

21 DE SETEMBRO DE 2023

Prevenção de corrosão atmosférica na indústria para a garantia da integridade de ativos

Autor: MSc. Bernardo Batista Rocha

Sumário:

1. Apresentação Institucional Vale
2. Integridade Estrutural de Ativos
3. Gestão de Risco/HIRA
4. Normas e Padrões Normativos (PNR)
5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura
6. Projetos de Inovação



01

Quem somos



01 Quem somos

Somos a Vale

- Uma mineradora **global**.
- Empresa com ativos **estratégicos**.
- Uma das **maiores produtoras globais de minério de ferro, pelotas e níquel**.



Foto: Ricardo Teles





Foto: Marcelo Coelho

- Também produzimos **manganês, ferroligas, cobre, metais do grupo platina, subprodutos de ouro, prata, cobalto, carvões metalúrgico e térmico.**
- **Operamos sistemas logísticos integrados** às atividades de mineração, incluindo ferrovias, terminais marítimos e portos.
- Temos **participações** em ativos de energia e siderurgia.



Nossa atividade

A mineração é a **base de uma cadeia** que contribui para o **desenvolvimento** da sociedade. Está presente em produtos essenciais ao **bem-estar das pessoas**.

Foto: Marcelo Coelho





Minérios em nosso dia a dia

- Minério de Ferro
- Cobre
- Níquel
- Carvão
- Manganês

Foto: Pedro Rubens



Minérios em nosso dia a dia

Trazem
os filhos
da escola



Levam
energia
até nossa
casa



Exercitam
o corpo
e a mente



Contribuem
para avanços
na medicina



Amenizam
o calor
do verão



Aliviam a
saúde de quem
está longe

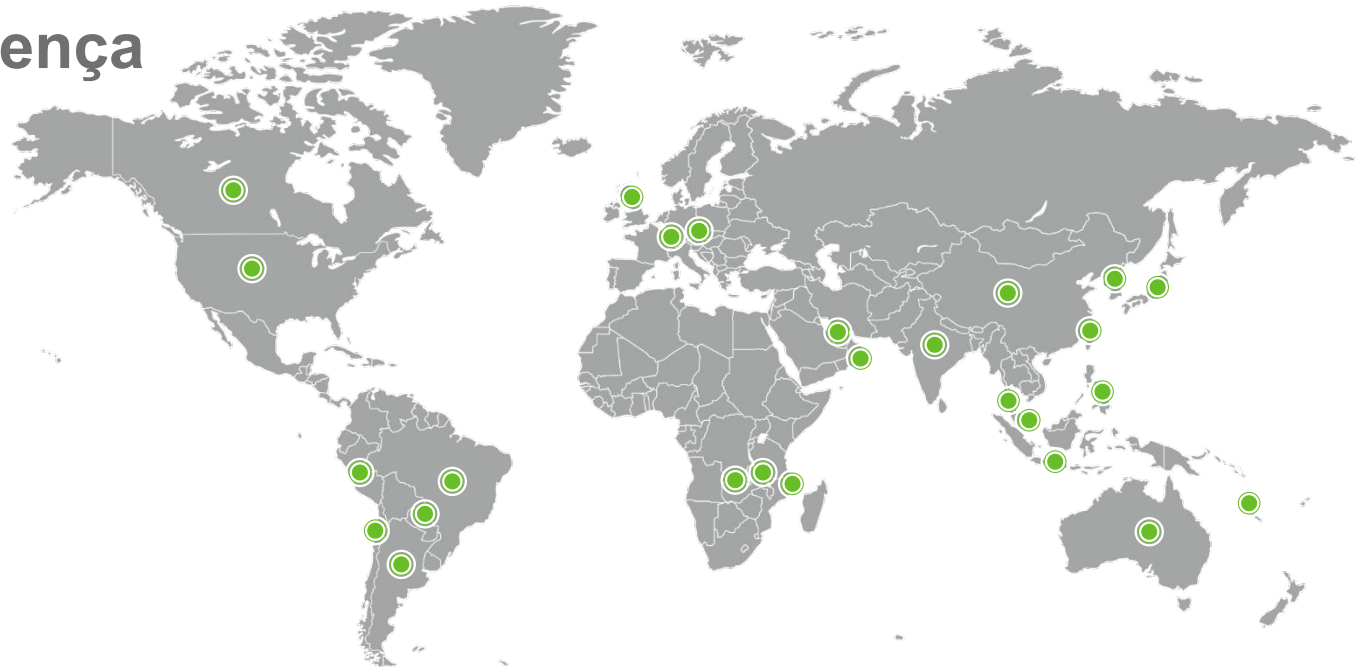


Nosso negócio



Nossa presença

Para atender a **demanda mundial** por minério, nossas operações, nossos laboratórios de pesquisa, projetos e escritórios estão presentes nos **cinco continentes**.



Focamos na **melhoria contínua** de nossas operações para entregar aos nossos clientes produtos de alta qualidade.





Logística

Para garantir **agilidade** e **segurança** no transporte de nosso minério, temos uma rede de logística que integra **minas**, **ferrovias**, **navios** e **portos**.



Foto: Tadeu Bianconi



2. Integridade Estrutural de Ativos

Histórico de Acidentes na Indústria

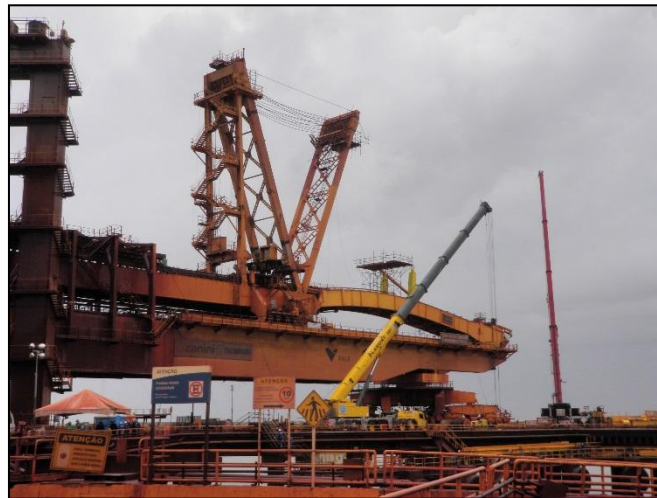


Fonte: Schäden an Stahltragwerken: eine Analyse. Oehme, Peter.



2. Integridade Estrutural de Ativos

Corrosão atmosférica na indústria



Carregador de Navios
CN-321K-01

Local:
São Luís - MA

Ano de
implantação:
1985.



