

**PINTURA INDUSTRIAL
NA PROTEÇÃO
ANTICORROSIVA**

LAERCE DE PAULA NUNES • ALFREDO CARLOS O. LOBO

PINTURA INDUSTRIAL NA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA

5ª edição



PETROBRAS



EDITORA INTERCIÊNCIA



Rio de Janeiro – 2014

Copyright © 2014, by Laerce de Paula Nunes e Alfredo Carlos O. Lobo
Direitos Reservados em 2014 por **Editora Interciência Ltda.**

Diagramação: Maria de Lourdes de Oliveira

Revisão Ortográfica: Nancy Maria de Souza

Capa: Paula Almeida

CIP-Brasil. Catalogação-na-Fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

N923p

5.ed.

Nunes, Laerce de Paula

Pintura industrial na proteção anticorrosiva/Laerce de
Paula Nunes, Alfredo Carlos O. Lobo. – 5. ed. – Rio de Janeiro:
Interciência: 2014.

il.; 23 cm.

Apêndices

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7193-347-7

1. Pintura industrial. 2. Corrosão e anticorrosivos. I. Lobo,
Alfredo Carlos O. II. Título

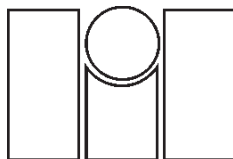
14-10218

CDD 667.6

CDU 667.6

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios,
sem autorização por escrito da editora.

www.editorainterciencia.com.br



Editora Interciência Ltda.

Rua Verna Magalhães, 66 – Engenho Novo

Rio de Janeiro – RJ – 20710-290

Tels.: (21) 2581-9378 / 2241-6916 – Fax: (21) 2501-4760

e-mail: vendas@editorainterciencia.com.br

Impresso no Brasil – *Printed in Brazil*

O aço é o principal material utilizado pela engenharia na construção de equipamentos e instalações. Em face da sua pouca resistência à corrosão, a pintura industrial, utilizada em grande escala para protegê-lo, tornou-se o principal recurso de proteção anticorrosiva da Era Moderna.

“Quem diz não ter recursos para a educação não sabe o custo da ignorância.”

Aos nossos familiares e amigos pelo apoio e
incentivo que nos deram.

Reconhecimento

Os autores deixam consignado o seu reconhecimento pelo inestimável apoio dado pela Petróleo Brasileiro S/A – Petrobras na consecução deste livro desde a primeira edição.

Igualmente, deixamos consignado o nosso reconhecimento pelo importantíssimo apoio dado pela Associação Brasileira de Corrosão – ABRACO.

Não podemos, também, deixar de reconhecer o inestimável apoio que tivemos em edições anteriores do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis – IBP.

Temos absoluta convicção do alto significado dessas entidades nos campos do desenvolvimento tecnológico, da disseminação do conhecimento e da qualificação de recursos humanos.

Apresentação da Petrobras

A Petrobras sempre se notabilizou pelo incentivo que dá a diversas atividades desenvolvidas no país e, neste momento, mais uma vez, volta a se manifestar sobre uma obra na área de capacitação profissional.

Trata-se desta quinta edição do livro *Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva* do engenheiro Laerce de Paula Nunes.

O autor, ao longo de toda a sua carreira, sempre se notabilizou por colocar o seu conhecimento a serviço de uma melhor educação, ancorado em suas experiências profissionais nessa área de trabalho.

Excelente professor, não visava o simples acúmulo de conhecimento, como também o desenvolvimento do senso profissional e crítico de cada aluno com o poder de entusiasamá-los para a disciplina que ensinava.

Como é sabido, um professor sempre aprende com seus alunos e com o natural acúmulo de novas experiências ao longo de sua jornada de desenvolvimento de projetos e trabalhos, acreditamos que ao trazer melhoramentos a uma obra já consagrada, a sociedade só tem a ganhar.

A Petrobras sente-se, portanto, honrada por poder colaborar nesta apresentação e por poder manifestar seu apoio à

edição deste material didático que em muito será útil ao desenvolvimento do país.

Humberto Matrangolo de Oliveira
Petróleo Brasileiro S/A
Recursos Humanos/Universidade Petrobras
Gerente da Escola de Ciências e Tecnologias de
Abastecimento



PETROBRAS

Apresentação da ABRACO

A ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão é uma entidade sem fins lucrativos, fundada em 1968, com o objetivo de congregar profissionais que estejam voltados para o conhecimento e a solução dos problemas de corrosão. É atribuição da ABRACO *promover, junto aos profissionais, às entidades e à indústria, a divulgação de tecnologias e serviços relacionados ao controle da corrosão, como também, contribuir para a capacitação profissional.*

Com esse objetivo, em seus mais de quarenta anos de existência, a Associação vem desenvolvendo atividades que permitem alavancar o conhecimento nesta importante área, destacando-se:

- Realização de cursos específicos.
- Realização de eventos como congressos, seminários encontros e *workshops*.
- Realização de intercâmbio com entidades nacionais e internacionais.
- Certificação e qualificação de profissionais.
- Elaboração de normas técnicas no campo da corrosão.
- Publicação de material técnico.

