covered in the other parts of ISO 12944.

Category	Environment	Examples of environments and structures
Im1	Fresh water	River installations, hydro-electric power plants
Im2	Sea or brackish water	Immersed structures without cathodic protection (e.g. harbour areas with structures like sluice gates, locks or jetties)
Im3	Soil	Buried tanks, steel piles, steel pipes
Im4	Sea or brackish water	Immersed structures with cathodic protection (e.g. offshore structures)
NOTE For corrosivity category Im1 and Im3, cathodic protection can be used with a paint system tested accordingly		

Categorias de corrosividade atmosférica

ISO 12944-2

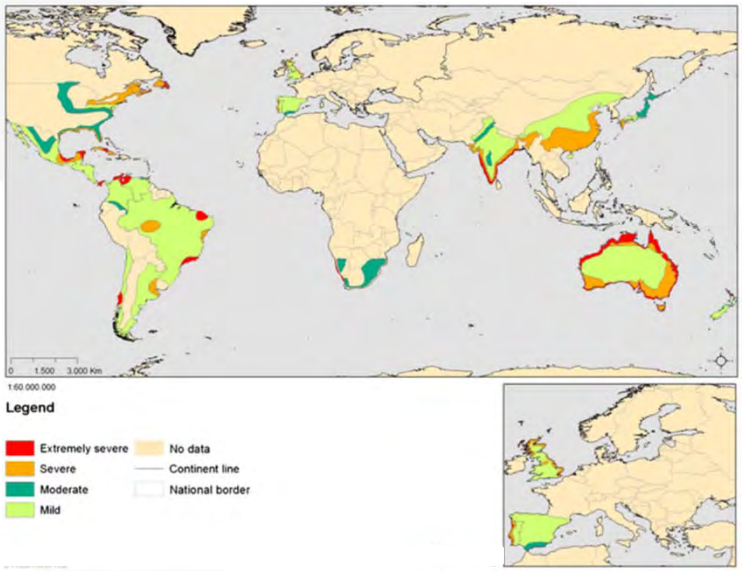
CLASSIFICAÇÃO DE AMBIENTES

Table 1 — Atmospheric-corrosivity categories and examples of typical environments

Corrosivity category	Mass loss per unit surface/thickness loss (after first year of exposure)				Examples of typical environments (informative only)	
	Low-carbon steel		Zinc		Exterior	Interior
	Mass loss g/m²	Thickness loss µm	Mass loss g/m²	Thickness loss µm		
C1 very low	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	—	Heated buildings with clean atmospheres, e.g. offices, shops, schools, hotels
C2 low	> 10 to 200	> 1,3 to 25	> 0,7 to 5	> 0,1 to 0,7	Atmospheres with low level of pollution: mostly rural areas	Unheated buildings where condensation can occur, e.g. depots, sports halls
C3 medium	> 200 to 400	> 25 to 50	> 5 to 15	> 0,7 to 2,1	Urban and industrial atmospheres, moderate sulfur dioxide pollution; coastal areas with low salinity	Production rooms with high humidity and some air pollution, e.g. food-processing plants, laundries, breweries, dairies
C4 high	> 400 to 650	> 50 to 80	> 15 to 30	> 2,1 to 4,2	Industrial areas and coastal areas with moderate salinity	Chemical plants, swimming pools, coastal ship and boatyards
C5 very high	> 650 to 1 500	> 80 to 200	> 30 to 60	> 4,2 to 8,4	Industrial areas with high humidity and aggressive atmosphere and coastal areas with high salinity	Buildings or areas with almost permanent condensation and with high pollution
CX extreme	> 1 500 to 5 500	> 200 to 700	> 60 to 180	> 8,4 to 25	Offshore areas with high salinity and industrial areas with extreme humidity and aggressive atmosphere and subtropical and tropical atmospheres	Industrial areas with extreme humidity and aggressive atmosphere
NOTE The loss values used for the corrosivity categories are identical to those given in ISO 9223.						