2. Integridade Estrutural de Ativos

Corrosão atmosférica na indústria



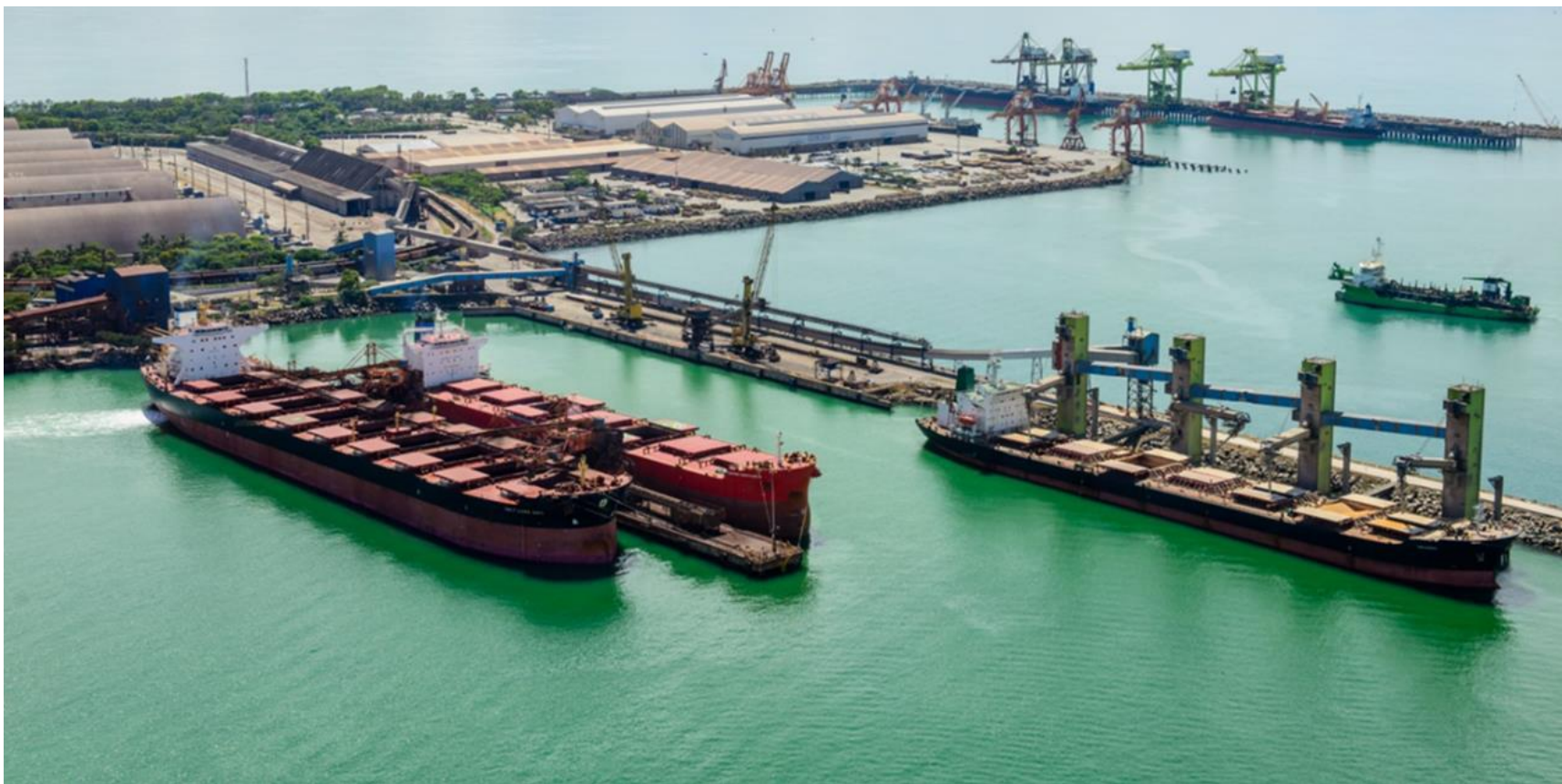
Custo da recuperação elevado.



Duração da intervenção completa de 408 horas (17 dias).



