



ICZ
Instituto de Metais
Não Ferrosos

GALVANIZAÇÃO NA MINERAÇÃO



Introdução

A indústria da mineração possui **investimentos** significativos em **infraestrutura**, na qual o aço desempenha um papel muito importante, pois está presente em diversas estruturas, como por exemplo:

- **Superfície** (suportes para tanques, pórticos para tubulações, esteiras transportadoras, chaminés, estruturas de armazenamento, escadas e trilhos).
- **Transporte** (estações de transferência de minério, trilhos móveis elétricos);
- **Poços e galerias** (escoras, artefatos de aço para estações e cavaletes);
- **Retenção** (suportes de teto, estribos para tubos);

Realizar **manutenção nessas estruturas pode ser complicado** devido ao **ambiente onde estão instaladas**, incluindo ambientes que apresentam constantes de gases corrosivos, ou mesmo pelo seu **acesso limitado**, como ocorre nos poços e galerias.

Portanto, um sistema de proteção para o aço que não necessite de manutenção, que seja duradouro e econômico deve ser especificado.

A GALVANIZAÇÃO PROPORCIONA AO AÇO

proteção **contra corrosão** e resistência à abrasão



Foto: Projeto Aripuanã – Nexa Resources



**Quem é o maior
consumidor de
aço no mundo?**



CORROSÃO
=
FERRUGEM

Corrosão

Tendência que os materiais têm de retornar ao seu estado natural, ou seja, o minério, no caso do aço.



A corrosão é um fenômeno que **depende do ambiente**, podendo ser mais agressiva em algumas áreas e menos agressiva em outras. A presença de **sais, gases, umidade associados a temperaturas altas e ventos** pode tornar um ambiente extremamente agressivo ao aço.

Cerca de **30% da produção mundial de ferro e aço é perdida com a corrosão**, pois os metais sempre tendem a voltar para o seu estado de menor energia (estado de maior estabilidade), como minério.

Custos com corrosão correspondem de 1 a 5% do PIB dos países.



Estimativa média do custo de corrosão:
3,4% do PIB global

PIB 2019 Br = R\$7,25 trilhões
~4% do PIB gastos em manutenção da corrosão
~R\$ 290 bilhões

Com a utilização de técnicas de **proteção contra corrosão**, estima-se que poderiam ser economizados cerca de **25% - R\$ 72 bi/ano**

Fonte: NACE International Report – IMPACT
<http://impact.nace.org/economic-impact.aspx>



Métodos de proteção de aço

Ligas com outros materiais:

- Aço inoxidável - cria uma camada de óxido de cromo;
- Aço corten - camada protetora de Ferro, Cobre e Fósforo.

Revestimentos protetores:

- Orgânico - Tintas e vernizes;
- Cerâmicos;
- **Metálico - Galvanização ou metalização.**

Métodos eletroquímicos:

- Proteção catódica por ânodos de sacrifício.



Corrosividade Atmosférica

O zinco possui um tempo de vida bastante prolongado. Os índices de corrosão do zinco dependem do local onde estão instaladas as estruturas de acordo com a categoria de corrosividade.

Categoria de corrosividade	Taxa média anual de corrosão do zinco ($\mu\text{m}/\text{ano}$)	Taxa média anual de corrosão do aço carbono ($\mu\text{m}/\text{ano}$)
C1 – Muito Baixa interior: seco	<0,1	<1,3
C2 – Baixa interior: condensação ocasional exterior: rural	0,1 a 0,7	1,3 a 25
C3 – Média interior: alta umidade, pouca poluição no ar exterior: interior urbano ou costa urbana	0,7 a 2,1	25 a 50
C4 – Alta interior: piscinas, plantas químicas exterior: interior industrial ou costa urbana	2,1 a 4,2	50 a 80
C5 – Muito Alta interior: edificações ou áreas com condensação quase que permanente e com alta poluição exterior: industrial com alta umidade ou alta salinidade costal	4,2 a 8,4	80 a 200
CX – Extrema interior: edificações ou áreas com condensação quase que permanente e com alta poluição exterior: área costeira e "offshore" com alta salinidade	8,4 a 25	>200



Fatores que determinam a Corrosividade Atmosférica de acordo com a ISO 9223:

- Humidade do ambiente;
- Concentração de cloreto;
- Concentração de dióxido de enxofre.

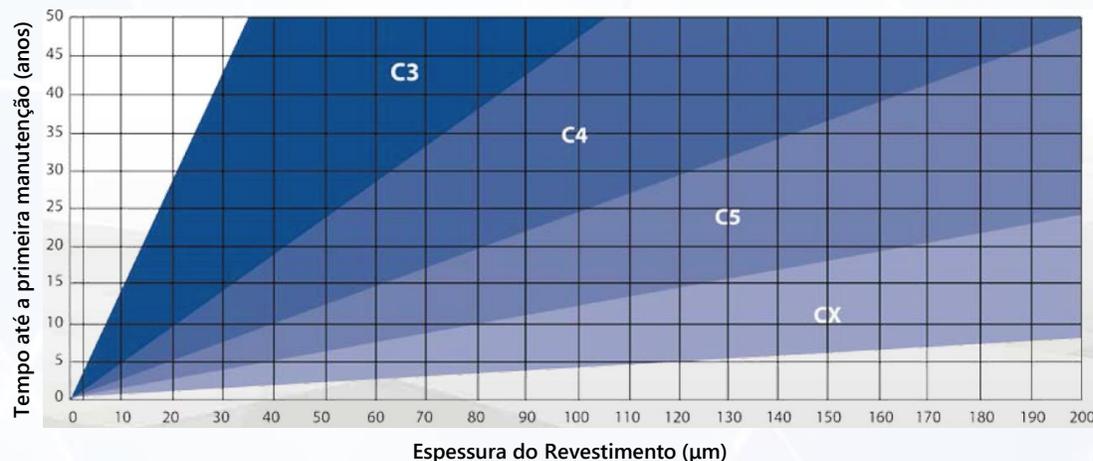
Estima-se que a **cada duas toneladas** de aço produzidas, **1 é para substituir** o aço corroído.

Corrosividade Atmosférica

A relação entre a espessura do revestimento galvanizado e o tempo estimado para se realizar uma manutenção é possível ver na tabela abaixo.