Dados de Corrosividade Atmosférica no Mundo

ISO 12944-2



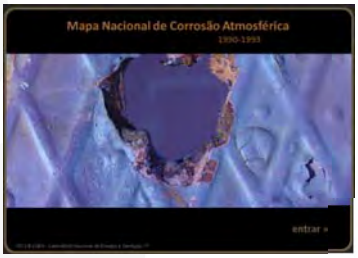
INTERNATIONAL STANDARD ISO 9223

Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation

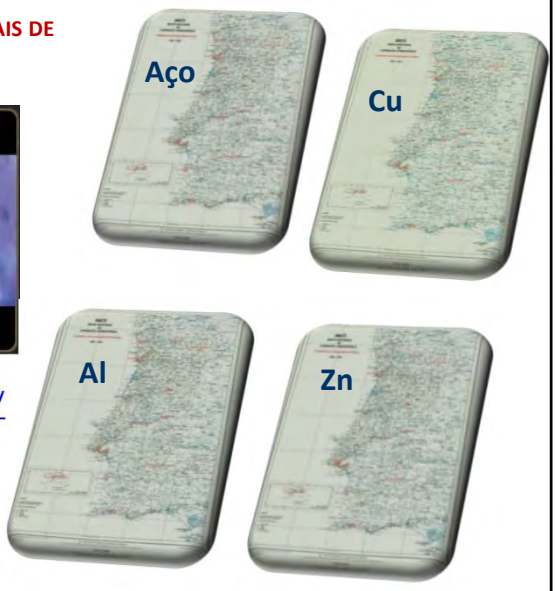
- C1 very low corrosivity
- C2 low corrosivity
- C3 medium corrosivity
- C4 high corrosivity
- C5 very high corrosivity
- CX extreme corrosivity

K.Slamova et al.. *Photon. Energy*, 2(1), 2012 (http://dx.doi.org/10.1117/1.JPE.2.022003)

Onde obter os Mapas Nacionais de Corrosão Atmosférica



http://geoportal.lneg.pt/



C2 C3 C4 C5 CX

CATEGORIAS DE CORROSIVIDADE

ISO 12944-2

C2 - Baixa

Zonas temperadas, ambientes com baixa poluição (SO_2<5µg/m³)
ex. áreas rurais e pequenas cidades

CATEGORIAS DE CORROSIVIDADE

ISO 12944-2

C3 - Média

Zonas temperadas, ambientes com poluição média (SO_2:5µg/m³ a 30µg/m³) ou com algum efeito através dos cloretos.
ex. Áreas urbanas, áreas costeiras com baixa deposição dos cloretos tais como zonas tropicais e subtropicais, atmosferas com baixa poluição

CATEGORIAS DE CORROSIVIDADE

ISO 12944-2

C4 - Elevada

Zonas temperadas, ambientes com poluição elevada (SO_2:30µg/m³ a 90µg/m³) ou com influência intensa de cloretos.
ex. Áreas urbanas poluídas, áreas industriais, áreas costeiras, sem nevoeiro salino, exposição ao efeito severo dos sais de degelo.
Zonas tropicais e sub-tropicais, atmosfera com poluição média

CATEGORIAS DE CORROSIVIDADE

ISO 12944-2

C5 – Muito Elevada

Zona temperada e sub-tropical, ambientes com elevados níveis de poluição (SO_2:90µg/m³ a 250µg/m³) e/ou grande influência de cloretos. ex. Áreas industriais, áreas costeiras, locais de abrigo na costa

CATEGORIAS DE CORROSIVIDADE

ISO 12944-2

CX - Extrema

Zona sub-tropical e tropical (tempos de humedecimento muito elevados), ambientes com elevados níveis de poluição SO_2 (>250µg/m³) e/ou grande influência de cloretos.
ex. Áreas industriais extremas, áreas costeiras e áreas offshore com contacto ocasional com o nevoeiro salino

ISO 12944-3

CONCEÇÃO E DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

Critérios básicos de projeto de estruturas de aço com a finalidade de melhorar a sua resistência à corrosão. Dá exemplos de desenhos corretos e incorretos, indicando com a ajuda de diagramas, quais os elementos estruturais e combinações de elementos que possam causar problemas de acessibilidade durante a etapa de preparação de superfície, e quando da aplicação, inspeção e manutenção dos esquemas de pintura

VERSÃO DE 1998_VERSÃO DE 2017

5.3 Treatment of gaps

Narrow gaps, blind crevices and lap joints are potential points for corrosion attack arising from retention of moisture and dirt, including any abrasive used for surface preparation. Potential corrosion of this kind should normally be avoided by sealing. The gap sealing material shall be compatible with the corrosion protection coating. In the most corrosive environments, the space should be filled with shim steel which protrudes from the sections and is welded all round. Mating surfaces should be sealed by continuous welds to prevent entrapment of abrasives and the ingress of moisture (see Figure D.3).

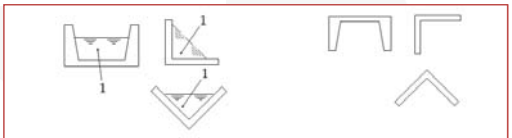
5.5 Surface imperfections

Prior to surface preparation, the surface shall be in accordance with the preparation grades of ISO 8501-3 (e.g. weldings, edges, holes). The preparation grade shall be specified (e.g. according to ISO 12944-8). The preparation grade shall be P3 in case of high and very high durabilities for C4 and higher, as well as Im1 to Im4.