3. Gestão de Risco/HIRA

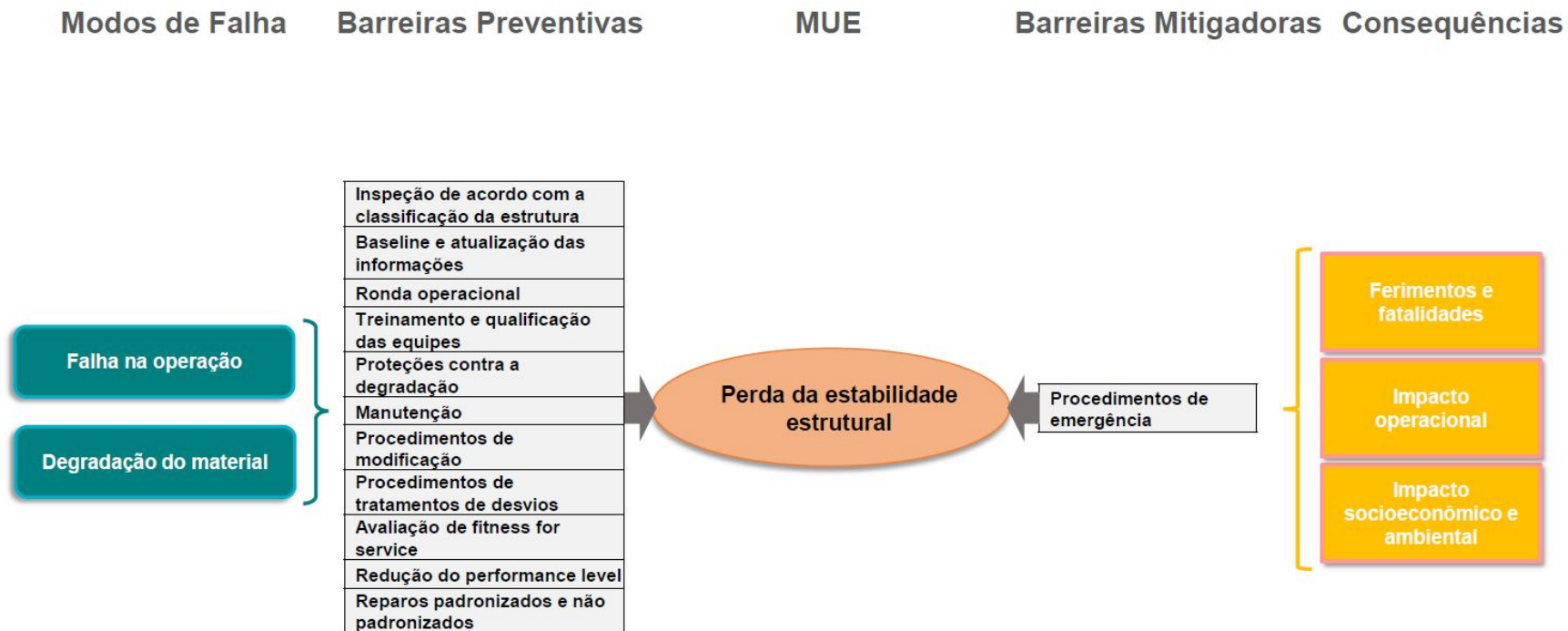


Porto de Tubarão – Vitória/ES



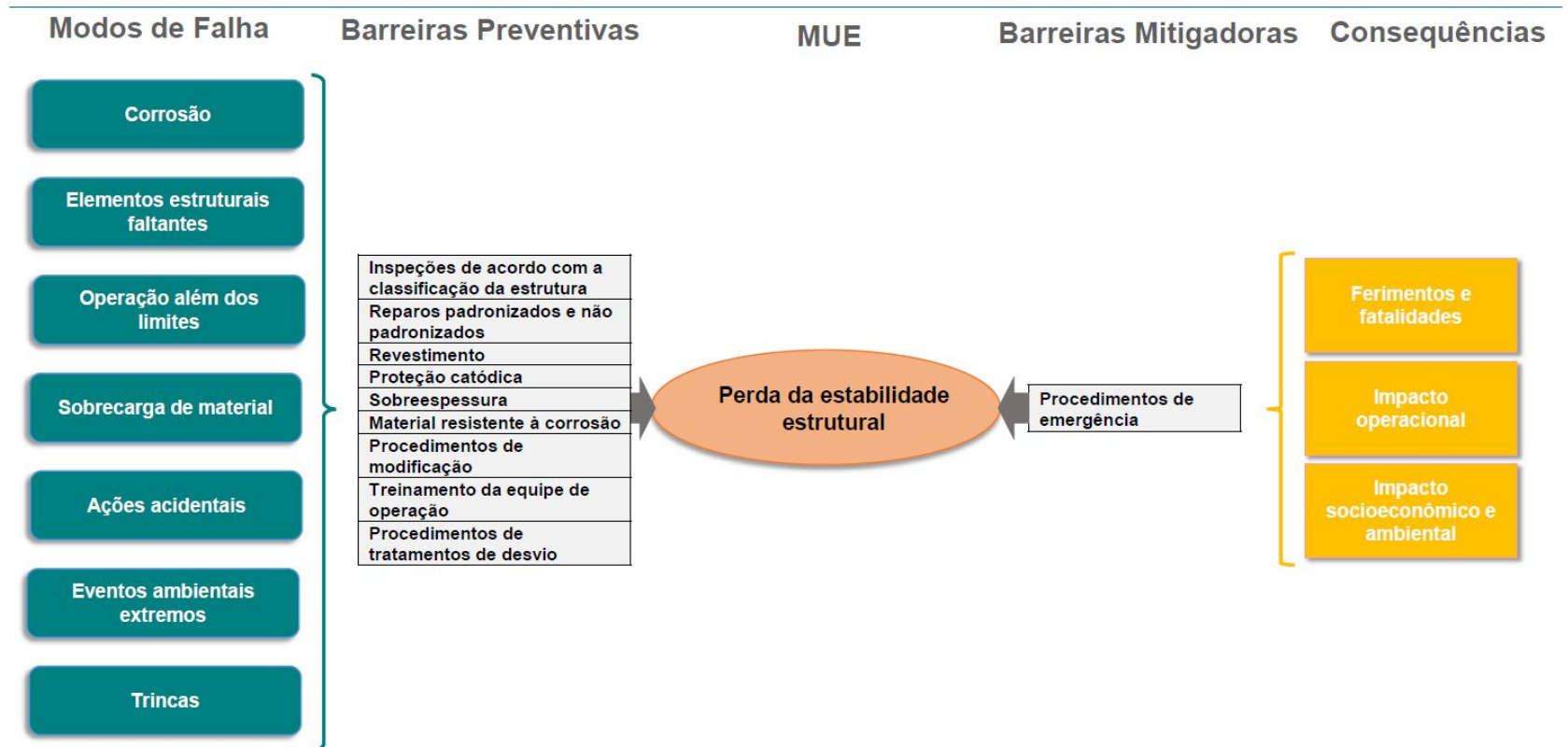
3. Gestão de Risco/HIRA

Bow Tie Síntese – Estruturas em Geral (PNR-000047):



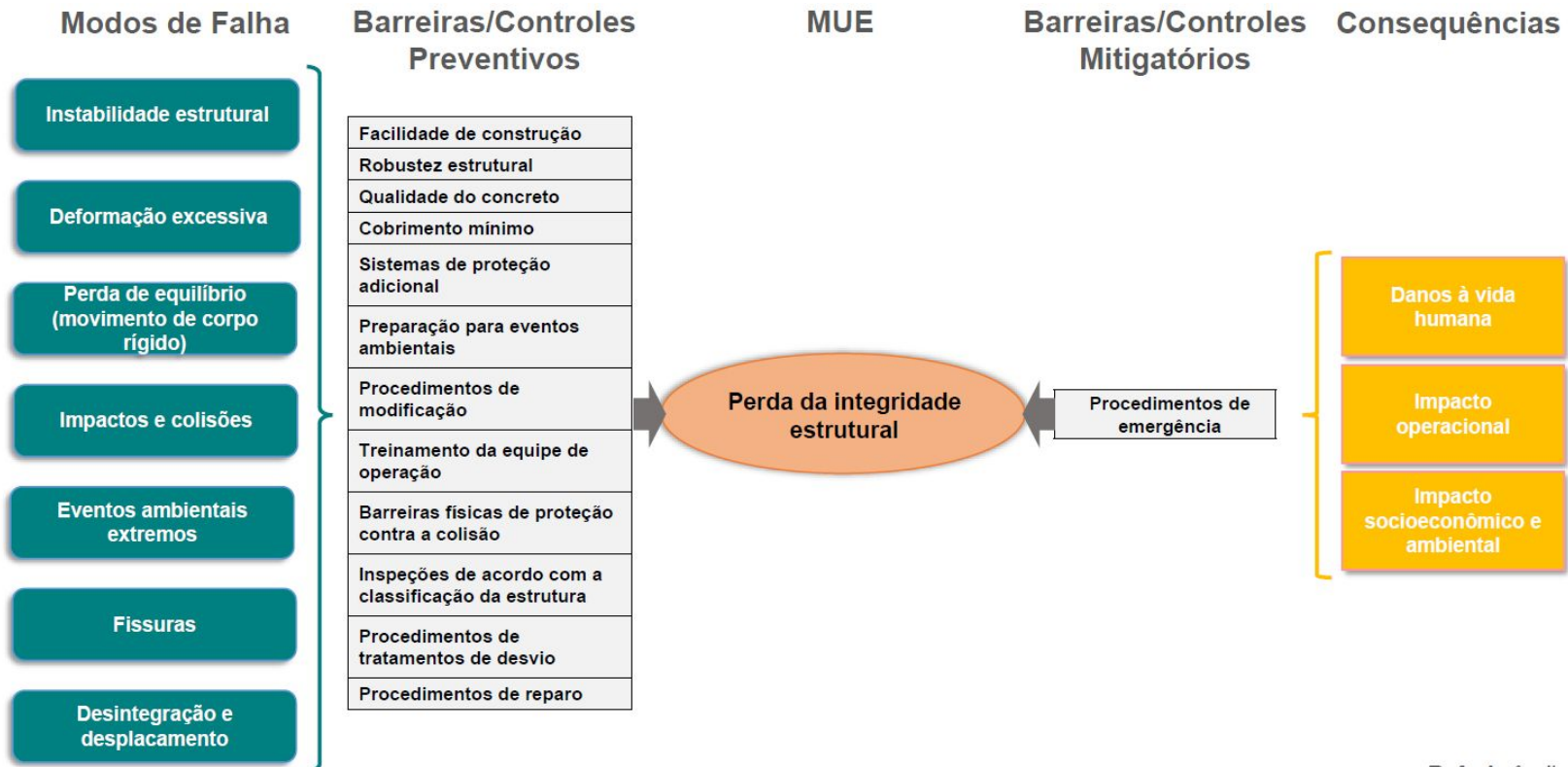
3. Gestão de Risco/HIRA

Bow Tie Síntese - Estruturas de Aço (PNR-000048):



3. Gestão de Risco/HIRA

Bow Tie Síntese - Estruturas Concreto (PNR-000084):

