



# **Testador de Proteção Catódica Nível 1 Exame Teórico**

## **Guia de preparação para exames**

# Índice

Sumário .....	2
Introdução .....	3
Público-alvo.....	3
Requisitos .....	4
Próximo Nível de Certificação:.....	4
CP 1 – Áreas de Conhecimento e Habilidade Testadas .....	5
Tipos de perguntas.....	11
Descrição das perguntas .....	11
Amostra de perguntas .....	11
Resposta principal .....	12
Preparação.....	12
Norma.....	12
Calculadoras .....	13
Folha de referência .....	15

## Introdução

O exame Teórico do Testador de Proteção Catódica (CP 1) é projetado para avaliar se um candidato possui o conhecimento e as habilidades necessárias que um Testador de Proteção Catódica minimamente qualificado deve possuir. O exame consiste em 81 questões de múltipla escolha baseadas no Corpo de Conhecimento de Proteção Catódica (BOK) de nível básico, que é comum na indústria de PC.

Nome do teste	AMPP CP 1 – Testador de Proteção Catódica – Exame Teórico
Código de teste	NACE-CP1-001
Hora	2 horas e meia*
Número de perguntas	81
Formato	Teste Baseado em Computador (CBT)

\*O tempo do exame inclui 4 minutos para o acordo de confidencialidade e 6 minutos para o tutorial do sistema.

Nota:

- Uma nota de aprovação/reprovação é fornecida no final do exame.
- O manual do curso **NÃO** é fornecido durante o exame.
- O material de referência é fornecido como um PDF para perguntas que exigem uma equação, gráfico de conversão ou outra referência.

## Público-alvo

Os candidatos a testador de proteção catódica (CP 1) devem, idealmente, ter conhecimento básico da teoria da corrosão, conceitos de PC, tipos de sistemas de PC de uso comum e técnicas e equipamentos básicos de medição de campo. No entanto, os candidatos a testadores de PC podem variar de pessoas novas na indústria de PC, com pouca ou nenhuma experiência de campo em PC, a testadores, técnicos ou engenheiros experientes com algum nível de habilidade em PC. Normalmente, os testadores de PC são responsáveis por testar e registrar a eficácia da operação de sistemas de PC e/ou auxiliar na instalação de novos sistemas ou componentes de PC sob a direção de pessoal experiente de CP.

## Requisitos

### Testador de proteção catódica (CP 1)

- Experiência de trabalho + 2 exames básicos

Requisitos de experiência de trabalho
6 meses de experiência profissional relacionada à PC
Requisitos básicos do exame
<b>Os 2 exames principais a seguir são necessários:</b>
Testador de Proteção Catódica (CP 1) Exame Prático (hands-on)  Exame Teórico do Testador de Proteção Catódica (CP 1) (múltipla escolha, sem consulta, com referências relevantes)

Nota:

- A conclusão do curso não dá direito à certificação ao candidato.
- O Exame Prático de Testador de Proteção Catódica (CP 1) é dado na conclusão do curso de Testador de Proteção Catódica (CP 1).

Próximo nível de certificação:  
Técnico de Proteção Catódica (CP 2)

## CP 1 – Áreas de Conhecimento e Habilidade Testadas

NOTA: Ao final do exame CBT, o candidato receberá um gráfico de barras de pontos fortes e fracos que correspondem a esses domínios.

### 1. Fundamentos de corrosão (30–40%)

#### 1.1 Fundamentos Elétricos

- 1.1.1 Entender vários termos elétricos, como tensão, CA/CC, corrente, potência e resistência
- 1.1.2 Entender a relação expressa pela Lei de Ohm
- 1.1.3 Compreender a relação expressa pelas Leis de Kirchhoff
- 1.1.4 Compreender os circuitos CC básicos, incluindo circuitos em série, paralelos e paralelos em série

#### 1.2 Noções básicas de eletroquímica

- 1.2.1 Compreender os termos básicos de química e eletroquímica usados na teoria da corrosão, como íons, acidez, alcalinidade, oxidação e redução
- 1.2.2 Compreender a composição de uma célula eletroquímica básica e as reações eletroquímicas que permitem que ocorra corrosão preferencial no ânodo
- 1.2.3 Entender como as células de corrosão são formadas em objetos de metal que estão no subsolo ou imersos em um eletrólito
- 1.2.4 Entender como fazer uso eficaz do controle ambiental para reduzir a corrosividade no metal exposto
- 1.2.5 Entender as causas da corrosão natural
- 1.2.6 Entender a relação expressa pela Lei de Faraday
- 1.2.7 Reconhecer fatores que afetam a taxa de corrosão

#### 1.3 Teoria Básica da PC

- 1.3.1 Entender o conceito de proteção catódica e os dois principais métodos de aplicá-la a objetos metálicos subterrâneos ou imersos em um eletrólito
- 1.3.2 Entender as estruturas que podem ser protegidas catódicamente
- 1.3.3 Entender a finalidade da fonte de alimentação CC no sistema de corrente impressa
- 1.3.4 Entender a necessidade de isolamento ou isolamento entre as instalações

#### 1.4 Componente de PC

- 1.4.1 Listar os componentes dos sistemas de corrente galvânica e impressa
- 1.4.2 Compreender a finalidade dos componentes de proteção catódica encontrados normalmente
- 1.4.3 Listar os componentes de proteção catódica encontrados normalmente