- acessibilidades
- tratamento especial de juntas
- precauções para prevenir retenções
- problemas das arestas, imperfeições, ligações roscadas, elementos de caixas e elementos ocos e reforços
- prevenção da corrosão galvânica
- manuseamento, transporte e montagem das estruturas

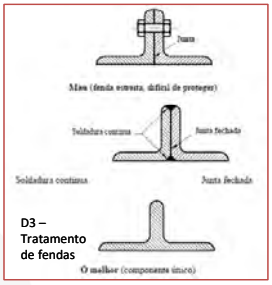
ISO 12944-3

Conceção e Disposições construtivas

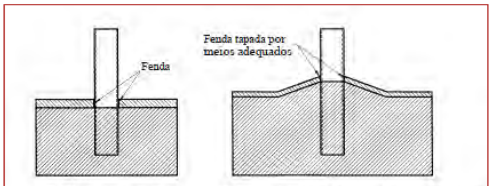


Key
1 trapped dirt and water

Figure D.1 — Avoidance of dirt and water traps



D3 – Tratamento de fendas



Tendência para corrosão

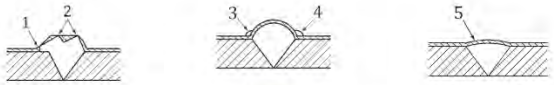
Aplicar um esquema de protecção anticorrosiva ao componente de aço de forma a que a protecção se estenda a uma distância de aproximadamente 5 cm para dentro do betão.

Figura D.4 – Estrutura composta aço/betão

a) Difficult to clean and to paint

b) Easier to clean and to paint

Figure D.2 — Design of welds



a) Poor

b) Better

c) Good

Key
1 protective paint system
2 irregularities
3 weld insufficiently flat
4 accumulated dirt
5 smooth weld surface

Figure D.6 — Avoidance of welding surface imperfections

Tipos de Superfícies e de Preparação de Superfícies

Tipos de superfícies a serem preparadas:

- superfícies não revestidas
- Superfícies com revestimentos metálicos
  - superfícies metalizadas
  - superfícies galvanizadas
  - superfícies electrozincadas
  - superfícies "sherardizadas"
- superfícies revestidas com primário de espera e
- outras superfícies previamente pintadas
- **Superfícies com tratamentos químicos**

Versão de 1999_Versão de 2017

ISO 12944-4

Métodos de preparação de superfícies

- limpeza com água ou com solventes e limpezas químicas
  - Jacto de água
  - Vapor
  - Emulsionantes
  - Alcalina
  - Solventes orgânicos
  - Conversão química
  - Decapantes
  - Ácida
  - **Tratamentos químicos**
- limpeza por ação mecânica
  - Limpeza manual
  - Limpeza com ferramentas pneumáticas ou elétricas
  - Decapagem por projeção de abrasivos
  - Decapagem por jato de água (ISO 8501-4 UHP)
- ~~decapagem à chama~~

Graus de preparação de superfície p/

- Superfícies não revestidas
- Com revestimentos metálicos
- Superfícies revestidas com primário de espera
- Outras superfícies pintadas

ISO 12944-5

Esquemas de Pintura

Descreve tipos de sistemas de pintura, proporcionando um guia de seleção, para exposição em diferentes ambientes

Versão de 2007_Versão de 2018

Sistemas de Pintura
- Reversíveis
- Irreversíveis
  - Tintas de secagem por oxidação ao ar
  - Tintas Aquosas (um componente)
  - Tintas de cura por reação química
    - Tintas epoxídicas de 2 componentes
    - Tintas Poliuretano de 2 componentes
  - Tintas de secagem por reação com a humidade

AK – Alquídico
~~CR – Borracha Clorada~~
AY – Acrílico
~~PVC – Cloreto de Polivinilo~~
EP – Epoxídico
ESI – Silicato de Etilo
PUR – Poliuretano aromático ou alifático
~~EPC – Combinação epoxídica~~

Revestimentos

Fluoropolímeros

Copolímeros fluoretileno/vinil éter (FEVE)

Tipos de Tintas

Alquídico (AK)

Acrílico (AY)

Tintas para Revestimentos Poliuretano (PUR)

Silicato de Etilo (ESI)

Tintas para Revestimentos Epoxídicos (EP)

Tintas para Revestimentos Poliaspártico (PAS)

Tintas para Revestimentos Polisiloxano (PS)

ISO 12944-5 NOVO

Anexo A (normativo) Abreviaturas e descrições

Anexo B (normativo) Requisitos mínimos para os sistemas de proteção anticorrosiva

- B1 – Preparação de superfícies (Sa 2 1/2 – preparação de superfícies mínima)
- B2 - MNOC e NDFT para substratos de aço decapado, aço galvanizado, aço metalizado (diferentes categorias em função da durabilidade pretendida)

Anexo C (informativo)

- Esquemas de pintura para as diferentes categorias (C1 - C5 e Im1-Im3) para o aço

Anexo D (informativo)

- Esquemas de pintura para as diferentes categorias (C2 - C5) para o aço galvanizado

Anexo E (informativo)

- Esquemas de pintura para as diferentes categorias (C4 - C5) para o aço metalizado

Anexo F (informativo)

- *Primário de espera (compatibilidades e adequabilidade)*

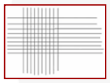
ISO 12944-6

Ensaios de Desempenho em Laboratório

Comportamento dos esquemas de pintura

Avaliação dos esquemas de pintura.