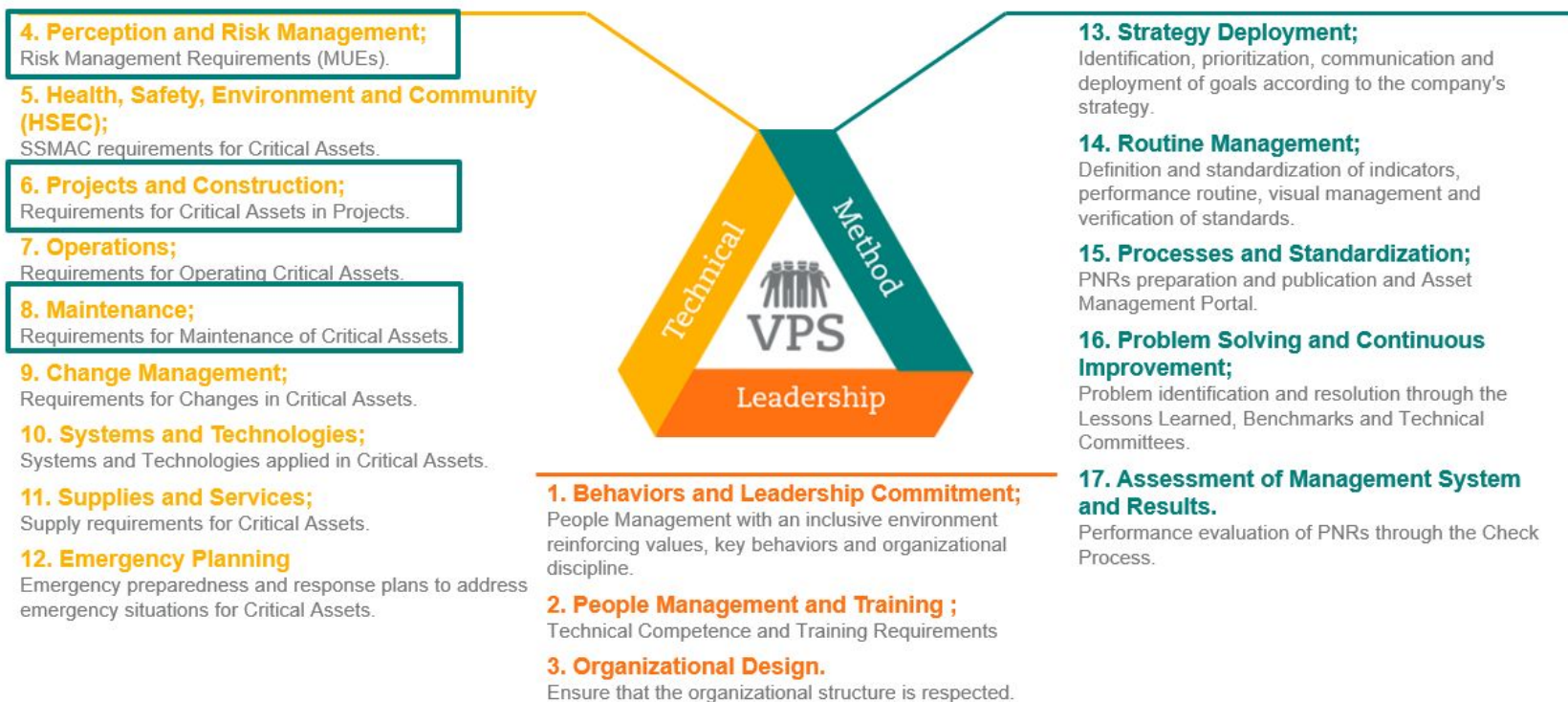


Ref.: Apêndice II

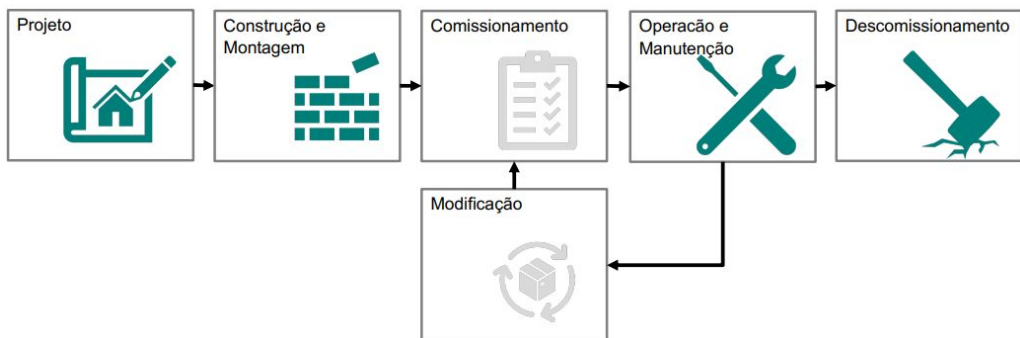


4. Normas e Padrões Normativos (PNR)

VPS – Elementos para implantação dos PNRs:



4. Normas e Padrões Normativos (PNR) Gestão da Integridade Estrutural



Requisitos Gerais mínimos
contemplando todo o ciclo de vida dos
ativos (PNRs)



Resultado esperado: Garantia de estabilidade estrutural de maneira a evitar acidentes com pessoas, danos ao meio ambiente e impactos financeiros.

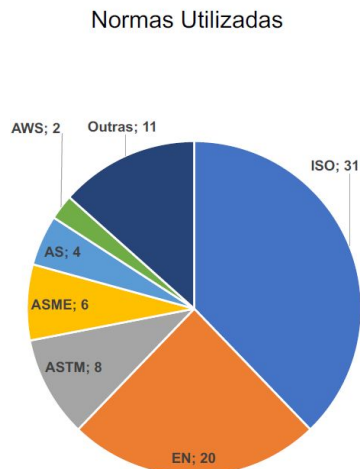
Principal modo de falha das estruturas metálicas: Corrosão.

Estratégia de manutenção adotada: Manutenção Baseada em Risco (RBI) . Principal modo de falha é a corrosão. Foco na prevenção da corrosão (Proteção Anticorrosiva de Pintura).









4. Normas e Padrões Normativos

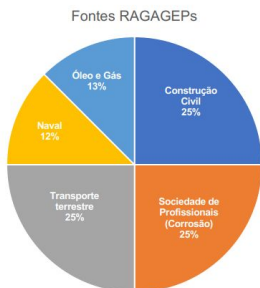
(PNR) Normas e RAGAGEPs:



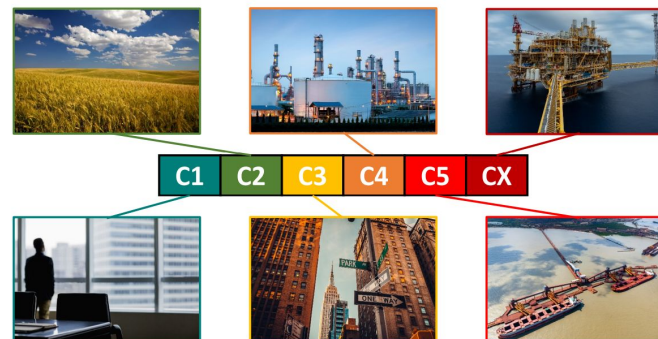
Principais Organismos Normalizadores de Referência

- 
 • ISO: Organização Internacional para a Normalização é um corpo composto por representantes de organismos nacionais de normalização e atua em 164 países.
- 
 • CEN (EN): Comitê Europeu de Normalização; visa o desenvolvimento, distribuição e manutenção de um conjunto coerente de normas técnicas.
- 
 • ASTM: American Society for Testing and Materials é um órgão de normas técnicas para uma ampla gama de materiais, produtos, sistemas e serviços.
- 
 • ASME: American Society of Mechanical Engineers é uma organização com atividades centradas na promoção da ciência e engenharia, especialização dos engenheiros e elaboração de normas e regulamentos técnicos.
- 
 • Standards Australia (AS): É o corpo não governamental mais alto desenvolvimento de normas do país.
- 
 • AWS: American Welding Society é uma organização focada no avanço da ciência, tecnologia e aplicação dos processos de soldagem.