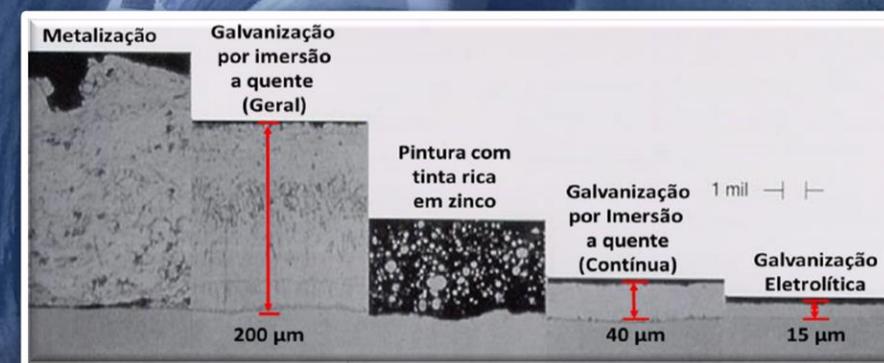
Sistema	Norma de Referência	Espessura Mínima (µm)	Categoria de Corrosividade			
			C3	C4	C5	CX
Galvanização a quente	ISO 1461	85	40/>100	20/40	10/20	3/10
		140	67/>100	33/67	17/33	6/17
		200	95/100	48/95	24/48	8/24
Chapa galvanizada a quente	EN 10346	20	10/29	5/10	2/5	1/2
		42	20/60	10/20	5/10	2/5
Chapa eletro depositada	ISO 2081	5	2/7	1/2	1/1	0/1
		25	12/36	6/12	3/6	1/3

Relação entre a espessura do revestimento galvanizado e o tempo estimado de vida útil.



Métodos de Combate à Corrosão

Existem diversos revestimentos disponíveis no mercado para a proteção contra corrosão:



Crítérios para definição do sistema adequado

- Tamanho da estrutura;
- Agressividade do ambiente que está inserido;
- Condições de acesso em caso de necessidade de manutenção;
- Durabilidade esperada.

Vamos conhecer
mais a respeito da
GALVANIZAÇÃO



Galvanização

O processo de **galvanização por imersão a quente**, também conhecido como galvanização a fogo, consiste na imersão de peças de aço ou de ferro fundido (de variados formatos, pesos e complexidades) **em um banho de zinco fundido a 450°C**, garantindo ao aço maior proteção contra a corrosão.

O rápido ataque da superfície do aço pelo zinco fundido produz uma **camada composta por diferentes ligas ferro-zinco**, esta união é chamada **interação metalúrgica**. Após a remoção da estrutura do banho de zinco fundido, além da camada intermetálica, é formada uma camada de zinco puro na superfície.

Tipos de Galvanização

Eletrolítica (3% do mercado)

Imersão a Quente (97% do mercado), podendo ser contínua ou geral/batelada

Galvanização por **Imersão a Quente** no mercado é conhecida por:

Zincagem por imersão a quente

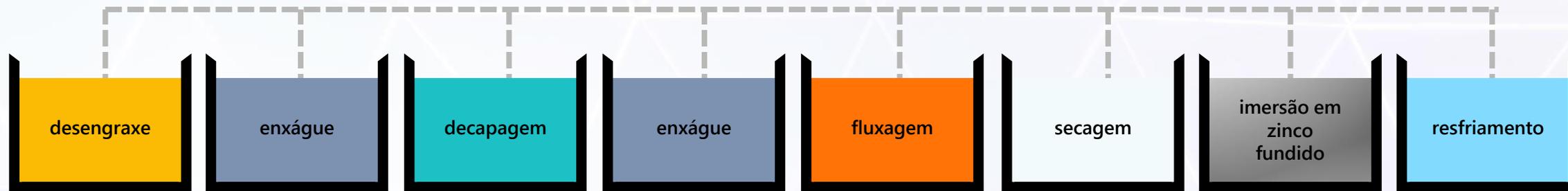
Zincagem a fogo

Galvanização a fogo



Galvanização

Por imersão a quente > Etapas do Processo por Batelada

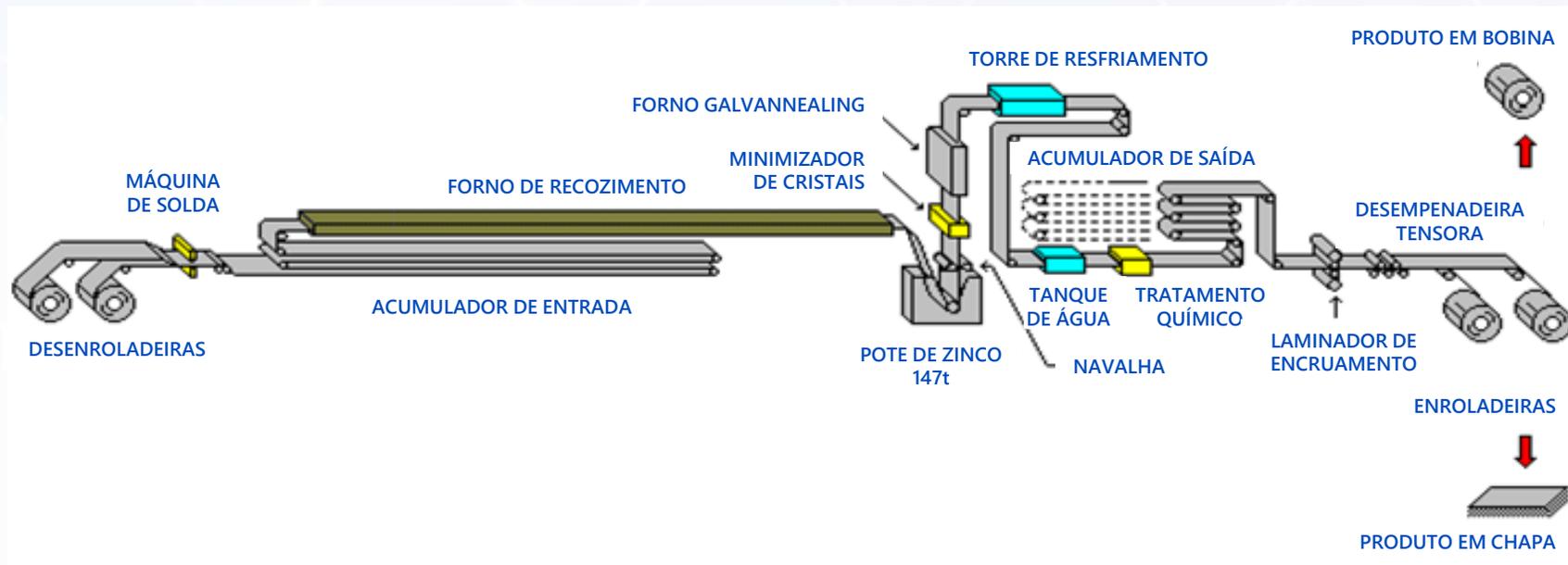


Por este processo, são galvanizadas peças de aço prontas ou pré-prontas, limitadas em tamanho pelo comprimento da cuba de Zinco.

Ocorre a formação de uma ligação metalúrgica que garante forte aderência do revestimento de zinco, o qual é superior se comparada outras formas de revestimento, como a tinta.