#### 1.5 Fatores de influência

- 1.5.1 Entender a influência do ambiente, como o teor de umidade, na corrosão
- 1.5.2 Entender como o ambiente influencia a condutividade e a atividade química
- 1.5.3 Entender como a seleção de materiais afeta a corrosão
- 1.5.4 Entender o efeito de diferentes tipos de materiais de revestimento e sua qualidade
- 1.5.5 Entender o conceito de blindagem e como ela pode afetar objetos metálicos que são protegidos catódicos
- 1.5.6 Entender os diferentes tipos de corrente parasita e como eles podem afetar a corrosão
- 1.5.7 Entender os métodos mais comuns usados para controlar a corrente parasita
- 1.5.8 Monitorar a presença de corrente parasita
- 1.5.9 Reconhecer os componentes externos e de terceiros que podem influenciar os sistemas PC

### 2. Equipamentos e gerenciamento de equipamentos (5–15%)

- 2.1.1 Compreender a verificação e as operações básicas de voltímetros, ohmímetros, multímetros e hardware associado
- 2.1.2 Entender como usar um amperímetro, um amperímetro de fixação e um shunt de corrente
- 2.1.3 Compreender os princípios básicos dos eletrodos de referência
- 2.1.4 Explicar a finalidade dos eletrodos de referência portáteis e estacionários
- 2.1.5 Selecionar a célula de referência apropriada para as condições de trabalho (por exemplo, sulfato de cobre, cloreto de prata)
- 2.1.6 Compreender a construção e operação das células de referência e mantê-las de forma a fornecer leituras comparativas
- 2.1.7 Entender os tipos de pontos de teste
- 2.1.8 Determinar as ferramentas e equipamentos apropriados para o projeto
- 2.1.9 Entender a importância da preparação, armazenamento, consumíveis e peças sobressalentes de equipamentos
- 2.1.10 Entender a importância da documentação, comunicação e procedimentos relacionados a equipamentos e solução de problemas.

### 3. Instalação e medição de campo (40–50%)

#### 3.1 Medições de potenciais

- 3.1.1 Compreender a importância da conexão adequada por remoção de corrosão ou revestimento com ferramentas (lima, etc.) e demonstrar o processo
- 3.1.2 Realizar pesquisas de potencial de estrutura para eletrólito
- 3.1.3 Registrar leituras de pesquisas periódicas de acordo com os métodos da empresa
- 3.1.4 Realizar medição de células de queda offshore
- 3.1.5 Entender as fontes de erro na medição de potencial
- 3.1.6 Entender as indicações de medição e possíveis locais de fonte para identificar a corrente parasita
- 3.1.7 Reconhecer medições de potenciais para indicações de interferência e níveis/critérios de proteção
- 3.1.8 Determinar o efeito de uma fonte de corrente em locais remotos usando interruptores de corrente
- 3.1.9 Entender como usar cupons para verificar a eficácia da proteção catódica
- 3.1.10 Instalar interruptores em retificadores ou ligações com a finalidade de ligar/desligar leituras

#### 3.2 Medições de corrente

- 3.2.1 Compreender os métodos fundamentais de medição de corrente usados em levantamentos de proteção catódica
- 3.2.2 Entender como a medição de corrente pode ser aplicada em levantamentos de proteção catódica
- 3.2.3 Medir a queda de mV com um medidor e calcule a magnitude e a direção da corrente que flui através de shunts de vários tamanhos
- 3.2.4 Medir a magnitude e a direção das correntes por meio de ligações
- 3.2.5 Realizar e verifique as leituras do retificador com medidores internos e externos

#### 3.3 Medições de eletrólitos

- 3.3.1 Entender os diferentes tipos de métodos de medição de resistência
- 3.3.2 Realizar um teste de resistividade do solo usando o método de teste Wenner de quatro pinos
- 3.3.3 Realizar medições de resistividade do solo usando uma caixa de solo
- 3.3.4 Realizar leituras de resistividade do solo de ponto único com uma "haste de Collins"
- 3.3.5 Calcular resistividade do eletrólito
- 3.3.6 Entender como coletar amostras de eletrólitos

- 3.3.7 Entender as várias maneiras de medir o pH do eletrólito
- 3.3.8 Usar uma meia célula de antimônio em comparação com uma meia célula de cobre/sulfato de cobre para determinar o pH dos solos

#### 3.4 Teste de continuidade

- 3.4.1 Entender como usar métodos condutores e indutivos para localizar estruturas
- 3.4.2 Reconhecer a importância da mitigação CA e da proteção contra sobretensão
- 3.4.3 Determinar a localização de estruturas metálicas enterradas e acessórios
- 3.4.4 Verificar a eficácia do dispositivo de isolamento utilizando leituras estrutura-eletrólito
- 3.4.5 Verificar a eficácia do dispositivo de isolamento utilizando um instrumento isolador electrónico

#### 3.5 Métodos de instalação

- 3.5.1 Entender os acessórios básicos a uma estrutura usando um kit de soldagem exotérmica e/ou brasagem de pinos
- 3.5.2 Entender como instalar cabos de teste para pontos de teste
- 3.5.3 Entender como instalar o ponto de teste e garantir a operação adequada, elétrica, estrutural e mecânica
- 3.5.4 Entender como instalar ligações de jumper e cabos de teste em um dispositivo de isolamento
- 3.5.5 Entender como instalar cabos de teste para uma configuração de queda de mV para medir o fluxo de corrente em um duto
- 3.5.6 Entender como instalar cabos de teste para ligações e cruzamentos de linhas estrangeiras
- 3.5.7 Entender como instalar retificadores e outras fontes de energia
- 3.5.8 Entender como instalar ânodos galvânicos, documentar a instalação e testar para garantir a operação adequada
- 3.5.9 Entender como instalar eléctrodos de referência permanentes e verifique-os periodicamente para garantir que estejam em boas condições de funcionamento
- 3.5.10 Entender como realizar reparos e/ou emendas para unir cabos, cabos coletores e cabos de teste