Recognized And Generally Accepted Good Engineering Practices (RAGAGEPs): São códigos, documentos publicados, práticas recomendadas e relatórios técnicos notórios, que foram utilizados de forma complementar às normas apresentadas.



Categorias de corrosividade ISO 12944



4. Normas e Padrões Normativos (PNR) Normas e RAGAGEPs:

- Determinação dos principais MUE (Material Unwanted Event – Evento Material Indesejado);
- Elaboração de Bowtie (Gravata Borboleta) – Barreiras/Controles Preventivos, Modos de Falha, Barreiras/Controles Mitigatórios e Consequências;
- Padrão geral para a disciplina de integridade estrutural – aplicável a diversos ativos;
- Documento com abrangência global e referências normativas internacionais;
- Determinação das categorias de corrosividade ISO 12944;
- Desempenho mínimo do sistema de proteção à corrosão (durabilidade esperada e garantia);
- Requisitos de Projeto quanto Proteção à Corrosão (Revestimentos, materiais resistentes a corrosão, sobreespessura, Proteção Catódica, etc...);
- Requisitos de fabricação de estruturas metálicas;
- Requisitos de inspeção da estruturas e proteção anticorrosiva de pintura.



4. Normas e Padrões Normativos (PNR) Desdobramento dos PNRs:

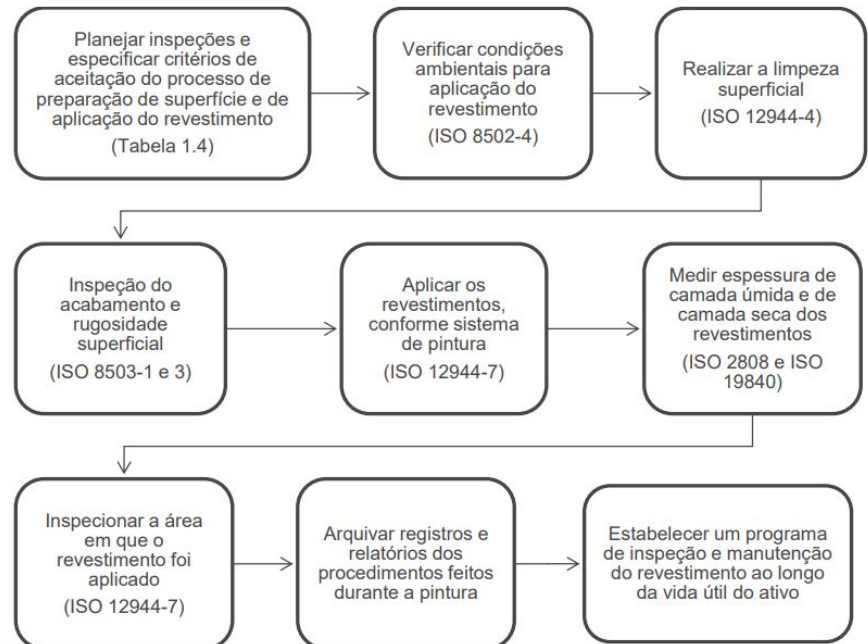


Figura 2 – Fluxograma para execução e inspeção da proteção anticorrosiva de pintura em uma estrutura nova.



4. Normas e Padrões Normativos (PNR) Desdobramento dos PNRs:

A partir da criação dos Padrões Normativos de Integridade Estrutural, houve a necessidade de realizar o desdobramento dos requisitos contidos no PNRs para os procedimentos de Proteção Anticorrosiva de Pintura e Integridade Estrutural. São eles:



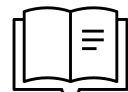
- **PGS-005273:** Proteção Anticorrosiva de Pintura para Equipamentos de Manuseio – Rev. 0 (2022).

Aplicação: Obras novas e Manutenção – Geral



- **EG-M-402:** Especificação Geral para tratamento de Superfície e Pintura de Proteção e Acabamento – Rev. 17 (2022).

Aplicação: Obras novas – Projetos de Capital.



- **PGS-003241:** Integridade Estrutural dos Ativos – Rev 11 (2021)

Aplicação: Obras novas e Manutenção – Geral



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Painéis com os corpos de prova (Vitória, São Luís e IPT) - Início do projeto.



Fertilizantes – Porto de Tubarão (Vitória - ES)



IPT-SP



Pier 3 - Porto de Ponta da Madeira (São Luis – MA)



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Painéis com os corpos de prova (Vitória, São Luís) - Final do projeto.



Fertilizantes – Porto de Tubarão (Vitória - ES)



Pier 3 - Porto de Ponta da Madeira (São Luis – MA)



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Comparação do desempenho dos diferentes tipos de proteção por site: Vitória, São Luís e IPT.



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Determinação das taxas de corrosão dos materiais e classificação da atmosfera, quanto à corrosividade (ISO 9223). Medição de perda de massa.

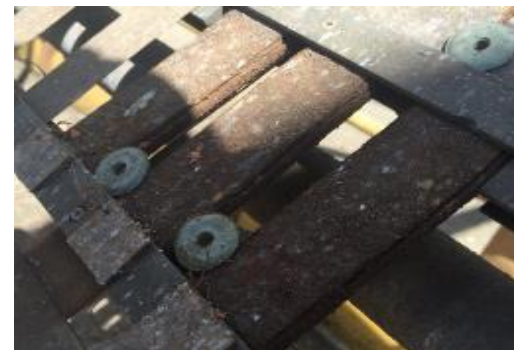
Local	Taxa de Corrosão ($\mu\text{m}/\text{ano}$)			Corrosividade após 12 meses
	Após 6 meses	Após 12 meses	Após 18 meses	
Vitória	830	816	654	> CX
São Luís	82	77	78	C4
IPT (Scab test)	125	94	83	C5



Vitória Novembro 2017



Vitória Setembro 2018



Vitória Janeiro 2019

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLOGICAS

VALE

ASTM G1 - Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens.

5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

Onde avançamos:

- *Levantamento dos principais microclimas de todos os sites (>50 microclimas mapeados);*
- *Expansão da abrangência do PGS de Portos para Ferrosos e Metais Básicos tanto para obras novas como manutenção (>150 sistemas de pintura especificados);*
- *Definição do microclima para condição de exposição/grupo de sistemas de pintura de acordo com a norma internacional ISO 12944.*
- *Novos sistemas de pintura de maior desempenho, produtividade, eco and user friendly, de acordo com a definição do microclima e atendendo a norma internacional ISO 12944 – Part 2.*
- *Definição de durabilidade esperada e garantia desejados para cada microclima e alinhados a diretriz dos PNRs 47/48.*
- *Revisão completa das normas de tintas Vale (Anexo) com atualização dos requisitos de desempenho com o que há de mais atual no mercado e atualização das respectivas normas internacionais de desempenho.*
- *Revisão completa do documento para atualização de normas, critérios de aceitação, controle de qualidade, preparação de superfície, rugosidade, etc...*



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

ISO 12944 Parte 2 – Classificação dos Ambientes

Atmosférico

C1 – Muito Baixo (Edif. Climatizado)

C2 – Baixo (Ambiente Rural)

C3 – Médio (Ambiente Urbano)

C4 – Alto (Ambiente Industrial)

C5 – Muito Alto (ind. Agressivo - Cubatão)

CX – Corrosividade Extrema (Offshore)

Imersão

Im 1 – Água

Im 2 – Água do Mar ou Água Salobra

Im 3 – Solo (aterramento)

Im 4 – Água do Mar ou Água Salobra com proteção catódica

Revisão nova

ISO 12944 Parte 5 – Sistemas de Pintura

Expectativa de Durabilidade: Expectativa de vida do sistema de revestimento até a primeira grande manutenção

- Baixo (L) até 7 anos
- Médio (M) 7 anos a 15 anos
- Alto (H) 15 anos a 25 anos
- Muito Alto (VH) mais de 25 anos



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

Tintas que contenham as substâncias abaixo foram proibidas e retiradas dos documentos normativos VALE:

- Substâncias à base de cromatos;
- Sulfatos (exceto sulfato de bário – barita);
- Derivados como molibdatos e Sulfocromatos de chumbo;
- Quaisquer outras substâncias que contenham chumbo e cromatos (Cromo VI);
- Pigmentos de Alcatrão de hulha e seus derivados.