Galvanização

Por imersão a quente > Etapas do Processo Contínuo



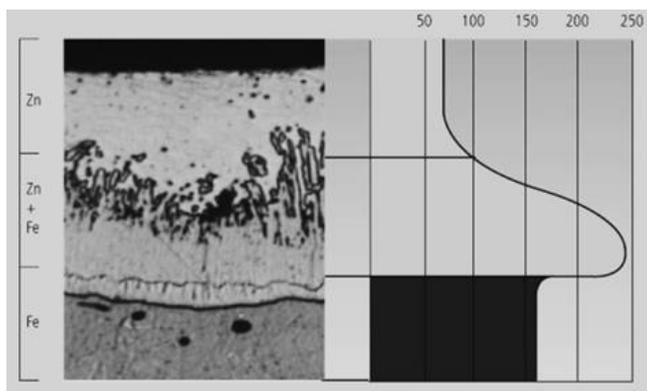
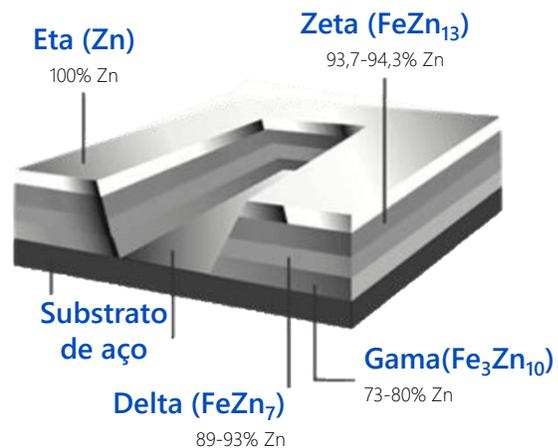
O processo é basicamente o mesmo, mas opera de forma contínua. Uma bobina de aço é desenrolada e passa por todo o processo de limpeza e galvanização. Ao final do processo é bobinada novamente.

Galvanização

Dupla proteção contra a corrosão

Proteção por Barreira

A camada de zinco isola o substrato de aço, protegendo do contato com o meio exposto.



Dureza Vickers

Microsecção da camada galvanizada por imersão a quente, mostrando as variações da rigidez do revestimento. As ligas de zinco-ferro são mais rígidas do que a base de aço.



Galvanização



Processo de Cicatrização

1. Forma-se uma célula galvânica;
2. O zinco ao redor do ponto danificado se oxida, sacrificando-se;
3. O produto desta corrosão precipita sobre a falha, protegendo a região;
4. O aço mantém-se protegido por ser mais eletronegativo que o zinco.

Proteção Catódica

O zinco sofre corrosão preferencial ao aço e sacrifica-se para protegê-lo.

O Zinco é menos nobre que o aço, ferro fundido



ANÓDICO (mais susceptível à corrosão)

Magnésio e suas ligas

→ Zinco

Aço galvanizado

Cádmio

Ferro Fundido

Chumbo

Latões

Bronzes

Cobre

Aço inoxidável, tipo 410

Aço inoxidável, tipo 304

Aço inoxidável, tipo 316

Titânio

CATÓDICO (mais resistente à corrosão)



Precisa de mais proteção?

Sistema Duplex

Os sistema duplex promove uma vida útil superior à simples soma da vida útil do galvanizado + vida útil da pintura. A **vida útil é de 1,5 a 2,7 vezes maior** que essa soma.

COMO CALCULAR

Duplex = Fator Sinérgico (Zinco + Pintura)

Exemplo:

Pintura = 10 anos

Galvanização = 40 anos

Sistema Duplex = 75 anos (1,5 vezes)

Fator Sinérgico	Classificação	
Mineração	1,5	2
Marítimo (imersão)	1,5	1,6
Clima não agressivo	2	2,7



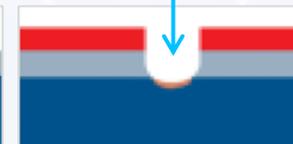
Pintura sobre aço galvanizado



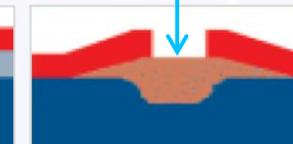
Pintura sobre aço não galvanizado



Galvanizado



Galvanizado + Pintura



Pintura

Corrosão Zinco
60 g/m²/ano
8 µm/ano

Corrosão Aço:
1500 g/m²/ano
200 µm/ano

Processo Normatizado

ABNT NBR 6323: Galvanização de aço ou ferro fundido – especificação.

ABNT NBR 7414: Galvanização de produto de aços ou ferro fundido por imersão a quente – terminologia.

ABNT NBR 16.300: Galvanização de barras de aço para armadura concreto armado.

No Brasil temos
+de 20 normas ABNT
registradas para a
galvanização



Processo Normatizado

Aplicações normatizadas de Sistema Duplex: Placas de sinalização viária (NBR 11904) e pórticos de rodovias (NBR 14428).

ABNT NBR 9209: Preparação de superfícies para pintura – Processo de fosfatização – Procedimento (para aços carbono e aços galvanizados).

ABNT NBR 10253: Preparo de superfície de aço carbono zincado para aplicação de sistemas de pintura – Procedimento.

ABNT NBR 11297: Execução de sistema de pintura para estruturas e equipamentos de aço carbono zincado – Procedimento.

PETROBRAS N – 1021: Pintura de superfícies galvanizadas, ligas ferrosas e não ferrosas, materiais compósitos e poliméricos.



Galvanização & Sustentabilidade

O zinco é parte integral do meio ambiente, naturalmente presente em rochas, no solo, na água e no ar. Os revestimentos de zinco aumentam significativamente a durabilidade e o ciclo de vida de produtos de aço e, assim como o aço, o **zinco é 100% reciclável**, conservando recursos naturais valiosos e resultando numa diminuição de gastos para as futuras gerações.



**+ sustentável
- manutenções**



Galvanização & Mineração

Os **ambientes da indústria mineradora** podem ser agressivos e as demandas impostas para o aço são muitas vezes extremas, o que **sujeita o aço a um esforço máximo**. Tais condições incluem:

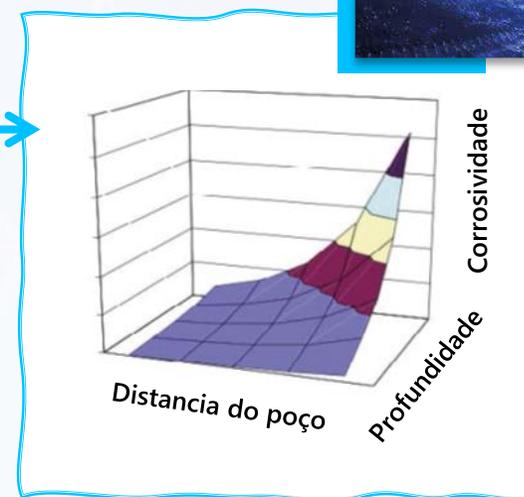
- **Imersão total em água**
- **Condições de abrasão e impacto**
- **Umidade de longo prazo em superfícies**
- **Temperaturas elevadas**
- **Acidez e alcalinidade**

Os principais ambientes são subterrâneos, para beneficiamento de minerais na superfície e/ou de transporte.

Quando subterrâneos, à medida que aumenta a profundidade e a distância do poço em direção à área de trabalho, a gravidade da corrosão e a incidência de danos mecânicos aumenta significativamente.