Dentre os eventos, destacam-se o Congresso Brasileiro de Corrosão – CONBRASCORR e o INTERCORR, realização conjunta do CONBRASCORR com o International Corrosion Meeting, como os eventos mais importantes da Associação.

A ABRACO possui em sua sede o Comitê Brasileiro de Corrosão – ABNT / CB-43, aprovado pela ABNT em 2000, juntamente com a sua secretaria que recebe reuniões periódicas para aprovações e revisões das Normas Técnicas.

No campo de publicação de material técnico, a participação na edição de livros especializados é uma grande contribuição ao desenvolvimento técnico nacional, e, certamente, uma das atividades mais significativas da Associação. A ABRACO conta também com o desenvolvimento, publicação e distribuição da revista *Corrosão e Proteção* com enfoque técnico e apoiada por colaboradores referenciais em suas áreas. Seu conteúdo está voltado para as atualizações, soluções e acontecimentos no mundo da corrosão.

A participação da ABRACO na edição deste livro é mais uma ação que fazemos em sintonia com os nossos objetivos, que conta com o apoio de sua Diretoria Executiva, eleita para o biênio 2013/2014, a qual eu tenho a honra de presidir, e que é constituída pelos profissionais citados a seguir:

- Rosileia Mantovani (presidente)
- Denise Souza de Freitas (vice-presidente)
- Aécio Castelo Branco Teixeira
- Aldo Cordeiro Dutra
- Cesar Carlos de Souza
- Gutemberg de Souza Pimenta
- Isidoro Barbiero
- Pedro Paulo Barbosa Leite
- Simone Louise Delarue Cezar Brasil

O Brasil está dando um grande salto tecnológico e industrial, e os profissionais bem capacitados terão grandes oportunidades.

A ABRACO deseja contribuir para esse desenvolvimento e fazer parte dessa história.

Rosileia Mantovani

Presidente da ABRACO 2013/2014

Apresentação*

A pintura industrial, por ser uma das mais usadas e aprovadas técnicas de proteção anticorrosiva, necessita de criterioso estudo para a escolha do esquema de pintura mais adequado para as instalações ou equipamentos a serem protegidos. Para isso, faz-se necessário que o profissional encarregado dessa escolha tenha bastante experiência de campo para a indicação correta do esquema a ser aplicado. Evidentemente, a soma dessa experiência com a consulta a livros específicos permite uma melhor e mais completa indicação do esquema de pintura.

Embora tenhamos no Brasil especialistas em pintura industrial, o número de livros sobre proteção anticorrosiva é muito reduzido; portanto, este livro vem diminuir essa lacuna. Os autores transferiram para este livro técnico suas experiências profissionais no setor de pintura industrial.

Deve-se destacar o enfoque didático apresentado no livro que será de fundamental importância e aliado imprescindível para o ensino de tão importante técnica de proteção anticorrosiva. Merecem destaque, também, os tópicos relacionados com

* Elaborada pelo eminente Professor Vicente Gentil na primeira edição.

contratação de pintura, controle da qualidade na aplicação e aspectos econômicos da pintura.

Posso afirmar, em decorrência da leitura e do conhecimento das atividades profissionais dos autores, que este livro será de grande utilidade para os atuais e futuros profissionais envolvidos com a pintura industrial.

Encerrando, expresso minha satisfação ao verificar que a literatura técnica no Brasil está sendo enriquecida com obras escritas por profissionais que considero altamente capacitados por conhecê-los desde os tempos em que foram meus discípulos e, principalmente, pela grande soma de conhecimentos técnicos que adquiriram ao longo das suas atividades profissionais, em firma de notório desenvolvimento tecnológico como a Petrobras.

Vicente Gentil
Professor Emérito e Titular da
Escola de Química da UFRJ
Agosto de 1998

Prefácio

Após alguns anos da primeira edição do livro *Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva* estamos chegando à quinta edição. Nesses vinte e poucos anos pudemos testemunhar um espantoso progresso nas tintas, nos métodos de preparo de superfície e, particularmente, nos sistemas de qualidade associados à pintura.

Temos hoje a certeza de que durante esse período de existência do livro, ele tem contribuído para a formação e o aperfeiçoamento de pessoas ligadas à área de revestimentos com tintas.

Nesta edição, procuramos dar ênfase ao tratamento anticorrosivo das chamadas **Condições Especiais**, dentre elas destacam-se aquelas constituídas de detalhes construtivos geradores de frestas. Vários especialistas têm defendido a tese de que essas **Condições Especiais** são, sem sombra de dúvida, importantes locais de fragilidade da pintura industrial de campo.

Gostaríamos, nesta adição, de efetuar alguns registros que consideramos significativos para a história do livro: em primeiro lugar, o apoio que sempre tivemos da Petrobras, que com a competência de seus profissionais pode ser considerada uma referência no uso de revestimento por tintas. Em segundo lugar, o apoio relevante que nos foi dado por entidades como a ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão e pelo IBP – Instituto Brasileiro do Petróleo, Gás e Biocombustíveis.

Não poderíamos deixar de reverenciar também todos os profissionais que contribuíram com as diversas edições, a saber:

Na primeira edição contamos com a colaboração e o incentivo inestimável do inesquecível Prof. Vicente Gentil, dando-nos inclusive a honra de fazer a apresentação do livro.