Determinação da espessura
(ISO 19840:2012 e ISO 2808:2007)

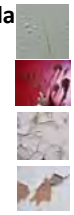


Determinação da aderência por quadrícula
(ISO 2409:2013)

Determinação da aderência por tração
(ISO 4624:2016)

Ensaios de Envelhecimento acelerado

ISO 9227 - Nevoeiro salino
ISO 6270-1 – Condensação água
ISO 2812-2 - Resistência em água
Ensaio de envelhecimento cíclico (Anexo B)



Avaliação da Degradação dos Revestimentos

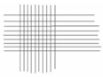
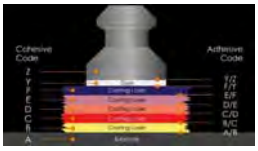
ISO 4628-2 Grau de empolamento
ISO 4628-3 Grau de enferrujamento
ISO 4628-4 Grau de fissuração
ISO 4628-5 Grau de exfoliação

ISO 12944-6

Avaliação antes do Envelhecimento Artificial

Versão de 1999_Versão de 2018

Table 3 — Assessment before artificial ageing

Assessment method	Requirements	Conditions
ISO 2409, Cross-cut 	Classification 0 to 2 NOVO ~~Classificação de 0 ou 1~~	Only if the dry-film thickness of the paint system is less than or equal to 250 µm (measured value without correction, calibrated on smooth surface).
ISO 4624, Method A or B, Pull-off 	Minimum pull-off value of 2,5 MPa for each measurement 0 % adhesive failure between steel/ metalized steel respectively and the first coat (unless pull-off values are at least 5 MPa)	It is required that the force built up is controlled and linear as described in ISO 4624, e.g. by using automatic hydraulic test equipment. Push-off adhesion testing is not permitted. Ensure to cut around circumference of the dolly through to the carbon steel. A minimum of three dollies per panel shall be pulled off.

ISO 12944-6

Ensaios de Desempenho em Laboratório

NOVO

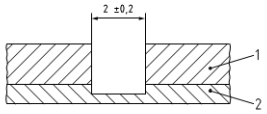
Annex A
(normative)

Scribe line for ISO 9227 test and ISO 12944-9 cyclic ageing test

A.1 Producing the scribe

A scribe line (see Figure A.1 and Figure A.2) shall be made on each test panel to ensure full exposure to all the elements of the test. The scribe line shall be made mechanically (with a machine such as a drill press with cobalt slot drills). It shall be 50 mm long, 2 mm wide, minimum 12,5 mm from each long edge of the panel and minimum 25 mm from one of the short edges of the panel. It shall cut completely through the paint coating and into the carbon steel. The scribe has to be put into the cabinet horizontally. On hot-dip galvanized and thermal-sprayed metallic coating the scribe shall cut completely through the paint coating and the metal layer and into the carbon steel. The cut depth into the steel should be as low as possible.

Dimensions in millimetres



Key
1 coating
2 carbon steel

Figure A.1 — Cross section of scribe line

Dimensions in millimetres

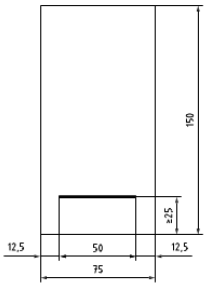


Figure A.2 — Example of test panel showing position of scribe line

A.2 Assessment of corrosion at scribe

After removing the non-adherent coating by a suitable method, measure the width of the steel corrosion at nine points (the midpoint of the scribe line and four other points, 5 mm apart, on each side of the midpoint).

Calculate the corrosion at scribe M from the equation $M = (C - W)/2$, where C is the average of the nine width measurements and W is the measured and recorded width of the scribe. The result of the calculation of the average corrosion at scribe should be given with a precision of 0,1 mm.

ISO 12944-6

Ensaios de Desempenho em Laboratório
Ensaios de Corrosão Acelerada

Aço

Categorias de corrosividade ISO 12944-2	Durabilidade	ISO 2812-1[1] (resistência química) h	ISO 2812-2 (resistência em água) h	ISO 6270 (condensação de água) h	ISO 7253 (nevoeiro salino neutro) h
C2	Baixa	–	–	48	–
	Média	–	–	48	–
	Alta	–	–	120	–
C3	Baixa	–	–	48	120
	Média	–	–	120	240
	Alta			240	480
C4	Baixa	–	–	120	240
	Média	–	–	240	480
	Alta	–	–	480	720
C5-I	Baixa	168	–	240	480
	Média	168	–	480	720
	Alta	168	–	720	1440
C5-M	Baixa	–	–	240	480
	Média			480	720
	Alta	–	–	720	1440
Im1	Baixa	–	–	–	–
	Média	–	2000	720	–
	Alta	–	3000	1440	–
Im2	Baixa	–	–	–	–
	Média	–	2000	–	720
	Alta	–	3000	–	1440
Im 3	Baixa	–	–	–	–
	Média	–	2000	–	720
	Alta	–	3000	–	1440