#### 3.6 Solução de problemas básicos

- 3.6.1 Verificar a operação do ânodo galvânico usando métodos de medição atuais
- 3.6.2 Verificar a operação do ânodo galvânico usando o potencial de circuito aberto do ânodo
- 3.6.3 Verificar a operação do ânodo de corrente impressa usando métodos de medição de corrente individuais
- 3.6.4 Entender como localizar curtos em estruturas

- 3.6.5 Entender como testar um curto metálico usando o potencial estrutura-eletrólito
- 3.6.6 Entender como localizar um curto rastreando o fluxo de corrente
- 3.6.7 Verificar a operação do diodo

#### **4. Práticas/requisitos da indústria (1–10%)**

- 4.1.1 Compreender e reconhecer os critérios de PC recomendados
- 4.1.2 Compreender a implicação legal da manutenção de registros precisos e éticos
- 4.1.3 Entender a importância técnica da manutenção de registros precisos e rigorosos
- 4.1.4 Compreender a finalidade de manter os registros exigidos pelos órgãos reguladores durante a vida útil da instalação envolvida
- 4.1.5 Registrar o livro de registro pessoal, diário e anotações
- 4.1.6 Entender a importância de vários requisitos de monitoramento e componentes de dados que precisam ser registrados regularmente
- 4.1.7 Interpretar folhas de alinhamento, mapas de instalações e outros mapas do sistema para identificar locais de teste precisos
- 4.1.8 Registrar informações do local (como data, hora, clima, esboço do local, fotos, informações de localização) e condições (como umidade do solo, vegetação, perigos)
- 4.1.9 Nome do documento, modelo e números de série dos instrumentos exatos usados para leituras
- 4.1.10 Registrar os pontos de teste fora do padrão e quaisquer outras condições/fatores anormais que possam afetar os sistemas PC

#### **5. Segurança (1–10%)**

- 5.1.1 Saber onde encontrar os procedimentos de segurança da empresa/cliente
- 5.1.2 Entender o papel do oficial de segurança
- 5.1.3 Saber como identificar perigos que podem ser encontrados em testes e inspeção de proteção catódica
- 5.1.4 Saber quais precauções precisam ser tomadas para segurança ao realizar medições de PC
- 5.1.5 Reconhecer a importância da parada do trabalho e aplicar medidas de proteção contra condições climáticas severas e riscos ambientais
- 5.1.6 Compreender a importância de comunicar condições médicas pessoais (por exemplo, marca-passo)
- 5.1.7 Utilizar EPI apropriado e equipamento de segurança específico do local

- 5.1.8 Compreender a importância das tarefas por treinamento de segurança específico do local (por exemplo, usinas de carvão, ambientes H<sub>2</sub>S, instalações de produção de gás, ambientes explosivos, ambientes radioativos, espaços confinados/trincheiras, proteção contra alturas/quedas)
- 5.1.9 Adquirir a permissão e autorização para trabalhar
- 5.1.10 Identificar materiais perigosos
- 5.1.11 Seguir as recomendações da FISPQ para manuseio de descartes
- 5.1.12 Entender como o bloqueio/sinalização (LOTO) é usado para garantir a segurança
- 5.1.13 Reconhecer os perigos no local de trabalho encontrados ao trabalhar em equipamentos elétricos
- 5.1.14 Interpretar o duto/solo para indicações de alta tensão CA que pode levar à corrosão ou problemas de segurança
- 5.1.15 Aplicar todas as diretrizes de segurança ao viajar em um veículo (por exemplo, usar cinto de segurança em um carro, usar cinto de segurança e proteção auricular em um helicóptero)
- 5.1.16 Compreender o propósito da certificação/treinamento adequado para todos os equipamentos (por exemplo, VTT/VUT/guincho, carga/descarga)
- 5.1.17 Reconhecer equipamentos especiais para proteção contra a vida selvagem (por exemplo, dispositivo de sinalização, spray de pimenta), plantas perigosas e insetos e tomar as medidas preventivas apropriadas

# Tipos de perguntas

## Descrição das perguntas

Este exame com livro fechado consiste em perguntas de múltipla escolha, onde algumas perguntas podem ter várias respostas que exigem mais de uma opção de resposta, bem como itens correspondentes. As perguntas são baseadas no conhecimento e nas habilidades exigidas na indústria de PC para um testador de proteção catódica. Embora o curso de treinamento seja um excelente método de preparação, não é a única referência utilizada no desenvolvimento das questões. Referências adicionais podem ser encontradas na seção Referência.

## Exemplos de perguntas

Os exemplos de perguntas são incluídos para ilustrar os formatos e tipos de perguntas que estarão no exame. Seu desempenho nas perguntas de amostra não deve ser visto como um preditor de seu desempenho no teste real.

1. Qual das alternativas a seguir resulta da polarização de um metal?
  - A. Corrosão
  - B. Taxa de corrosão reduzida
  - C. Aumento da taxa de corrosão
  - D. Maior quantidade de corrente
  
2. Quais das seguintes são vantagens dos sistemas de corrente impressa?
  - A. Nenhuma alimentação externa é necessária.
  - B. As saídas de tensão e corrente são flexíveis.
  - C. Eles são menos suscetíveis a danos causados por raios.
  - D. Não são necessárias inspeções de rotina.
  