Na segunda edição, além do Prof. Gentil, tivemos a contribuição do Eng. Aldo Cordeiro Dutra, do Eng. Paulo Fernando Cavalcanti de Barros, do Eng. João Luiz Castelões, do Eng. Joaquim Pereira Quintela, do Adm. Sérgio Pereira Cardoso e do Eng. Pedro Paulo Barbosa Leite.

Na terceira edição estiveram conosco: a equipe da Braskem (Eng. Amilcar Andrade Sales, Eng. Renato L. Klinger Damati, Eng. Jarbas Cabral Fagundes), o Eng. Fernando Loureiro Fragata, o Insp. de Pintura Isaac Catran, novamente o Eng. Pedro Paulo Barbosa Leite e o Eng. Jeferson da Silva.

Na quarta edição contribuíram: o Insp. de Pintura Leonardo Alves Nascimento, novamente o Eng. Jeferson da Silva, o Dr. Neusvaldo Lira de Almeida, o Empresário Isidoro Barbieri e o Eng. Renato L. Klinger Damati.

Nesta quinta edição gostaríamos de agradecer as sugestões e contribuições dos seguintes profissionais ligados à proteção de **Condições Especiais**: Marcelo Tinoco, da Tinoco Anticorrosão; Guilherme Jordan e Alex Sousa, da PETROENGE; Thomas Fink, da Tecnofink.

Agradecemos a todos que contribuíram direta e indiretamente para a construção desta obra, a qual certamente não executaríamos sozinhos.

Os Autores
Outubro de 2013

Prefácio da 1ª Edição

A tecnologia de pintura industrial teve um grande desenvolvimento em todo o mundo neste século na proteção contra a corrosão de estruturas, especialmente de aço.

No Brasil, as indústrias de tintas possuem capacitação tecnológica em âmbito internacional e compatível com as modernas técnicas de proteção anticorrosiva. Por outro lado, há uma necessidade crescente de preparação de pessoal para as atividades de seleção, aplicação, controle da qualidade de aplicação e inspeção dos esquemas. Isso tem sido possível através de cursos nas empresas e particularmente na Associação Brasileira de Corrosão – ABRACO.

Observa-se que, apesar do avanço tecnológico conseguido para a pintura, há uma grande lacuna no que concerne à literatura técnica em língua portuguesa. Desta forma, os autores sentiram a oportunidade e a conveniência de escrever um livro sobre pintura industrial na proteção anticorrosiva que possa ser utilizado como material didático nas empresas, nas escolas técnicas, nas escolas de engenharia e ainda ser útil aos profissionais que se dedicam a essa tecnologia.

Com este livro pretendeu-se dar um enfoque básico ao assunto, sendo, portanto, eminentemente didático, não se tratando de uma obra de consulta profunda para especialistas.

O livro foi estruturado procurando-se colocar inicialmente os conceitos de corrosão eletroquímica, revestimentos e pintura industrial. Nos capítulos seguintes, introduziram-se conhecimentos sobre tintas, aplicação e seleção dos esquemas de pintura. Enfoque especial foi dado nos capítulos finais em relação ao controle do processo de aplicação e à contratação de serviços de pintura.

Tendo em vista sua grande aplicação na área de ensino, foi colocado um apêndice dedicado a exercícios e problemas sobre pintura industrial, que muito poderá auxiliar professores e instrutores no ensino da matéria. Colocou-se, também, um apêndice sobre pintura arquitetônica, já que este assunto é pouco explorado na literatura existente e muito importante para a execução de trabalhos em concreto, madeira e outros materiais não metálicos existentes em áreas industriais.

É importante lembrar que os conceitos colocados neste livro visam a conscientizar o leitor para uma visão moderna de gestão da qualidade, onde a prevenção de falhas e de defeitos é mais importante que as ações corretivas. Desta forma, atuar em cada fase da pintura é extremamente importante na obtenção de uma abordagem sistêmica adequada às necessidades de proteção.

Os autores acolherão com simpatia todas as sugestões e observações que possam contribuir para o aprimoramento de futuras edições desta obra, pelo que, desde já, agradecem.

Prefácio da 2ª Edição

A 1ª edição do livro *Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva*, lançado em 1990 pela LTC – Livros Técnicos e Científicos, foi estruturada de modo a atender às necessidades de conhecimentos para os iniciantes e para os profissionais que trabalham no assunto, sem, no entanto, pretender ser um livro de grande profundidade e de consulta por especialistas.

A 1ª edição dava, também, grande ênfase à qualidade da pintura, com atenção às ações preventivas em detrimento daquelas ações de correção de defeitos e do controle de qualidade propriamente dito.

Na reimpressão do livro em 1993 nenhuma alteração foi efetuada no seu conteúdo original.

Neste momento em que lançamos a 2ª edição pela Editora Interciência, buscamos atualizar o conteúdo em relação às novas tecnologias, porém mantendo a mesma estruturação e a mesma filosofia quanto ao caráter didático proposto para o livro e a ênfase nas ações que asseguram a qualidade.

Na atualização do conteúdo procuramos abordar algumas importantes tendências deste final de século:

- ♦ Uso extensivo de tecnologias *limpas* de preparação de superfície, com a menor interferência possível no meio ambiente e na saúde dos trabalhadores.