Zinco

Categorias de corrosividade (ISO 12944-2)	Durabilidade	ISO 6270 (condensação de água) h
C2	Baixa	240
	Média	240
	Alta	240
C3	Baixa	240
	Média	240
	Alta	240
C4	Baixa	240
	Média	240
	Alta	480
C5-I	Baixa	240
	Média	480
	Alta	720
C5-M	Baixa	240
	Média	480
	Alta	720

ISO 12944-6

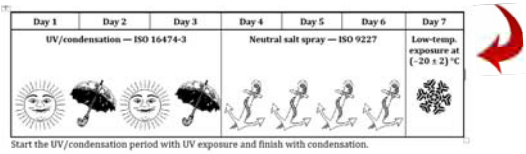
Ensaios de Corrosão Acelerada

Nevoeiro Salino Neutro

Humidade e Temperatura

"In case of C5 H and C4 VH the test regime including salt spray and condensation test can still be used as alternative to cyclic ageing test. For the future, it is intended to remove salt spray and condensation tests as alternative tests for C5 H and C4 VH".

Corrosivity category as defined in ISO 12944-2	Durability ranges according to ISO 12944-1	Test regime 1: ISO 2812-2 (water immersion) h	Test regime 1: ISO 6270-1 (water condensation) h	Test regime 1: ISO 9227 (neutral salt spray) h	Test regime 2: Annex B (cyclic ageing test) h
C2	low	—	48	—	—
	medium	—	48	—	—
	high	—	120	—	—
	very high	—	240	480	—
C3	low	—	48	120	—
	medium	—	120	240	—
	high	—	240	480	—
	very high	—	480	720	—
C4	low	—	120	240	—
	medium	—	240	480	—
	high	—	480	720	—
	very high	—	720	1 440	1 680
C5	low	—	240	480	—
	medium	—	480	720	—
	high	—	720	1 440	1 680
	very high	—	—	—	2 688



Start the UV/condensation period with UV exposure and finish with condensation.

ISO 12944-6

Ensaios de Desempenho em Laboratório

Ensaios de Corrosão Acelerada

Novo!!

Table 2 — Test procedures for paint systems applied to carbon steel, hot dip galvanized steel or steel with thermal-sprayed metallic coating for immersion categories

Immersion category as defined in ISO 12944-2	Durability ranges according to ISO 12944-1	ISO 2812-2 (water immersion) h	ISO 6270-1[a] (water condensation) h	ISO 9227[a] (neutral salt spray) h
Im1	high	3 000	1 440	—
	very high	4 000	2 160	—
Im2	high	3 000	—	1 440
	very high	4 000	—	2 160
Im3	high	3 000	—	1 440
	very high	4 000	—	2 160

[a] Only relevant if systems are partially or temporarily immersed/buried.

ISO 12944-6

Novo!!

Avaliação após do Envelhecimento Artificial

Neutral salt spray — ISO 9227

Assessment methods	Requirements	Time of assessment
ISO 4628-2, Blistering	0 (S0)	Immediately
ISO 4628-3, Rusting	Ri 0	Immediately
ISO 4628-4, Cracking	0 (S0)	Immediately
ISO 4628-5, Flaking	0 (S0)	Immediately

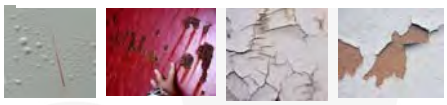


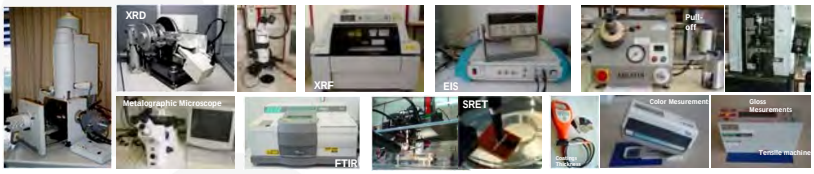
Table 4 — Assessment after artificial ageing for the specified time