Por isso, a **galvanização por imersão a quente** é extremamente recomendada para os projetos de mineração, além de possuir um histórico de sucesso na proteção contra corrosão do aço desses ambientes.

Se utilizar o sistema duplex será possível melhorar ainda mais essa performance!



Fonte: IZA - International Zinc Association



Projetos de sucesso

Conheça alguns
projetos de
mineração
nacionais que
utilizaram a
galvanização



**Projeto Aripuanã – Nexa
Resources**

Obras iniciada em 2019 e o startup
previsto para 2022-2023.

Case Aripuanã

Planta de mineração da Nexa Resources

O case de Aripuanã está localizado no Mato Grosso e o seu objetivo é a **mineração de zinco e cobre**. O início das obras aconteceu em 2019 e o startup para a produção de zinco está previsto para 2021-2022.

A Nexa está buscando incorporar o que há de mais **moderno em tecnologia** e **excelência operacional** neste projeto, além da **visão de sustentabilidade** em todos os processos. Eles possuem uma meta de reutilização de 100% da água, a construção de depósito de rejeitos a seco, foco na cocriação de um legado para a comunidade e o uso da **galvanização nas estruturas em aço do projeto**.

O projeto possuirá uma mina subterrânea, instalações de apoio operacional e administrativo e uma usina de beneficiamento do minério polimetálico para a produção concentrados de zinco, de chumbo e de cobre.

Case Aripuanã

Planta de mineração da Nexa Resources

Projeto foi 100% adequado para ser galvanizado, um exemplo disso é que foram substituídas as estruturas soldadas, por fixadas com parafusos também galvanizados.

O QUE SERÁ GALVANIZADO

Estruturas metálicas da construção dos prédios da usina de beneficiamento, dos pipe-racks, do almoxarifado, da oficina de equipamentos móveis, depósitos e a estrutura das correias transportadoras.

Serão utilizados
~3.100 toneladas de
estruturas metálicas
galvanizadas no
projeto

Case Aripuanã

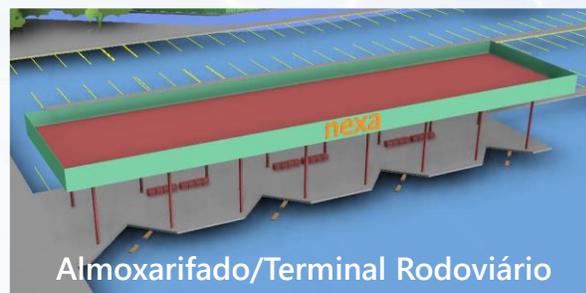
Planta de mineração da Nexa Resources

A galvanização das estruturas metálicas dos transportadores de correia compreende: longarinas, treliças, apoios, articulações, travessas de passadiços, cavaletes de roletes, suportes de tambores e das casas de transferência.

Exemplos do projeto:



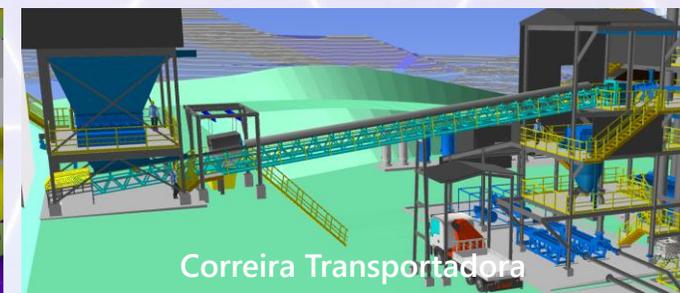
Pipe Rack / Cable Rack



Almoarifado/Terminal Rodoviário



Oficina de Equipamentos Móveis



Correia Transportadora

Fonte: Apresentação SNC Lavalin no WKS de Galvanização 2019 e Documento Nexa de contratação da correia transportadora

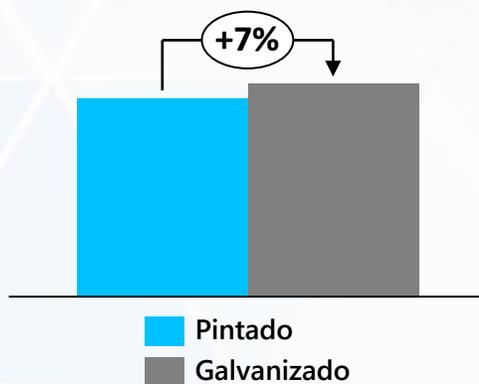


Case Aripuanã

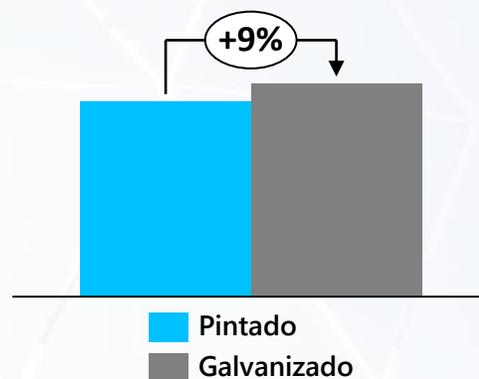
Planta de mineração da Nexa Resources

Quando comparados os custos da galvanização com os da pintura, cotados por diferentes empresas, temos em média:

Estruturas Metálicas



Correia Transportadora



Por buscar a **excelência operacional** ao longo dos anos, diminuição das **paradas para manutenção** e **despesas com corrosão**, o projeto adotou a utilização da galvanização.

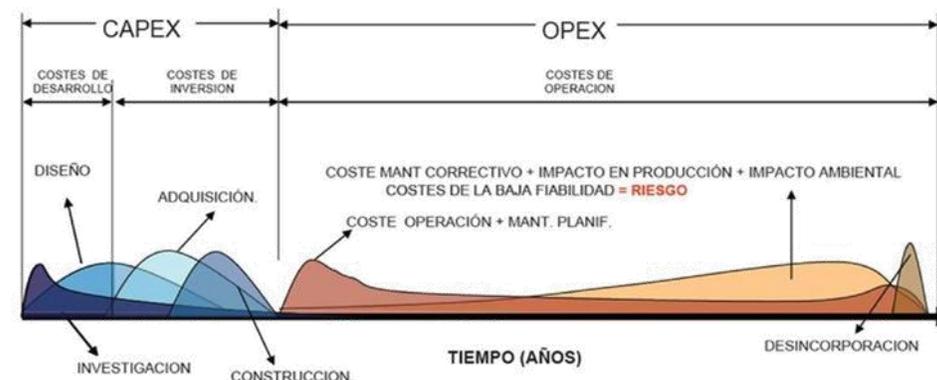
Fonte: Equipe de CAPEX e Engenharia Nexa

Case Aripuanã

Planta de mineração da Nexa Resources

Conceito do custo do ciclo de vida

- A sustentabilidade se concentra em ter o olho no futuro. Portanto, evite se preocupar com o presente e considere apenas os custos correntes, adote uma mais progressiva que inclua a análise dos custos de longo prazo.
- Avaliar o custo de um projeto ao longo da sua vida útil garante maior estabilidade econômica para as gerações futuras.
- No setor da construção, utiliza-se principalmente a "Análise de Custo do Ciclo de Vida" (LCCA), que é um método de avaliação comparativa que permite determinar o "custo real" das alternativas de projeto de uma obra.



$$LCC_{VPN} = \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1 + TED)^n}$$

$$LCC = C_I + C_{E\&A} + C_{OM\&R} + C_R + C_O + C_{EX.MA} - VR$$

Onde:

N = horizonte da análise (em anos)

C_n = custo do ciclo de vida executado no período n

n = período (ano) de execução de custos C_n

TED = taxa de desconto efetiva

Onde:

C_I = custos iniciais (compra, aquisição e construção)

C_{E&A} = custos de despesas operacionais de energia, água e outras utilidades

C_{OM&R} = operação, manutenção e custos de reparo

C_R = custos de reposição de capital

C_O = outros custos (impostos financeiros ou especiais)

C_{EX.MA} = custos de externalidades ambientais

VR = valor residual ou remanescente da infraestrutura no final do período de estudo

Case Aripuanã

Planta de mineração da Nexa Resources

Análise financeira

- **Custos diretos** (iniciais e de manutenção);
- **Custos indiretos** (facilidade de acesso e tempos de deslocamento até o local de execução do projeto, perda de produtividade durante a manutenção, etc);
- Alguns estudos mostram que os **custos indiretos** são, geralmente, **de 5 a 11 vezes mais onerosos** que o custo de manutenção direta no total;
- Para **sistemas de pintura** e revestimentos industriais de **alto rendimento**:
 - ✓ O **material** (sistemas de pintura/revestimento disponível);
 - ✓ O **número de revestimentos** necessários para enfrentar o meio ambiente;
 - ✓ O **método de limpeza** da superfície;
 - ✓ Se necessário, um **ambiente coberto** para permitir o processo de aderência.

Custo do Ciclo de Vida (LCC) e Custo Equivalente Anual Médio (AEAC) de diferentes sistemas de proteção contra corrosão



Sistema de Revestimento	Custo do Ciclo de Vida (LCC)		
	US\$/pie ¹	Total US\$	AEAC US\$/pie ¹
Galvanização a quente	4,17	208.500	0,10
Sistema Duplex (galvanização, pintura epóxi, poliuretano)	22,45	1.122.500	0,58
Pintura rica em zinco, epóxi	35,91	1.795.500	0,93
Pintura rica em zinco, epóxi, poliuretano	38,26	1.913.000	0,99
Pintura epóxi	38,31	1.915.500	0,99
Pintura epóxi, poliuretano	51,90	2.595.000	1,34
Metalização com zinco e selador	60,99	3.049.500	1,58

- **Nota:** 75 anos de vida útil do projeto • C3: Categoria de corrosividade media • Mistura típica de tamanhos e formas (250ft²/ton • 50.000 ft² de projeto / 40 toneladas • 3% de inflação, 2% de juros.
- **(1)** Além do custo total do ciclo de vida, alguns especificadores preferem olhar para o custo equivalente médio anual (AEAC), que converte todo o fluxo de custo atual e futuro para um valor presente (isto é, pega VPL (LCC) e distribui a soma em quantidades iguais ao longo da vida da estrutura).

Case Aripuanã

Planta de mineração da
Nexa Resources

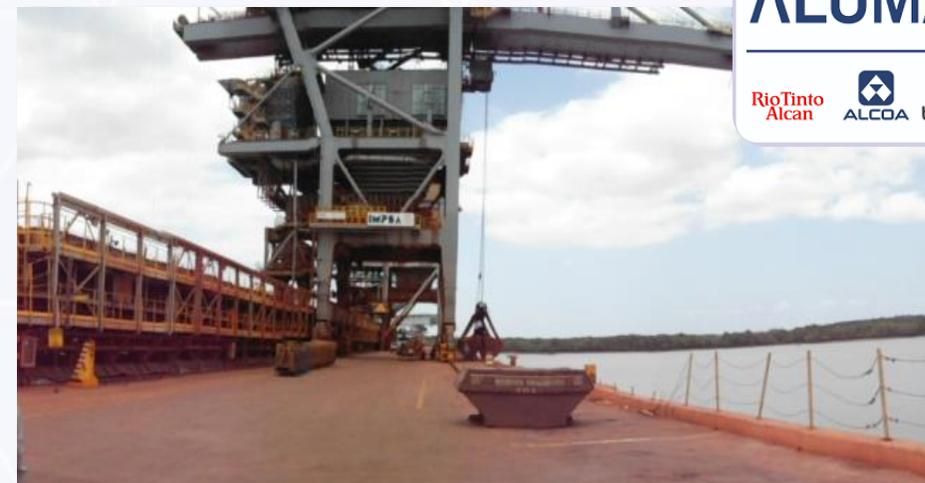


Case Alumar/Alcoa

Consórcio de Alumínio do Maranhão

Sobre Alumar

- Consórcio entre Alcoa, BHP Billiton e Rio Tinto Alcan;
- Fundada em julho de 1984;
- Localizada na Baía de São Marcos - São Luis/Ma;
- Produção de alumínio primário e alumina;
- Embarque do excedente da produção de alumina e desembarque de matérias primas e insumos utilizados na produção do alumínio:
 - bauxita;
 - carvão coque;
 - piche;
 - soda cáustica;
 - óleo combustível.



Case Alumar/Alcoa

Consórcio de Alumínio do Maranhão

- Ambiente: C5 – ambiente externo (industrial c/alta umidade ou salinidade costal);
- Todas as correias transportadoras de alumina, que são de fabricação recente (2007 e 2010), foram fabricadas com aço galvanizado. As demais, que foram construídas originariamente em aço sem proteção, estão sendo substituídas gradativamente por aço galvanizado.



Case Alumar/Alcoa

Consórcio de Alumínio do Maranhão

GALVANIZADO

- Estrutura (vigas horizontais, vigas verticais)
- Eletrodutos
- Eletrocalhas
- Suporte dos roletes
- Fixadores
- Telhados
- Portas de inspeção
- Grades de piso
- Guarda corpo (galvanizado e pintado de amarelo).



Inspeção realizada em 2012

Linha de transporte
de carvão,
construída em 2007
– ambiente C5



Case Alumar/Alcoa

Consórcio de Alumínio do Maranhão

O que não foi galvanizado originalmente, está sendo substituído conforme a necessidade



Corrosão da viga, em região tensionada, resultando em trincas. Escoramento (indicado nas setas) até substituição



Extremidade da correia, próximo ao embarque e desembarque dos navios



Chapas de piso – Correia Transportadora de Bauxita

Case Alumar/Alcoa

Consórcio de Alumínio do Maranhão

Em 2012 foi realizada inspeção em vários pontos de 6 locais diferentes das correias, avaliado o pH do ambiente, temperatura, umidade do ar e espessura da estrutura.