3. Quais dos seguintes dados são usados para determinar quando a proteção catódica adequada é alcançada?
  - A. Tensão de saída do retificador
  - B. Resistência de impresse os leitos de aterramento do ânodo de corrente
  - C. Saída de corrente de ânodos galvânicos
  - D. Potenciais estrutura-eletrólito
  
4. A principal fonte de informação sobre perigos químicos pode ser obtida de qual das seguintes opções?
  - A. Ficha técnica do produto
  - B. Código de regulamentos federais
  - C. Folha de dados de segurança do material
  - D. Esquemas de equipamentos

## Chave de resposta

1. B
2. B
3. D
4. C

## Preparação

### Treinamento - Nenhum Necessário

Testador de proteção catódica AMPP - Curso CP 1 (disponível)

### Livros de material de estudo

#### recomendados

Peabody, A. W. (2001). *Controle de corrosão de dutos de Peabody* (nº Ed. 2). NACE.

Testador de proteção catódica AMPP - material do curso CP 1

### Normas

As edições mais recentes devem ser usadas para todas as normas. Certos conteúdos dessas normas são incorporados aos materiais do curso Cathodic Protection Tester (CP 1) e alguns deles estão incluídos no manual do curso.

- NACE SP 0169 (2013). "Controle de corrosão externa no subsolo de sistemas de duto metálico submerso."
- NACE SP 0176 (2007) SG. "Controle de corrosão de áreas submersas de estruturas offshore de aço permanentemente instaladas associadas à produção de petróleo."
- NACE SP 0177 (2014). "Mitigação de Efeitos de Corrente Alternada e Raios em Estruturas Metálicas e Sistemas de Controle de Corrosão."
- NACE SP 0200 (2014). "Práticas de duto revestido de aço."

## Calculadoras

Os alunos terão acesso a uma calculadora TI padrão ou TI científica para utilização durante o exame CBT

### Calculadora padrão



### Modo de funções padrão

Adicionar  
Subtrair  
Multiplicar  
Dividir  
Negativo  
Porcentagem  
Raiz quadrada  
Recíproco(inverso)  
Armazenar valor a variável  
Aceder à variável  
Limpar variável

$+$	
$-$	
$\times$	
$\div$	
$(-)$	
$\%$	
$\sqrt{\phantom{x}}$	Exemplo $4\sqrt{\phantom{x}}$
$\frac{1}{x}$	Exemplo $1 \div 2 =$
$M+$	Exemplo $3 \times 5 = M+$
$MRC$	Exemplo $7 + MRC =$
$M- MRC$	

### Calculadora Científica



### Funções do modo científico

Adicionar  
Subtrair  
Multiplicar  
Dividir  
Negativo  
Porcentagem  
Raiz quadrada  
Recíproco (inverso)  
Aceder à variável  
Limpar variável

$+$	
$-$	
$\times$	
$\div$	
$(-)$	
$2^{nd} [\%]$	
$\sqrt{\phantom{x}}$	Exemplo $2^{nd} \sqrt{\phantom{x}} 4 \text{ enter}$
$X^{-1}$	Exemplo $2 X^{-1} \text{ enter}$
$\text{sto} \rightarrow X^{yzt}$	Exemplo $3 \times 5 \text{ enter } \text{sto} \rightarrow X^{yzt} \text{ enter}$
$X^{yzt}$ or $2^{nd} [\text{recall}]$	Exemplo $7 + 2^{nd} [\text{recall}] \text{ enter } \text{enter}$

### Notação Numérica

Padrão (decimal flutuante)  
Notação (dígitos para a esquerda e direita do decimal)

### Notação Científica

1 dígito para a esquerda do decimal e potência de 10 apropriada

### Notação de Engenharia

)Número de 1 a 999 multiplicada por 10 a uma potencia inteira que é multipla de 3)

### Modo Menu de Opções

**NORM SCI ENG** e.g. 123456.78  
**Float 0 1 2 3 4 5 ...** e.g. 123456.7800

### Modo Menu de Opções

**NORM SCI ENG** e.g. 1.2345678\*10<sup>5</sup>


### Modo Menu de Opções

**NORM SCI ENG** e.g. 123.45678\*10<sup>3</sup>

Frações		
Frações simples	$\boxed{n/d}$	
Numeros simples	$\boxed{2nd} \boxed{[Un/d]}$	
Conversao entre fração simples e numero misto simples	$\boxed{2nd} \boxed{[n/d \leftrightarrow Un/d]}$	
Conversao entre fração e numero decimal	$\boxed{2nd} \boxed{[f \leftrightarrow d]}$	
Potencias, aizes e inversos		
Quadrado de um numero		
Cubo de um numero	$\boxed{\wedge}$	
Elevar um numero a uma potencia especifica		Exemplo $2 \boxed{\wedge} 4$
Raiz Quadrada	$\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{v}]}$	Exemplo $\sqrt{16}$ : $\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{v}]} \boxed{16}$
Reciproco	$\boxed{x^{-1}}$	Exemplo $(n^{th})$ Raiz n $5^{th} \text{ root of } 8$ : $5 \boxed{2nd} \boxed{[\sqrt[n]{v}]} \boxed{8}$
Pi	$\boxed{\pi}$	

### Alternar

A calculadora científica pode mostrar os resultados de certos cálculos como uma fração - possivelmente envolvendo pi ou uma raiz quadrada. Para converter esse tipo de resultado em um único número com um ponto decimal, você precisará usar o botão "alternar resposta" circulado na figura abaixo. Pressionar este botão mudará a exibição de um formato fracionário para um decimal.