Assessment methods	Requirements	Time of assessment	Conditions/Remarks
A.2, Corrosion at scribe after salt spray test	Max. 1,5 mm corrosion at scribe as average value	As soon as possible but within 8 h after end of test	Regardless of the type of the corrosion protection system used to protect the steel substrate, the measurement of corrosion at scribe is only for the corrosion of steel. The hot dip galvanized or thermal-sprayed metallic coating is considered as part of the corrosion protection system and not a part of the substrate. Assessment of corrosion at scribe shall be carried out according to Annex A (A.2) using a measuring device with an accuracy of 0,1 mm. The average corrosion value shall be reported with a precision of 0,1 mm.
A.2, Corrosion at scribe after cyclic ageing test	Max. 3,0 mm corrosion at scribe as average value	As soon as possible but within 8 h after end of test	Regardless of the type of the corrosion protection system used to protect the steel substrate, the measurement of corrosion at scribe is only for the corrosion of steel. The hot dip galvanized or thermal-sprayed metallic coating is considered as part of the corrosion protection system and not a part of the substrate. Assessment of corrosion at scribe shall be carried out according to Annex A (A.2) using a measuring device with an accuracy of 0,1 mm. The average corrosion value shall be reported with a precision of 0,1 mm.
ISO 2409, Cross-cut	Classification 0 to 2	assessment after 7 d in standard atmosphere as defined in ISO 3270	Only if the dry-film thickness of the paint system is less than or equal to 250 µm (measured value without correction, calibrated on smooth surface).
ISO 4624, Method A or B, Pull-off	Minimum pull-off value of 2,5 MPa for each measurement 0 % adhesive failure between steel/metalized steel respectively and the first coat (unless pull-off values are at least 5 MPa)	after 7 d reconditioning in a standard atmosphere as defined in ISO 3270	It is required that the force built up is controlled and linear as described in ISO 4624, e.g. by using automatic hydraulic test equipment. Push-off adhesion testing is not permitted. Ensure to cut around circumference of the dolly through to the carbon steel. A minimum of three dollies per panel shall be pulled off.

Laboratório de Materiais e Revestimentos(LMR)

IPAC acreditação L0698 Ensaios

Caracterização Química e Física de Materiais



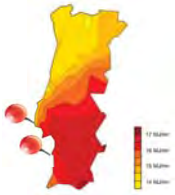
Câmaras de Ensaio
- Nevoeiro Salino
- SO_2,
- NO_2
- Mistura de gases
- Temperatura e Humidade
- Radiação UV
- Arc Xenon
- Ciclos de Corrosão
- Fornos para ensaios a altas temperautras

Envelhecimento Artificial de Materiais

Estações de Ensaio em Permanente Monitorização (Exposição Natural)

Corrosividade C2/C3 - **Lumiar/Lisboa**

Corrosividade C5/CX - **Sines**



Execução e Supervisão dos Trabalhos de Pintura

ISO 12944-7

4 **Preconditions for the execution of the paint work**
- 4.1 Qualification
- 4.2 Condition of the substrate
- 4.3 Health and safety and environmental protection

5 **Coating materials**
- 5.1 Supply
- 5.2 Storage

6 **Execution of paint work**
- 6.1 General
- 6.2 Application conditions
- 6.3 Application methods
  - 6.3.1 Brush application
  - 6.3.2 Roller application
  - 6.3.3 Spray application
  - 6.3.4 Other application methods
- 6.4 Evaluation before work commences

7 **Supervision of the paint work**
- 7.1 General
- 7.2 Measurement and test instruments
- 7.3 Assessments of the coating

8 **Reference areas and reference specimens**
- 8.1 General
- 8.2 Previously coated surfaces
  - 8.2.1 General
  - 8.2.2 Type A reference area
  - 8.2.3 Type B reference area
- 8.3 Reference area records
- 8.4 Assessment of coating

- Avaliação visual
- Espessura (ISO 19840)
- Aderência e os critérios de aceitação (ISO 16276 1-2)
- Avaliação da porosidade (ISO 29601)

NOVO

3.1
reference area
defined part of the structure where the coating system has been applied accordin
and approved by all parties involved

3.2
reference specimen
object, preferably with a geometry that is representative of the structure, where the coating system has been applied according to the specification and approved by all parties involved

3.3
stripe coat
extra coat of paint applied only to edges, welds, fasteners and other irregular areas on steel structures usually before full coating

Table A.1 — Number of reference areas

Size of structure (painted area) m²	Recommended maximum number of reference areas	Recommended maximum percentage of reference area relative to total area of structure %
≤ 5 000	1	0,3
> 5 000 ≤ 10 000	2	0,3
> 10 000 ≤ 25 000	3	0,2
> 25 000 ≤ 50 000	4	0,15
> 50 000	5	0,1

ISO 12944-8

Desenvolvimento de Especificações para Obras Novas e Manutenção

Versão de 1998_Versão de 2017

- water soluble contaminants and dust have been added in Table 1 as particular constraints with respect to surfaces and surface preparation;
- Annex E has been updated with regard to corrosivity classes;
- Annex I has been updated with regard to surface preparations;

QUADROS

1 – Conteúdo de uma especificação de projeto

2 – Conteúdo de uma especificação de um esquema de pintura

3 – Conteúdo de uma especificação de um trabalho de pintura

4 – Conteúdo de uma especificação de inspeção e avaliação

- Como desenvolver uma especificação para obras novas ou de manutenção
- Conteúdo de uma especificação

Anexos:

A Informação básica a incluir numa especificação de esquemas de pintura anticorrosiva para obras novas ou de manutenção

B Áreas de controlo

C Fluxograma para planeamento de obra nova

D Fluxograma para trabalhos de manutenção

E Classificação de ambientes

F *Modelo* recomendado de especificação de esquemas de pintura anticorrosiva – Obras novas