- ◆ Formulação, produção e uso de tintas cada vez menos poluentes e menos nocivas aos trabalhadores, especialmente as solúveis em água, que oferecem uma série de vantagens não só quanto a não poluição do meio ambiente, como também na não formação de misturas explosivas e as formuladas com pigmentos isentos de chumbo (como se sabe, o chumbo é muito prejudicial à saúde humana).

Nesta edição, procuramos ressaltar a importância da pintura de manutenção, de modo a tornar a proteção anticorrosiva mais econômica pelo uso de esquemas adequados para manutenção e através de orientações específicas.

Gostaríamos de expressar o nosso profundo agradecimento aos seguintes profissionais que na 1ª edição leram os manuscritos e apresentaram excelentes sugestões:

- ◆ Professor Vicente Gentil
- ◆ Engenheiro Aldo Cordeiro Dutra
- ◆ Engenheiro Paulo Fernando Cavalcanti Gomes de Barros
- ◆ Engenheiro João Luiz Castelões
- ◆ Engenheiro Joaquim Pereira Quintela
- ◆ Administrador Sérgio Pereira Cardoso

Queremos consignar o nosso reconhecimento à grande contribuição dada pelo engenheiro Pedro Paulo Barbosa Leite, da Comissão de Normas Técnicas Petrobras, pela extraordinária colaboração na atualização das Normas Petrobras indicadas como referência.

Por fim, agradecemos a todos que colaboraram e que nos deram sugestões de aprimoramento para esta edição e, antecipadamente, registramos que toda e qualquer contribuição que possa auxiliar no aperfeiçoamento de futuras edições desta obra será muito bem acolhida.

Prefácio da 3ª Edição

A pintura industrial é o revestimento mais utilizado na proteção anticorrosiva nos dias atuais. A sua extensa utilização, especialmente para superfícies expostas à atmosfera, deve-se ao custo competitivo, à facilidade de aplicação e à possibilidade de ser eficiente no controle da corrosão. Entretanto, muitos revestimentos por tintas falham precocemente devido à desconsideração de fatores extremamente importantes para seu desempenho. Muitas empresas, na busca de preservar seus ativos por meio de um custo/benefício adequado, vêm procurando dar ao revestimento por tintas a atenção apropriada, considerando dois aspectos fundamentais:

- ◆ Os detalhes de projeto que podem interferir no desempenho do revestimento.
- ◆ A necessidade de adotar uma abordagem sistêmica na realização do revestimento.

Alguns importantes estudos mostram que o custo da corrosão, em uma perspectiva mundial, situa-se em torno de 3,5 % do PIB. Nos Estados Unidos, esse custo é da ordem de US\$ 276 bilhões, sendo que, desse total, cerca de US\$ 110 bilhões estão vinculados ao uso dos revestimentos, e certamente mais de 80 % deste valor está diretamente ligado à pintura.

Adaptado para o PIB brasileiro, o dispêndio na área de corrosão representaria uma cifra anual da ordem de R\$ 80 bilhões.

Quanto ao dispêndio das empresas em pintura, é muito frequente relacioná-lo ao faturamento bruto, sendo usual adotar o valor de 0,05 a 0,1 % do faturamento como dispêndio na proteção por tintas. As empresas que promovem a execução de revestimentos com qualidade gastam abaixo disso ou o mínimo possível, e aquelas que não utilizam uma abordagem adequada gastam desnecessariamente acima.

A redução de custo decorrente de uma abordagem adequada se dá principalmente pelos seguintes aspectos:

- ◆ Utilização de esquemas de pintura mais adequados em função da corrosividade dos ambientes.
- ◆ Emprego de tintas com qualidade assegurada.
- ◆ Procedimentos de aplicação que assegurem a qualidade.
- ◆ Sistema de gestão da qualidade que permita maximizar as ações preventivas.

É sempre importante observar que a utilização adequada dos revestimentos por tintas, além da questão da redução de custo como resultado da preservação da integridade dos equipamentos e instalações, produz um conseqüente aumento da confiabilidade operacional.

A película de revestimento por tintas constitui-se em uma barreira que deverá ser aderente ao substrato e o mais impermeável possível à passagem do eletrólito. Quando o eletrólito chega à superfície metálica, inicia-se o processo corrosivo, e desse tempo de migração dependerá a durabilidade da proteção.

Os fatores que podem acelerar falhas de uma película de revestimento por tintas podem estar relacionados à qualidade da própria película ao substrato ou a detalhes construtivos, e normalmente decorrem da ausência de uma abordagem sistêmica.

Desde a primeira edição deste livro, procuramos enfatizar esta abordagem sistêmica em relação à qualidade, de modo a assegurar um maior tempo de proteção, o uso de tecnologias

ambientalmente corretas e com grau de insalubridade compatível com os padrões modernos de proteção à saúde das pessoas.

Nesta edição, buscamos manter a mesma filosofia e reforçar os aspectos relativos ao processo de aplicação, bem como introduzir dois apêndices, um deles sobre o sistema de gestão da qualidade e o outro sobre os principais polímeros usados em tintas.