**Resposta Alternar**  
 Pressione a chave ... para alternar o resultado apresentado entre frações e respostas decimais, raiz quadrada exacta e decimal e pi exato e decimal  
 Exemplo

Answer toggle	$\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{v}]} \boxed{8} \boxed{enter}$	$\sqrt{8}$ $2\sqrt{2}$
	$\boxed{2nd}$	$\sqrt{8}$ $2\sqrt{2}$ $2.828427125$

Observação: Se você achar esta calculadora na tela difícil de usar, levante a mão e peça ao administrador do teste para fornecer uma calculadora portátil. **Se disponível**, você receberá uma calculadora científica ou não científica. Os candidatos não estão autorizados a trazer sua própria calculadora para a sala de testes.

**NOTA:** Todas as referências, incluindo equações, foram retiradas de fontes originais e podem diferir daquelas usadas nos manuais e apresentações do curso.

## EQUAÇÕES

### RESISTIVIDADE (LEI DE POUILLET)

$$\rho = \frac{RRR}{L} \quad \text{OU} \quad R = \frac{\rho L}{A}$$

Onde

$\rho$  = resistividade em ohm-cm\*  
R = resistência em ohms  
A = área da seção transversal em cm<sup>2</sup>\* L = comprimento em cm\*

\*comprimento e área podem estar em qualquer unidade, desde que sejam consistentes

### ÁREA DE UM CÍRCULO

$$A = \pi r^2$$

Onde

$\pi$  = aproximadamente 3,14  
r = raio do círculo  
A = área

### RESISTIVIDADE DO SOLO WENNER

$$\rho = 2\pi A R R$$

Onde

$\rho$  = resistividade do solo em ohm-cm\*  
AA = distância entre as sondas em cm\*  
RR = resistência do solo em ohms {leitura do instrumento}

\* O espaçamento dos pinos pode estar em qualquer unidade, desde que seja consistente com a resistividade

**OU**

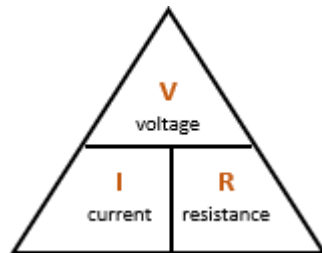
$$\rho = 191,5 A R R$$

Onde

$\rho$  = resistividade do solo em ohm-cm  
AA = distância entre as sondas nos pés  
RR = resistência do solo em ohms {leitura do instrumento}

## LEI DE OHM

$$V = IR \quad I = \frac{V}{R} \quad R = \frac{V}{I}$$



## POTÊNCIA

$$P = EI$$
$$P = I^2 R$$

Onde

P = potência em watts

R = resistência em ohms

E = tensão em volts

I = corrente em amperes

## CIRCUITO EM SÉRIE

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

## CIRCUITO PARALELO

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

## LEI DE FARADAY

$$W_t = KIT$$

Onde

Peso = perda de peso em kg\*

K = equivalente eletroquímico em kg / A-ano

I = corrente em amperes

T = tempo em anos

\*O peso pode estar em qualquer unidade, desde que sejam consistentes

### TAXA DE CONSUMO (K) PARA VÁRIOS METAIS

Metal	kg / A-ano	lb / A-ano
Carbono	1.3	2.86
Alumínio	3.0	6.5
Magnésio	4.0	8.8
Ferro / Aço	9.1	20.1
Alto Silício / Ferro Cromo	0.5	1.0
Níquel	9.6	21.2
Cobre (monovalente)	20.8	45.8
Zinco	10.7	23.6
Estanho	19.4	42.8
Chumbo	33.9	74.7

### VALORES RELATIVOS DE ELETRODOS DE REFERÊNCIA TÍPICOS PARA ELETRODO DE REFERÊNCIA DE SULFATO DE COBRE-COBRE

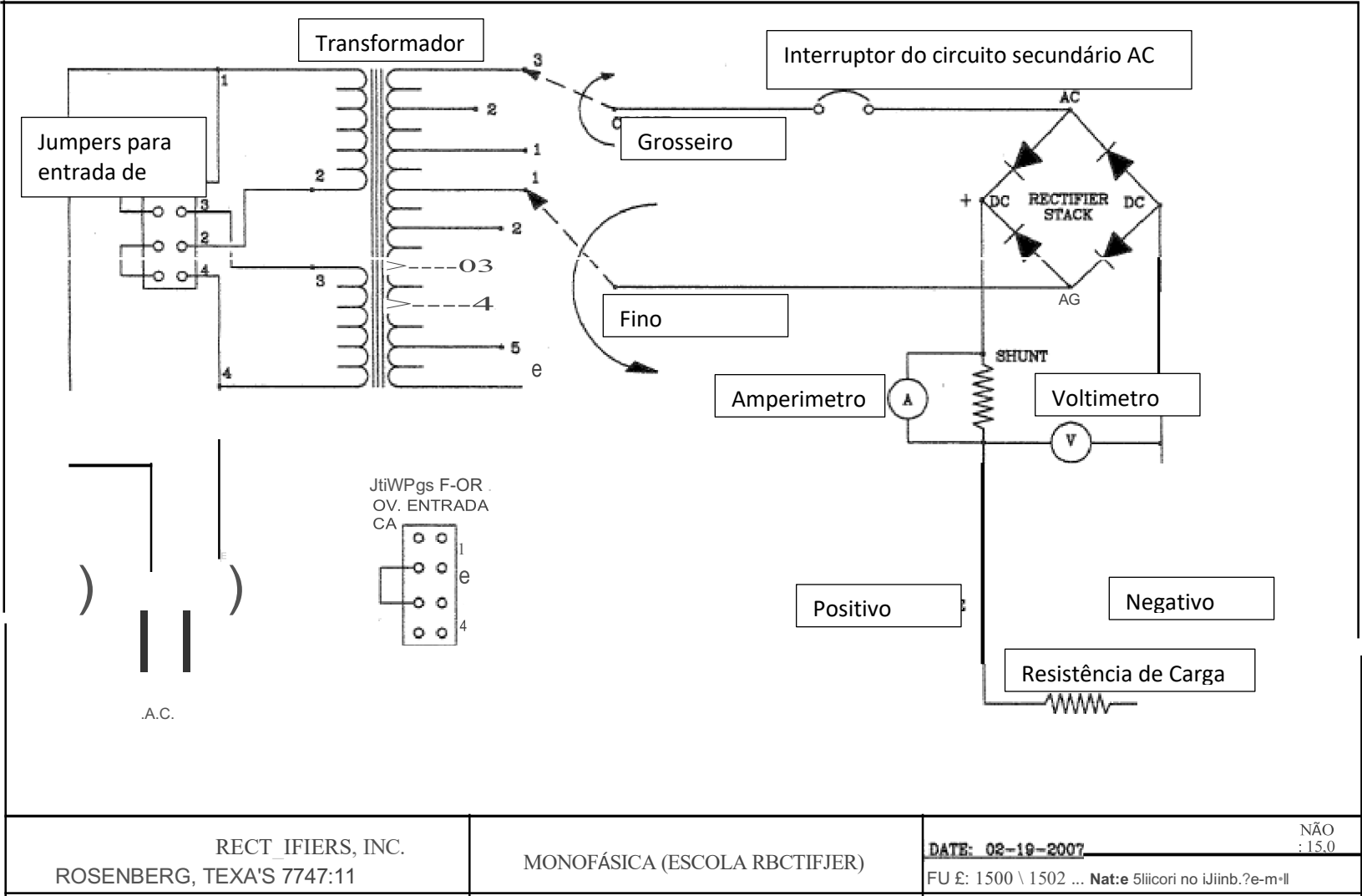
Eletrodo (meia célula)	Potencial (Volt)
Sulfato de cobre-cobre (saturado) (CSE)	0.000
Cloreto de prata-prata (3,5%) (SSC)	-0.060
Calomelano saturado (SCE)	-0.072
Hidrogênio (SHE)	-0.316
Zinco puro (ZN)	-1.100

Com base na resistividade da água do mar de 20 ohm-cm

### TIPOS E VALORES DE SHUNT

	Classificação de derivação		Shunt	Shunt
	Ampères	Mv	Ohms	A / mV
<b>Tipo Holloway</b>				
RS	5	50	0.01	0.1
SS	25	25	0.001	1
SO	50	50	0.001	1
SW ou CP	1	50	0.05	0.02
SW ou CP	2	50	0.025	0.04
SW ou CP	3	50	0.017	0.06
SW ou CP	4	50	0.0125	0.08
SW ou CP	5	50	0.01	0.1
SW ou CP	10	50	0.005	0.2
SW	15	50	0.0033	0.3
SW	20	50	0.0025	0.4
SW	25	50	0.002	0.5
SW	30	50	0.0017	0.6
SW	50	50	0.001	1
SW	60	50	0.0008	1.2
SW	75	50	0.00067	1.5
SW	100	50	0.0005	2
<b>Tipo JB</b>				
Agra-Mesa	5	50	0.01	0.1
<b>Cott ou MCM</b>				
Vermelho	2	200	0.1	0.01
Amarelo	8	80	0.01	0.1
Laranja	25	25	0.001	1

CIRCUITO DO RETIFICADOR



## SÉRIE GALVÂNICA PRÁTICA

Material	Potencial (V)*
Magnésio de alto potencial	-1.75
Liga de magnésio	-1.60
Zinco	-1.10
Liga de alumínio	-1.05
Aço carbono limpo	-0,50 até -0,80
Aço carbono enferrujado	-0,20 até -0,50
Ferro fundido / dúctil	-0.50
Chumbo	-0.50
Aço em Concreto	-0.20
Cobre	-0.20
Ferro de alto silício	-0.20
Carbono, grafite	+0.30

\*Potenciais em relação ao eletrodo saturado de Cu/CuSO<sub>4</sub>

## CALIBRAÇÃO DE TESTE DE CORRENTE DE LINHA DE 4 FIOS

$$K = \frac{I_{\text{test}}}{\text{Teste } \Delta V}$$

Onde

K = fator de calibração em amperes / mV

I<sub>test</sub> = corrente de teste aplicada à seção do tubo em amperes  
Teste ΔV = V<sub>test</sub>, corrente aplicada - teste V, sem corrente aplicada em mV