Tintas priorizadas contendo as seguintes características:

- *Low-VOC*;
- Alto desempenho / alta espessura;
- Reduzido intervalo de repintura;
- Proporcionem redução do número de camadas no esquema de pintura;
- Proporcionem alta produtividade;
- *Surface Tolerant*;
- *Edge Retentive*.



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

Resumo				
Descrição				
VLA-A-BB-CC-D				
AA - Grupo BB - Categoria de Corrosividade CC - Preparação superficial D - Código Interno				
Grupo	Sistemas	Ambiente ISO 12944 parte 2	Expectativa de durabilidade ISO 12944 parte 5	Superfície
1	VL1-C3-Sa-J VL1-C3-Sa-R VL1-C3-Sa-A	C3	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e em áreas distantes do litoral (Ambiente C3).
2	VL2-C3-Sa-J VL2-C3-Sa-R VL2-C3-Sa-A	C3	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, em áreas distantes do litoral e com a presença de produtos químicos.
3	VL3-C4-Sa-J VL3-C4-Sa-R VL3-C4-Sa-A	C4	H	Substratos em aço patinável sujeitos a umidade e próximos ao litoral (névoa salina).
4	VL4-C4-Sa-J VL4-C4-Sa-R VL4-C4-Sa-A	C4	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e em áreas distantes do litoral tais como estruturas prediais.
5	VL5-C4-Sa-J VL5-C4-Sa-R VL5-C4-Sa-A	C4	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e em áreas distantes do litoral (Ambiente C4).

Grupo	Sistemas	Ambiente ISO 12944 parte 2	Expectativa de durabilidade ISO 12944 parte 5	Superfície
6	VL6-C4-Sa-R VL6-C4-Sa-X	C4	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, em áreas distantes do litoral e que trabalharão à temperatura de 90 °C a até 205 °C.
7	VL7-C4-Sa-J VL7-C4-Sa-R VL7-C4-Sa-A	C4	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, produtos químicos, abrasão e em áreas distantes do litoral.
8	VL8-C4-Sa-J VL8-C4-Sa-R VL8-C4-Sa-A	C4	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, produtos químicos e em áreas distantes do litoral.
9	VL9-C4-Sa-R VL9-C4-Sa-X	C4	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, produtos químicos e em áreas distantes do litoral e que trabalharão à temperatura de 90 °C a até 205 °C.
10	VL10-C4-Sa-J VL10-C4-Sa-R VL10-C4-Sa-A	C4	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e próximos ao litoral (névoa salina).
11	VL11-C4-Sa-J VL11-C4-Sa-R VL11-C4-Sa-A	C4	VH	Substratos em aço galvanizado sujeitos a umidade e próximos ao litoral (névoa salina).
12	VL12-C5-Sa-J VL12-C5-Sa-R VL12-C5-Sa-A VL12-C5-Sa-X	C5	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, produtos químicos e em áreas distantes do litoral.
13	VL13-C5-Sa-J VL13-C5-Sa-R VL13-C5-Sa-A VL13-C5-Sa-X	C5	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e em áreas distantes do litoral (Ambiente C5).
14	VL14-C5-Sa-J VL14-C5-Sa-R VL14-C5-Sa-A	C5	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e em áreas distantes do litoral tais como estruturas prediais e/ou dentro de prédios.
15	VL15-C5-Sa-J VL15-C5-Sa-R VL15-C5-Sa-A VL15-C5-Sa-X	C5	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e próximos ao litoral (névoa salina).

Grupo	Sistemas	Ambiente ISO 12944 parte 2	Expectativa de durabilidade ISO 12944 parte 5	Superfície
16	VL16-C5-Sa-J VL16-C5-Sa-R VL16-C5-Sa-A	C5	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e próximos ao litoral (névoa salina) tais como estruturas prediais e/ou dentro de prédios.
17	VL17-C5-Sa-R VL17-C5-Sa-X	C5	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, próximos ao litoral (névoa salina) e que trabalharão à temperatura de 90 °C a até 205 °C.
18	VL18-C5-Sa-J VL18-C5-Sa-R VL18-C5-Sa-A VL18-C5-Sa-X	C5	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, produtos químicos e próximos ao litoral (névoa salina).
19	VL19-C5-Sa-J VL19-C5-Sa-R VL19-C5-Sa-A	C5	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, produtos químicos e próximos ao litoral (névoa salina) tais como estruturas prediais e/ou dentro de prédios.
20	VL20-C5-Sa-J VL20-C5-Sa-R VL20-C5-Sa-A VL20-C5-Sa-X	C5	H	Substratos em aço microligado sujeitos a umidade, produtos químicos e próximos ao litoral (névoa salina).
21	VL21-C5-Sa-J VL21-C5-Sa-R VL21-C5-Sa-A	C5	M	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade, produtos químicos e em áreas distantes do litoral (Ambiente C5).
22	VL22-C5-Sa-J VL22-C5-Sa-R VL22-C5-Sa-A VL22-C5-Sa-X	C5	VH	Substratos em aço microligado sujeitos a umidade e próximos ao litoral (névoa salina).
23	VL23-CX-Sa-J VL23-CX-Sa-R VL23-CX-Sa-A	CX	VH	Substratos em aço galvanizado sujeitos a umidade, produtos químicos e próximos ao litoral (névoa salina).
24	VL24-Im2-Sa-J VL24-Im2-Sa-R VL24-Im2-Sa-A	Im2	H	Substratos em aço carbono sujeitos a umidade e em áreas distantes do litoral.



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

Com o intuito de se obter o maior desempenho possível para os sistemas de pintura especificados neste documento, é exigido o termo de garantia efetiva de desempenho mínimo conforme requisitos definidos abaixo:

- Deverá ser acordado entre a Vale ou representante delegado, aplicador e fabricante/fornecedor as responsabilidades de cada uma das partes para o estabelecimento da garantia efetiva;
- As garantias efetivas são especificadas abaixo de acordo com as expectativas de durabilidades esperadas conforme norma ISO 12944 parte 5:

(L) – Durabilidade Baixa: Expectativa de durabilidade de até 7 anos – Garantia efetiva mínima de 2 anos;

(M) – Durabilidade Média: Expectativa de durabilidade de 7 a 15 anos – Garantia efetiva mínima de 5 anos;

(H) – Durabilidade Alta: Expectativa de durabilidade de 15 a 25 anos – Garantia efetiva mínima de 8 anos;

(VH) – Durabilidade Muito Alta: Expectativa de durabilidade acima de 25 anos – Garantia efetiva mínima de 10 anos.

Garantia com prazos entre 1/4 e 1/3 da durabilidade prevista [AS/NZS 2312].