Gostaria de consignar o profundo agradecimento a todos que colaboraram com este trabalho nas edições anteriores e aqueles que contribuíram mais especificamente para esta edição, dentre os quais destacam-se:

- ◆ A equipe da Braskem – Eng. Amilcar Andrade Sales, Eng. Renato L. Klinger Damati e Eng. Jarbas Cabral Fagundes.
- ◆ O Eng. Fernando Loureiro Fragata, do CEPTEL, a quem agradecemos a enorme contribuição com a atualização das ilustrações.
- ◆ O Inspetor de Pintura, Nível II da IEC, Isaac Catran, pelas contribuições em várias partes do livro.
- ◆ O Engenheiro Pedro Paulo Barbosa Leite, pelas contribuições no que se refere às normas Petrobras e particularmente no Apêndice IV – Sistema de Gestão da Qualidade em Pintura Industrial, que é sua especialidade.
- ◆ O Engenheiro Jeferson da Silva, pela contribuição com ilustrações para a capa.

Os autores agradecem sugestões de melhorias que possam tornar esta obra um pouco mais completa e sempre mais objetiva.

Laerce de Paula Nunes
laercenunes@iecengenharia.com.br

Alfredo Carlos O. Lobo
dqual@inmetro.gov.br

Prefácio da 4ª Edição

Não obstante todo o desenvolvimento observado nas técnicas de proteção anticorrosiva, o revestimento por tintas ainda é e continuará sendo aquele de maior importância.

A razão dessa grande utilização se prende ao fato de que se trata de um revestimento simples de aplicar, de custo muito compatível, de grande facilidade de retoques, além de atender à grande maioria das condições encontradas onde se requer proteção anticorrosiva.

Ao lado dessa extrema facilidade de aplicação é talvez o revestimento que mais apresenta falhas, em face da inobservância de cuidados básicos essenciais ao bom desempenho.

Nesses últimos quarenta anos temos verificado muitos avanços na utilização da proteção anticorrosiva por tintas, primeiramente quanto à qualidade e os tipos de tintas e, em segundo lugar, quanto à melhoria no processo de aplicação.

No que se refere às tintas, o progresso tem sido enorme com a utilização de formulações cada vez menos agressivas ao meio ambiente e às pessoas, produtos que são muito tolerantes a pouco preparo de superfície e à umidade, e ainda tintas com ótima resistência à ação do intemperismo.

Quanto aos processos de aplicação, também se tem progredido muito, principalmente com a evolução dos profissionais

através do sistema de qualificação e certificação da Associação Brasileira de Corrosão – ABRACO.

Para complementar o ciclo da abordagem sistêmica da pintura temos observado ultimamente uma preocupação cada vez maior com o gerenciamento dos processos, principalmente agregando a visão da importância da inspeção de acompanhamento durante a vida dos esquemas de pintura.

Acreditamos que nas três edições anteriores de alguma forma contribuimos para a melhoria do conhecimento nesta área e agora estamos buscando atualizar este livro, principalmente para incorporar as normas brasileiras que foram desenvolvidas ultimamente.

Gostaríamos de agradecer a todos os profissionais, amigos e companheiros que colaboraram nas edições anteriores e cujos nomes estão expressos nos respectivos prefácios.

Nesta edição tivemos uma grande colaboração dos seguintes profissionais:

- ◆ Leonardo Alves Nascimento, Inspetor de Pintura da UTC, que contribuiu com sugestões inovadoras para a revisão do livro.
- ◆ Eng. Jeferson da Silva, que contribuiu com sugestões de melhoria para os capítulos 6 e 12.
- ◆ Dr. Neusvaldo Lira de Almeida, do IPT, que colaborou com ilustrações para o capítulo 12.
- ◆ Isidoro Barbieri – Diretor Presidente da Blaspint, que nos forneceu excelentes informações sobre o custo de pintura utilizados na revisão do capítulo 13.
- ◆ Renato L. Klinger Damati, da Braskem, também com informações para o capítulo 13.

Os autores agradecem as sugestões de melhorias que possam tornar esta obra sempre mais completa e mais objetiva.

Os Autores

Sumário

Apresentação	XVII
Prefácio	XIX
Prefácio da 1ª Edição	XXI
Prefácio da 2ª Edição	XXIII
Prefácio da 3ª Edição	XXV
Prefácio da 4ª Edição	XXIX
1 INTRODUÇÃO	1
2 INTRODUÇÃO À CORROSÃO ELETROQUÍMICA.	3
2.1 Conceito e Importância da Corrosão	3
2.2 Natureza dos Processos Corrosivos	5
2.2.1 Corrosão Eletroquímica.	6
2.2.2 Corrosão Química.	6
2.3 Corrosão Eletroquímica – Potencial Eletroquímico ou Potencial de Eletrodo.	7
2.4 Corrosão Eletroquímica – Pilhas de Corrosão ou Células Eletroquímicas	14
2.4.1 Pilha de Eletrodos Diferentes	15
2.4.2 Pilha de Ação Local.	16
2.4.3 Pilha Ativa-Passiva	17
2.4.4 Pilha de Concentração Iônica	18
2.4.5 Pilha de Aeração Diferencial	19

2.5	Ambientes Corrosivos na Corrosão Eletroquímica	20
2.5.1	Atmosfera	21
2.5.1.1	Tipos	21
2.5.1.2	Mecanismo da Corrosão na Atmosfera . .	22
2.5.1.3	Caracterização de Corrosividade Atmosférica	23
2.5.2	Imersão	24
2.5.3	Superfícies Quentes	25
2.5.4	Classificação Simplificada dos Ambientes Corrosivos	25
2.6	Corrosão Eletroquímica – Proteção Anticorrosiva	26
2.6.1	Métodos de Proteção Baseados na Resistência à Corrosão dos Materiais	26
2.6.2	Práticas de Projeto	28
2.6.3	Modificações do Meio Corrosivo.	30
2.6.4	Revestimentos.	33
2.6.5	Proteção Catódica.	34
2.6.6	Proteção Anódica	35
2.7	Referências	37
3	REVESTIMENTOS PROTETORES NA CORROSÃO ELETROQUÍMICA	39
3.1	Mecanismos de Proteção	39
3.2	Revestimentos Metálicos	41
3.3	Revestimentos não Metálicos Inorgânicos	43
3.4	Revestimentos Orgânicos.	44
3.5	Revestimentos para Tubulações Enterradas ou Submersas	46
3.5.1	Revestimentos mais Antigos	46
3.5.2	Revestimentos mais Modernos	50
3.5.3	Proteção de Juntas de Campo e Reparos em Revestimentos Danificados	52
3.6	Referências	53
4	FUNDAMENTOS DA PINTURA INDUSTRIAL.	55
4.1	Ramos da Pintura	55
4.2	Conceito de Pintura Industrial.	56
4.3	Abordagem Sistemática da Pintura	57

4.4	Película de Tinta	58
4.4.1	Características Fundamentais e Específicas da Película	58
4.4.2	Osmose e Eletrosmose	59
4.4.3	Constituintes Fundamentais e Aditivos das Tintas	60
4.4.4	Esquema de Pintura	63
4.4.5	Mecanismos de Formação de Películas de Tintas	64
4.4.6	Mecanismos de Proteção de Películas de Tintas	66
4.4.7	Espessuras Recomendáveis de Películas	68
4.4.8	Causas de Falhas de Películas de Tintas	69
4.5	Referências	70
5	PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE METÁLICA PARA PINTURA	71
5.1	Tipos de Limpeza por Ação Mecânica	73
5.1.1	Limpeza Manual	75
5.1.2	Limpeza com Ferramentas Mecânicas Manuais	76
5.1.3	Limpeza com Jateamento Abrasivo	76
5.1.4	Limpeza por Hidrojateamento	77
5.1.5	Equivalência entre os Diversos Métodos de Limpeza e Respectivas Normas	80
5.2	Equipamentos de Preparação de Superfície por Ação Mecânica	82
5.2.1	Equipamentos para Limpeza Manual e Limpeza Mecânica Manual	82
5.2.2	Equipamentos para Jateamento Abrasivo	83
5.2.3	Equipamentos para Hidrojateamento	86
5.3	Considerações sobre a Rugosidade da Superfície	87
5.4	Complementação da Preparação da Superfície	89
5.5	Referências	91
6	TINTAS INDUSTRIAIS	93
6.1	Nomenclatura das Tintas	93
6.2	Constituintes das Tintas	94
6.3	Veículo – Classificação das Tintas Quanto ao Veículo	95
6.3.1	Classe de Veículos	96
6.3.2	Classificação das Tintas Quanto ao Veículo – Tipos de Veículos	96

6.4	Solventes – Classificação das Tintas Quanto ao Solvente. .	109
6.4.1	Solventes	109
6.4.2	Classificação das Tintas Quanto ao Solvente. . .	111
6.5	Pigmentos	112
6.6	Constituintes Eventuais – Aditivos.	119
6.7	Noções de Formulação e Fabricação de Tintas	120
6.7.1	Noções de Formulação	120
6.7.2	Noções de Fabricação	123
6.8	Características e Propriedades de uma Tinta e da Película Seca	124
6.9	Especificações Técnicas das Tintas	129
6.10	Controle da Qualidade.	130
6.10.1	Não Voláteis em Massa (Sólidos por Massa) . .	130
6.10.2	Não Voláteis em Volume (Sólidos por Volume) . .	130
6.10.3	Massa Específica	131
6.10.4	Viscosidade	131
6.10.5	Consistência	132
6.10.6	Estabilidade/Sedimentação.	133
6.10.7	Rendimento Teórico.	133
6.10.8	Tempo de Secagem	134
6.10.9	Poder de Cobertura	135
6.10.10	Tempo de Vida Útil da Mistura (<i>Pot Life</i>)	136
6.10.11	Natureza e Proporção de Pigmentos Importantes	136
6.10.12	Dimensão das Partículas do Pigmento (Finura de Moagem).	136
6.10.13	Natureza da Resina	137
6.10.14	Flecha de Ruptura.	138
6.10.15	Dobramento sobre Mandril Cônico	138
6.10.16	Aderência	138
6.10.17	Resistência à Névoa Salina	138
6.10.18	Resistência à Umidade Relativa do Ar de 100 %	139
6.10.19	Resistência ao SO ₂	140
6.10.20	Ensaio de Câmara de Intemperismo (<i>Weatherometer</i>)	140
6.10.21	Ensaio de Imersão	141
6.10.22	Espessura por Demão	141
6.10.23	Resistência à Abrasão	142
6.10.24	Ensaio de Dureza	142

6.10.25	Brilho	143
6.10.26	Cor	144
6.10.27	Ensaio de Retenção de Cor e de Brilho.	144
6.11	Referências	145
7	CORES NA PINTURA INDUSTRIAL	147
7.1	Aspectos Estéticos e Psicológicos	147
7.2	Aspectos de Segurança Industrial	149
7.3	Aspectos de Identificação.	150
7.4	Aspectos Relativos a uma Maior ou Menor Absorção de Calor e de Energia Radiante	152
7.5	Sistemas de Cores	153
7.6	Referências	157
8	APLICAÇÃO DAS TINTAS	159
8.1	Decisão Quanto à Pintura na Fábrica ou no Campo.	159
8.2	Métodos de Aplicação	160
8.2.1	Trincha.	160
8.2.2	Rolo	162
8.2.3	Pistola Convencional (a Ar Comprimido)	164
8.2.4	Pistola sem Ar (<i>Airless</i>)	170
8.2.5	Pintura Eletrostática.	172
8.2.6	Pintura Eletroforética	175
8.3	Recomendações Gerais para a Aplicação das Tintas.	176
8.3.1	Escolha da Época mais Adequada para Aplicação	177
8.3.2	Escolha do Método de Aplicação	179
8.3.3	Capacitação do Pessoal de Aplicação.	182
8.3.4	Condições Ambientais	182
8.3.5	Mistura, Homogeneização e Diluição das Tintas	185
8.3.6	Sequência de Aplicação.	188
8.3.7	Cuidados de Segurança	191
8.3.8	Outras Recomendações que Devem ser Observadas Durante a Aplicação.	193
8.3.9	Procedimento de Aplicação	194
8.4	Referências	195
9	SELEÇÃO DOS ESQUEMAS DE PINTURA	197
9.1	Fatores que Orientam a Seleção.	198
9.2	Esquemas para Imersão	198
9.2.1	Imersão em Água Salgada.	199

9.2.2	Imersão em Água Doce	200
9.2.3	Imersão em Derivados de Petróleo – Solventes e Produtos Químicos	201
9.3	Esquemas para Superfícies Quentes	202
9.3.1	Superfícies Quentes na Faixa de 80 a 120 °C	202
9.3.2	Superfícies Quentes na Faixa de 120 a 250 °C	203
9.3.3	Superfícies Quentes na Faixa de 250 a 500 °C	204
9.3.4	Superfícies Quentes Acima de 500 °C	205
9.4	Esquemas para Atmosferas Altamente Agressivas	206
9.5	Esquemas para Atmosferas Medianamente Agressivas.	208
9.6	Esquemas para Atmosferas Pouco Agressivas	209
9.7	Esquemas para Superfícies Galvanizadas, Aluminizadas – Aço Inoxidável.	211
9.8	Tratamento Anticorrosivo para as Condições Especiais.	212
9.9	Esquemas Específicos	213
9.10	Pintura Relacionada ao Equipamento – Partes a Pintar	213
9.10.1	Pintura de Tanques de Armazenamento	214
9.10.2	Pintura de Tubulações Industriais	215
9.10.3	Pintura de Navios, Embarcações, Monoboias e Boias Múltiplas, Plataformas Semisubmersíveis e Unidades Flutuantes de Produção, Estocagem e Carregamento de Petróleo e FPSO (<i>Floating Production Storage Off Loading</i>)	216
9.10.4	Pintura de Pieres, Cais e Plataformas Fixas.	218
9.10.5	Pintura de Vasos e Esferas	218
9.10.6	Pintura de Fornos, Caldeiras e Permutadores de Calor	219
9.10.7	Pintura de Estruturas Metálicas	219
9.10.8	Pintura de Máquinas – Bombas, Compressores e Turbinas	220
9.10.9	Pintura de Equipamentos Elétricos (Motores, Transformadores, Painéis, etc.) e de Equipamentos de Instrumentação e Controle	220
9.11	Referências	220
10	COMPRA DAS TINTAS E CONTRATAÇÃO DA PINTURA	221
10.1	Compra das Tintas e Contratação da Aplicação Feitas Separadamente	221

10.2	Alocação da Responsabilidade pelo Fornecimento das Tintas e da Aplicação por uma Única Empresa	224
10.3	Contratação de Serviços de Montagem de Plantas Industriais.	225
10.4	Estimativa de Consumo de Tintas	227
10.5	Compatibilidade entre Tintas	233
10.6	Especificação das Tintas para Compra e Responsabilidade pela Qualidade.	234
10.7	Elaboração do Instrumento Contratual	235
10.8	Critérios de Medição	236
10.8.1	Equipamentos de Médio e de Grande Portes	237
10.8.1.1	Tanques de Armazenamento	237
10.8.1.2	Trocadores de Calor.	237
10.8.1.3	Torres e Vasos de Pressão	238
10.8.1.4	Fornos e Caldeiras.	239
10.8.1.5	Esferas e Chaminés.	239
10.8.1.6	Painéis e Cubículos	239
10.8.2	Equipamentos de Superfícies Irregulares (Bombas, Motores, Turbinas, Máquinas, Compressores, Transformadores e Outros)	240
10.8.3	Tubulações	240
10.8.4	Acessórios de Tubulações	241
10.8.4.1	Válvulas	241
10.8.4.2	Válvulas de Controle e de Segurança	242
10.8.4.3	Curvas de 90°	243
10.8.4.4	Curvas de 45° (Retenções, Tês, etc.)	244
10.8.4.5	Flanges (Pintura e Proteção Anticorrosiva como “Condição Especial”)	245
10.8.5	Estruturas Metálicas (Treliças, Escadas Verticais, Guarda-corpos, Caixilhos, Corrimões, etc.)	246
10.8.6	Escadas Inclinadas	246
10.8.7	Plataformas.	246
10.8.8	Perfis Metálicos	246
10.8.9	Pisos Grelhas	247
10.8.10	Cercas Tipo Alambrado (ou Similar).	247

10.8.11	Chapas Planas e Curvas	247
10.8.12	Tratamento Anticorrosivo Complementar em “Condições Especiais”	247
10.8.13	Controle das Medições.	247
10.9	Referências	248
11	CONTROLE DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DE TINTAS . . .	249
11.1	Ações de Prevenção de Defeitos Antes da Aplicação . . .	250
11.1.1	Explicitação do Esquema de Pintura	251
11.1.2	Qualidade das Tintas Utilizadas	251
11.1.3	Treinamento e Capacitação do Pessoal	252
11.1.4	Elaboração de Procedimentos de Aplicação . .	252
11.1.5	Elaboração de Procedimentos ou Planos de Inspeção	253
11.1.6	Calibração dos Aparelhos e Instrumentos de Medição e Testes	253
11.2	Ações de Prevenção de Defeitos Durante a Aplicação . .	254
11.2.1	Inspeção Visual da Superfície a ser Pintada. .	255
11.2.2	Avaliação das Condições Atmosféricas.	255
11.2.3	Inspeção de Recebimento de Abrasivos e Água .	257
11.2.4	Inspeção de Recebimento das Tintas	257
11.2.5	Avaliação do Grau de Limpeza da Superfície . . .	259
11.2.6	Medição do Perfil de Rugosidade	260
11.2.7	Vedação de Frestas	262
11.2.8	Avaliação do Nível de Contaminação com Cloretos	262
11.2.9	Acompanhamento da Mistura, Homogeneização e Diluição das Tintas	262
11.2.10	Avaliação do Método de Aplicação e das Espessuras Úmidas das Tintas	263
11.3	Ações de Detecção de Defeitos	264
11.3.1	Avaliação de Eventuais Falhas e Defeitos das Películas de Tinta	265
11.3.2	Medição das Espessuras das Películas de Tinta	267
11.3.3	Teste de Adesão das Películas de Tinta	271
11.3.4	Determinação de Descontinuidades em Películas de Tinta	273

11.4	Garantia da Qualidade de um Esquema de Pintura . . .	276
11.5	Referências	277
12	INSPEÇÃO E ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO DE ESQUEMAS DE PINTURA	279
12.1	Falhas e Defeitos de Película	282
12.2	Referências	299
13	ASPECTOS ECONÔMICOS DA PINTURA	301
13.1	Custo Inicial	302
13.2	Custo de Manutenção	306
13.3	Custo Acumulado e Comparação entre Custos de Esquemas de Pintura	307
14	NORMALIZAÇÃO TÉCNICA SOBRE PINTURA INDUSTRIAL .	311
14.1	Objetivos das Normas Técnicas	311
14.2	Filosofia da Normalização	312
14.3	Elaboração de uma Norma Técnica	313
14.4	Classificação das Normas Técnicas	313
14.4.1	Quanto ao Uso	313
14.4.2	Quanto ao Tipo	314
14.4.3	Quanto à Entidade Normalizadora.	314
14.4.3.1	Normas de Empresa	315
14.4.3.2	Normas Nacionais	315
14.4.3.3	Normas Estrangeiras.	316
14.4.3.4	Normas Internacionais.	317
14.5	Uso das Normas	317
14.6	Referências	317
APÊNDICE I	EXERCÍCIOS E PROBLEMAS SOBRE PINTURA INDUSTRIAL – ESTUDO DE CASOS.	319
APÊNDICE II	TRATAMENTO DE CONDIÇÕES ESPECIAIS NA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA POR TINTAS . . .	341
APÊNDICE III	PRINCIPAIS VEÍCULOS NAS TINTAS INDUSTRIAIS.	351

APÊNDICE IV	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE EM PINTURA INDUSTRIAL.....	359
APÊNDICE V	NOÇÕES BÁSICAS DE PINTURA ARQUITETÔNICA.....	371
APÊNDICE VI	FUNDAMENTOS DA PROTEÇÃO CATÓDICA ..	379
APÊNDICE VII	ALGUMAS CONCEITUAÇÕES IMPORTANTES SOBRE REVESTIMENTO POR TINTAS.....	397
ÍNDICE REMISSIVO		409