## CORRENTE NO TUBO

$$I = KV$$

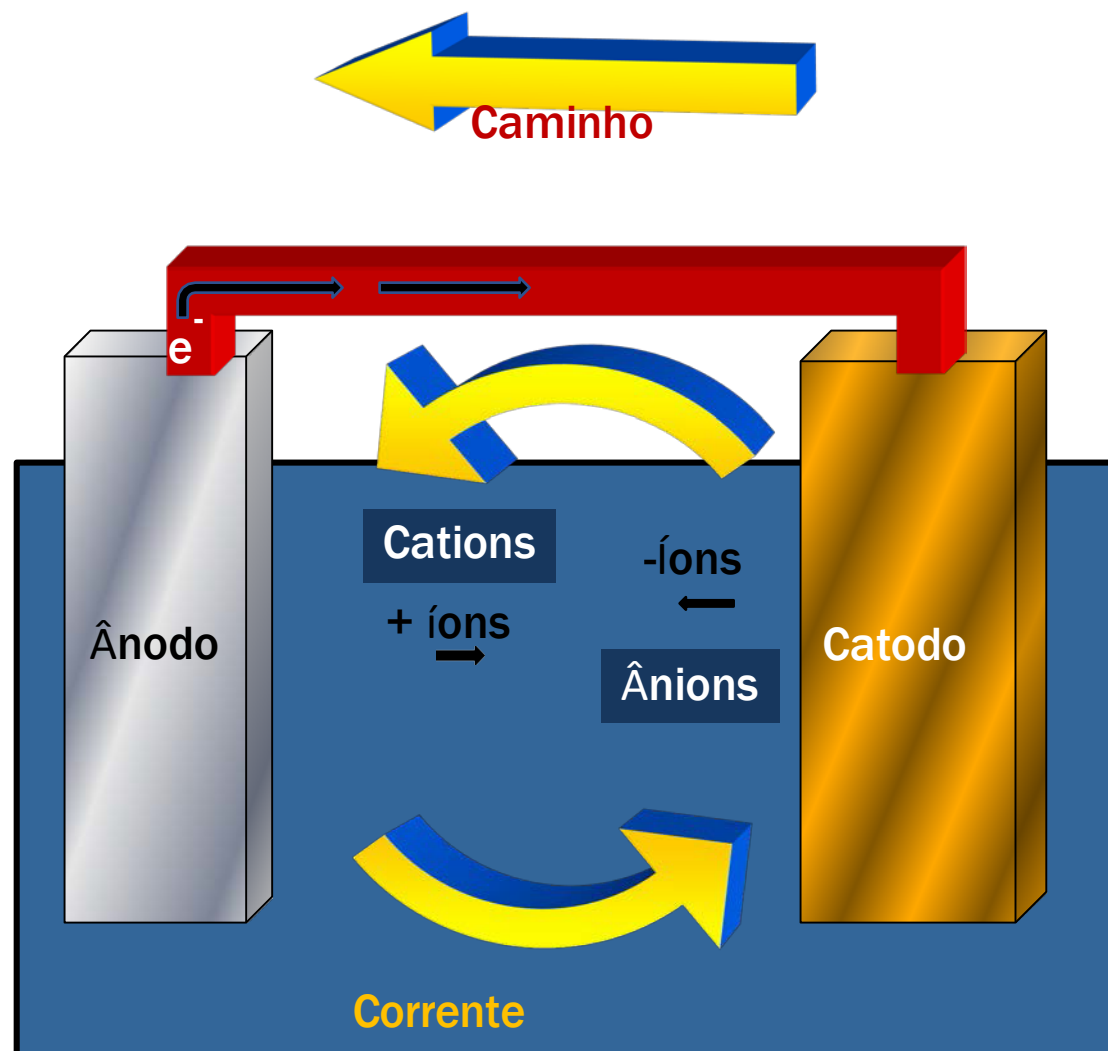
Onde

I = corrente da tubulação em amperes

K = fator de calibração em amperes / mV

V = queda de tensão na seção da tubulação em mV

## CIRCUITOS ELETROQUÍMICOS



## **CONVERSÕES**

EMF	Força eletromotriz – qualquer unidade de tensão
E ou e	qualquer unidade de tensão
V	Volts
mV	Milivolts
$\mu$ V	microvolts
I	qualquer unidade de amperagem
mA	miliamperes ou miliamperes
$\mu$ A	microamperes ou microamperes
R ou $\Omega$	Resistência
1.000.000 volts	= 1 megavolt
1.000 volts	= 1 quilovolt
1,0 volts	= 1000 milivolts
0,100 volts	= 100 milivolts
0,010 volts	= 10 milivolts
0,001 volts	= 1 milivolt
0,000001 volts	= 1 microvolt
1.000.000 amperes	= 1 mega-ampere
1.000 ampères	= 1 quiloampere
1,0 ampères	= 1000 miliamperes
0,100 ampères	= 100 miliamperes
0,010 ampères	= 10 miliamperes
0,001 ampères	= 1 miliampere
0,000001 ampères	= 1 microampere
1.000.000 ohms	= 1 mega-ohm
1.000 ohms	= 1 quilo-ohm
1,0 ohms	= 1000 miliohms
0,100 ohm	= 100 miliohms
0,010 ohm	= 10 miliohms
0,001 ohm	= 1 miliohm
0,000001 ohm	= 1 micro-ohm
1 metro	= 100 cm
1 metro	= 1000 mm
1 polegada	= 2,54 cm
1 pé	= 30,48 cm

Conversão das Unidades de Medida usuais nos U.S. / sistema métrico  
comumente usadas em publicações relacionadas à corrosão

1 A/ft <sup>2</sup>	= 10.76 A/m <sup>2</sup>
1 acre	= 4.047 m <sup>2</sup> = 0.4047 ha
1 Ah/lb	= 2.205 Ah/kg
1 bbl (oil, U.S.)	= 159 L = 0.159 m <sup>3</sup>
1 bpd (oil)	= 159 L/d = 0.159 m <sup>3</sup> /d
1 Btu	= 1.055 J
1 Btu/ft <sup>2</sup>	= 11.360 J/m <sup>2</sup>
1 Btu/h	= 0.2931 W
1 Btu/h-ft <sup>2</sup>	= 3.155 W/m <sup>2</sup> (K-factor)
1 Btu/h-ft <sup>2</sup> ·°F	= 5.678 W/m <sup>2</sup> ·K
1 Btu-in/h-ft <sup>2</sup> ·°F	= 0.1442 W/m·K
1 cfm	= 28.32 L/min = 0.02832 m <sup>3</sup> /min = 40.78 m <sup>3</sup> /d
1 cup	= 236.6 mL = 0.2366 L
1 cycle/s	= 1 Hz
1 ft	= 0.3048 m
1 ft <sup>2</sup>	= 0.0929 m <sup>2</sup> = 929 cm <sup>2</sup>
1 ft <sup>3</sup>	= 0.02832 m <sup>3</sup> = 28.32 L
1 ft·lbf (energy)	= 1.356 J
1 ft·lbf (torque)	= 1.356 N·m
1 ft/s	= 0.3048 m/s
1 gal (Imp.)	= 4.546 L = 0.004546 m <sup>3</sup>
1 gal (U.S.)	= 3.785 L = 0.003785 m <sup>3</sup>
1 gal (U.S.)/min (gpm)	= 3.785 L/min = 0.2271 m <sup>3</sup> /h
1 gal/bag (U.S.)	= 89 mL/kg (water/cement ratio)
1 grain	= 0.06480 g = 64.80 mg
1 grain/ft <sup>3</sup>	= 2.288 g/m <sup>3</sup>
1 grain/100 ft <sup>3</sup>	= 22.88 mg/m <sup>3</sup>
1 hp	= 0.7457 kW
1 microinch (μin)	= 0.0254 μm = 25.4 nm
1 in	= 0.0254 m = 2.54 cm = 25.4 mm
1 in <sup>2</sup>	= 6.452 cm <sup>2</sup> = 645.2 mm <sup>2</sup>
1 in <sup>3</sup>	= 16.387 cm <sup>3</sup> = 0.01639 L
1 in·lbf (torque)	= 0.113 N·m
1 inHg	= 3.386 kPa

1 inH <sub>2</sub> O	= 249.1 Pa
1 knot	= 0.5144 m/s
1 ksi	= 6.895 MPa
1 lb	= 453.6 g = 0.4536 kg
1 lbf/ft <sup>2</sup>	= 47.88 Pa
1 lb/ft <sup>3</sup>	= 16.02 kg/m <sup>3</sup>
1 lb/100 gal (U.S.)	= 1.198 g/L
1 lb/1,000 bbl	= 2.853 mg/L
1 mA/in <sup>2</sup>	= 0.155 mA/cm <sup>2</sup>
1 mA/ft <sup>2</sup>	= 10.76 mA/m <sup>2</sup>
1 Mppd (oil)	= 159 kL/d = 159 m <sup>3</sup> /d
1 mile	= 1.609 km
1 square mile	= 2.590 km <sup>2</sup>
1 mile (nautical)	= 1.852 km
1 mil	= 0.0254 mm = 25.4 μm
1 MMcfd	= 2.832 x 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d
1 mph	= 1.609 km/h
1 mpy	= 0.0254 mm/y = 25.4 μm/y
1 oz	= 28.35 g
1 oz fluid (Imp.)	= 28.41 mL
1 oz fluid (U.S.)	= 29.57 mL
1 oz/ft <sup>2</sup>	= 2.993 Pa
1 oz/gal (U.S.)	= 7.49 g/L
1 psi	= 0.006895 MPa = 6.895 kPa
1 qt (Imp.)	= 1.1365 L
1 qt (U.S.)	= 0.9464 L
1 tablespoon (tbs)	= 14.79 mL
1 teaspoon (tsp)	= 4.929 mL
1 ton (short)	= 907.2 kg
1 U.S. bag cement	= 42.63 kg (94 lb)
1 yd	= 0.9144 m
1 yd <sup>2</sup>	= 0.8361 m <sup>2</sup>
1 yd <sup>3</sup>	= 0.7646 m <sup>3</sup>

## **REFERÊNCIAS E NORMAS USADOS PARA DESENVOLVER O MATERIAL DE REFERÊNCIA**

*Controle de corrosão de tubulação da Peabody* (No. Ed 2). Peabody, A.W. (2001). NACE.

*Manual de Referência dos Engenheiros de Corrosão da NACE*, Baboian, 3ª Edição (2002).

*Princípios e Aplicações da Engenharia Elétrica - 5ª Edição*. Hambley, A. (2005). Publicação Prentice-Hall.

*Conceitos básicos de engenharia para estudantes e profissionais - 1ª edição*. Lindeburg, M. (2010). Publicações Profissionais, Inc.

"Norma Nacional Americana para Uso do Sistema Internacional de Unidades (SI): O Sistema Métrico Moderno", ASTM SI 10. (2002). ASTM.

Site da Universal Rectifiers. [www.universalrectifiers.com](http://www.universalrectifiers.com)

NACE SP 0169 (2013). "Controle de corrosão externa no subsolo de sistemas de tubulação metálica submersa."

NACE SP 0176 (2007) SG. "Controle de corrosão de áreas submersas de estruturas offshore de aço permanentemente instaladas associadas à produção de petróleo."

NACE SP 0177 (2014). "Mitigação de Efeitos de Corrente Alternada e Raios em Estruturas Metálicas e Sistemas de Controle de Corrosão."

NACE SP 0200 (2014). "Práticas de tubulação revestida de aço."