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

Anexo – Normas de Tintas Vale:

Tabela 18.1 – Tintas de Fundo e Intermediárias

Código	ESPECIFICAÇÃO
F05	Epóxi rico em zinco
F06	Etil silicato de zinco
F09	Epóxi sem solventes, tolerante a superfícies úmidas
F11	Massa Epóxi Poliamida para aplicação subaquática
F13	Epoxi de alta espessura
F14	Epóxi Pigmentada com Alumínio
F16	Epóxi Modificada de alto sólido
F17	Epóxi curada com poliamina
F18	Epóxi Novolac
F19	Epoxi pura Modificada
F20	Epóxi pura curada com poliamina
F22	Elastômero (Primer)
F23	Primer Promotor de aderência
F24	Epóxi Novolac para alta temperatura – Tipo I
F25	Epóxi Novolac para alta temperatura – Tipo II
F26	Epóxi fenólico/novolac curada com poliamina

Tabela 18.2 – Tintas de Acabamento

Código	ESPECIFICAÇÃO
A05	Poliuretano acrílico alifático
A06	Elastômero (Acabamento)
A07	Alumínio Silicone



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

Anexo – Normas de Tintas Vale:

EPÓXI RICO EM ZINCO				F05
Esta especificação fixa as características, verificáveis em laboratório, exigíveis para o <i>primer</i> epóxi rico em zinco, fornecido em dois componentes: Componente A, contendo a resina epóxi e o pó de zinco, e Componente B, contendo o agente de cura.				
REQUISITOS DO PRODUTO PRONTO PARA APLICAÇÃO (A+B)				
ENSAIOS	Esp. Seca (µm)	Requisitos		Norma / Método
		Mín.	Máx.	
Teor de sólidos em massa, (%)	-	80	-	ISO 3251
Teor de sólidos em volume, (%)	-	57	-	ISO 3233-1
Consistência, (UK)	-	60	125	ASTM D 562
Tempo de secagem ao toque, (h)	60 a 75	10 min	1	ASTM D 1640
Tempo de secagem completa, (h)	60 a 75	1	4	
Tempo de secagem para a repintura, (h)	60 a 75	1	4	
Tempo de vida útil da mistura, 25°C, (h)	-	4	-	NBR 15742
REQUISITOS DA PELÍCULA SECA				
Aderência (MPa)	60 a 75	7	-	ASTM D 4541 / ISO 4624
Resistência à névoa salina, (h)	120 a 140	1000	-	ISO 7253 / ISO 9227
Resistência à 100% de umidade relativa, (h)	120 a 140	1000	-	ASTM D 2247 ISO 6270-1
Potencial Eletroquímico, (mV)	65 a 75	Ver observação (3)		
OBSERVAÇÕES				
(1) Na preparação de superfície dos corpos-de-prova, por meio de jateamento abrasivo (Padrão Sa 2 1/2) para os ensaios de resistência, o perfil de ancoragem deve estar entre 30 e 50 µm. A espessura de película seca deve ser obtida com a aplicação de duas demãos. A espessura de tinta por demão deve ser de 65 a 75 µm. O tempo de cura, antes do início dos ensaios deve ser de no mínimo 7 dias.				
(2) Não deve haver pontos de corrosão nem formação de bolhas na película, depois de decorridos os tempos respectivos estabelecidos para os ensaios de resistência à névoa salina; resistência a umidade, nem penetração a partir da incisão, no ensaio de resistência à névoa salina.				
(3) Para o ensaio eletroquímico realizado no corpo de prova com falha intencional, não deve aparecer na falha, nenhuma corrosão do aço após 30 dias de ensaio, e o potencial medido em relação ao eletrodo de calomelano saturado, a 25 °C, deve ser mais negativo que - 850 mV. O potencial após 24 horas do início do ensaio deve ser mais negativo que -950 mV.				

EPÓXI MODIFICADA DE ALTO SÓLIDO				F16
Revestimento epóxi modificado de alto sólido, baixo VOC e dois componentes projetado para fornecer proteção de longo prazo em uma única aplicação (Tinta referência: Interzone 954).				
REQUISITOS DO PRODUTO PRONTO PARA APLICAÇÃO (A+B)				
ENSAIOS	Esp. Seca (µm)	Requisitos		Norma / Método
		Mín.	Máx.	
Teor de sólidos em volume, (%)	-	82	88	ISO 3233-1
Massa específica, (g/cm ³)	-	1,7	1,8	ASTM D 1475
Tempo de secagem ao toque, 25 °C (h)	250 a 500	4	-	ASTM D 1640
Tempo de secagem para repintura, 25 °C (h)	250 a 500	8	168	
Tempo de vida útil da mistura, 25 °C, (h)	-	1,5	-	NBR 15742
REQUISITOS DA PELÍCULA SECA				
Resistência à Tração, (MPa)	900	11	-	ASTM D2370
Resistência à Abrasão, (ciclos) ¹	500	1000	-	ASTM D 4060
Resistência à Névoa Salina, (h)	450	6000	-	ISO 7253
Resistência a imersão em água salgada, (ano) ²	500	1	-	ISO 2812
Aderência (MPa)	500	10	-	ASTM D 4541 / ISO 4624
Resistência ao Impacto, (J)	500	2,5	-	ASTM D2794
Ensaio Cíclico de corrosão, (h)	500	4200	-	ASTM D 5894
Ensaio de Descolamento Catódico, 30 dias, 23 °C (mm)	500	-	3	ASTM G8
OBSERVAÇÕES				
(1) Média de 88 mg de perda de massa utilizando-se rodas CS10 com carga de 1 kg.				
(2) Nenhuma alteração após 1 ano de ensaio.				

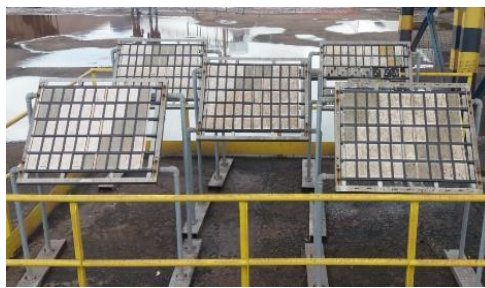
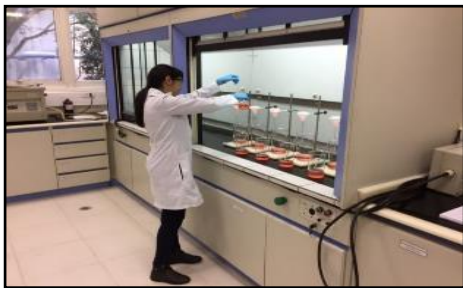


5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

Requisitos para criação de Normas de Tintas Vale:

- Comprovação de desempenho de tintas através de laudos de desempenho emitidos por laboratórios acreditados conforme a norma ISO/IEC 17025 ou emitido por entidade de terceira parte, reconhecida pelo INMETRO (Brasil) ou por entidade signatária "acreditada e/ou reconhecida" ou de "notória competência" no país de localização.
- Ensaios de laboratório + ensaios de campo na Vale (Estações de corpos de prova) que atendem no mínimo aos seguintes requisitos:



Ensaios	Características		
	IPT Sa 2½	Vitória Sa 2½	S. Luís St 3
Ensaio cíclico de corrosão (ISO 20340), h	4.200	4.200	4.200
Aderência à tração (ASTM D 4541, met. D)	✓	✓	✓
Imersão em produto químico, (NaCl 3,5 %), h	2.000	2.000	2.000
Imersão em água do mar (ISO 2812), h	2.000	2.000	2.000
Imersão em água destilada (ISO 2812), h	2.000	2.000	2.000
Célula atlas (ASTM C 868), à 40°C, h	1.500	1.500	1.500
Descolamento catódico (ASTM G 8)	✓	✓	✓



5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Desdobramento das diretrizes dos padrões normativos em Proteção Anticorrosiva de Pintura

- **Perfil de Rugosidade:**

De maneira geral o perfil de rugosidade deverá estar compreendido entre 70 e 100 μ m, exceto quando especificado outro valor no grupo de pintura.

- **Principais métodos de Preparação de Superfície adotados:**

- Limpeza Manual e Mecânica – Grau St3 (SSPC-SP-3 - *Power Tool Cleaning*);
- Limpeza por Jateamento Abrasivo ao Metal Quase Branco – Grau Sa2 ½ (SSPC-SP-10 - *Near-White Blast Cleaning*);
- Limpeza por Jateamento Abrasivo Úmido Comercial WAB-3 - Commercial WAB (SSPC-SP 6 (WAB)/NACE WAB-3 - *Commercial Wet Abrasive Blast Cleaning*).

- **Métodos de avaliação de aderência da película final:**

- Método de Corte em X: NBR 11003;
- Método de Tração (Pull-off-test): NBR 15877.

- **Principais Produtos adotados:**

- Tintas Epóxi;
- Poliuretano acrílico alifático;
- Elastômeros;
- Massa Epóxi.



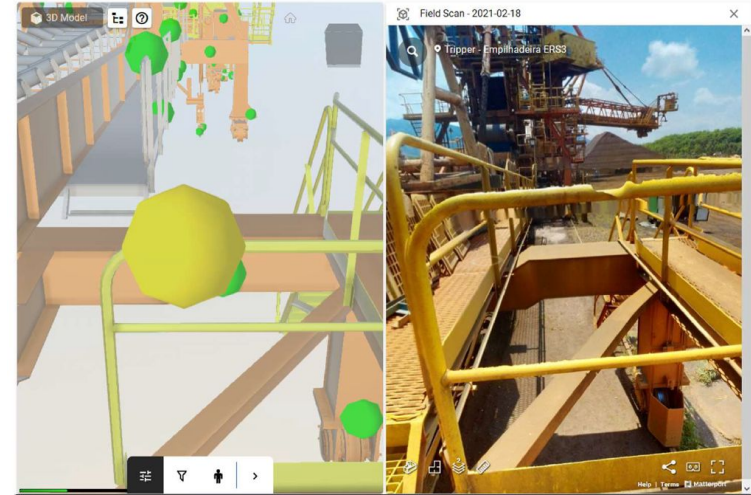
5. Desenvolvimento de Sistemas de Proteção Anticorrosiva de Pintura

Resultados Esperados

- Padronização do processo de Proteção Anticorrosiva de Pintura na Vale;
- Foco na manutenção preventiva de Integridade Estrutural;
- Incremento da Integridade Estrutural dos ativos;
- Obtenção do desempenho máximo que cada fornecedor pode oferecer em termos de PAC;
- Aumento da vida útil dos revestimentos;
- Aumento da produtividade na aplicação da PAC;
- Redução de custo com a otimização dos sistemas de pintura para condições específicas de exposição (microclimas);
- Redução de custo com a menor necessidade de recuperação de estruturas metálicas devido a corrosão;
- Aumento de disponibilidade dos ativos.



6. Projetos de Inovação



Software de Gestão de Integridade Estrutural:

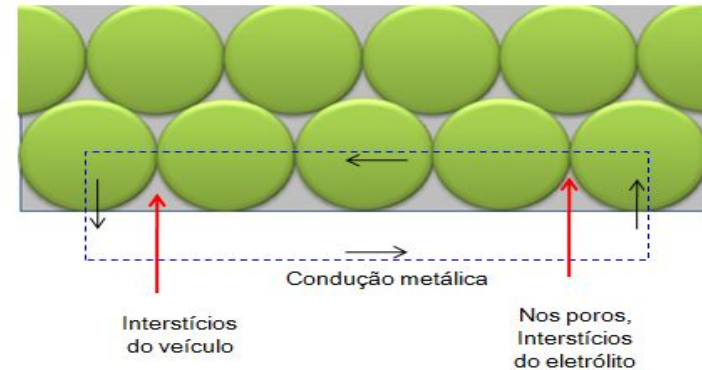
- Digital Twin;
- Inspeção por drones;
- Escaneamento por fotos e a laser;
- Reconhecimento de defeitos por imagem (IA);
- Inspeção Virtual;
- Customizados aos padrões normativos Vale;
- Elaboração de cenários orçamentários, etc.



6. Projetos de Inovação

Nova tecnologia em tinta epóxi rica em zinco modificada com micro ou nanopartículas condutoras

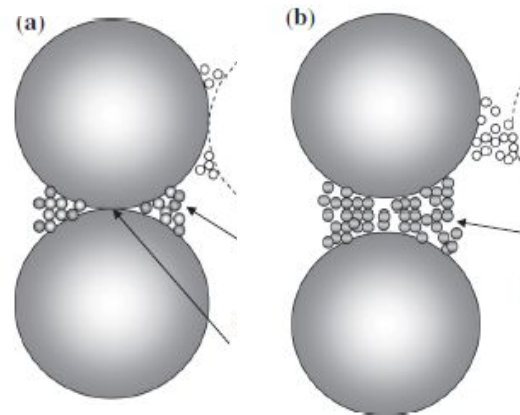
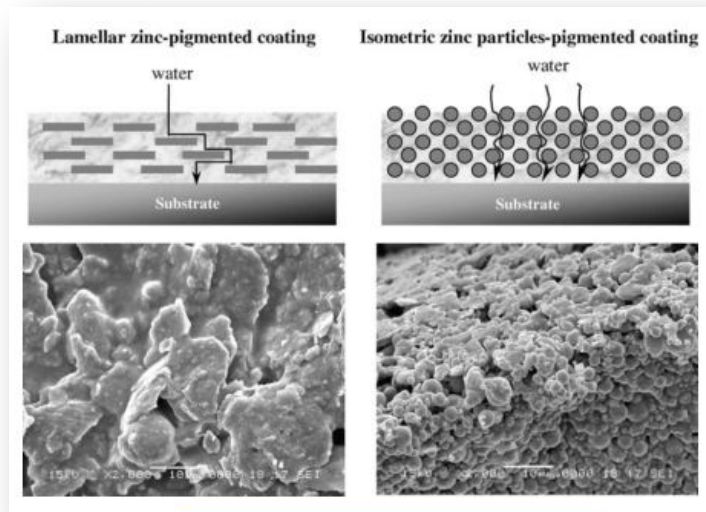
- para proteger catodicamente o substrato, é necessário que haja continuidade elétrica entre os pigmentos de zinco e entre estes e o substrato.
- para garantir uma boa aderência ao substrato e uma boa coesão da camada, deve haver uma quantidade mínima de resina que envolva os pigmentos. Quantidades elevadas de zinco aumentam a condutividade mas comprometem as propriedades mecânicas (coesão e adesão).



6. Projetos de Inovação

Nova tecnologia em tinta epóxi rica em zinco modificada com micro ou nanopartículas condutoras

DIMINUIR O TEOR DE ZINCO SEM COMPROMETER A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA TINTA



Muito obrigado!

Contato: Msc. Bernardo Rocha

E-mail: bernardo.rocha@vale.com