Além das correias transportadoras, a ALUMAR utiliza o aço galvanizado em:

- Estruturas das edificações fabris e depósitos;
- Estruturas dos elevadores de canecas;
- Estruturas de silos;
- Redes de transmissão de energia;
- Estruturas de equipamentos;
- Pipe racks.



“A **utilização do aço galvanizado** na estruturação de seus equipamentos, para o tipo de atividade e ambiente (agressivo), proporciona a **melhor relação de custo benefício**, resultando em receita para expansão do empreendimento”

Alumar

Case Vale

Porto de Tubarão - ES

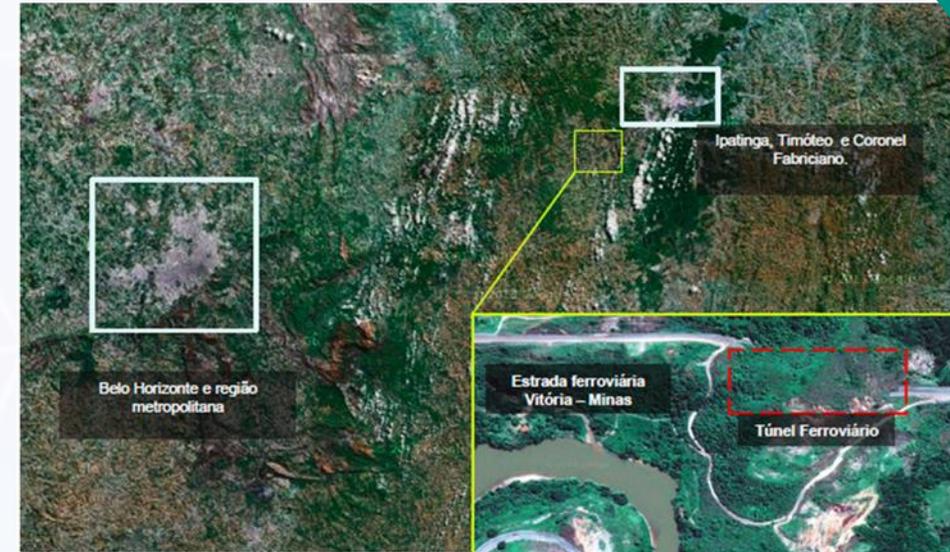
- **Peso total: 80 toneladas**
- **Ano: 2012**
- **Ambiente: C5 – ambiente externo (industrial c/alta umidade ou alta)**
- **A estrada de Ferro Vitória-Minas é uma das principais estradas de Ferro do Brasil, 905 Km do interior de Minas Gerais ao Porto de Tubarão, no Espírito Santo**
- **Cargas:**
 - Minério de ferro
 - Carvão
 - Produtos agrícolas
 - Passageiros (1 milhão de pessoas/ano)



Case Vale

Porto de Tubarão - ES

- Uma das aplicações de dormente metálico galvanizado esta localizado entre Ipatinga e Belo Horizonte.
- O alto custo de detenção da rede ferroviária Vitória-Minas, US\$ 8.000 por hora e a corrosão severa dos dormentes dentro dos 45 túneis que possui, motivou na Vale medidas para aumentar a vida útil dos dormentes metálicos, que hoje encontram-se sem nenhum tipo de proteção.
- As regiões por onde cruza a ferrovia possui trechos de difícil acesso submetidos a criticidade dos túneis com erosão e umidade.





Case FAFEN/SE

Petrobrás

- Peso total: 250 toneladas
- Ano: 2007
- Ambiente: C5 – ambiente externo (industrial c/alta umidade ou salinidade costal)





Sem galvanização



Galvanizado + Pintura = Sistema Duplex (425µm)

Case FAFEN/SE

Petrobrás

Qual ano foi feita essa
inspeção?

Alguma consideração
especial do cliente/obra?



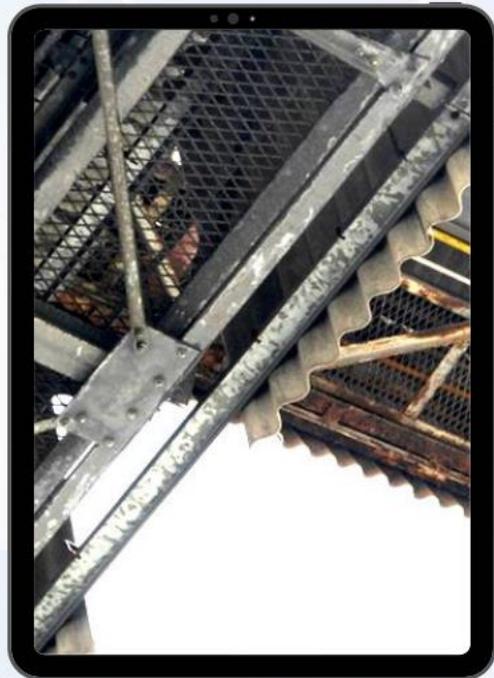
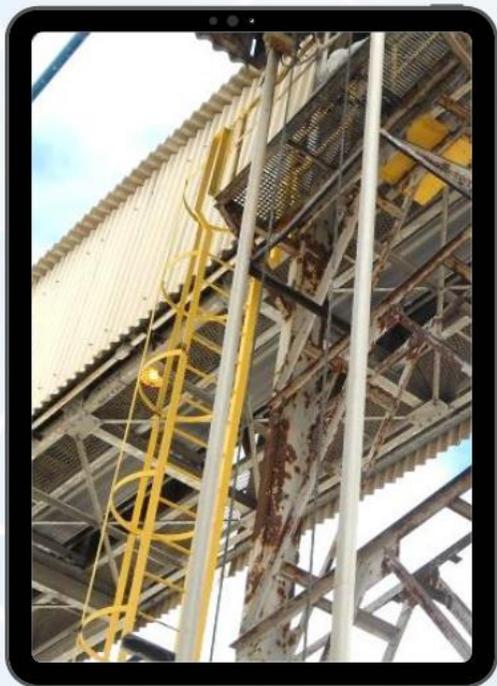
Galvanizado



Galvanizado (121µm)

Case FAFEN/SE

Petrobrás





Projetos de sucesso

Conheça alguns
projetos de
mineração
internacionais
que utilizaram a
galvanização



Interacid Chile
Terminal Marítimo para Entrada
de Ácido Sulfúrico e Petróleo

Mina de Carvão Goedehoop

Exxaro - Local: África do Sul - Ambiente de Superfície: CX

A Mina de Carvão Goedehoop foi aberta na década de 80 do século XX. Na metade dos anos 90, a mina foi expandida diversas vezes, incluindo aumento das instalações de lavagem e do sistema de transportadora para fornecimento de materiais.

Inspeções das instalações já existentes revelou danos extensos nos revestimentos de tinta. A manutenção de revestimento nestas aplicações é quase impossível a menos que todas as operações sejam interrompidas.

Considerando a dificuldade de acesso e condições climáticas extremas, o revestimento recomendado para a expansão das instalações de lavagem era um sistema "duplex", composto por uma camada única de sistema de epóxi com alta resistência, isto é, sem aplicação de primer, sobre uma superfície galvanizada por imersão a quente e jateada. O revestimento de epóxi foi aplicado nas instalações do galvanizador.

Após 10 anos, uma inspeção revelou que o revestimento duplex se encontrava em condições excepcionais, tanto que o revestimento orgânico precisou ser danificado intencionalmente para verificar a aderência do revestimento orgânico e as condições gerais do revestimento galvanizado por imersão a quente subjacente.



Estrutura de aço na Mina de Carvão Goedehoop



Cortes transversais mostraram que a aderência do revestimento estava em boas condições



Espessura de revestimento galvanizado por imersão a quente (tinta removida)



Espessura total de revestimento duplex

Mina Moma

Kenmare Reso - Local: Moçambique - Ambiente de Superfície: C4/C5

Em Moma, localiza-se o maior depósito mineral de titânio do mundo, localizado na costa de Moçambique, ao norte de Beira. O projeto abarcava o design, a fabricação de aço off-site e galvanização por imersão a quente, seguido pelas logísticas de carregamento, transporte marítimo de toda a instalação do projeto, transbordo por meio de balsa até a praia, reboque por terra cobrindo uma distância de 3 a 4 km até os locais que faziam parte do escopo do projeto. O projeto exigia um planejamento integrado de logística e coordenação de todos os regimes de abastecimento. Antes deste projeto, não existiam infraestruturas ou instalações formais.

As condições corrosivas encontradas neste local remoto podem ser classificadas como C4-C5, um nível bastante alto de acordo com a norma ISO 9223. O índice de corrosão estimado do zinco era de aproximadamente 2 a 3 μm por ano neste ambiente. Como resultado, o aço para estruturas galvanizado por imersão a quente terá um tempo de serviço livre de manutenções com duração aproximada de 30 anos.



Visão aérea das instalações de processamento



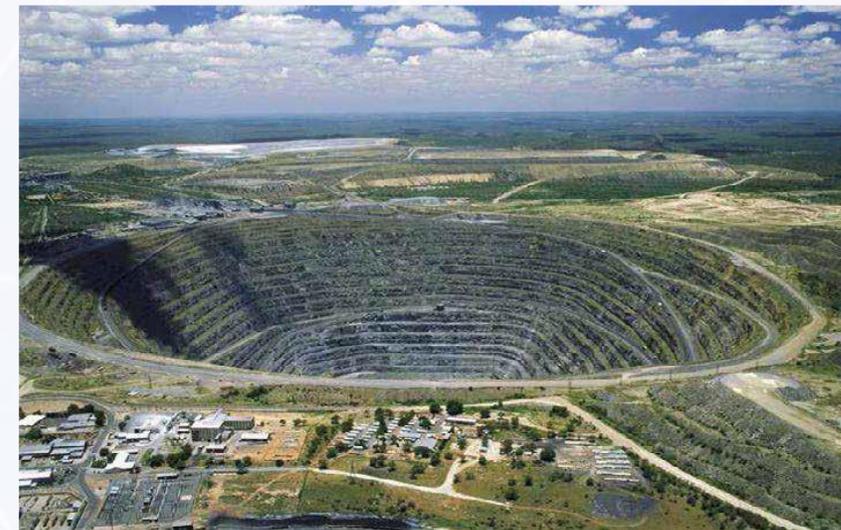
Instalações de concentrador de líquidos e drenos em operação à noite

Mina de Cobre Phalaborwa

Rio Tinto - Local: Moçambique - Ambiente de Superfície: C1-C2; CX em áreas específicas

As condições atmosféricas gerais da Mina de Cobre Phalaborwa são secas e apresentam quantidade substancial de poeira, o que aparentemente seria um ambiente C1 ou C2. No entanto, foi confirmado que existem condições climáticas agressivas nas instalações para zircônia e ácidos, onde diversos materiais corrosivos, incluindo ácido sulfúrico eram produzidos, criando um ambiente CX.

Uma inspeção realizada em 2005 das escadas de cabo de aço, instaladas na década de 80, revelou que o sistema em pó "duplex" de epóxi ainda estava em boas condições. Ao realizar um corte transversal no revestimento para verificar a aderência de tinta, o revestimento permaneceu intacto, apesar das tentativas de removê-lo na área onde o corte transversal foi feito. No entanto, diversos tipos de revestimento em componentes situados no local estão em processo de degradação. No momento da inspeção, as escadas de cabo de aço não estavam mais em uso pois a construção foi considerada supérflua.



Mina de cobre Phalaborwa, a céu aberto



Escadas de cabo de aço in loco na Estação de Transferência N° 1, considerada supérflua



Indicação de espessura total de revestimento sobre barra lateral limpa da escada de cabo de aço



Revestimento em pó exposto, sujeito a um ensaio de aderência por corte transversal

Projeto de Expansão de Worsley - Alumina

BHP Billiton - Local: Austrália

A Refinaria de Alumina Worsley está localizada na Austrália Ocidental, em operação desde 1984. No início do século XXI, o projeto de joint venture para extensão da Worsley foi estabelecido, para aumentar a capacidade da refinaria de 1,88 milhões de toneladas por ano (mtpa) para 3,1 milhões de mtpa, considerando uma duração mínima de projeto. Por questões de precaução, os produtos químicos utilizados no processamento de alumina e revestimentos metálicos foram evitados. No entanto, visto que itens galvanizados já presentes nas instalações apresentavam um excelente tempo de serviço, como bandejas de cabos e outros itens auxiliares de aço, a situação foi reanalisada. Foram encontrados pontos valiosos e positivos na capacidade de manuseio do aço galvanizado, na imunidade à radiação solar (UV), proteção de arestas afiadas, além de outras características complementares à capacidade do aço.

Fornecimentos realizados de maneira precisa e oportuna foram essenciais para cumprir com as exigentes demandas do projeto. Oito mil toneladas de aço para estruturas foram entregues dentro de um período de 12 meses. A galvanização por imersão a quente proporcionou ajuda significativa para:

- Cumprir prazos apertados: o aço está pronto para construções, sem necessidade de pinturas realizadas in loco
- Melhorar a qualidade do sistema: fornece estruturas duráveis
- Melhorar o controle de projetos: não é necessária pintura in loco
- Permitir exibibilidade de contratos: o aço pode ser galvanizado fora do local de aplicação em diversos locais
- Reduzir riscos: o revestimento galvanizado é muito mais resistente a danos causados por transporte e montagem do que tintas.



Refinaria de Alumina Worsley

Refinaria de Alumina Pinjarra

Alcoa - Local: Austrália

A Refinaria de Alumina Pinjarra da Alcoa, localizada a cerca de 90 quilômetros ao sul de Perth, na Austrália Ocidental, foi renovada em 2004 para aumentar a produção de alumina em 660.000 toneladas por ano. O uso significativo de aço para estruturas exigiu uma boa proteção contra corrosão.

A galvanização por imersão a quente proporcionou eficiência significativa, tanto em termos de custo quanto de tempo. Os limites de pH precisaram ser considerados com cautela, por conta de todos os materiais de revestimento. Devido a melhorias no processo e design, os níveis de pH foram reduzidos a limites aceitáveis de alcalinidade, especialmente devido ao fato de que o zinco é menos afetado por soluções cáusticas moderadas e não é propenso a degradações severas (e muitas vezes catastróficas).

O uso de componentes de aço de tamanho similar fez com que o processo de galvanização se tornasse menos complicado para o galvanizador.

O projeto foi administrado por Hatch, que registrou as seguintes vantagens da utilização de aço galvanizado:

- Revestimento sem danos na entrega e durante instalação
- Ocupação reduzida do local
- Sem atrasos devido a intempéries
- Imunidade a ações severas de raios UV



Componentes de
aço galvanizado
para estruturas

Refinaria de Alumina Pinjarra

Planta de Beneficiamento da Mina Sishen

Kumba Iron Ore/Anglo American - Local: Africa do Sul – Ambiente de Superfície: Árido

A Mina Sishen está localizada na província do Cabo Setentrional, na África do Sul. Trata-se da terceira maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo, produzindo 30 milhões de toneladas de minério de ferro por ano.

O aço galvanizado foi extensamente utilizado nas condições áridas apresentadas no local.

A mina realiza suas exportações através do porto de Saldanha, na Província do Cabo Ocidental, a uma distância de 861 km. Os trens possuem, em média, 3.780 m de comprimento - os maiores trens do mundo. Esta linha exclusiva faz uso abrangente de equipamentos galvanizados ao longo da linha de trem, como placas de aperto, suportes de catenárias, cercas, etc. O trem de maior comprimento e peso já utilizado media 7,5 km de comprimento, com 660 vagões, que carregava 68.640 toneladas de minério.



Mina Sishen



Vagões partindo da Mina Sishen transportando minério de ferro

Construção de Britador da Mina Sishen

Kumba Iron Ore - Local: Africa do Sul

O novo britador principal está situado no limite da cratera existente, em uma área na qual ela foi aterrada. As instalações do novo triturador principal foram fundadas a uma profundidade de 35 m abaixo do nível do solo.

Paredes reforçadas mecanicamente foram necessárias para permitir o acesso de caminhões basculantes, com 400 toneladas, ao britador. O aterro foi composto de magnetita, que possui uma densidade maior que outros tipos de material para aterragem, o que exigia características adicionais de retenção. Ensaios demonstraram que isso não possui qualquer efeito sobre a corrosão de telas de aço soldadas ou tiras de reforçamento.

Este design inovador, que resultou num registro de patente em 2006, permitiu o uso bem-sucedido da galvanização em aplicações importantes encontradas em atividades de mineração a céu aberto.



Mina Sishen de ferro a céu aberto



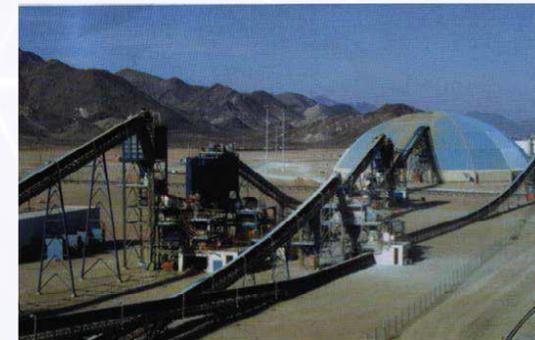
Parede B de britador quase completa

Abóbada Modular para Armazenamento de Reservas na Mina de Zinco Skorpion

Vedanta - Local: Namíbia

Mina Skorpion está localizada na região sul do Deserto da Namíbia e trata-se de uma grande operação de mineração a céu aberto. A empilhadeira circular foi instalada para trabalhar com 50.000 toneladas de minério bruto. Cerca de 300 toneladas de aço foram transportados até a abóbada, revestida com 11.300 m² de chapas galvanizadas com revestimento de tinta colorida. A abóbada possui 93 m de diâmetro e 30 m de altura. Existem 25 transportadoras e a maior delas possui vários quilômetros de extensão. As considerações do ponto de vista ambiental foram essenciais e a poeira foi uma das principais preocupações. O montante foi armazenado na abóbada e todas as transportadoras possuíam sistema de controle de entrada de poeira. Os alimentadores foram cobertos com perfis de chapas galvanizadas com revestimento de tinta colorida.

O isolamento da área demandava que grandes partes da empilhadeira/desempilhadeira fossem pré-fabricadas e transportadas até o local para montagem, com poucos trabalhos de submontagem realizados no local. A maior parte pré-fabricada media aproximadamente 45 m de comprimento, com 2,5 m de profundidade e 2 m de largura. Era essencial que a empilhadeira/desempilhadeira fosse montada antes do início de qualquer atividade que envolvesse a abóbada. A montagem da abóbada envolveu um planejamento cuidadoso, visto que a estrutura só se sustentaria depois que os últimos elementos estruturais estivessem em suas devidas posições. Considerações acerca da montagem da abóbada foram uma parte significativa do seu processo de engenharia. Suportes temporários foram necessários durante a etapa de construção. A coluna central da empilhadeira/desempilhadeira oferecia suporte, reduzindo a necessidade de estruturas adicionais de suporte. A montagem da abóbada ocorreu sem incidentes devido às especificações referentes ao aço geradas em computador e um ensaio de montagem antes do transporte até o local.



Abóbada para armazenamento de reservas na Mina Skorpion quase finalizada



Abóbada para armazenamento de reservas na Mina Skorpion em construção

Abóbada para Armazenamento da Mina de Cobre Highland Valley

Teck Resources - Local: Canadá

As Abóbadas para Armazenamento da Mina de Cobre Highland Valley estão localizadas em Logan Lake, na Colúmbia Britânica.

A emissão de partículas de poeira era um problema no local e não era possível borrifar o minério nas transportadoras com água para reduzir a poeira. Para minimizar a emissão de partículas de poeira, três abóbadas geodésicas foram fabricadas, para cobrir as três pilhas de estocagem. As abóbadas foram construídas para que as pilhas de estocagem permanecessem utilizáveis durante todo o período de construção. As abóbadas foram projetadas utilizando uma estrutura tubular em aço galvanizado e um sistema de cobertura de aço galvanizado. Cada abóbada possui um diâmetro básico de 100 m e uma área de superfície total de 11.000 m². A cobertura das abóbadas é formada por chapas de aço galvanizado corrugado e curvado, com painéis de enchimento de aço galvanizado de conformação customizada. A folha de bordo, na parte central da abóbada, é feita com 864 chapas de metal, maior que um estádio de futebol, com 100 m de largura e 80 m de altura.



Abóbadas para Armazenamento da Mina de Cobre Highland Valley



Abóbada para Armazenamento da Mina de Cobre Highland Valley



Sustentável

Estético

Durável

Produtivo

Resistente

Econômico

Leve

Agilidade

Reciclável

GALVANIZE

Galvanização =
Sustentabilidade

Delhi - Templo de
Lotus da Fé Bahai