G *Modelo* recomendado de especificação de esquemas de pintura anticorrosiva – Manutenção

H *Modelo* recomendado para um relatório de condições de aplicação e avanço de pintura

I *Modelo* recomendado para um relatório final de proteção anticorrosiva

J *Modelo* recomendado para um relatório de inspeção detalhada sobre o estado de um esquema de pintura anticorrosive existente, incluindo a avaliação da necessidade de manutenção

INTERNATIONAL STANDARD **ISO 20340**

Second edition 2009-04-01

Paints and varnishes — Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures

Peintures et vernis — Exigences de performance relatives aux systèmes de peinture pour la protection des structures offshore et structures associées

INTERNATIONAL STANDARD **ISO 12944-9**

First edition 2018-01

Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems —

Part 9:

Protective paint systems and laboratory performance test methods for offshore and related structures

Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture —

Partie 9: Systèmes de peinture protectrice et méthodes d'essai de performance en laboratoire pour la protection des sctructures offshore et structures associées

ISO 12944-9

ISO 20340: 2009_ISO 12944:2018

ESQUEMAS DE PINTURA E ENSAIOS DE DESEMPENHO PARA ESTRUTURAS OFFSHORE E RELACIONADAS

Gamas de temperatura -20°C a 80°C

Superfícies sob isolamento ou betão

Esta norma não abrange:
-Estruturas construídas em aço inoxidável, cobre, titânio e Al e suas ligas;
-Cabos de aço;
-Estruturas enterradas
-Oleodutos
-Interior de tanques de armazenamento

CATEGORIA C5 M → CX

IM2 → IM4 (MAX 50°C)

TIPO DE AMBIENTES

1) ZONA COM ÁREAS EXPOSTAS À CATEGORIA DE CORROSIVIDADE CX;
2) ZONA COM ÁREAS PERMANENTEMENTE IMERSAS EM ÁGUA DO MAR (IM4);
3) 2 ZONAS CORRESPONDENTES À ZONA TIDAL E À ZONA DE SALPICOS (COMBINAÇÃO CX E IM4)

"The generic types of paint widely used in paint systems for the protection of carbon steel structures against corrosion are described in ISO 12944-5, but are not limited to those in ISO 12944-5".

4 **Field of application**
- 4.1 Type of environment
- 4.2 Type of surface and surface preparation
- 4.3 Type of paint

5 **Relationship between artificial ageing and natural exposure**

6 **Paints**
- 6.1 General
- 6.2 Quality assurance
- 6.3 Packaging and labelling
- 6.4 Required product information
- 6.5 Paint identification
  - 6.5.1 General
  - 6.5.2 Fingerprint check
  - 6.5.3 Routine batch check
- 6.6 Confidential information

7 **Protective paint systems**
- 7.1 Description
- 7.2 Minimum requirements for protective paint systems

8 **Application testing of paints**

9 **Performance testing of the paint system**
- 9.1 Preparation and conditioning of test panels
  - 9.1.1 Type and size of panel and number of panels
  - 9.1.2 Surface preparation
  - 9.1.3 Application and curing
  - 9.1.4 Dry film thickness
  - 9.1.5 Over-coating time
  - 9.1.6 Conditioning/curing
  - 9.1.7 Porosity detection
  - 9.1.8 Scribe line
  - 9.1.9 Assessment of corrosion
- 9.2 Qualification tests
- 9.3 Assessment — Methods and requirements
  - 9.3.1 General
  - 9.3.2 Assessment

ISO 12944-9

Esquemas de Pintura e Ensaios de Desempenho para Estruturas Offshore e Relacionadas

Table 3 — Minimum requirements for protective paint systems and their initial performance

	Blast-cleaned carbon steel: Sa 2½; Surface profile: medium (G)							Hot-dip-galvanized steel or steel with thermal-sprayed zinc coating[a]
Type of environment according to 4.1	**CX (offshore)**		**Splash and tidal zones CX (offshore) and Im4**			**Im4**		**CX (offshore)**
Type of primer	Zn (R)[b]	Other primers	Zn (R)[b, c]	Other primers		Other primers		
NDFT (µm)	≥40	≥60	≥40	≥60	≥200	—	≥150	
Minimum number of coats[d]	3	3	3	3	2	1	2	2
NDFT of paint system (µm)	≥280	≥350	≥450	≥450	≥600	≥800	≥350	≥200
Minimum pull-off test value (before ageing) determined in accordance with ISO 4624, Method A or B[e] (MPa)[f]	5	5	5	5	5	8	5	5

Novo!!

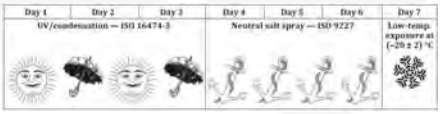
Alerta para os ensaios de pull-off com chapa <5mm

NDFT – Nominal dry film thickness

ISO 12944-9

Esquemas de Pintura e Ensaios de Desempenho para Estruturas Offshore e Relacionadas

ENSAIOS DE QUALIFICAÇÃO



Test	Scribe line	Environment of corrosivity category CX (offshore)	Environment of combined corrosivity category CX (offshore) and immersion category Im4 (splash and tidal zones)	Environment of immersion category Im4
Cyclic ageing test (Annex B)	Yes (see 9.1.8)	4 200 h	4 200 h	—
Cathodic disbonding (ISO 15711, Method A, unless otherwise agreed)	No (artificial holiday used instead; see Table 5)	—	4 200 h	4 200 h
Sea water[a] immersion (ISO 2812-2)	Yes (see 9.1.8)	—	4 200 h	4 200 h

[a] Artificial sea water as defined in ISO 15711:2003, Table 1.

ISO 12944-9

Esquemas de Pintura e Ensaios de Desempenho para Estruturas Offshore e Relacionadas

Métodos e Requisitos

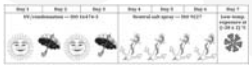
Assessment method	Requirement before qualification testing	Requirement after qualification testing	
ISO 4624 (pull-off test)	See Table 3. 0 % adhesive failure between carbon steel/metalized steel respectively and the first coat (unless pull-off values are at least 5 MPa)	Assessment after 2 weeks reconditioning. Minimum pull-off = 50 % of original value measured on the test panel. 0 % adhesive failure between carbon steel/metalized steel respectively and the first coat (unless pull-off values are at least 5 MPa)	
ISO 4628-2 (blistering)	**Grau de empolamento**	0 (S0)	Carry out assessment immediately after the qualification test.
ISO 4628-3 (rusting)	**Grau de enferrujamento**	Ri 0	Carry out assessment immediately after the qualification test.
ISO 4628-4 (cracking)	**Grau de fissuração**	0 (S0)	Carry out assessment immediately after the qualification test.
ISO 4628-5 (flaking)	**Grau de exfoliação**	0 (S0)	Carry out assessment immediately after the qualification test.
ISO 4628-6 (chalking)	**Grau de pulverulência**	If agreed between the interested parties.	

ISO 20340 Valor mínimo 2MPa

ISO 12944-9

Esquemas de Pintura e Ensaios de Desempenho para Estruturas Offshore e Relacionadas

Métodos e Requisitos



Corrosion at scribe after cyclic ageing test (Annex A)		$M \leq 8{,}0$ mm for coating systems for high impact areas, these include: — floors, lay-down area; — helideck, escape routes; — splash zone – tidal zone; — other areas which are to be agreed between the interested parties. $M \leq 3{,}0$ mm for coating systems for all other CX applications. Assessment of degree of corrosion around the scribe shall be carried out according to Annex A (A.2), using a measuring device with an accuracy of 0,1 mm.
Corrosion at scribe after sea water immersion (Annex A)		$M \leq 6{,}0$ mm
Cathodic disbonding in accordance with ISO 15711:2003, method A	Immediately before the qualification test, form an artificial holiday (carbon steel totally exposed) of diameter 6 mm, using the procedure specified in method A of ISO 15711:2003.	After the qualification test, use a sharp, thin bladed knife to make two radial cuts at 45° to each other through the coating, intersecting at the centre of the holiday. Cut the coating down to the carbon steel. Attempt to lift the coating with the point of the knife. Record the total area now exposed (including the area of the holiday). Calculate the disbonded area as the difference between the total area exposed and the area of the holiday. From the disbonded area, calculate the corresponding equivalent diameter. The equivalent diameter of the disbonded area shall be not more than 20 mm.

$M \leqslant 3{,}0$ mm for coating system with Zn (R) primer

$M \leqslant 8{,}0$ mm for coating system with primer other than Zn (R)

Corrosão | Materiais

Impacto económico

ISO 12944_1
Introdução geral

Corrosão Atmosférica

Mapas de Corrosividade Atmosférica

ISO 12944_2
Classificação de Ambientes

Técnicas de Proteção contra a Corrosão

Projeto Revestimentos

Especificação

ISO 12944_3
Conceção e disposições construtivas

ISO 12944_4
Tipos de superfície e de preparação de superfície

Desempenho/ Certificação

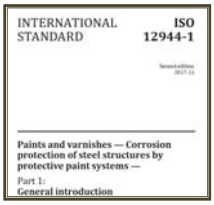
ISO 12944_6
Ensaios de desempenho em laboratório

Obras Novas

Inspeção

Manutenção

ISO 12944_7 e 8
Execução e supervisão dos trabalhos de pintura
Desenvolvimento de especificações para obras novas e manutenção



ISO 12944_5
Esquemas de pintura

LNEG
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.
www.lneg.pt

www.lneg.pt

IPAC acreditação
L0698 Ensaios

LMR
Laboratório de Materiais e Revestimentos

lmr@lneg.pt
teresa.diamantino@lneg.pt

REPÚBLICA PORTUGUESA
AMBIENTE E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA